

ปัจจัยความชื้นที่มีผลต่อคุณภาพทางจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์
บิสกิตสอดไส้แยมสับประรด

**EFFECT OF MOISTURE CONTENT FACTOR ON
MICROBIOLOGICAL QUALITY OF BISCUIT FILLED WITH
PINEAPPLE JAM**

จรรยา เลิศอมรชัยกุล

JANYA LERDAMONCHAIKUL

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสุขาภิบาลอาหาร

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2549

ISBN 974-15-2639-3

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ปัจจัยความชื้นที่มีผลต่อคุณภาพทางด้านจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์ บิสกิตสอดไส้แฮมสับประรด
ชื่อนักศึกษา	นางสาวจรรยา เลิศอมรชัยกุล
รหัสประจำตัว	44615709
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	สาขาภิบาลอาหาร
พ.ศ.	2549
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประภาพร ขอไพบูลย์

บทคัดย่อ

จากการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์บิสกิตสอดไส้แฮมสับประรด โดยมีปัจจัยการศึกษา 2 ปัจจัย ได้แก่ ความชื้น และบรรจุภัณฑ์ คือ ปีสังกะสีเคลือบด้านในด้วยแล็กเกอร์ ที่มีขนาดบรรจุ 17 x 14 x 23 เซนติเมตร มีฝาปิดสนิท และช่องเมทาไลซ์เคลือบโพลีเอทิลีนเทรฟทาเลทความหนา 12 ไมครอน และโพลีฟอสฟีน ความหนา 25 ไมครอน (MPET12/ CPP25) แบ่งการศึกษาเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของบิสกิตที่มีความชื้นเริ่มต้น 3 ระดับ ได้แก่ 0.5-0.8%, 0.9-1.2% และ 1.5-1.6% และบรรจุในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 2 ชนิดดังกล่าว เก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 สัปดาห์ นำมาตัวอย่างมาวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพและเคมี คือค่าความชื้น และค่าวอเตอร์แอกติวิตี และคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ ได้แก่ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา โดยวางแผนการทดลองแบบ 3x2 RCBD จำนวน 3 ซ้ำ ส่วนที่ 2 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของไส้แฮมสับประรดที่มีความชื้นเริ่มต้น 3 ระดับ ได้แก่ 10-11%, 14-15% และ 17-18% ทำการทดลองเช่นเดียวกับส่วนที่ 1 และส่วนที่ 3 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์บิสกิตสอดไส้แฮมสับประรด ที่มีความชื้นเริ่มต้นของบิสกิตและของไส้แฮมสับประรด ทั้ง 3 ระดับตามการศึกษาในส่วนที่ 1 และ 2 และทำการทดลองเช่นเดียวกับส่วนที่ 1

ผลการศึกษาพบว่า บรรจุภัณฑ์ในการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นของบิสกิต โดยบิสกิตที่มีความชื้นเริ่มต้นทั้ง 3 ระดับนั้น เมื่อเก็บรักษาในซอง MPET12/ CPP25 จะมีค่าความชื้นและค่าวอเตอร์แอกติวิตีต่ำกว่าการเก็บรักษาในป๊อปปิดฝาสนิท จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของบิสกิตมีจำนวนลดลงเมื่อเวลาการเก็บรักษานานขึ้น โดยความชื้นเริ่มต้นของบิสกิตที่ระดับ 0.5 – 0.6% มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราน้อยที่สุด ส่วนการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของไส้แฮมสับประรดพบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ความชื้นมีค่าลดลง แต่ระยะเวลาในการเก็บรักษาและชนิดของบรรจุภัณฑ์ไม่มีผลต่อ

การเปลี่ยนแปลงของค่า a_w ของไส้แยมสับปะรด และจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา มีค่าไม่เกินเกณฑ์มาตรฐาน

ส่วนผลิตภัณฑ์บิสกิตสอดไส้แยมสับปะรด พบว่า มีค่าความชื้นเพิ่มขึ้นในช่วงสัปดาห์ที่ 1-4 หลังจากนั้น และค่อนข้างคงที่ ในสัปดาห์ที่ 12 ส่วนความชื้นของแยมสับปะรดมีค่าลดลง ตามระยะเวลาการเก็บที่นานขึ้น ซึ่งเกิดจากเคลื่อนย้ายความชื้นจากไส้แยมสับปะรดที่มีความชื้นสูงกว่ามายังบิสกิตจนกว่าจะเกิดสมดุล ส่วนค่าวอเตอร์แอกติวิตีของผลิตภัณฑ์ทั้งแบบบรรจุซอง MPET12/PP25 และแบบบรรจุปี๊บมีค่าไม่แตกต่างกัน โดยค่าวอเตอร์แอกติวิตีของบิสกิตจะเพิ่มขึ้นจนถึงจุดสมดุลกับไส้แยมสับปะรดซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0.39-0.42 ส่วนจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของทุกตัวอย่างผลิตภัณฑ์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.742-2538 ขนบแป้งกรอบ คือน้อยกว่า 10^4 โคโลนี/กรัม และจำนวนยีสต์และราน้อยกว่า 10 โคโลนี/กรัม

Thesis Title	Effect of Moisture Content Factor on Microbiological Quality of Biscuit filled with Pineapple jam
Student	Miss Janya Lerdamonchaikul
Student ID	44615709
Degree	Master of Science
Programme	Food Sanitation
Year	2006
Thesis Advisor	Assist. Prof. Dr. Prapaporn Khopaibool

ABSTRACT

The factors effecting shelf-life of biscuit with pineapple jam were studied by varying of the moisture contents of biscuit and pineapple jam to 3 levels 0.5-0.8%, 0.9-1.2% and 1.5-1.6% for biscuit and 10-11%, 14-15% and 17-18% for pineapple jam and packed into 2 types of packaging; tin boxes and laminated metalized bags (MPET12/ CPP25). After storage at ambient temperature for 12 weeks, samples was taken for the physical and chemical analysis of moisture content, water activity (a_w), microbiological analysis of total plate count, yeast and mold. The experimetal plans were designed according to 3x2 factorial in RCBD with 3 replication

The study found that the moisture contents and a_w values of biscuit packed in MPET12/ CPP25 bag were lower than in a closed tin box. The total plate count of biscuit were reduced during storage, especcially the biscuit with the initial moisture of 0.5-0.8% had the lowest of total plate count, yeast and mold. The moisture contents of pineapple jam were decreased during storage, but a_w value did not change. The total plate count , yeast and mold of pineapple jam met the microbial in standard criteria

The moisture of biscuit with pineapple jam product increased in the first 1-4 weeks of storage, and then rather stable in the 12th weeks. While the moisture of pineapple jam in the product decreased along the storing period, because of the moisture migrated from jam to biscuit till their moistures were balanced. The a_w values of the products which packed in both packages were not different, The a_w values of biscuit increased till balancing with the jam which it values were 0.39-0.42, while the microbiological quality of all samples met in the limit of the Thai Industrial Product

Standard (TIS 742-2538) for biscuit, which total plate count are less than 10^4 cfu/g and yeast and mold are less than 10 cfu/g

กิตติกรรมประกาศ

การทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลงได้ เนื่องด้วยได้รับความกรุณาจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประภาพร ขอไพบุลย์ ที่ให้เกียรติเป็นอาจารย์ควบคุมวิทยานิพนธ์ และกรุณามอบความรู้ รวมทั้งคำแนะนำและเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการดำเนินงานวิจัยของข้าพเจ้า ตลอดจนช่วยตรวจทานแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณศาสตราจารย์ ดร.ระติพร หาเรือนกิจ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อดิศร เสวตวิวัฒน์ ที่ได้ให้เกียรติเป็นคณะกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ อีกทั้งช่วยตรวจสอบและแก้ไข รวมทั้งให้คำแนะนำจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้ด้านวิทยาศาสตร์การ สุขาภิบาลอาหารให้ข้าพเจ้าตลอดระยะเวลาของการศึกษาจนข้าพเจ้าประสบความสำเร็จ

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์ และเจ้าหน้าที่ช่างเทคนิค และเจ้าหน้าที่ของภาควิชา อุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง ขอขอบคุณผู้บริหาร และพนักงานในเครือบริษัทผลิตภัณฑ์อาหารศรีสยาม จำกัด ที่ให้ความช่วยเหลือผลิตภัณฑ์ที่ใช้ และสถานที่ทดลอง

สุดท้ายนี้ขอรำลึกถึงพระคุณของมารดา และญาติพี่น้องที่ท่านได้ให้การสนับสนุนและให้ กำลังใจมาโดยตลอด คุณค่าและประโยชน์อันมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

จรรยา เลิศอมรชัยกุล

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	III
กิตติกรรมประกาศ.....	V
สารบัญ.....	VI
สารบัญตาราง.....	X
สารบัญภาพ.....	XII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ขอบเขตการวิจัย.....	1
1.3 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 แยมสับประรด.....	3
2.1.1 เกณฑ์คุณภาพของแยม.....	3
2.1.2 ขั้นตอนการทำแยมสับประรด.....	4
2.1.3 องค์ประกอบสำคัญของแยมสับประรด.....	4
2.1.3.1 น้ำตาล.....	4
2.1.3.2 กรด.....	5
2.2 บิสกิต.....	6
2.2.1 ลักษณะทั่วไป.....	7
2.2.2 ลักษณะทางเคมี.....	7
2.2.3 สุขลักษณะ.....	7
2.3 กระบวนการผลิตบิสกิตใส่แยมสับประรด.....	8
2.3.1 ขั้นตอนการผลิตบิสกิต.....	9
2.4 การเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ประเภทขนมปังกรอบในระหว่างการเก็บรักษา.....	9
2.4.1 การเปลี่ยนแปลงทางเคมี.....	9

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4.1.1 การหมิ่นหืนในอาหาร.....	9
2.4.1.2 การเกิดสีน้ำตาลในอาหาร.....	10
2.4.2 การเปลี่ยนแปลงทางด้านจุลินทรีย์.....	10
2.4.2.1 การเสื่อมเสียของอาหารเนื่องจากแบคทีเรีย.....	10
2.4.2.2 การเสื่อมเสียของอาหารเนื่องจากยีสต์.....	11
2.4.2.3 การเสื่อมเสียของอาหารเนื่องจากรา.....	11
2.5 อิทธิพลของระดับวอเตอร์แอกติวิตีที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านต่างๆ ของอาหาร.....	13
2.5.1 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ.....	14
2.5.2 การเปลี่ยนแปลงทางเคมี.....	14
2.5.3 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์.....	15
2.5.4 ความสัมพันธ์ของความชื้นและค่าวอเตอร์แอกติวิตี.....	18
2.6 การเปลี่ยนแปลงความชื้นในอาหารที่มีองค์ประกอบหลักหลายส่วน.....	19
2.7 การควบคุมปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในบรรจุภัณฑ์.....	20
2.8 คุณสมบัติของภาชนะบรรจุ.....	21
2.9 บรรจุภัณฑ์สำหรับอาหารผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบ.....	22
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ.....	27
3.1 วัตถุประสงค์.....	27
3.2 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์.....	27
3.3 อาหารเลี้ยงเชื้อและสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง.....	27
3.4 สถานที่ทดลอง.....	27
3.5 วิธีการทดลอง.....	28
3.5.1 กระบวนการผลิตบิสกิตสอดไส้แยมสับปะรด.....	28
3.5.2 การเตรียมตัวอย่างบิสกิต.....	29
3.5.3 การเตรียมตัวอย่างแยมสับปะรด.....	28

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.5.4 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของบิสกิตภายหลังการเก็บเป็น เวลา 12 สัปดาห์.....	28
3.5.5 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของแฮมสับประรดภายหลังการเก็บ เป็นเวลา 12 สัปดาห์.....	29
3.5.6 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของบิสกิตไส้แฮมสับประรดที่ระดับ ความชื้นต่าง ๆ ภายหลังการเก็บเป็นเวลา 12 สัปดาห์.....	30
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์.....	31
4.1 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของบิสกิตที่ระดับความชื้นต่างๆ ภายหลังการเก็บเป็น เวลา 12 สัปดาห์.....	31
4.1.1 ค่าความชื้นของบิสกิต.....	31
4.1.2 ค่า a_w ของบิสกิต.....	34
4.1.3 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของบิสกิต.....	35
4.1.4 จำนวนยีสต์และราของบิสกิต.....	37
4.2 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของแฮมสับประรดภายหลังการเก็บเป็นเวลา 12 สัปดาห์.....	38
4.2.1 ค่าความชื้นของแฮมสับประรด.....	38
4.2.2 ค่าวอเตอร์แอคทีวิตี้ของแฮมสับประรด.....	40
4.2.3 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของแฮมสับประรด.....	42
4.2.4 จำนวนยีสต์และราของแฮมสับประรด.....	43
4.3 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของบิสกิตไส้แฮมสับประรดที่ระดับความชื้น ต่างๆ ภายหลังการเก็บเป็นเวลา 12 สัปดาห์.....	45
4.3.1 ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของบิสกิตไส้แฮมสับประรด.....	45
4.3.2 ค่า a_w ของบิสกิตไส้แฮมสับประรด.....	47
4.3.3 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของบิสกิตไส้แฮมสับประรด.....	49
4.3.4 จำนวนยีสต์และราของบิสกิตไส้แฮมสับประรด.....	50

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.3.5 ความชื้นของแอมสับประรดที่สอได้บิสกิต.....	51
4.3.6 ค่า a_w ของแอมสับประรดที่สอได้บิสกิต.....	54
4.3.7 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของแอมสับประรดที่สอได้บิสกิต.....	56
4.3.8 จำนวนยีสต์และราของแอมสับประรดที่สอได้บิสกิต.....	57
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....	58
บรรณานุกรม.....	61
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ.....	64
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์คุณสมบัติทางจุลินทรีย์.....	66
ภาคผนวก ค ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ.....	68
ประวัติผู้เขียน.....	93

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงการเปรียบเทียบปัจจัยต่างๆ ที่บ่งบอกชนิดของบิสกิต โดยใช้ปริมาณไขมันและน้ำตาล.....	7
2.2 ปัจจัยภายในและปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของ จุลินทรีย์ในอาหาร.....	12
2.3 ระดับค่า a_w ต่ำสุดสำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในอาหาร.....	16
2.4 ตัวอย่างการเจริญของจุลินทรีย์ในอาหารที่ระดับค่า a_w ต่างๆ.....	17
2.5 อัตราการซึมผ่านความดันไอของฟิล์มชนิดต่างๆ.....	24
2.6 อัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนและไอน้ำสำหรับฟิล์มหลายชั้น ที่นิยมใช้ในการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหารแห้งและอาหารว่าง.....	25
4.1 เปอร์เซ็นต์ความชื้นของบิสกิตที่ระดับความชื้นเริ่มต้นต่างๆ ภายหลัง การบรรจุในป๊ับและซอง MPET12/ CPP25 และเก็บที่อุณหภูมิห้องเป็น เวลา 12 สัปดาห์.....	32
4.2 เปอร์เซ็นต์ความชื้นที่เพิ่มขึ้นของบิสกิตที่บรรจุในป๊ับและในซอง MPET12/ CPP25 ภายหลังการเก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 สัปดาห์.....	33
4.3 ค่าวอเตอร์แอกติวิตี (a_w) ของบิสกิตที่มีระดับความชื้นเริ่มต้นต่างๆ ที่ บรรจุในป๊ับและในซอง MPET12/ CPP25 เป็นเวลา 12 สัปดาห์.....	34
4.4 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของบิสกิตที่มีความชื้นเริ่มต้นต่างๆ ภายหลัง การบรรจุในป๊ับและซอง MPET12/ CPP25 และเก็บที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 สัปดาห์.....	36
4.5 จำนวนยีสต์และราของบิสกิตที่มีระดับความชื้นเริ่มต้นต่างๆ ภายหลัง การบรรจุในป๊ับและซอง MPET12/ CPP25 และเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 สัปดาห์.....	37
4.6 เปอร์เซ็นต์ความชื้นของไส้สับปะรดที่มีความชื้นเริ่มต้นต่างๆ ภายหลัง การบรรจุป๊ับและบรรจุซอง MPET12/ CPP25 และเก็บที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 สัปดาห์.....	39

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.7 แสดงค่า a_w ของแอมสับปะรดที่มีความชื้นเริ่มต้นระดับต่างๆ ภายหลังการบรรจุปี๊บและบรรจุของ MPET12/ CPP25 และเก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 สัปดาห์.....	41
4.8 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของไส้แอมสับปะรดที่มีความชื้นเริ่มต้นระดับต่างๆ ภายหลังการบรรจุปี๊บและบรรจุของ MPET12/ CPP25 และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 สัปดาห์.....	42
4.9 จำนวนยีสต์และราของไส้แอมสับปะรดที่มีความชื้นเริ่มต้นระดับต่างๆ ภายหลังการบรรจุปี๊บและบรรจุของ MPET12/ CPP25 และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 สัปดาห์.....	44
4.10 ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของบิสกิตไส้แอมสับปะรดที่มีความชื้นเริ่มต้นของบิสกิตและไส้แอมสับปะรดในระดับต่างๆ ภายหลังการบรรจุปี๊บและบรรจุของ MPET12/ CPP25 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 สัปดาห์.....	46
4.11 ค่า a_w ของบิสกิตไส้แอมสับปะรดที่มีความชื้นเริ่มต้นของบิสกิตและไส้สับปะรดระดับต่างๆ ภายหลังการบรรจุปี๊บและบรรจุของ MPET12/ CPP25 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 สัปดาห์.....	48
4.12 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของบิสกิตไส้แอมสับปะรดที่มีความชื้นเริ่มต้นของบิสกิตและไส้สับปะรดระดับต่างๆ ภายหลังการบรรจุปี๊บและบรรจุของ MPET12/ CPP25 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 สัปดาห์.....	50
4.13 จำนวนยีสต์และราของบิสกิตไส้แอมสับปะรดที่มีความชื้นเริ่มต้นของบิสกิตและไส้สับปะรดระดับต่างๆ ภายหลังการบรรจุปี๊บและบรรจุของ MPET12/ CPP25 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 สัปดาห์.....	51
4.14 ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของไส้แอมสับปะรดภายหลังการสอดไส้ในบิสกิตบรรจุปี๊บและบรรจุของ MPET12/ CPP25 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 สัปดาห์.....	53

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.15 ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่ลดลงของไส้แยมสับประรดภายหลังการสอดไส้ในบิสกิต บรรจุปี๊บและบรรจุซอง MPET12/ CPP25 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 สัปดาห์.....	54
4.16 ค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ของไส้แยมสับประรด ภายหลังการสอดไส้ในบิสกิต แบบบรรจุปี๊บและบรรจุซอง MPET12/ CPP25 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 สัปดาห์.....	55
4.17 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของไส้แยมสับประรด ภายหลังการสอดไส้ในบิสกิต แบบบรรจุปี๊บและบรรจุซอง MPET12/ CPP25 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 สัปดาห์.....	56
4.18 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของไส้แยมสับประรด ภายหลังการสอดไส้ในบิสกิต แบบบรรจุปี๊บและบรรจุซอง MPET12/ CPP25 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 สัปดาห์.....	57

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 แสดงขั้นตอนการผลิตบิสกิตสอดไส้แฮมสับปรด.....	8
2.2 แผนภาพแสดงสถานะ (State) ของอาหาร.....	13
2.3 ตัวอย่าง Absorption และ Desorption Isotherm ซึ่งมีรูปแบบ Sigmoidal.....	18
4.1 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ความชื้นของบิสกิตที่มีระดับความชื้นเริ่มต้นต่างๆ ที่บรรจุในซอง MPET12/ CPP25 ภายหลังจากเก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 สัปดาห์.....	33
4.2 กราฟแสดงค่า a_w ของบิสกิตที่มีความชื้นเริ่มต้นต่างๆ ที่บรรจุในซอง MPET12/ CPP25 ภายหลังจากเก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 สัปดาห์.....	35
4.3 กราฟแสดงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของบิสกิตที่มีความชื้นเริ่มต้นต่างๆ บรรจุในซอง MPET12/ CPP25 ภายหลังจากเก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 สัปดาห์.....	36
4.4 กราฟแสดงจำนวนยีสต์และราของบิสกิตที่มีความชื้นเริ่มต้นต่างๆ บรรจุในซอง MPET12/ CPP25 ภายหลังจากเก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 สัปดาห์.....	38
4.5 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ความชื้นของไส้แฮมสับปรดที่มีความชื้นเริ่มต้นระดับต่างๆ ที่บรรจุในซองบรรจุของ MPET12/ CPP25 ภายหลังจากเก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 สัปดาห์.....	39
4.6 กราฟแสดงค่า a_w ของไส้แฮมสับปรดที่มีความชื้นเริ่มต้นระดับต่างๆ ที่บรรจุแบบซองและแบบซอง MPET12/ CPP15 และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 สัปดาห์.....	41
4.7 กราฟแสดงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของไส้แฮมสับปรดที่มีความชื้นเริ่มต้นระดับต่างๆ ที่บรรจุในซองและซอง MPET12/ CPP25 ภายหลังจากเก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 สัปดาห์.....	43

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.8 กราฟแสดงจำนวนยีสต์และราของไส้แยมสับปะรดที่มีความชื้นเริ่มต้นระดับต่างๆ ภายหลังการบรรจุปีบและบรรจุของ MPET12/ CPP25 และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ ห้องเป็นเวลา 12 สัปดาห์.....	45

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ผลิตภัณฑ์บิสกิตไส้แยมสับปะรด เป็นอาหารพร้อมบริโภคที่มีวางจำหน่ายทั่วไป ทั้งในซูเปอร์มาร์เก็ตชั้นนำ ร้านขายของชำรวมทั้งตลาดขายอาหารทั่วไป ผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ชนิดนี้มีทุกวัย และทุกเพศ ซึ่งส่วนประกอบสำคัญของผลิตภัณฑ์ แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นขนมปังกรอบที่เรียก บิสกิต และไส้ที่บรรจุภายใน คือ แยมสับปะรด การควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์นี้ ต้องสอดคล้องกับมาตรฐานตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 213 พ.ศ.2543 เรื่องคุณภาพของแยม และมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 742-2538 เรื่อง ขนมปังกรอบ โดยผลิตภัณฑ์ดังกล่าวที่บรรจุในปีที่ปิดสนิท หรือในซอง Metalize มีอายุการเก็บรักษา เป็นเวลา 1 ปี แต่เนื่องจากในการผลิตบิสกิตไส้แยมสับปะรด ในเชิงอุตสาหกรรมนั้น พบว่าอายุการเก็บรักษาสั้นกว่าที่แจ้งไว้บนบรรจุภัณฑ์ ทั้งนี้เนื่องจากปัจจัยสำคัญคือ ความชื้นของบิสกิต และแยมสับปะรด นอกจากนี้ภาชนะบรรจุผลิตภัณฑ์ก็เป็นอีกหนึ่งปัจจัยสำคัญ ที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษา เนื่องจากลักษณะการเก็บผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ โดยทั่วไปมักเก็บไว้ในอุณหภูมิห้อง แต่เนื่องจากลักษณะอากาศร้อนชื้นในประเทศไทย จึงทำให้อายุการเก็บผลิตภัณฑ์ชนิดนี้สั้นลง

ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่ออายุการเก็บผลิตภัณฑ์บิสกิตไส้แยมสับปะรด เพื่อประโยชน์ในการกำหนดอายุผลิตภัณฑ์ที่แน่นอน และเพื่อความปลอดภัยต่อผู้บริโภค นอกจากนี้ยังใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ เพื่อยืดอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ให้นานขึ้น โดยการควบคุมปัจจัยต่างๆเหล่านั้น

1.2 ขอบเขตการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาศึกษาปัจจัยความชื้นเริ่มต้นของบิสกิตที่ระดับ 0.5-0.8%, 0.9-1.2% และ 1.5-1.6% และความชื้นของแยมสับปะรดที่ระดับ 10-11%, 14-15% และ 17-18% ที่มีผลต่อคุณภาพทางด้านกายภาพ ทางด้านเคมี และทางด้านจุลินทรีย์ ของผลิตภัณฑ์บิสกิตไส้แยมสับปะรด ที่บรรจุในปีที่ปิดสนิท และในซองเมทัลไลซ์เคลือบพลาสติกโพลีเอทิลีน เทเรพทาเลทความหนา 12 ไมครอน และโพลีพอพิลีน ความหนา 25 ไมครอน (MPET12/PP25) ในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 สัปดาห์ ดังนี้

1.2.1 ร้อยละความชื้น (Moisture Content) ของเปลือกบิสกิตและไส้แยมสับปะรด

1.2.2 ค่าวอเตอร์แอ็คทิวิตี (Water activity) ของเปลือกบิสกิตและไส้แยมสับปะรด

1.2.3 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count) ของเปลือกบิสกิตและไส้แยมสับปะรด

1.2.4 ปริมาณยีสต์และรา (Yeast and Mold) ของเปลือกบิสกิตและไส้แยมสับปะรด

1.3 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.3.1 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงความชื้นของบิสกิต ไส้แยมสับปะรด และบิสกิตป้ายไส้แยมสับปะรด ที่มีความชื้นเริ่มต้นของบิสกิต และของแยมสับปะรดที่ระดับต่างๆ ภายหลังจากเก็บที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 สัปดาห์

1.3.2 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าวอเตอร์แอ็คติวิตีของบิสกิต ไส้แยมสับปะรด และบิสกิตป้ายไส้แยมสับปะรด ที่มีความชื้นเริ่มต้นของบิสกิต และของแยมสับปะรดที่ระดับต่างๆ ภายหลังจากเก็บที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 สัปดาห์

1.3.3 ศึกษาการเจริญของจุลินทรีย์ทั้งหมดของบิสกิต ไส้แยมสับปะรด และบิสกิตป้ายไส้แยมสับปะรด ที่มีความชื้นเริ่มต้นของบิสกิต และของแยมสับปะรดที่ระดับต่างๆ ภายหลังจากเก็บที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 สัปดาห์

1.3.4 ศึกษาการเจริญของยีสต์และราจากบิสกิต ไส้แยมสับปะรด และบิสกิตป้ายไส้แยมสับปะรด ที่มีความชื้นเริ่มต้นของบิสกิต และของแยมสับปะรดที่ระดับต่างๆ ภายหลังจากเก็บที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 สัปดาห์

บทที่ 2

ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 แยมสับปะรด

เนื่องจากผลไม้กวนได้ถูกนิยาม ให้เป็นแยม ดังนั้นจากมาตรฐานผลไม้กวนและเฮลตี้ (Codex Standard 79-1981) ให้นิยามของคำว่า "แยม" หรือ "ผลไม้กวน" (Jam or Preserve or Conserve) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่เตรียมจากส่วนประกอบของผลไม้ที่เหมาะสม ดังนี้

- ก. อาจจะเป็นผลไม้ทั้งผล เป็นชิ้นของผลไม้ เนื้อผลไม้ หรือผลไม้ชิ้น และ
- ข. มีน้ำผลไม้หรือไม่มีน้ำผลไม้ หรือน้ำผลไม้เข้มข้น ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่ไม่บังคับและ
- ค. ผสมกับวัตถุในความหวานที่เป็นคาร์โบไฮเดรต อาจมีน้ำ หรือไม่มีน้ำปนอยู่ก็ได้ และ
- ง. ผ่านการแปรรูปที่ทำให้มีความเหนียว

2.1.1 เกณฑ์คุณภาพของแยม

ผลิตภัณฑ์สุดท้ายจะต้องเหนียวหรือเป็นกึ่งของแข็ง มีสีและรสชาติตามปกติของชนิดของผลไม้รวมทั้งสี และรสส่วนประกอบที่ไม่บังคับจะต้องกำหนดคุณลักษณะของสีในกรณีที่มีการปรับสีของผลิตภัณฑ์โดยใช้สีที่อนุญาตให้ใช้ได้ ผลิตภัณฑ์จะต้องปราศจากวัตถุที่มีข้อบกพร่อง ซึ่งโดยปกติจะเกี่ยวข้องกับผลไม้

โดยมาตรฐานคุณภาพของ"แยม" ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 213 พ.ศ.2543 มีดังต่อไปนี้ คือ

1. มีกลิ่นรสตามลักษณะเฉพาะของแยม เฮลตี้ หรือมาร์มาเลด แล้วแต่กรณี
2. มีสารที่ละลายได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 65 ของน้ำหนัก
3. มีค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ระหว่าง 2.8-3.5
4. ไม่มีจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค
5. ไม่มีสารเป็นพิษจากจุลินทรีย์หรือสารเป็นพิษอื่นในปริมาณที่อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ
6. ตรวจพบแบคทีเรียชนิด โคลิฟอร์มน้อยกว่า 3 ต่อ แยม เฮลตี้ หรือมาร์มาเลด 1 กรัม แล้วแต่กรณี โดยวิธี MPN (Most Probable Number)
7. ไม่มีวัตถุที่ทำให้ความหวานชนิดอื่นนอกจากน้ำตาล
8. ตรวจพบสารปนเปื้อนดังต่อไปนี้ได้ไม่เกิน
 - 8.1 ตะกั่ว 1 มิลลิกรัม ต่อแยม เฮลตี้หรือมาร์มาเลด 1 กิโลกรัม
 - 8.2 ดีบุก 250 มิลลิกรัม ต่อแยม เฮลตี้ หรือมาร์มาเลด 1 กิโลกรัม (คำนวณเป็น Sn)

2.1.2 ขั้นตอนการทำแยมสับปะรด

การทำแยมสับปะรด ที่จะนำมาใช้เป็นไส้สำหรับบิสกิต จะมีวิธีการผลิตที่แตกต่างจากการผลิตแยมผลไม้ทั่วไป ก็คือ ต้องใช้สับปะรดสับให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ กว่าในการทำแยม และต้องกวนกับน้ำตาลไปจนแห้ง คือ จะต้องไม่มีลักษณะเหลว แต่จะแห้งและจับตัวกัน

ส่วนประกอบที่สำคัญ

สับปะรด	55%
น้ำตาล	28%
กลูโคสไซรัป	17%
กรดซิตริก	0.05%
เกลือ	0.03%

วิธีทำ

1. นำสับปะรดสับเป็นชิ้นเล็ก ๆ
2. นำมาคัมกับน้ำเล็กน้อยจนเปียก เมื่อน้ำแห้งนำมาชั่ง
3. เติมน้ำตาลลงไปประมาณครึ่งหนึ่งถึงเศษสามส่วนสี่ของน้ำหนัก สับปะรดที่ชั่งได้
4. เติมกรดซิตริกในอัตราส่วน 1 ช้อนชา ต่อสับปะรด 1 กิโลกรัม หรือใช้น้ำมะนาวจากมะนาวประมาณ 2 ผล แทนกรดซิตริก 1 ช้อนชาก็ได้
5. เมื่อเคี่ยวจนได้ที่แล้ว นำลงบรรจุในขวดที่สะอาดขณะร้อนกคให้เนื้อติดกัน แล้วปิดฝาทันที ถ้าไม่ให้สับปะรดติดก่อนบรรจุควรทาด้านในของภาชนะบรรจุด้วยกลีเซอริน

2.1.3 องค์ประกอบสำคัญของแยมสับปะรด

2.1.3.1 น้ำตาล

น้ำตาลส่วนใหญ่ที่ใช้ในผลิตภัณฑ์แยม หรือผลไม้กวน คือ ซูโครส ซึ่งน้ำตาลจะช่วยให้เกิดเจลโดยการเกิดพันธะไฮโดรเจนกับโมเลกุลของเพคติน หรืออาจจะเนื่องจากน้ำตาลเป็นสารที่มีหมู่ไฮดรอกซิลมาก จึงอาจเกิดไฮโดรเจนกับน้ำ ทำให้หมู่ไฮดรอกซิลของโมเลกุลเพคตินเป็นอิสระ สามารถเกิดพันธะไฮดรอกซิล (hydroxyl) บนโมเลกุลเพคตินอื่น หรือบนส่วนอื่นของโมเลกุลเพคตินได้ ดังนั้นเฮลล์ แยม มาร์มาเลดและเนยผลไม้ เป็นผลิตภัณฑ์ที่เตรียมจากผลไม้ และหรือจากพืช ที่เติมน้ำตาลซูโครส หลังจากการทำให้เข้มข้นโดยการระเหยน้ำ ผลิตภัณฑ์ที่เตรียมได้นี้สามารถเก็บไว้ได้นาน

นอกจากซูโครสแล้ว น้ำตาลส่วนหนึ่งจะใช้น้ำตาลอินเวอร์ทเพื่อช่วยลดการเกิดผลึกสมดุระหว่างซูโครสกับน้ำตาลอินเวอร์ท เป็นสิ่งสำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ถ้ามีน้ำตาลอินเวอร์ทน้อยเกินไป คือน้อยกว่า 30-45% ของปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ซูโครสจะตกผลึก แต่ถ้าปริมาณมากเกินไป กลูโคสจะตกผลึก ปริมาณที่นิยมใช้จะอยู่ในช่วง 35-40% ของปริมาณน้ำตาลทั้งหมดใน

ผลิตภัณฑ์ น้ำตาลอินเวอร์ทในส่วนผสมอาจได้จากการเติมลงไปโดยตรง หรือจากการสลายตัวของ ซูโครสด้วยกรด ระหว่างการให้ความร้อนเพื่อผลิตผลิตภัณฑ์

บางครั้งอาจมีการใช้กลูโคสแทนซูโครสในปริมาณ 5-15% เพื่อลดการตกผลึกของ ซูโครส เช่นเดียวกับการใช้น้ำตาลอินเวอร์ท กลูโคสที่ใช้มักจะอยู่ในรูปของน้ำเชื่อมข้าวโพด การเติมกลูโคสทดแทนซูโครสบางส่วนนี้ นอกจากจะช่วยป้องกันการตกผลึกของซูโครสแล้ว ยังช่วยเพิ่มความแวววาว ป้องกันการแยกตัวของน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ ซึ่งเรียกว่า weeping และยังช่วยลด ความหวานของผลิตภัณฑ์ลงไม่ให้หวานจนเกินไป

การใช้แยมสอด้ใส่บิสกิตจำเป็นจะต้องมีปริมาณของแข็งมากถึง 76-78% ซึ่งจะทํา ให้ความชื้นของบิสกิตมีค่ามากถึง 9% เพื่อเป็นการลดการตกผลึกของซูโครส (Manley, 1991)

การใช้น้ำตาลหรือซูโครสกับผลิตภัณฑ์ผลไม้ นับว่าเป็นวิธีการถนอมอาหารเก่าแก่ที่ สุด โดยน้ำตาลที่ใช้อาจอยู่รูปของของแข็ง หรือในรูปของสารละลาย ซึ่งทั้งนี้ขึ้นกับผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์ผลไม้ที่สำคัญที่ถนอมด้วยน้ำตาลและมีลักษณะทำให้เข้มข้น คือ ผลิตภัณฑ์แยม และมาร์มาเลด ผลิตภัณฑ์เหล่านี้มีน้ำตาลประมาณร้อยละ 55-65 หรืออาจจะสูงกว่านี้โดย เฉพาะพวกมาร์มาเลดนอกจากผลิตภัณฑ์ดังกล่าวแล้ว ยังมีผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ที่จัดอยู่ในพวกนี้ ได้แก่ เจลลี่ เนื้อผลไม้ชั้น (ไพบูลย์, 2532)

ผลิตภัณฑ์แยมและมาร์มาเลดมีค่า a_w 0.75-0.82 ซึ่งค่านี้จะไม่สามารถหยุดการเจริญ ของเชื้อราได้อย่างสมบูรณ์ หรือยีสต์ที่สามารถทนต่อน้ำตาลสูงได้ แต่เชื้อรายังสามารถใช้อากาศ ช่วยในการเจริญได้ ด้วยเหตุนี้จึงได้มีการใช้วิธีพาสเจอร์ไรซ์หรือการใช้สารกันเสียอื่นร่วมด้วย เช่น กรดซอร์บิก เป็นต้น

2.1.3.2 กรด

กรดที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ มักเป็นกรดอินทรีย์ที่มีอยู่แล้วตามธรรมชาติ ในผลไม้ที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตแยม ผลไม้ที่มีกรดต่ำ อาจจะต้องเติมกรดลงไป กรดที่นิยมใช้ ในผลิตภัณฑ์ คือ กรดซิตริก กรดทาร์ทาริก และกรดแลคติก กรดที่ผลไม้มีปริมาณกรดตามธรรม ชาติมากเกินไป จะลดความเป็นกรดลงโดยการเติมเกลือที่มีสมบัติเป็นบัฟเฟอร์ (buffer) เช่น แคลเซียมคาร์บอเนต โซเดียมซัลเฟต หรือโซเดียมซิเตรท เป็นต้น การใช้บัฟเฟอร์เหล่านี้ จะต้องไม่ ใช้ในปริมาณมากเกินไป เพราะจะมีผลต่อการเกิดเจลของ เพคติน และอาจทำลายกรดแอสคอร์บิก ที่มีอยู่

กรดจะช่วยให้เกิดการเกิดเจลของเพคติน โดยในสภาวะที่มีความเป็นกรด-ด่างสูง หมู่ คาร์บอกซิลบนโมเลกุลของเพคตินจะแตกตัว ทำให้โมเลกุลมีประจุและเกิดการผลักกันระหว่าง โมเลกุลที่มีประจุด้วยกัน จึงเกิดพันธะไฮโดรเจนยาก และไม่สามารถเกิดเจลได้ การมีกรดในระบบ จะช่วยลดการแตกตัว จึงสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนและเกิดเจลได้ง่ายขึ้น เพคตินชนิดเซ็ทตัวเร็ว

ซึ่งมีค่า DM (Degree of Methoxylation) สูง จะมีการแตกตัวเกิดประจุบนโมเลกุลน้อยกว่า เพราะมีกลุ่มคาร์บอกซิลอิสระน้อยกว่า และต้องการปริมาณกรดในการเกิดเจลน้อยกว่า (กิตติพงษ์, 2535)

2.2 บิสกิต

การจำแนกชนิดของบิสกิต สามารถแยกได้จากแป้งโด ซึ่งมีความสัมพันธ์กับแป้งสาลี หรือแป้งธัญพืชอื่น ๆ ที่ใช้ โครงสร้างภายใน ระดับไขมัน น้ำตาลและน้ำ โดยสามารถแบ่งได้หลายชนิด

ขนมปังกรอบ (biscuit) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ขนมอบที่ทำจากแป้งสาลีเป็นหลักกับส่วนประกอบอื่นอาจปรุงแต่งกลิ่นรสหรือไม่ก็ได้ มีรูปร่างขนาด ชื่อ และวิธีการทำต่างๆ กัน ขนมปังกรอบแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ แครกเกอร์และคุกกี้ แต่ละประเภทแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ ชนิดธรรมดา และชนิดปรุงแต่ง (จินตนา และคณะ, 2543)

ขนมปังกรอบชนิดธรรมดา หมายถึง ขนมปังกรอบที่มีส่วนประกอบทั่วไปตามธรรมชาติ ผสมรวมเป็นเนื้อเดียวกัน

ขนมปังกรอบชนิดปรุงแต่ง หมายถึง ขนมปังกรอบที่มีการปรุงแต่งด้วยส่วนประกอบต่างๆ เช่น เกลือป่น สดใส หรือมีส่วนประกอบอื่น โดยสามารถมองเห็นส่วนประกอบที่ใช้ปรุงแต่งได้ชัดเจน

แครกเกอร์ หมายถึง ขนมปังกรอบที่มีปริมาณน้ำตาลต่ำหรือไม่มีเลย มีไขมันค่อนข้างสูง ทำจากแป้งสาลีที่มีโปรตีนประมาณ 8-14% ลักษณะแป้งผสมค่อนข้างเหนียว และสามารถรีดเป็นแผ่นได้ แป้งผสมนี้สามารถนำไปผลิตทำแครกเกอร์ได้หลายชนิด ขึ้นอยู่กับวิธีการทำ เช่น

1. แป้งผสมที่ผ่านการหมัก ขึ้นฟูโดยใช้ยีสต์ ผลิตภัณฑ์ที่ได้ ได้แก่ คริมแครกเกอร์ โซดาแครกเกอร์ ซอลทินแครกเกอร์
2. แป้งผสมที่ขึ้นฟูโดยใช้สารเคมี ได้แก่ มาริ ริชชี
3. แป้งผสมที่ทำให้โปร่งเป็นชั้นด้วยไขมัน ได้แก่ ขนมปังกรอบชนิดสอดไส้และไม่สอดไส้

คุกกี้ หมายถึง ขนมปังกรอบที่มีรสหวาน ทำจากแป้งสาลีที่มีโปรตีนประมาณ 8-9% ลักษณะของแป้งผสมค่อนข้างอ่อน มีขนาดเล็ก มีรูปร่างและกลิ่นรสต่างๆ กัน คุกกี้บางชนิดบางชนิดหนา บางชนิดอาจแตกต่างด้วยผลไม้ นัตและถั่ว บางชนิดก็มีการเคลือบหน้าด้วยไอซิ่ง ได้แก่ ครอบคุกกี้ ไวรด์คัตคุกกี้ โรตารีคุกกี้ เป็นต้น

ตารางที่ 2.1 แสดงการเปรียบเทียบปัจจัยต่างๆ ที่บ่งบอกชนิดของบิสกิตโดยใช้ปริมาณไขมันและน้ำตาล

	Cracker	Semi sweet	Short High-fat	High Sugar	Soft
Moisture in dough	30%	22%	9%	15%	11%
Moisture in biscuit	1-2%	1-2%	2-3%	2-3%	3+%
Temperature of dough	30-38 °c	40-42 °c	20 °c	21 °c	21 °c
Critical ingredients	Flour	Flour	Fat	Fat and sugar	Fat and Sugar
Baking time	3 min	5.5 min	15-25 min	7 min	12+ min
Oven band type	Wire	Wire	Steel	Steel	Steel

ที่มา : Manley (1991)

โดยทั่วไปผู้ผลิตบิสกิต จะกำหนดคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 742-2538 (พ.ศ.2539) ของขนมปังกรอบ โดยคุณลักษณะที่ต้องการของขนมปังกรอบมีดังนี้

2.2.1 ลักษณะทั่วไป

ต้องกรอบ มีกลิ่นรสตามปกติของขนมปังกรอบชนิดนั้น ๆ ไม่มีกลิ่นหืนหรือรสขม มีสีตามธรรมชาติของผลิตภัณฑ์ และไม่ไหม้

2.2.2 คุณลักษณะทางเคมี

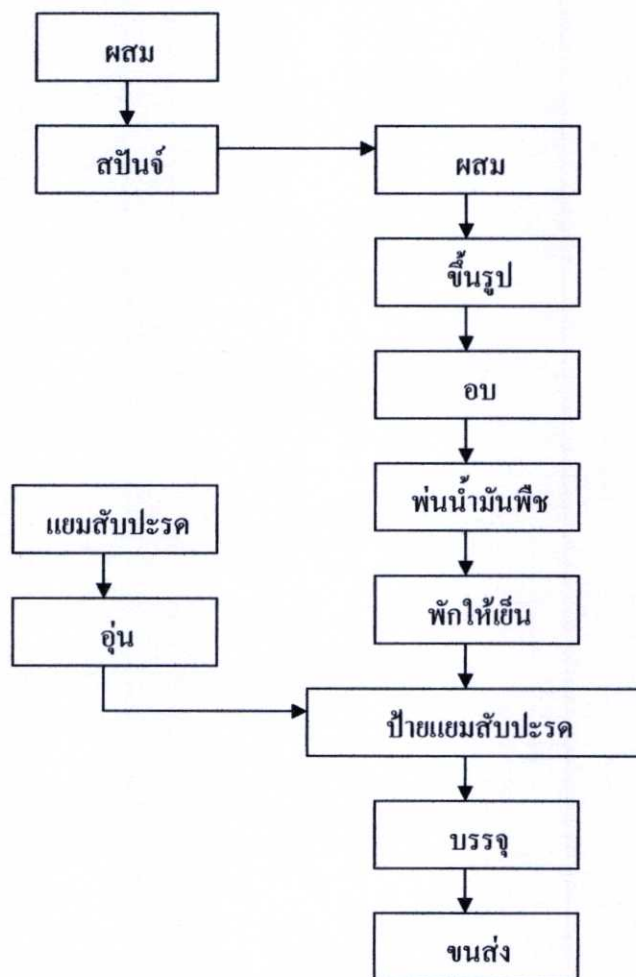
- ความชื้น ไม่เกิน 4% กรณีที่มีการเติมแต่ง ไม่เกิน 7%
- เถ้าที่ไม่ละลายในกรด (acid insoluble ash) ร้อยละของน้ำหนักอบแห้ง ไม่เกิน 0.05
- ความเป็นกรดของไขมันที่สกัดได้ (acidity of extracted fat) คิดเป็นกรดโอเลอิก ร้อยละ ไม่เกิน 1.0

2.2.3 สุขลักษณะ

- จุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count) ไม่เกิน 10^4 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม
- ยีสต์และรา น้อยกว่า 10 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม
- โคลิฟอร์ม (coliform) โควิธีเอ็มพีเอ็น (MPN) น้อยกว่า 3 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม
- Salmonella ต้องตรวจไม่พบใน 25 กรัมของตัวอย่าง
- *Clostridium perfringens* ต้องตรวจไม่พบใน 1 กรัมของตัวอย่าง
- *Staphylococcus aureus* ต้องตรวจไม่พบใน 1 กรัมของตัวอย่าง

2.3 กระบวนการผลิตบิสกิตไส้แยมสับปะรด

ในการผลิตขนมปังกรอบไส้แยมสับปะรด สามารถแบ่งได้เป็น 3 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เป็นการผลิตบิสกิต และส่วนที่ 2 เป็นการผลิตแยมสับปะรด และส่วนที่ 3 เป็นการนำแยมสับปะรดมาป้ายประกบกับบิสกิต แต่โดยทั่วไปในการผลิตเป็นอุตสาหกรรม โรงงานจะทำการผลิตบิสกิตเอง แต่จะรับซื้อแยมสับปะรดจากกลุ่มแม่บ้านเกษตรกร เช่น กลุ่มแม่บ้านเกษตรกรในจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เป็นต้น ดังนั้นกระบวนการผลิตบิสกิตไส้แยมสับปะรดในโรงงานอุตสาหกรรมจึงเป็นดังนี้



ภาพที่ 2.1 แสดงขั้นตอนการผลิตบิสกิตสอดไส้แยมสับปะรด

2.3.1 ขั้นตอนการผลิตบิสกิต

- 1) ผสมส่วนผสมต่าง ๆ เช่น แป้งสาลี ไขมันเนย นมผง ไข่ไก่ น้ำตาล และวัตถุเจือปนอาหารต่างๆ
- 2) ขั้นตอนการขึ้นรูป : เป็นขั้นตอนของการฟอร์มตัวเพื่อให้ได้รูปแบบหรือรูปร่างตามต้องการ โดยการผ่านการรีดให้เป็นแผ่นและผ่านการบีบขึ้นรูปต่าง ๆ โดยมีขนาดความกว้างและความหนาที่เหมาะสม
- 3) ขั้นตอนการอบ : นำแผ่นแป้งที่ผ่านการรีดแล้วมาอบในเตาอบแบบ Tunnel oven และใช้ระบบแก๊ส โดยระยะเวลาที่ใช้ในการอบ ประมาณ 8-10 นาที
- 4) ขั้นตอนการพ่นน้ำมัน : นำบิสกิตที่ผ่านการอบแล้ว มาพ่นน้ำมันเพื่อความหอมมันน่ารับประทาน และช่วยให้สีขนมดูน่ารับประทานมากยิ่งขึ้น โดยใช้ไขมันพ่น 8-10% ของน้ำหนักบิสกิต
- 5) ขั้นตอนการป้ายไส้ : ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการอบจะพักทิ้งไว้และรอให้เย็น ก่อนจะนำมาป้ายไส้แยมสับปะรด โดยแยมสับปะรดจะต้องผ่านการอุ่นให้ร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 50-60 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 2 ชั่วโมง เพื่อให้สับปะรดมีลักษณะนุ่ม เหนียวดึงได้ง่าย โดยสับปะรดขณะป้ายมีอุณหภูมิ 35-40 องศาเซลเซียส

2.4 การเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ประเภทขนมปังอบกรอบในระหว่างการเก็บรักษา

ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารประเภทต่างๆ อาหารจะสัมผัสกับสิ่งแวดล้อมต่างๆ มากมาย ปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อมต่างๆ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ออกซิเจน และแสง สามารถกระตุ้นกลไกของปฏิกิริยาต่างๆ หลายอย่างที่ก่อให้เกิดการเสื่อมเสียขึ้นในอาหารได้ การเสื่อมเสียของอาหารหมายถึง การที่อาหารเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะคุณภาพ ซึ่งหมายถึง สี กลิ่น รส รูปร่าง ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารและคุณค่าทางโภชนาการ ซึ่งในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ประเภทขนมปังอบกรอบมีการเปลี่ยนแปลงทางคุณภาพ คือ

2.4.1 การเปลี่ยนแปลงทางเคมี (chemical changes)

ในระหว่างการแปรรูปและการเก็บรักษาของอาหาร การเปลี่ยนแปลงทางเคมีหลายอย่างที่เกิดขึ้นล้วนเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบภายในที่อยู่ในอาหารและปัจจัยของสิ่งแวดล้อมที่อยู่ภายนอก การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้อาจก่อให้เกิดการเสื่อมเสียของอาหารและทำให้อายุการเก็บลดน้อยลง ได้แก่

2.4.1.1 การเหม็นหืนในอาหาร

การเหม็นหืนของอาหาร เป็นการเสื่อมเสียเนื่องจากปฏิกิริยาเคมี ที่เกิดในอาหารที่มีไขมันและน้ำมันเป็นองค์ประกอบ เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันหรือปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของ

โมเลกุลของไขมัน อัตราการออกซิเดชันของไขมันมีผลจากปัจจัยหลายอย่าง โดยเฉพาะอุณหภูมิ ภายนอกเป็นตัวแปรที่สำคัญ การมีออกซิเจนในบริเวณที่ใกล้อาหารทำให้อัตราการออกซิเดชันเพิ่มขึ้น ในทำนองเดียวกัน น้ำมีบทบาทสำคัญเนื่องจากการออกซิเดชันของไขมันในอาหารมักเกิดด้วยอัตราสูงที่วอเตอร์แอคทีวิตี้ต่ำมาก ในการกำหนดอายุการเก็บของอาหารที่มีไขมันสูง อาจต้องพิจารณาปฏิกิริยาเคมีอื่นๆ ที่สามารถได้รับการกระตุ้นจากแสงได้ เช่น การสูญเสียวิตามิน และการเกิดสีน้ำตาลของเนื้อ (รุ่งนภา, 2540)

2.4.1.2 การเกิดสีน้ำตาลในอาหาร

เป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในอาหารหลายชนิด ทำให้สีของอาหารเปลี่ยนไปเป็นสีเหลืองอ่อน หรือสีน้ำตาลเข้มจนถึงสีดำ และทำให้อาหารเกิดการเปลี่ยนแปลงกลิ่นรสด้วย การเกิดสีน้ำตาลในอาหารหลายชนิดอาจเป็นสิ่งที่ต้องการ เนื่องจากมีสีและกลิ่นรสที่ดีขึ้น เช่น สีน้ำตาลที่ผิวของขนมปัง กลิ่นหอมของขนมปังที่อบใหม่

2.4.2 การเปลี่ยนแปลงทางด้านจุลินทรีย์ (Microbiological changes)

การเสื่อมเสียของอาหารที่เกิดจากจุลินทรีย์อาจเรียกว่า การเน่าเสีย (spoilage) จุลินทรีย์ทำให้อาหารเน่าเสียได้ โดยเข้าไปเจริญเติบโตเพิ่มจำนวน และทำให้ส่วนประกอบทางกายภาพ และทางเคมีของอาหารนั้นเกิดการเปลี่ยนแปลง อาหารที่เกิดการเน่าเสียอาจเป็นอันตรายและทำให้ผู้บริโภคเกิดการเจ็บป่วยเนื่องจากสารพิษ (toxin) หากจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสียนั้นเป็นจุลินทรีย์ชนิดที่ทำให้เกิดโรคกับมนุษย์

ในการหาผลของจุลินทรีย์ต่ออายุการเก็บของอาหาร จำเป็นต้องทราบอัตราการเติบโตของจุลินทรีย์ซึ่งเป็นฟังก์ชันกับปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่างๆ จุลินทรีย์มีความสามารถในการแบ่งตัวในอัตราที่สูง เมื่ออยู่ในสภาวะที่เหมาะสม จุลินทรีย์ที่พบในอาหารและทำให้เกิดการเน่าเสียหรือทำให้อาหารเป็นพิษ แบ่งได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ คือ แบคทีเรีย ยีสต์และรา โดยจุลินทรีย์แต่ละประเภท จะทำให้อาหารเกิดการเสื่อมเสียดังนี้

2.4.2.1 การเสื่อมเสียของอาหารเนื่องจากแบคทีเรีย

แบคทีเรียเป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวที่มีขนาดเล็กมาก สามารถเจริญเติบโตได้ในอาหารหลายชนิด และบางชนิดยังสร้างสปอร์ที่ทนความร้อน ความเย็น สารเคมี และสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ได้ดี ดังนั้นแบคทีเรียจึงเป็นสาเหตุที่ทำให้อาหารเกิดการเน่าเสียได้มากที่สุด โดยเฉพาะอาหารที่มีความชื้นสูงและมี pH ที่เป็นกลาง เช่น เนื้อสัตว์ ปลา นม ไข่ อาหารที่เน่าเสียจากแบคทีเรียมักมีกลิ่นรสและลักษณะผิดปกติ เช่น มีกลิ่นรสเปรี้ยว และมีแก๊สเกิดขึ้น

แบคทีเรียบางชนิดนอกจากทำให้อาหารเกิดการเน่าเสีย ยังทำให้อาหารเป็นพิษ ไม่ปลอดภัยต่อการบริโภค ซึ่งอาจเป็นอันตรายถึงแก่ชีวิตได้ โดยความเป็นพิษอาจเกิดจากการบริโภคตัวแบคทีเรียที่ปนเปื้อนอยู่ในอาหารเข้าไป แล้วแบคทีเรียเข้าไปเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนในลำไส้ ทำให้เกิดอาการพิษขึ้นที่เรียกว่า food infection หรือการเป็นพิษอาจเกิดจากการบริโภคสารพิษที่แบคทีเรียสร้างขึ้นเข้าไปในร่างกาย โดยไม่ได้บริโภคตัวแบคทีเรีย ที่เรียกว่า food intoxication แบคทีเรียที่ทำให้เกิดอาหารเป็นพิษที่สำคัญ ได้แก่ *Salmonella*, *Shigella*, *Campylobacter jejuni*, *Staphylococcus aureus*, *Clostridium Botulinum*, *Clostridium perfringens*, *Bacillus cereus* และ *Listeria monocytogenes*

2.4.2.2 การเสื่อมเสียของอาหารเนื่องจากยีสต์

ยีสต์เป็นจุลินทรีย์ที่มีขนาดเล็ก และมักไม่อยู่เป็นเซลล์เดี่ยว สืบพันธุ์โดยการแตกหน่อ ต้องการน้ำและน้ำตาลหรือคาร์โบไฮเดรตเป็นแหล่งพลังงาน โดยยีสต์จะเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และเอทิลแอลกอฮอล์ ทำให้อาหารที่เน่าเสียจากยีสต์มีฟองแก๊ส และมีกลิ่นรสของแอลกอฮอล์คล้ายกับกลิ่นหมัก ยีสต์ส่วนใหญ่จะเจริญได้ดีในสภาวะที่เป็นกรด จึงมักทำให้อาหารที่มีความเป็นกรดหรือมีน้ำตาลสูง เช่น กะหล่ำปลีดอง (sauerkraut) น้ำผลไม้ น้ำเชื่อม กากน้ำตาล น้ำผึ้ง เยลลี่ โยเกิร์ต เกิดการเสื่อมเสีย แม้ยีสต์จะเป็นสาเหตุให้อาหารเหล่านี้เน่าเสีย แต่ก็ไม่ทำให้อาหารเป็นพิษ

2.4.2.3 การเสื่อมเสียของอาหารเนื่องจากรา

ราเป็นจุลินทรีย์ที่มีขนาดใหญ่ มีลักษณะเป็นเส้นสาย (filament) สามารถเจริญเติบโตได้ในอาหารหลายชนิดคือ ราอาจเจริญได้ทั้งในอาหารที่เป็นกรด เช่น มะนาว อาหารที่เป็นกลาง เช่น ขนมหึง เนื้อสัตว์ และอาหารที่มีปริมาณน้ำตาลสูง เช่น แยม เยลลี่ อาหารที่เสื่อมเสียจากเชื้อราส่วนใหญ่ มักถูกเก็บไว้ในสภาพที่ไม่ถูกสุขลักษณะ เช่น เก็บไว้ในที่มืด อับชื้น เมื่อราเจริญเติบโตบนอาหารก็จะสามารถมองเห็นเส้นใย และสามารถสร้างสารพิษที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคอาหารนั้นด้วย สารพิษจากเชื้อรา เรียกว่า ไมโคทอกซิน ที่รู้จักกันดีคือ อะฟลาทอกซิน ซึ่งพบในถั่วลิสง ข้าวไรย์ ข้าวสาลี และทำให้ผู้บริโภคอาหารที่มีสารพิษนี้เป็นโรคมะเร็งในตับได้

การยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในอาหาร กระทำได้หลายประการทั้งนี้ขึ้นกับปัจจัยภายในและภายนอกที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในอาหาร ดังแสดงในตารางที่ 2.2 เช่น การลดอุณหภูมิเพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ หรือการเพิ่มอุณหภูมิเพื่อทำลายจุลินทรีย์ การกำจัดน้ำที่จุลินทรีย์จะนำไปใช้ในการเจริญเติบโต หรือการควบคุมสภาวะบรรยากาศ เช่น ความเข้มข้นของออกซิเจน หรือเพิ่มความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ นอกจากนี้การเติมกรดเพื่อลด pH ก็เป็นการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิผลดีเช่นกัน

ตารางที่ 2.2 ปัจจัยภายในและปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในอาหาร

ปัจจัยภายใน	ปัจจัยภายนอก
- pH	- storage temperature
- water activity	- relative humidity of environment
- nutrient content	- presence and concentration of gases in the environment
- antimicrobial constituents	
- biological structures	

ที่มา : รุ่งนภา (2540)

จากปัจจัยดังกล่าว สามารถนำมาเป็นแยกเป็น ปัจจัยหลักในการควบคุมอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์อาหาร ได้ ดังนี้

1. ลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์ (product characteristics)
2. สภาวะแวดล้อมที่ผลิตภัณฑ์ได้รับระหว่างการจัดจำหน่ายและการเก็บ
3. คุณสมบัติของภาชนะบรรจุ

ปัจจัยที่สำคัญต่ออายุการเก็บของอาหาร โดยเป็นปัจจัยที่ควบคุมการเน่าเสียของอาหาร คือ Water Activity (a_w) โดยปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ของสิ่งแวดล้อมนั้นมีความเกี่ยวข้องกับระดับวอเตอร์แอกติวิตี้ของอาหารเป็นอย่างมากดังสมการ

$$a_w = ERH/100$$

ERH = ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์สมมูล

a_w = ระดับวอเตอร์แอกติวิตี้

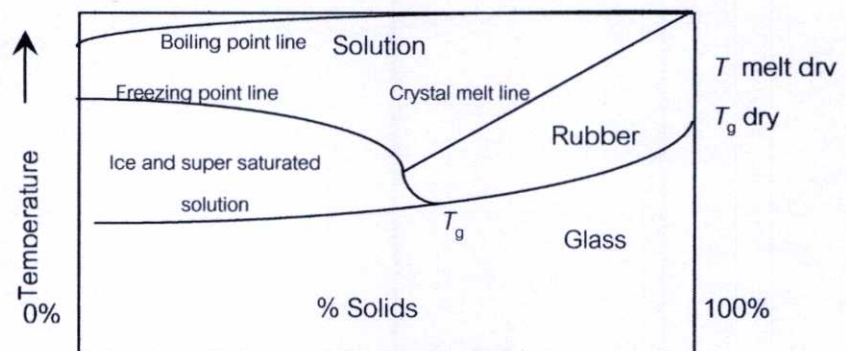
จะเห็นว่าระดับวอเตอร์แอกติวิตี้ของอาหารนั้น มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงหลายชนิด รวมถึงการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ เกิดขึ้นภายในช่วงค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ที่แน่นอนช่วงหนึ่ง อันเป็นผลให้ผลิตภัณฑ์อาหารเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านต่าง ๆ ดังจะได้กล่าวถึงดังต่อไปนี้

2.5 อิทธิพลของระดับวอเตอร์แอกติวิตีที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านต่างๆ ของอาหาร

2.5.1 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ

การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้น หรือระดับวอเตอร์แอกติวิตีของอาหาร มีผลอย่างมากต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของอาหาร อันเป็นผลเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงสถานะ (State) ของอาหาร ซึ่งรายละเอียดเกี่ยวกับอิทธิพลของสถานะอาหาร ที่มีต่อคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์นั้น สามารถอธิบายได้ดังนี้

อาหารที่มีสถานะเป็นของแข็ง (solid foods) อาจอยู่สถานะ (State) ต่าง ๆ ได้แก่ crystalline state ซึ่งเป็นสถานะที่สาร มีความคงตัวมากที่สุด และ amorphous state อันเป็นสถานะที่สารไม่มีความคงตัวอย่างแท้จริง ซึ่งอาหารส่วนใหญ่อยู่ในสถานะนี้ โดย amorphous state นั้นแบ่งออกเป็น glassy state และ rubbery state ผลิตภัณฑ์อาหารสามารถเปลี่ยนสถานะไปมาระหว่าง 2 สถานะดังกล่าวนี้ ผ่าน glass transition temperature (T_g) อันเป็นระดับอุณหภูมิ ที่มีส่วนในการกำหนดสถานะของอาหาร ถ้าอุณหภูมิในการเก็บรักษานั้นมีค่าสูงกว่า T_g อาหารนั้นจะอยู่ในสถานะ rubbery state ซึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านต่าง ๆ เนื่องจากการเคลื่อนที่ของโมเลกุลในอาหาร ณ สถานะนี้เกิดขึ้นมาก ทำให้ปฏิกิริยาต่าง ๆ เกิดขึ้นได้อย่างอิสระ ในขณะที่เมื่ออุณหภูมิการเก็บรักษานั้น มีค่าต่ำกว่า T_g อาหารนั้นจะอยู่ในสถานะ glassy state ซึ่งเป็นสถานะที่มีการเคลื่อนที่ของโมเลกุลอาหารน้อยมากเป็นผลให้อาหารมีความคงตัวสูง ดังจะเห็นได้จากภาพที่ 2.2 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า อุณหภูมิการเก็บรักษาและปริมาณของแข็ง (%solids) ในอาหารเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดสถานะ (state) ของผลิตภัณฑ์ (Labuza และ Hyman, 1998)



ภาพที่ 2.2 แผนภาพแสดงสถานะ (state) ของอาหาร

ที่มา : Labuza และ Hyman (1998)

สภาวะของอาหารนี้ มีอิทธิพลต่อคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์อาหารเป็นอย่างมาก การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพที่สำคัญ อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาวะของอาหาร ได้แก่ การตกผลึก การจับเป็นก้อน ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ เป็นต้น

ในอาหารบางชนิดที่มีปัญหาการตกผลึก พบว่าอัตราการตกผลึกจะเพิ่มขึ้น เมื่ออาหารอยู่ในสภาวะที่มีอุณหภูมิการเก็บรักษาสูงกว่า glass transition temperature เนื่องจากอาหารนั้นอยู่ในสภาวะ rubbery state การเคลื่อนที่ของโมเลกุล (molecular movement) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่เมื่ออุณหภูมิการเก็บรักษามีค่าน้อยกว่า T_g การตกผลึกเกิดขึ้นได้ช้ามาก เนื่องจากอาหารอยู่ในสภาวะ glassy state การเคลื่อนที่ของโมเลกุลที่สภาวะนี้มีน้อยมาก

นอกจากอุณหภูมิการเก็บรักษาแล้ว ปริมาณความชื้นของอาหาร เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญในการกำหนดสภาวะของอาหารเช่นกัน เนื่องจากน้ำหรือปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้นนั้น ไปมีผลให้ T_g ของผลิตภัณฑ์มีค่าต่ำลง จนน้อยกว่าอุณหภูมิการเก็บรักษา มีผลให้อาหารเปลี่ยนจากสภาวะ glassy state ไปเป็นสภาวะ rubbery state ดังนั้นเมื่ออาหารมีปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้น อัตราการตกผลึกจะมีค่าเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน ในกรณีของผลิตภัณฑ์อาหารที่มีน้ำตาลทรายในส่วนประกอบ เมื่ออยู่ในสภาวะที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูงจะมีผลให้ผลิตภัณฑ์อยู่ในสภาวะ rubbery state น้ำตาลทรายจะเกิดการตกผลึกขึ้น ทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์หยาบขึ้น (coarse and grainy texture) ผลิตภัณฑ์อาหารดังกล่าว ที่มีปัญหาการตกผลึกของน้ำตาลทราย ได้แก่ fondant แยม ใส้ครีมขนมอบ ช็อกโกแลตในคูกี้ มาร์ชเมลโลว์และไอศกรีม เป็นต้น

ในกรณีของอาหารที่มีลักษณะเป็นผง มักประสบปัญหาการจับกันเป็นก้อน เมื่ออาหารอยู่ในสภาวะที่มีอุณหภูมิการเก็บรักษา และปริมาณความชื้นวิกฤตช่วงหนึ่ง ปรากฏการณ์นี้มักเกิดที่ระดับอุณหภูมิสูงกว่า 30-70 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่าสูงกว่า T_g ของอาหารผงทั่วไป นอกจากปัญหาการตกผลึกและการจับกันเป็นก้อนแล้ว ยังทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นปัญหามาจากปริมาณความชื้นหรือระดับวอเตอร์แอกติวิตีของอาหารนั้น พบว่าอาหารที่มีปริมาณความชื้นปานกลาง (medium moisture systems) การสูญเสียความชื้นจากตัวผลิตภัณฑ์ดังกล่าวไปสู่สภาวะแวดล้อม จะมีผลให้ผลิตภัณฑ์นั้นมีความแห้ง (dryness) มากขึ้น ในขณะที่การดูดซับความชื้นจากสภาวะแวดล้อมของผลิตภัณฑ์อาหาร ที่มีปริมาณความชื้นต่ำ (dry systems) เช่น ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว หรือผลิตภัณฑ์อาหารจากธัญพืช จะมีผลให้ความกรอบของอาหารลดลง นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์จะเหนียว (though) และชื้น (soggy) มากขึ้น (Szczesniak, 1998)

2.5.2 การเปลี่ยนแปลงทางเคมี

ระดับวอเตอร์แอกติวิตีนั้นมีอิทธิพลอย่างมาก ต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีบางชนิด เช่น ปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน (lipid oxidation) และปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลโดยไม่ใช้เอนไซม์ (non-enzymatic browning) เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาเคมีดังกล่าวขึ้น กับการเข้าทำปฏิกิริยากันของ

สารตั้งต้น อันเกี่ยวเนื่องกับการเคลื่อนที่ของโมเลกุลโดยมีน้ำเข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งอิทธิพลของระดับวอเตอร์แอกติวิตี ที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีทั้ง 2 ชนิดแสดงได้ โดยอัตราการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลมีค่ามากที่สุด ที่ระดับวอเตอร์แอกติวิตีระหว่าง 0.6-0.8 ในขณะที่ปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน จะเกิดได้ดีที่ระดับวอเตอร์แอกติวิตีสูงและต่ำกว่า 0.4-0.5 (Williams, 1976)

2.5.3 การเปลี่ยนแปลงทางด้านจุลินทรีย์

การเพิ่มขึ้นของปริมาณความชื้นหรือระดับวอเตอร์แอกติวิตี ณ ตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่งของอาหารอาจทำให้มีการเจริญของจุลินทรีย์ที่ตำแหน่งนั้นๆ เมื่อระดับวอเตอร์แอกติวิตีที่เพิ่มขึ้นดังกล่าว มีค่าสูงกว่าระดับวอเตอร์แอกติวิตีต่ำสุดสำหรับการเจริญ (minimal water activity values for growth) ของจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.3 และตารางที่ 2.4 กล่าวคือเมื่อผลิตภัณฑ์อาหารมีระดับวอเตอร์แอกติวิตีสูงกว่าค่าวอเตอร์แอกติวิตีเหล่านี้ จุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ดังกล่าวจะสามารถเจริญเติบโตได้ อย่างไรก็ตามยังมีปัจจัยอื่นที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ นอกเหนือไปจากปัจจัยของระดับวอเตอร์แอกติวิตี ปัจจัยเหล่านั้นได้แก่ pH อุณหภูมิระหว่างการเก็บรักษา ความร้อนที่ไ้ระหว่างการแปรรูป วัตถุดิบเสีย เป็นต้น (Leistner และ Rodel, 1976)

ตารางที่ 2.3 ระดับค่า a_w ต่ำสุดสำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในอาหาร

วอเตอร์แอกทิวิตี	แบคทีเรีย	ยีสต์	รา
0.98	<i>Clostridium</i> (1), <i>Pseudomonas</i> ^a	-	-
0.97	<i>Clostridium</i> (2)	-	-
0.96	<i>Flavobacterium</i> , <i>Klebsiella</i> , <i>Lactobacillus</i> , <i>Proteus</i> ^a ,	-	-
0.95	<i>Pseudomonas</i> ^a , <i>Shigella</i> <i>Alcaligenes</i> , <i>Bacillus</i> , <i>Citrobacter</i> , <i>Clostridium</i> (3)] <i>Enterobacter</i> , <i>Escherischia</i> , <i>Proteus</i> , <i>Pseudomonas</i> , <i>Salmonella</i> ,	-	-
0.94	<i>Serratia</i> , <i>Vibrio</i> <i>Lactobacillus</i> , <i>Microbacterium</i> ,	-	-
0.93	<i>Pediococcus</i> , <i>Streptococcus</i> ^a , <i>Vibrio</i> ^a	-	<i>Rhizopus</i> , <i>Mucor</i>
0.92	<i>Lactobacillus</i> ^a , <i>Streptococcus</i>	<i>Rhodotorula</i> , <i>pichia</i>	-
0.91	-	-	-
0.90	<i>Coryhybacterium</i> , <i>Staphylococcus</i> (4), <i>Streptococcus</i> ^a <i>Lactobacillus</i> ^a , <i>Micrococcus</i> ,	<i>Hansenula</i> , <i>Saccharomyces</i>	-
0.88	<i>Pediococcus</i> <i>Vibrio</i> -	<i>Candida</i> , <i>Debaryomyces</i> ,	<i>Cladosporium</i>
0.87	-	<i>Hanseniaspora</i> . <i>Torulopsos</i>	-
0.86	-	<i>Debaryomyces</i>	<i>Paecilomyces</i>
0.80	<i>Staphylococcus</i> (5) -	- <i>Saccharomyces</i> ^a	<i>Aspergillus</i> , <i>Peniclium</i> , <i>Emericella</i> ,
0.75	-	-	<i>Eremascus</i>
0.70	<i>Halophilic bacteria</i>	-	<i>Aspergillus</i> ^a , <i>Wallemia</i>
0.62	- -	- <i>Saccharomyces</i> ^a	<i>Eurotium</i> , <i>Chrysosporium</i> <i>Eurotium</i> , <i>Monascus</i>

^a some strains; (1) = *Clostridium botulinum* type C; (2) = *Cl.botulinum* tpye E and some strains of *Cl.perifringens*; (3) = *Cl. botulinum* type A and B and *Cl. perigringens*; (4) = anaerobic; (5) = aerobic

ที่มา : Leistner และ Rodel (1976)

ตารางที่ 2.4 ตัวอย่างการเจริญของจุลินทรีย์ในอาหารที่ระดับค่า a_w ต่าง ๆ

Range of a_w	Microorganisms Generally Inhibited by Lowest a_w in This Range	Foods Generally within This Range
1.00-0.95	<i>Pseudomonas, Escherichia, Proteus, Shigella, Klebsiella, Bacillus, Clostridium perfringens</i> , some yeasts	Highly perishable (fresh) foods and canned fruits, vegetables, meat, fish, and milk; cooked sausages and breads; foods containing up to approximately 40% (w/w) sucrose or 7% sodium chloride
0.95-0.91	<i>Salmonella, Vibrio parahaemolyticus, C.botulinum, Serratia, Lactobacillus, Pediococcus</i> , some mold, yeasts(<i>Rhodotorula, Pichia</i>)	Some cheeses(Cheddar, Swiss, Muenster, Provolone), cured meat(ham), some fruit juice concentrates; foods containing 55%(w/w) sucrose or 12% sodium chloride
0.91-0.87	Many yeasts (<i>Candida, Torulopsis, Hansenula, Micrococcus</i>)	Fermented sausage(salami), sponge cakes, dry cheeses, margarine; foods containing 65%(w/w) sucrose (saturated) or 15% sodium chloride
0.87-0.80	Most molds (mycotoxigenic penicillia), <i>Staphylococcus aureus</i> , most <i>Saccharomyces(bailii)</i> spp., <i>Debaryomyces</i>	Most Fruit juice concentrates, sweetened condensed milk, chocolate syrup, maple and fruit syrups; flour, rice, pulses containing 15-17% moisture; fruit cake; country-style ham, fondants, high-ratio cakes
0.80-0.75	Most halophilic bacteria, mycotoxigenic aspergilli	Jam, marmalade, marzipan, glace fruits, some marshmallows
0.75-0.65	Xerophilic molds (<i>Aspergillus chebali</i> , <i>A. candidus, Wallemia sebi</i>), <i>Saccharomyces bisporus</i>	Rolled oats containing approximately 10% moisture, grained nougats, fudge, marshmallows, jelly, molasses, row cane sugar, some dried fruits, nuts
0.65-0.6	Osmophilic yeasts (<i>Saccharomyces rouxii</i>), few molds (<i>Aspergillus echinulatus, Monascus bisporus</i>)	Dried fruits containing 15-20% moisture; some toffees and caramel; honey
0.5	No microbial proliferation	Pasta containing approximately 12% moisture; spices containing approximately 10% moisture
0.4	No microbial proliferation	Whole egg powder containing approximately 5% moisture

ที่มา : Beuchat (1981)

การอยู่รอดและการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ภายใต้สภาวะที่มีน้ำจำกัดขึ้นกับปัจจัยอื่น ๆ ด้วย เช่น ค่า pH ชนิดของตัวถูกละลาย (มักทำการลด a_w ด้วยการเติมตัวถูกละลายแทนการอบแห้งบางส่วน) และปัจจัยอื่น ๆ เช่น ออกซิเจน นอกจากนี้จุลินทรีย์แต่ละชนิดอาจมีสภาวะการเจริญเติบโต หรือสร้างสารพิษที่แตกต่างกัน ดังนั้น ค่า a_w ต่ำสุดสำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ดังแสดงในตารางที่ 2.3 จึงเป็นค่าโดยประมาณและค่าเหล่านี้จะขึ้นกับจุลินทรีย์ สูตรของอาหาร สภาวะการแปรรูป pH ระดับและตำแหน่งของออกซิเจน

การถนอมรักษาอาหาร โดยการลดความชื้นหรือลดค่า a_w ในขั้นตอนการแปรรูปที่แตกต่างกัน อาจมีผลต่อการลดจำนวนจุลินทรีย์ที่แตกต่างกันด้วย เช่น วิธีการให้ความร้อน โดยวิธีการลวกและการอบแห้งด้วยลมร้อน สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ได้มาก ขณะที่การอบแห้งแบบแช่แข็งไม่สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ลงได้ นอกจากนี้จุลินทรีย์บางชนิด มีความต้านทานต่อความร้อนสูงขึ้นเมื่อปริมาณความชื้นลดลง ดังนั้นการอบแห้งด้วยวิธีที่ต่างกันอาจให้ผลที่ต่างกัน ทั้งทางด้านความปลอดภัยอาหาร คุณภาพและอายุการเก็บรักษา นอกจากนี้ การลดค่า a_w เพื่อการถนอมอาหาร สามารถทำได้โดยการอบแห้ง หรือโดยการเติมตัวถูกละลายหรือทั้งสองวิธี ซึ่งจะให้ผลที่ต่างกัน

2.6 การเปลี่ยนแปลงความชื้นในอาหารที่มีองค์ประกอบหลักหลายส่วน (multi-domain foods)

การเปลี่ยนแปลงของปริมาณความชื้นหรือระดับวอเตอร์แอกติวิตีของอาหารนั้น มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านต่างๆของผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะมีผลต่ออายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์นั้น อย่างไรก็ตามพบว่า อาหารบางชนิดมีการเปลี่ยนแปลงของระดับวอเตอร์แอกติวิตีของส่วนประกอบต่างๆในผลิตภัณฑ์นั้นๆ ตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา ผลิตภัณฑ์อาหารดังกล่าวได้แก่ อาหารที่มีองค์ประกอบหลักหลายส่วน (multi-domain foods) เช่น แครกเกอร์แซนวิชีส ที่มีไส้ชีสเป็นองค์ประกอบ อาหารเข้าธัญพืชที่ผสมลูกเกด อาหารดังกล่าวประกอบด้วยส่วนที่มีระดับวอเตอร์แอกติวิตีสูงและต่ำ ซึ่งจะก่อให้เกิดการเคลื่อนย้ายของโมเลกุลน้ำ จากส่วนที่มีระดับวอเตอร์แอกติวิตีสูงไปสู่ส่วนที่มีระดับวอเตอร์แอกติวิตีต่ำอย่างต่อเนื่องในระหว่างการเก็บรักษา จนกระทั่งถึงสภาวะสมดุลของระดับวอเตอร์แอกติวิตีระหว่างผลิตภัณฑ์และสิ่งแวดล้อม (Brockway, 1989)

การเคลื่อนย้ายความชื้นที่เกิดขึ้นทั้งหมดนี้ มีผลให้คุณภาพด้านต่างๆ ของอาหารเปลี่ยนไปได้แก่ ปริมาณของจุลินทรีย์ในอาหาร คุณสมบัติทางกายภาพและประสาทสัมผัส ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงทางเคมี ที่เป็นเช่นนี้เพราะคุณภาพต่างๆ ดังกล่าวของผลิตภัณฑ์อาหารนั้น ขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้นและระดับวอเตอร์แอกติวิตีขององค์ประกอบต่างๆในผลิตภัณฑ์ จากรายงานของปิเยนุช (2545) ซึ่งได้ศึกษาการเคลื่อนย้ายความชื้นในผลิตภัณฑ์ขนมเบี๊ยะ พบว่ามีการเคลื่อนย้าย

ความชื้นจากส่วนไส้ถั่วกวน มายังส่วนแป้งในผลิตภัณฑ์ ทำให้ระดับวอเตอร์แอกติวิตีของส่วนแป้ง มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงแรก จากนั้นจะค่อนข้างคงที่และมีค่าลดลงในช่วงท้ายของการเก็บรักษา เช่นเดียวกับผลการทดลองของ Watters และ Brekke (1961) ได้รายงานถึงการเคลื่อนย้ายความชื้นในผลิตภัณฑ์อาหารเซ้า อันประกอบด้วยลูกเกดและแผ่นรำข้าวอบกรอบ โดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของลูกเกดในผลิตภัณฑ์ ซึ่งประกอบด้วยลูกเกดและแผ่นรำข้าวอบกรอบผสมกัน บรรจุในกล่องกระดาษ ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 70 องศาฟาเรนไฮด์ พบว่าปริมาณความชื้นของลูกเกดลดลงจาก 17.5% เป็น 11% ภายในระยะเวลาการเก็บรักษาเพียง 2 อาทิตย์ ส่งผลให้ลูกเกด มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่แห้งและแข็งมากขึ้น และความกรอบของแผ่นรำข้าว มีค่าลดลง นอกจากนี้ Larumbe และคณะ (1991) พบว่าการเคลื่อนย้ายความชื้นจากส่วนไส้คาราเมล ไปยังส่วนซ็อกโกแลตที่เคลือบภายนอกในผลิตภัณฑ์ซ็อกโกแลตแท่งสอดไส้คาราเมล ตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส โดยค่าวอเตอร์แอกติวิตีของส่วนไส้คาราเมล มีค่าลดลงจาก 0.847 และค่าวอเตอร์แอกติวิตีของซ็อกโกแลตเพิ่มขึ้นจาก 0.465 จนมีค่าวอเตอร์แอกติวิตีเท่ากันทั้ง 2 ส่วน คือ 0.75 ภายในระยะเวลาการเก็บ 60 วัน ซึ่งมีผลให้ผลิตภัณฑ์เสื่อมเสียจากเชื้อราบนซ็อกโกแลตที่เคลือบอยู่ภายนอก

Marston (1983) พบว่าปริมาณความชื้นและระดับวอเตอร์แอกติวิตีของส่วนลูกเกดในผลิตภัณฑ์ขนมปังลูกเกดมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยปริมาณความชื้นเพิ่มจาก 33.0% (wet basis) เป็น 42.6% (wet basis) และระดับวอเตอร์แอกติวิตีเพิ่มจาก 0.77 เป็น 0.83 ภายในระยะเวลาการเก็บรักษา 7 วัน ในขณะที่ปริมาณความชื้นของส่วนขนมปัง (crumb) ลดลงจาก 32.6% เป็น 23.8% (wet basis) และระดับวอเตอร์แอกติวิตีลดลงจาก 0.92 เป็น 0.87 ภายในระยะเวลาการเก็บรักษาที่เท่ากัน

Piazza และ Masi (1995) และงานวิจัยของ Baik และ Chinachoti (2000) ศึกษาถึงการเคลื่อนย้ายความชื้นจากส่วนเนื้อขนมปัง (crumb) ไปยังส่วนเปลือกขนมปัง (crust) ในระหว่างการเก็บรักษาพบว่าปริมาณความชื้นและระดับวอเตอร์แอกติวิตีของส่วนเนื้อขนมปังมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในขณะที่ส่วนเปลือกขนมปังนั้นมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณความชื้นและระดับวอเตอร์แอกติวิตีตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งการเคลื่อนย้ายความชื้นในขนมปังนี้เป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อขนมปังแข็งกระด้างมากขึ้น ในขณะที่ส่วนเปลือกขนมปังจะชื้นและเหนียว ไม่กรอบ

2.7 การควบคุมปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในบรรจุภัณฑ์

ปรากฏการณ์หนึ่งที่เป็นปัญหาของผลิตภัณฑ์อาหารบางชนิด คือ การเจริญของจุลินทรีย์ อันได้แก่ เชื้อราและแบคทีเรีย ในบรรจุภัณฑ์ที่มีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์สูง ซึ่งเกิดจากการสะสมของความชื้นในบรรยากาศ ที่ล้อมรอบอาหารภายในบรรจุภัณฑ์ (Robertson, 1993) ในกรณีของ

ผลิตภัณฑ์ที่มีองค์ประกอบหลายส่วน โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ขนมอบ ที่มีไส้เป็นองค์ประกอบนั้น จะเกิดการเคลื่อนย้ายความชื้นจากส่วนไส้ภายในมายังส่วนแป้งที่อยู่ภายนอก ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา จากนั้นความชื้นหรือโมเลกุลของไอน้ำจะเคลื่อนที่ออกจากผิวหน้าของอาหาร สู่อากาศภายในบรรจุภัณฑ์ ทำให้ปริมาณความชื้นของบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์ ตลอดจนระดับวอเตอร์แอกทีวิตีและปริมาณความชื้นของผิวหน้าอาหารมีค่าสูงขึ้น ส่งผลให้คุณภาพทางด้านต่างๆ อันได้แก่ ลักษณะเนื้อสัมผัส คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงไป (Jones, 1994) ดังนั้นจึงต้องมีการควบคุมปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ภายในบรรจุภัณฑ์ ด้วยการใช้วัสดุบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม ในการป้องกันการซึมผ่านของอากาศจากภายนอก หรือการใช้สารดูดความชื้นในภาชนะบรรจุ

2.8 คุณสมบัติของภาชนะบรรจุ (Packaging properties)

รุ่งนภา (2540) ได้อธิบายถึงหน้าที่หลักของภาชนะบรรจุ ดังนี้

- 1) ช่วยในการเก็บรักษา เช่น ป้องกันการปนเปื้อน ทำให้ง่ายต่อการขนส่ง
- 2) ช่วยในการแปรรูป เช่น กระจ่างโลหะซึ่งใช้ในการสเตอริไรซ์เซชันโดยการทำหน้าที่ป้องกันแรงต่าง ๆ ที่กระทำ ทำให้เกิดความคงตัว และใช้ในการคำนวณการส่งผ่านความร้อน ในกรณีที่เป็นภาชนะบรรจุที่เป็นฟิล์มชนิดอ่อนตัว จะช่วยให้มีการถ่ายเทความร้อนได้ดีขึ้น แต่จำเป็นต้องอาศัยชั้นตะแกรง (racks) สำหรับเพิ่มความแข็งแรงในระหว่างการฆ่าเชื้อ

- 3) เพิ่มความสะดวกของผู้บริโภค เช่น ใช้เป็นอุปกรณ์ในการดื่ม ได้แก่ กระจ่างเบียร์

- 4) ใช้เป็นเครื่องมือทางการตลาด เช่น ใช้ในการบ่งบอกลักษณะเฉพาะตัวของผลิตภัณฑ์

ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารไว้ในภาชนะบรรจุ จะเกิดการเคลื่อนย้ายของสารต่างๆ ในผลิตภัณฑ์อาหารกับภาชนะบรรจุ หรือที่เรียกว่า Migration ซึ่งหมายถึงการถ่ายเทของสารต่าง ๆ จากผิวของภาชนะบรรจุไปยังผลิตภัณฑ์ จากการเกิดปฏิกิริยาทางกายภาพและเคมี โดยผิวภายในของภาชนะบรรจุมีบทบาทสำคัญ เนื่องจากการเคลื่อนย้ายสารต่างๆ ในผลิตภัณฑ์อาหาร ขึ้นกับสารที่เป็นองค์ประกอบของภาชนะบรรจุและตัวกลางในอาหารที่สัมผัสกับภาชนะบรรจุ

ซึ่งสามารถแบ่งสภาวะของการเคลื่อนย้ายสารระหว่างผลิตภัณฑ์อาหารและบรรจุภัณฑ์ ได้ดังนี้

- (1) สภาวะที่ไม่มีการเคลื่อนย้ายสารระหว่างผลิตภัณฑ์อาหารและบรรจุภัณฑ์ หรือเกิดได้น้อยมาก

อาหารที่อยู่ในสภาวะที่แห้ง จะไม่มีการเคลื่อนย้ายระหว่างอาหาร เช่น น้ำตาล ขนบปังกรอบ เป็นต้น กับวัสดุบรรจุพวกแก้ว กระจ่าง โลหะ เช่น กระจ่างโลหะ หรือวัสดุที่เป็นฟิล์มพอลิเมอร์

(2) สภาวะที่มีการเคลื่อนย้ายสารระหว่างผลิตภัณฑ์อาหารและบรรจุภัณฑ์ในระดับหนึ่ง ซึ่งหลีกเลี่ยงไม่ได้ อาหารที่บรรจุมักจะเป็นอาหารเหลว เครื่องดื่ม ซึ่งมีความชื้นสูง บรรจุภัณฑ์ที่เป็นพวกพอลิเมอร์ ซึ่งมีโมโนเมอร์ขนาดเล็กมากปริมาณหนึ่งซึ่งส่วนใหญ่เกิดขึ้นจากพอลิเมอร์ ซึ่งเสื่อมสลายด้วยความร้อนระหว่างการผลิตภาชนะบรรจุ เนื่องจากสารเหล่านี้เป็น โมเลกุลขนาดเล็ก (เช่น เอทิลีน, propylene, styrene และ vinyl chloride) สามารถเคลื่อนผ่านพอลิเมอร์ แม้ไม่มีแรงภายนอกมากระทำ เช่นการสั่น ดังนั้น กระบวนการแพรรจึงเกิดขึ้น เมื่อมีความแตกต่างของความเข้มข้นของสารเหล่านี้ ซึ่งกระบวนการแพรรจะสิ้นสุดเมื่อเกิดสมดุลขึ้นระหว่าง 2 เฟส คือที่ผิวของภาชนะบรรจุ ช่องว่างภายในหรือภายนอกภาชนะบรรจุในทางปฏิบัติการแพรรของโมโนเมอร์ ใช้เวลานานมากกว่าจะถึงสมดุล ยกเว้นปริมาณของโมโนเมอร์

Labuza และ Breene (1989) รายงานถึงการ ใช้วัสดุบรรจุภัณฑ์ชนิดพิเศษ ซึ่งประกอบด้วยฟิล์มพลาสติกโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA) 2 ชั้นประกบสารประกอบโพรพิลีนไกลคอล (Propylene glycol) ที่มีคุณสมบัติในการลดระดับวอเตอร์แอกติวิตี ที่ผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ ตลอดจนการควบคุมปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศของบรรจุภัณฑ์ เพื่อลดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการเสื่อมเสีย

2.9 บรรจุภัณฑ์สำหรับอาหารผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบ

คุกกี้และแครกเกอร์เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บรักษานาน ซึ่งจะต้องมีบรรจุภัณฑ์ที่ป้องกันการเสื่อมเสีย โดยผลิตภัณฑ์ขนมอบเป็นผลิตภัณฑ์ที่แห้งและมีปริมาณไขมันสูง สูญเสียความกรอบได้ง่ายเมื่อดูดซับความชื้นจากสิ่งแวดล้อม ดังนั้นบรรจุภัณฑ์สำหรับขนมอบกรอบต้องมีคุณสมบัติที่สำคัญ คือ ป้องกันความชื้นและการซึมผ่านของอากาศ ซึ่งจะมีผลต่อคุณภาพของขนมอบกรอบ ที่จะดูดซับความชื้นและลดความกรอบของขนมลง และการซึมผ่านของอากาศ จะทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันขององค์ประกอบที่เป็นน้ำมัน นอกจากนี้บรรจุภัณฑ์ต้องมีความแข็งแรงพอที่จะป้องกันการแตกหักของผลิตภัณฑ์ได้ (Brody, 1970)

การเลือกใช้วัสดุบรรจุจะพิจารณาจากความไวต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันของผลิตภัณฑ์และอายุการเก็บที่ต้องการ โดยทั่วไปสำหรับอายุการเก็บรักษา 2-6 เดือน ควรใช้วัสดุที่มีค่าอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนไม่เกิน 2 ลูกบาศก์เซนติเมตร ต่อ ตารางเมตร ต่อ 24 ชั่วโมง ที่ความดันบรรยากาศ ที่ 75 องศาฟาเรนไฮต์ และ WVTR ไม่เกิน 6 กรัม ต่อ ตารางเมตร ต่อ 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 100 องศาฟาเรนไฮต์ ความชื้นสัมพัทธ์ 95% (Sacharow and Griffin, 1980) ถ้าวัสดุบรรจุนั้นทึบแสงหรือกรณีที่มีกล่องกระดาษหุ้มภายนอกอีกชั้น อาจใช้ฟิล์มที่ขอมให้ก๊าซออกซิเจนผ่านได้มากกว่า 20-25 เท่าของค่าเดิม

ภาชนะบรรจุสำหรับขนมอบกรอบและขนมขบเคี้ยวควรมีออกซิเจนซึมผ่านได้น้อยกว่า 1 มิลลิลิตรต่อ 1.6 ตารางเซนติเมตร ต่อ 24 ชั่วโมง ที่ความดัน 1 บรรยากาศ อุณหภูมิ 23.9 องศา

เซลเซียส และมีค่าอัตราการซึมผ่านความดันไอ (Water Vapor Transmission Rate, WVTR) ต่ำกว่า 0.4 กรัม ต่อ 1.6 ตารางเซนติเมตร ต่อ 24 ชั่วโมง ที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 95 อุณหภูมิ 37.7 องศาเซลเซียส และค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์ควรน้อยกว่าร้อยละ 3.5 ซึ่งถ้ามากกว่านี้จะทำให้ความกรอบลดลง (Sacharow and Griffin, 1980)

ภาชนะบรรจุที่ใช้กับอาหารขบเคี้ยวมี 2 ประเภท ได้แก่ กล่องกระดาษซึ่งพับได้ (Folding carton) ภายในบุด้วยอลูมิเนียมฟอยล์ แล้วเคลือบด้วยฟิล์มชนิดต่างๆ หรือทำเป็นกระป๋องรูปทรงกระบอกป้องกันออกซิเจน แสง และความชื้นได้ดี ภายนอกพิมพ์ได้ ทนทานต่อการขนส่งและแรงกระแทกได้ดี วางบนชั้นจำหน่ายได้อย่างสวยงาม เปิดง่าย เก็บผลิตภัณฑ์ได้นานเป็นปี แต่ต้นทุนการผลิตเพิ่มขึ้นอีกร้อยละ 25 (Labuza, 1982) อีกประเภทหนึ่งคือภาชนะบรรจุอ่อนตัวซึ่งมีทั้งแบบขุ่นและแบบใส แบบขุ่นจะช่วยป้องกันแสงและช่วยไม่ให้เห็นส่วนที่แตกหักของผลิตภัณฑ์ได้ วัสดุที่ใช้ได้แก่ ฟิล์มเคลือบชนิดต่างๆ (laminated flim) เช่น พีวีดีซีเคลือบกับกลาสซิน (PVDC/glassine) พีวีดีซีเคลือบกลาสซินและโอเรียนพี (PVDC/glassineOPP) และถุงอลูมิเนียมฟอยล์เคลือบด้วยฟิล์มชนิดต่างๆ ถุงอลูมิเนียมฟอยล์นั้นเหมาะสมกับอาหารประเภทขบเคี้ยว (Sacharow and Griffin, 1980) นอกจากที่บดแสงและปิดผนึกได้ด้วยความร้อนแล้ว เมื่อเคลือบกับฟิล์มบางๆ จะมีค่าการซึมผ่านของไอน้ำต่ำกว่าวัสดุชนิดอื่น ดังตารางที่ 2.4 คือมีค่า 0.002 กรัม ต่อ 100 ตารางเมตร ต่อ 24 ชั่วโมง ต่อมิลลิเมตร ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ที่ดีควรหนามากกว่า 0.00035 นิ้ว ซึ่งจะมีรูเล็ก ๆ (pin hole) น้อยกว่า 20 ต่อตารางฟุต ถ้ามีการเคลือบด้วยฟิล์มพลาสติก ปัญหาเรื่องรูเล็กๆ จะหมดไป (Matz, 1984) ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ไม่ทำปฏิกิริยากับไขมันและตัวทำละลายหลายชนิด ทนร้อนได้ถึง 176.67 องศาเซลเซียส ทนแดดได้ดี พับตามรอยพับได้ง่าย และถ้าเคลือบวัสดุชนิดอื่นจะเพิ่มความทนทานและความแข็งแรงขึ้น อลูมิเนียมฟอยล์บางที่สุดที่ใช้สำหรับทำภาชนะบรรจุควรมีความหนาน้อย 0.005 มิลลิเมตร ซึ่งยอมให้ก๊าซผ่านได้บ้าง

ถุงโพลีเอทิลีน (polyethylene, PE) เป็นภาชนะบรรจุใสที่นิยมใช้บรรจุอาหารขบเคี้ยว (Matz, 1984) มีทั้งชนิดความหนาแน่นปานกลางและสูง ความหนาของถุงที่ใช้มีตั้งแต่ 1-1.5 มิลลิเมตร ถุงชนิดที่มีความหนาแน่นสูงจะมีความหนาสูงกว่าถุงชนิดความหนาแน่นปานกลางถึง 0.935 เท่า จะทนต่อการทิ่มแทงได้ดี กันไอน้ำ ในโตรเจน และออกซิเจนได้ดี แต่กันคาร์บอนไดออกไซด์ได้ไม่ดีเท่าที่ควร (Sacharow and Griffin, 1980) เมื่อเจอปฏิกิริยาเคมี ราคาค่อนข้างถูก และสามารถปิดผนึกได้ด้วยความร้อน ถุงโพลีเอทิลีนที่ใช้กันมากที่สุดคือ ลีเนียร์โพลีเอทิลีน ที่มีความหนาแน่นต่ำ (LLDPE-Linear Low Density polyethylene) และพวกที่เคลือบ เช่น โพลีเอทิลีนเคลือบกับเซลโลเฟน โพลีเอทิลีนเคลือบกับโพลีโพรพิลีน

สำหรับโพลีโพรพิลีน (polypropylene, PP) มีความหนาแน่น 0.9-0.91 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (Sacharow and Griffin, 1980) มีคุณสมบัติ คือทนทานต่ออุณหภูมิสูง ใช้ได้ดีกับผลิตภัณฑ์ค่อนข้างแข็งมีความต้านทานต่อแรงดึงได้สูง จึงทนทานต่อการทิ่มแทงของผลิตภัณฑ์ (Matz,

1984) ก้นออกซิเจนและความชื้น ได้ดี ยอมให้ความชื้นผ่านได้เพียง 0.25-0.5 เท่าของโพลีเอธิลีนเท่านั้น (Sacharow and Griffin, 1980) แต่เพราะที่อุณหภูมิต่ำ มีความต้านทานการซึมผ่านของไขมันสูงกว่าโพลีเอธิลีน ไม่ทำปฏิกิริยากับกรด ไม่มีกลิ่นรส

ตารางที่ 2.5 อัตราการซึมผ่านความดันไอของฟิล์มชนิดต่างๆ

วัสดุ	ค่าอัตราการซึมผ่านความดันไอ (WVTR) (กรัม./100 ม ² /24 ชม./ความหนา 1 มม.)
อะลูมิเนียมฟอยล์ (0.00035 นิ้ว)	0.00-0.02
โอเรียนท์โพลีโพรพิลีน (OPP)	0.20-0.40
โพลีเอธิลีนชนิดความหนาแน่นปานกลาง (MDPE)	0.70-1.00
โพลีเอธิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDPE)	1.00-2.00
อัน โอเรียนท์โพลีโพรพิลีน (UPP)	0.60-0.90
โอเรียนท์โพลีโพรพิลีนที่เคลือบด้วยโพลีเมอร์	0.30-0.40
0.005 นิ้ว PE/0.00035 นิ้ว อะลูมิเนียมฟอยล์/ กระดาษ	0.0032
0.001 นิ้ว PE/0.001 นิ้ว อะลูมิเนียมฟอยล์/กระดาษ	0.0032
0.001 นิ้ว PE	0.0032-0.32

ที่มา : Matz (1984), Sacharow and Griffin (1980)

สำหรับผลิตภัณฑ์อาหารว่างและอาหารแห้ง อาหารเหล่านี้มีปริมาณความชื้นต่ำ ตั้งแต่ประมาณร้อยละ 1 ถึง 5 และค่า Aw น้อยกว่า 0.6 เสมอ ดังนั้นการเสื่อมเสียคุณภาพเนื่องจากจุลินทรีย์จึงไม่ใช่ปัญหาสำคัญ แต่มักจะประสบปัญหาการเสื่อมเสียคุณภาพอันเนื่องมาจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันมาก เช่น มันฝรั่งทอด ถั่วชนิดต่างๆ คุกกี้ และชีสโกแลต เป็นต้น ทำให้เหม็นหืน นอกจากนี้วิตามินต่างๆ ก็อาจถูกออกซิไดส์ได้ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีซีดจางลงและคุณค่าทางอาหารต่ำลงด้วย ดังนั้นผลิตภัณฑ์เหล่านี้จึงควรบรรจุอยู่ภายใต้สภาพไร้ออกซิเจน ($O_2 < 0.1\%$) (งามทิพย์, 2537)

ตารางที่ 2.6 อัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนและไอน้ำสำหรับฟิล์มหลายชั้นที่นิยมใช้ในการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหารแห้งและอาหารว่าง

Film	Thickness (microns)	OTR* (cc/m ² .24 hr.atm)	WVTR** (g/m ² 24 hr)
PET/Al/PE	12/7/40	0	0-10
OPP/EVOH/PE	25/10/65	0.4-0.8	3-4
Met.PET/PE	12/50	0.2-6	0.5-6
K-ON/PE	18/40	4-8	6-8
K-PET/PE	15/40	4-10	4-6
K-Cello/PE	25/40	1-13	9-11
K-OPP/PE	25/40	10-20	3-5
OPP/PE	25/50	2,000-3,000	6

* OTR = Oxygen Transmission Rate

**WVTR = Water Vapor Transmission Rate

ที่มา : คัดแปลงจาก Kodoya (1990)

วิธีการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหารแห้งและอาหารว่าง สามารถทำได้ 3 วิธี คือ

1) การบรรจุภายใต้สุญญากาศ เหมาะกับผลิตภัณฑ์ที่คงรูป เนื้อสัมผัสไม่เป็นโพรงหรือรูพรุน และไม่มีมุมแหลมคม ระดับของสุญญากาศภายในภาชนะขึ้นกับอายุการเก็บรักษาที่ต้องการ และปริมาณไขมันที่มีในผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันมากๆ เช่น กะทิผง เครื่องดื่มสำเร็จรูปชนิดผงผสมช็อกโกแลต และซูปผงเป็นต้น ควรใช้สุญญากาศสูงๆ ประมาณ 28-29 in. Hg และต้องใช้วัสดุบรรจุที่ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซได้ดี

2) การบรรจุโดย MAP สำหรับผลิตภัณฑ์เหล่านี้นอกจากจะไม่ต้องการก๊าซออกซิเจนแล้ว ยังไม่จำเป็นต้องใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ด้วย เนื่องจากผลิตภัณฑ์ไม่มีปัญหาทางด้านจุลินทรีย์ ดังนั้น MAP ที่ใช้ก็คือการบรรจุภายใต้บรรยากาศของก๊าซไนโตรเจนเพียงชนิดเดียวหรือที่เรียกว่า Nitrogen-Flushed Packaging วิธีนี้เหมาะกับผลิตภัณฑ์ที่ไม่คงรูป กรอบและแตกหักง่าย เช่น มันฝรั่งทอดและอาหารว่างประเภทเนื้อพอง ลูกกอล์ฟและแคนดี้เนื้อแข็ง เป็นต้น ระบบการบรรจุแบบสุญญากาศ-พันก๊าซ เหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ไวต่อปฏิกิริยาออกซิเดชัน เนื่องจากมีก๊าซออกซิเจนเหลือสูงร้อยละ 2-3 วัสดุบรรจุที่เลือกใช้ขึ้นกับอายุการเก็บรักษาที่ต้องการ เช่น OPP/PE /Al/PE, Paper/Al/PE และ Met.PET/PE สามารถใช้กับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการอายุการเก็บ 2-6 เดือน

3) การใช้สารดูดซึมออกซิเจน ซึ่งสารดูดซึมออกซิเจนสามารถลดปริมาณก๊าซออกซิเจนในภาชนะให้เหลือต่ำกว่าร้อยละ 0.05 และสามารถรักษาระดับความเข้มข้นนี้ได้ตลอด

อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการใช้ปริมาณสารที่เหมาะสมกับขนาดบรรจุ และชนิดของผลิตภัณฑ์ด้วย วัสดุบรรจุที่เลือกใช้ต้องป้องกันการซึมผ่านของก๊าซโดยเฉพาะ ออกซิเจนได้ดีมาก วิธีเหมาะกับผลิตภัณฑ์ที่มีราคาค่อนข้างสูง เนื่องจากต้นทุนของวัสดุบรรจุภัณฑ์ และสารดูดกลิ่นออกซิเจนสูง

ปิยะนุช (2545) ซึ่งได้ศึกษาอายุการเก็บรักษาของขนมเปียะในภาชนะบรรจุ โดยพบว่าค่า การซึมผ่านไอน้ำที่แตกต่างกันของฟิล์มพลาสติกโพลิโพรพิลีน (PP) และฟิล์ม OPP/PE ที่ใช้ในการ บรรจุผลิตภัณฑ์ขนมเปียะ ไม่มีผลต่อระดับวอเตอร์แอกติวิตีของส่วนแบ่งแต่อย่างใด

วนิดา (2548) ได้ศึกษาอายุการเก็บรักษาของขนมกรอบจากข้าวโพด พบว่าภาชนะบรรจุ ที่ต่างกันของเมทัลไลซ์ที่เคลือบลามิเนตด้วยพลาสติกพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (MPET12) และถุงเมทัลไลซ์ที่เคลือบด้วยพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเรต (PET) และพอลิโพรพิลีน (PP) (MPET12/PP20) ไม่มีผลต่อปริมาณความชื้น ค่าวอเตอร์แอกติวิตี และค่าเปอร์ออกไซด์

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 แยมสับปะรดที่ระดับความชื้น 10-11% 14-15% และ 17-18%

3.1.2 ผลึกถั่วบดที่ระดับความชื้น 0.5-0.8% 0.9-1.2% และ 1.5-1.6%

3.2 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์

3.2.1 เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH meter) Mettler Toledo สวิสเซอร์แลนด์

3.2.2 เครื่องชั่งชนิดทอยา และเครื่องชั่งชนิดละเอียด Mettler Toledo สวิสเซอร์แลนด์

3.2.3 ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) Memmert เยอรมัน

3.2.4 ตู้อบแห้ง (Tray dryer) Memmert เยอรมัน

3.2.5 หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ (Autoclave) Tomy SS-320 ญี่ปุ่น

3.2.6 เครื่องวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี Thermoconstanter สวิสเซอร์
แลนด์

3.2.7 เครื่องตีปั่น (Stomacher) ฝรั่งเศส

3.2.8 อ่างควบคุมอุณหภูมิ Memmert เยอรมัน

3.3 อาหารเลี้ยงเชื้อและสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

3.3.1 Standard Plate Count Agar (PCA) Merck

3.3.2 Potato Dextrose Agar (PDA) Merck

3.3.3 Peptone

3.3.4 Tataric acid

3.4 สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการ บริษัท ผลิตภัณฑ์อาหารศรีสยาม จำกัด

ห้องปฏิบัติการภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร (โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร)

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.5 วิธีการทดลอง

3.5.1 กระบวนการผลิตบิสกิตสอดไส้แยมสับปะรด

กระบวนการผลิตของบิสกิตสอดไส้แยมสับปะรด แสดงในรูปที่ 2.1 ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

- 1) การผสม
- 2) การขึ้นรูป
- 3) การอบ ที่อุณหภูมิ 150-300 องศาเซลเซียส นาน 8-10 นาที
- 4) การพ่นน้ำมันปาล์มที่มีค่าเปอร์ออกไซด์ 0.4% ปริมาณ 10%ของน้ำหนักบิสกิต
- 5) พักให้เย็น โดยผ่านสายการผลิตเพื่อรอบิสกิตเย็นและบรรจุในภาชนะบรรจุปิดสนิท

รอกกระบวนการผลิตขั้นต่อไป

6) การป้ายไส้สับปะรด ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการพักให้เย็นนำมาป้ายไส้แยมสับปะรด โดยแยมสับปะรดอุ่นให้ร้อนที่อุณหภูมิ 50-60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เพื่อให้สับปะรดมีลักษณะนุ่ม เหนียวคึ่งได้ง่าย โดยสับปะรดขณะป้ายมีอุณหภูมิ 35-40 องศาเซลเซียส

3.5.2 การเตรียมตัวอย่างบิสกิต

บิสกิตที่ผ่านกระบวนการอบที่อุณหภูมิต่างๆ กัน ซึ่งจะได้ความชื้น 3 ระดับ โดยมีลักษณะปรากฏที่เหมือนกัน และผ่านกระบวนการพ่นน้ำมันมะพร้าวและพักให้เย็นในเวลาเท่ากัน หลังจากนั้นบรรจุในภาชนะบรรจุปิดสนิทเพื่อรอการป้ายไส้แยมสับปะรด และเก็บตัวอย่างบิสกิตทั้ง 3 ระดับความชื้นในชั้นตอนก่อนการป้ายไส้แยมสับปะรด

3.5.3 การเตรียมตัวอย่างแยมสับปะรด

แยมสับปะรดที่ได้จากบริษัทผู้ผลิตซึ่งบรรจุในภาชนะพลาสติกชนิด PE ถุงละ 10 กิโลกรัม โดยจะมีความชื้นที่ระดับต่างๆ กัน ทั้ง 3 ระดับ และนำมาอุ่นให้ร้อนที่อุณหภูมิ 50-60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เพื่อให้สับปะรดมีลักษณะนุ่ม เหนียวคึ่งได้ง่าย

3.5.4 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของบิสกิต ภายหลังการเก็บเป็นเวลา 12

สัปดาห์

วางแผนการทดลองแบบ 3x2 RCBD จำนวน 3 ซ้ำ โดยมีปัจจัยในการศึกษา ดังนี้
ปัจจัยที่ 1 : ระดับความชื้นของบิสกิต 3 ระดับ ได้แก่ 0.5-0.8% 0.9-1.2% และ 1.5-1.6%

ปัจจัยที่ 2 : บรรจุภัณฑ์ 2 ชนิด ได้แก่ ในปีปัสังกะสีเคลือบด้านในด้วยแล็กเกอร์ ที่มีขนาด (กว้าง x ยาว x สูง) 14 x 17 x 23 เซนติเมตร มีฝาปิดสนิท และซองเมทัลไลซ์เคลือบพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลท หนา 12 ไมครอน และ โพลีพอพิลีน หนา 25 ไมครอน (MPET12/PP25)

3.5.4.1 นำบิสกิตจากสายการผลิตก่อนการปாய์ใส่ซึ่งผ่านการอบและพักให้เย็นโดยมีความชื้น 3 ระดับ ได้แก่ 0.5-0.8% 0.9-1.2% และ 1.5-1.6% มาแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 นำบิสกิตที่มีความชื้นแต่ละระดับบรรจุลงในปีปัสังกะสีเคลือบด้านในด้วยแล็กเกอร์ ที่มีขนาด (กว้าง x ยาว x สูง) 14 x 17 x 23 เซนติเมตร มีฝาปิดสนิท

กลุ่มที่ 2 นำบิสกิตที่มีความชื้นแต่ละระดับบรรจุลงในเมทัลไลซ์เคลือบพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลท หนา 12 ไมครอน และ โพลีพอพิลีน หนา 25 ไมครอน (MPET12/PP25)

3.5.4.2 นำตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่มการทดลอง มาเก็บไว้ในที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 สัปดาห์ ทำการสุ่มตัวอย่างมาตรวจวิเคราะห์คุณภาพตามข้อ 3.5.2.3 ในสัปดาห์ที่ 1, 2, 3, 4, 5, 11 และ 12

3.5.4.3 การตรวจวิเคราะห์คุณภาพของบิสกิต

ก. คุณภาพทางด้านกายภาพและเคมี

- ความชื้น (AOAC., 1995) แสดงวิธีในภาคผนวก ก
- ค่าวอเตอร์แอกติวิตี แสดงวิธีในภาคผนวก ก

ข. คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์

- จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Aerobic Plate Count) โดยวิธี Pour Plate (AOAC,1995) แสดงวิธีในภาคผนวก ข

- ยีสต์และรา (Yeast and Mold) โดยวิธี Pour Plate (AOAC, 1995)

แสดงวิธีในภาคผนวก ข

3.5.5 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของแยมสับปะรด ภายหลังการเก็บเป็นเวลา 12 สัปดาห์

วางแผนการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 3.5.2 โดย

ปัจจัยที่ 1 : ระดับความชื้นของแยมสับปะรด 3 ระดับ ได้แก่ 10-11% 14-15% และ 17-18%

ปัจจัยที่ 2 : บรรจุภัณฑ์ 2 ชนิด ได้แก่ ในปีปัสังกะสีเคลือบด้านในด้วยแล็กเกอร์ ที่มีขนาด (กว้าง x ยาว x สูง) 14 x 17 x 23 เซนติเมตร มีฝาปิดสนิท และซองเมทัลไลซ์เคลือบพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลท หนา 12 ไมครอน และ โพลีพอพิลีน หนา 25 ไมครอน (MPET12/PP25)

การเตรียมตัวอย่างแยมสับปะรด โดยคัดเลือกแยมสับปะรดจากสายการผลิตที่มีความชื้น 3 ระดับ และทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพของแยมสับปะรดตามข้อ 3.5.4.3

3.5.6 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของบิสกิตไส้แยมสับปะรดที่ระดับความชื้น ต่างๆ ภายหลังจากเก็บเป็นเวลา 12 สัปดาห์

วางแผนการทดลองแบบ 3 x 3 x 2 Factorial in CRD โดยมีปัจจัยในการศึกษา 3
ปัจจัย ได้แก่

- ปัจจัยที่ 1 คือ ความชื้นของบิสกิตที่ระดับ 0.5-0.8% 0.9-1.2% และ 1.5-1.6%
- ปัจจัยที่ 2 คือ ความชื้นของแยมสับปะรดที่ระดับ 10-11% 14-15% และ 17-18%
- ปัจจัยที่ 3 คือ การบรรจุ 2 แบบ ได้แก่ การบรรจุในบีป และการบรรจุในซองเม
ทาไลซ์

ทำการทดลอง 3 ซ้ำ มีวิธีการทดลอง ดังนี้

3.5.6.1 นำบิสกิตจากสายการผลิตที่ระดับความชื้น 0.5-0.8% 0.9-1.2% และ 1.5-
1.6% มาพ่นด้วยน้ำมันมะพร้าวที่มีค่า PV 0.4% โดยพ่นน้ำมันมะพร้าวในปริมาณ 10 % ของน้ำ
หนักบิสกิต

3.5.6.2 นำแยมสับปะรดที่ระดับความชื้น 10-11% 14-15% และ 17-18% มาอุ่นให้
ร้อนที่อุณหภูมิ 50-60 องศาเซลเซียส ประมาณ 2 ชั่วโมง เพื่อให้แยมสับปะรดมีลักษณะนุ่ม เหนียว
ดึงได้ง่าย

3.5.6.3 นำแยมสับปะรดที่อุ่นแล้วมาป้ายบนบิสกิตทั้ง 3 ระดับความชื้น

3.5.6.4 นำบิสกิตไส้แยมสับปะรดที่มีระดับความชื้นของบิสกิตและ ไส้แยม
สับปะรด ต่างๆ กันมาแยกบรรจุเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 บรรจุลงในบีปสังกะสีเคลือบด้านในด้วยแล็กเกอร์ ที่มีขนาด(กว้าง x ยาว
x สูง) 14 x 17 x 23 เซนติเมตร มีฝาปิดสนิท

กลุ่มที่ 2 บรรจุลงในซองเมทาลิซเคลือบพอลิเอทิลีนเทรฟทาเลท หนา 12
ไมครอน และ โพลีพอพิลีน หนา 25 ไมครอน (MPET12/PP25)

3.5.6.5 เก็บตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่มไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 สัปดาห์ โดยทำการ
สุ่มตัวอย่างจากแต่ละกลุ่มในสัปดาห์ที่ 1, 2, 3, 4, 5, 11 และ 12 นำมาตรวจสอบคุณภาพตามข้อ

3.5.1.3

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของบิสกิตที่ระดับความชื้นต่างๆ ภายหลังจากเก็บเป็นเวลา 12 สัปดาห์ การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของบิสกิตที่มีระดับความชื้นเริ่มต้นที่ 0.5-0.8% 0.9-1.2% และ 1.5-1.6% และบรรจุในปีป และในซอง MPET12/ CPP25 ภายหลังจากเก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 สัปดาห์ มีดังนี้

4.1.1 ค่าความชื้นของบิสกิต

ความชื้นของบิสกิตที่บรรจุทั้งในแบบปีปและแบบซอง MPET12/ CPP25 พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้น ความชื้นจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บ โดยความชื้นของบิสกิตที่บรรจุแบบปีปสูงกว่าแบบซอง MPET12/ CPP 25 ดังผลในตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.1 พบว่าบิสกิตแบบบรรจุในปีปที่มีความชื้นเริ่มต้นที่ 0.5-0.8% ซึ่งค่อนข้างต่ำ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความกรอบร่วน ภายหลังจากเก็บเป็นเวลา 1 สัปดาห์ระดับความชื้นเพิ่มเป็น 1.55% ในขณะที่บิสกิตแบบบรรจุในซอง MPET12/ CPP25 มีความชื้นเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย คือ 0.83% และในสัปดาห์ที่ 4 แบบบรรจุปีปมีความชื้นเพิ่มขึ้นเป็น 2.73% ในขณะที่แบบบรรจุซอง MPET12/ CPP25 มีความชื้นเพิ่มขึ้นเป็น 1.73% และภายหลังจากเก็บบิสกิตทั้ง 2 กลุ่ม ความชื้นของบิสกิตที่บรรจุแบบปีป เพิ่มขึ้นเป็น 3.03% โดยเพิ่มจากความชื้นเริ่มต้น 2.39% ดังตารางที่ 4.2 ในขณะที่แบบซอง MPET12/ CPP25 บิสกิตมีความชื้นเพิ่มขึ้นเป็น 1.57% ซึ่งเพิ่มขึ้นจากความชื้นเริ่มต้นเพียง 0.93%

ส่วนบิสกิตที่มีความชื้นเริ่มต้นที่ 0.93% ที่บรรจุในปีป ภายหลังจากเก็บเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ความชื้นเพิ่มขึ้นเป็น 3.25% และภายหลังจากเก็บเป็นเวลา 12 สัปดาห์ ความชื้นเพิ่มขึ้นเป็น 3.93 ในขณะที่บิสกิตที่บรรจุในซอง MPET12/ CPP25 ความชื้นเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ โดยที่ 4 และ 12 สัปดาห์ ความชื้นเพิ่มขึ้นเป็น 1.93 และ 2.67 % ตามลำดับ โดยอัตราความชื้นที่เพิ่มขึ้นในแบบปีปที่สัปดาห์ที่ 4 และ 12 เมื่อเปรียบเทียบกับความชื้นเริ่มต้น คือ 2.32 และ 3% ตามลำดับ ในขณะที่การบรรจุแบบซอง MPET12/ CPP25 อัตราความชื้นที่เพิ่มขึ้น คือ 1.93 และ 2.67% ตามลำดับ

ส่วนบิสกิตที่มีความชื้นเริ่มต้นสูงสุด คือ 1.53% พบว่าในสัปดาห์ที่ 1, 4 และ 11 บิสกิตที่บรรจุแบบปีปมีความชื้นเพิ่มเป็น 2.15, 3.77 และ 3.54% ตามลำดับ และในสัปดาห์ที่ 12 ความชื้นเพิ่มขึ้นเป็น 4.11% ซึ่ง มีค่าเกินกว่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมขนมปังกรอบ ของมอก. 742-2538 ซึ่งกำหนดโดยสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (พ.ศ.2539) ที่กำหนดให้ความชื้นของขนมปังกรอบไม่เกิน 4% สำหรับขนมปังกรอบชนิดปรุงแต่ง ในขณะที่บิสกิตที่บรรจุแบบซอง MPET12/ CPP25 มีความชื้นเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 1, 4 และ 12 เป็น 2.42%, 2.78% และ 2.81% ตามลำดับ

จากผลการทดลองนี้ การเปลี่ยนแปลงความชื้นของบิสกิตตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 12 สัปดาห์ บรรจุภัณฑ์ทั้ง 2 ชนิดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ส่วนของปริมาณความชื้นของบิสกิตเริ่มต้นที่ระดับ 0.5-0.8% มีความแตกต่างจากระดับความชื้น 0.9-1.2% และ 1.5-1.6% สำหรับความชื้นเริ่มต้นของบิสกิตไม่เกิน 1.53% ถ้านำมาบรรจุแบบปี๊ป จะเก็บรักษาได้นานที่สุดเพียง 12 สัปดาห์ ในขณะที่การบรรจุแบบซอง MPET12/ CPP25 จะสามารถเก็บรักษาได้นานกว่า ทั้งนี้เนื่องจากปี๊ปที่นำมาใช้ในการบรรจุ มีอากาศซึมผ่านได้ง่าย บริเวณตะเข็บและกระจกหน้าปี๊ป รวมทั้งบริเวณฝาปี๊ป ทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายความชื้นระหว่างไอน้ำจากสภาวะแวดล้อม ที่มีความชื้นสูงซึมผ่านมายังบิสกิตที่มีความชื้นต่ำ จนกระทั่งเกิดสภาวะสมดุลของความชื้นระหว่างผลิตภัณฑ์และสิ่งแวดล้อม ซึ่งมีผลต่อลักษณะของบิสกิตคือ ทำให้บิสกิตไม่กรอบแข็ง มีกลิ่นหืนเล็กน้อย ส่วนของ MPET12/ CPP25 เป็นซองปิดสนิทไม่มีรอยรั่ว ขอมให้อากาศซึมผ่านได้เพียง 0.37 กรัม/ตารางเซนติเมตร/วัน/ความดัน 1 บรรยากาศ และถ้าความชื้นเริ่มต้นของบิสกิตต่ำ ทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายของความชื้นจากไอน้ำที่ซึมผ่านมายังบิสกิตได้น้อย ทำให้สามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้ได้นานกว่า การบรรจุแบบปี๊ป และผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นเริ่มต้นสูง

ตารางที่ 4.1 เปอร์เซนต์ความชื้นของบิสกิตที่มีระดับความชื้นเริ่มต้นต่างๆภายหลังการบรรจุในปี๊ป และในซอง MPET12/ CPP25 และเก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 สัปดาห์

การบรรจุ	%ความชื้นเริ่ม ต้น	% ความชื้นของบิสกิตที่ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)							
		1	2	3	4	5	11	12	
แบบปี๊ป	0.64	1.55 ^a	0.83 ^a	0.8 ^a	2.73 ^a	2.02 ^a	2.89 ^a	3.03 ^a	
	0.93	1.51 ^b	1.23 ^b	1.34 ^b	3.25 ^b	2.13 ^b	2.96 ^b	3.93 ^b	
	1.53	2.15 ^b	1.9 ^b	1.77 ^b	3.77 ^b	2.5 ^b	3.54 ^b	4.11 ^b	
แบบซอง MPET12/ CPP25	0.64	0.83 ^c	0.13 ^c	0.47 ^c	1.73 ^c	1.11 ^c	1.51 ^c	1.57 ^c	
	0.93	1.27 ^d	1.63 ^d	1.28 ^d	1.93 ^d	2.71 ^d	2.19 ^d	2.67 ^d	
	1.53	2.42 ^d	1.75 ^d	1.86 ^d	2.78 ^d	2.14 ^d	2.24 ^d	2.81 ^d	

หมายเหตุ: อักษรที่แตกต่างกันในแนวดิ่ง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05)

4.1.2 ค่า a_w ของบิสกิต

จากการศึกษาค่า a_w ของบิสกิตที่มีระดับความชื้นต่างๆ และบรรจุทั้งในแบบป๊อปและแบบซอง MPET12/ CPP25 ผลดังแสดงในตารางที่ 4.3 และภาพที่ 4.2 พบว่าบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกันมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า a_w ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยบิสกิตที่บรรจุแบบป๊อป ที่มีระดับความชื้นเริ่มต้นที่ 0.64, 0.93 และ 1.53% มีค่า a_w เริ่มต้นที่ 0.04, 0.04 และ 0.11 ตามลำดับ ภายหลังจากเก็บเป็นเวลา 1 สัปดาห์ ค่า a_w เพิ่มขึ้นเป็น 0.1, 0.1 และ 0.14 ตามลำดับ และภายหลังจากเก็บเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ค่า a_w เพิ่มขึ้นเป็น 0.21, 0.22 และ 0.24 ตามลำดับ และแม้จะเก็บรักษาบิสกิตที่บรรจุแบบป๊อปเป็นเวลา 12 สัปดาห์ ค่า a_w ซึ่งเพิ่มขึ้นเป็น 0.32, 0.32 และ 0.33 ตามลำดับ ก็ยังไม่เกิดความเสียหายต่อการเจริญของจุลินทรีย์ เนื่องจากค่า a_w ต่ำสุดที่จุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตได้ คือ 0.60 (Beuchat, 1981)

เช่นเดียวกับบิสกิตที่บรรจุแบบซองของ MPET12/ CPP25 ที่ค่า a_w เริ่มต้นที่ 0.04, 0.04 และ 0.11 เมื่อเก็บเป็นเวลา 1 สัปดาห์พบว่าการเปลี่ยนแปลงของค่า a_w เพียงเล็กน้อย คือ 0.04, 0.06 และ 0.15 ตามลำดับ และภายหลังจากเก็บเป็นเวลา 4 และ 12 สัปดาห์ ค่า a_w เพิ่มขึ้นเป็น 0.06, 0.07, 0.13 และ 0.11, 0.14 และ 0.22 ตามลำดับ ซึ่งยังเป็นระดับที่จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้

ตารางที่ 4.3 ค่าวอเตอร์แอกติวิตี (a_w) ของบิสกิตที่มีระดับความชื้นเริ่มต้นต่างๆ ที่บรรจุในป๊อปและซองของ MPET12/ CPP25 ภายหลังจากเก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 สัปดาห์

การบรรจุ	%ความชื้นเริ่มต้น	ค่า a_w เริ่มต้น	ค่า a_w ของบิสกิตที่ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)							
			1	2	3	4	5	11	12	
แบบป๊อป	0.64	0.04	0.10 ^a	0.10 ^a	0.08 ^a	0.21 ^a	0.19 ^a	0.28 ^a	0.32 ^a	
	0.93	0.04	0.10 ^a	0.11 ^a	0.93 ^a	0.22 ^a	0.20 ^a	0.27 ^a	0.32 ^a	
	1.53	0.11	0.14 ^a	0.18 ^a	0.16 ^a	0.28 ^a	0.23 ^a	0.31 ^a	0.33 ^a	
แบบซอง	0.64	0.04	0.04 ^b	0.05 ^b	0.04 ^b	0.06 ^b	0.07 ^b	0.13 ^b	0.11 ^b	
	0.93	0.04	0.06 ^b	0.06 ^b	0.07 ^b	0.07 ^b	0.09 ^b	0.13 ^b	0.14 ^b	
	1.53	0.11	0.15 ^b	0.13 ^b	0.12 ^b	0.13 ^b	0.15 ^b	0.22 ^b	0.22 ^b	

หมายเหตุ: อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

4.1.4 จำนวนยีสต์และราของบิสกิต

จำนวนยีสต์และราของบิสกิตแบบบรรจุปี๊บและซอง MPET12/ CPP25 ที่ระยะเวลาการเก็บ 12 สัปดาห์ ผลแสดงดังตารางที่ 4.5 และภาพที่ 4.4 พบว่ามีจำนวนยีสต์และราเริ่มต้นมีแนวโน้มลดลงมีค่าใกล้เคียงเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรมขนมปังกรอบ (มอก.742-2538) ที่กำหนดให้มีจำนวนยีสต์และราน้อยกว่า ทั้งนี้ภาชนะบรรจุ 2 ชนิดและระดับความชื้นเริ่มต้นของบิสกิตทั้ง 3 ระดับนั้น ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงจำนวนยีสต์และรา ตลอดจนในแต่ละสัปดาห์ของการเก็บรักษาไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 4.5 จำนวนยีสต์และราของบิสกิตที่มีระดับความชื้นเริ่มต้นต่างๆภายหลังการบรรจุในปี๊บและในซอง MPET12/ CPP25 และเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 สัปดาห์

การบรรจุ	%ค่าความชื้นเริ่มต้นของบิสกิต	จำนวนยีสต์และราเริ่มต้น (cfu/g)	จำนวนยีสต์และรา (cfu/g) ของบิสกิตที่ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)							
			1 ^{ns}	2 ^{ns}	3 ^{ns}	4 ^{ns}	5 ^{ns}	11 ^{ns}	12 ^{ns}	
แบบปี๊บ	0.64	20	0	30	0	0	0	0	0	
	0.93	10	0	0	0	0	30	30	0	
	1.53	40	0	0	10	0	0	20	10	
แบบซอง	0.64	20	0	30	0	0	0	0	0	
	0.93	10	10	0	0	0	0	0	10	
	1.53	15	10	10	0	0	20	0	0	

หมายเหตุ: ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในระหว่างกลุ่ม

โน้มลดลง ทั้งนี้เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณความชื้นสูงจึงมีการสูญเสียความชื้นจากตัวผลิตภัณฑ์ไปสู่สภาวะแวดล้อม (Szczesniak, 1998) ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงความชื้นของแฮมสับประรดเมื่อเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 2 ชนิดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% สำหรับความชื้นเริ่มต้นของแฮมสับประรดทั้ง 3 ระดับนั้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.2.2 ค่า a_w ของแฮมสับประรด

ค่า a_w ของแฮมสับประรดแบบบรรจุปี๊บและซอง MPET12/ CPP25 ที่ความชื้นเริ่มต้นทั้ง 3 ระดับเมื่อเก็บเป็นเวลา 12 สัปดาห์นั้นไม่มีความแตกต่างกัน ผลดังแสดงในตารางที่ 4.7 และภาพที่ 4.6 จากค่าความชื้นเริ่มต้นที่ 11.44, 14.9 และ 17.16 % มีค่า a_w เท่ากับ 0.46, 0.49 และ 0.51 ตามลำดับ ภายหลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 12 สัปดาห์ แฮมสับประรดแบบบรรจุปี๊บ มีค่า a_w เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย คือ 0.47, 0.51 และ 0.51 ตามลำดับ เช่นเดียวกับแบบบรรจุซอง MPET12/ CPP25 มีค่า 0.46, 0.51 และ 0.52 ตามลำดับ ดังนั้นการบรรจุปี๊บและการบรรจุซอง MPET12/ CPP25 ไม่มีผลต่อค่า a_w ของแฮมสับประรดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% สำหรับระดับความชื้นเริ่มต้นของแฮมสับประรดนั้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยระดับความชื้นเริ่มต้น 10-11% นั้นมีค่า a_w น้อยกว่าความชื้นเริ่มต้น 15-16% และ 17-18% ทั้งนี้เนื่องจากแฮมสับประรดมีส่วนผสมของน้ำตาลประมาณ 28% และมีความชื้นไม่เกิน 18% ซึ่งน้ำตาลจะไปจับยึดเกาะกับน้ำที่อยู่ภายในเนื้อสับประรด รวมทั้งช่วยให้เกิดเจลโดยการเกิดพันธะไฮโดรเจนกับโมเลกุลของเพคติน (กิตติพงษ์, 2535) ทำให้ปริมาณของน้ำอิสระในแฮมสับประรด มีน้อยลง และสามารถรักษาค่า a_w ของแฮมสับประรดได้ ซึ่งจากค่า a_w ของแฮมสับประรดที่มีค่า < 0.6 ทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้

4.2.3 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของแยมสับปะรด

จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของแยมสับปะรดที่มีความชื้นเริ่มต้น 11.44, 14.9 และ 17.16% ที่บรรจุแบบปีปและแบบซอง MPET12/ CPP25 ภายหลังจากเก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบว่ามีจำนวนอยู่ระหว่าง 10 – 50 โคโลนี/กรัม ดังแสดงในตารางที่ 4.8 และภาพที่ 4.7 โดยมีค่า a_w อยู่ระหว่าง 0.46 – 0.52 ซึ่งที่ค่า a_w ไม่เหมาะต่อการเจริญของจุลินทรีย์ โดยภาชนะบรรจุทั้ง 2 ชนิด และระดับความชื้นเริ่มต้นของแยมสับปะรดทั้ง 3 ระดับนั้น ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ในระหว่างการเก็บรักษา ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในแต่ละสัปดาห์ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แต่อย่างไรก็ตามอาจพบจุลินทรีย์ที่ผิวหน้าของแยมได้ เนื่องจากการปนเปื้อนในระหว่างการบรรจุ

และแม้ว่าข้อกำหนดของมาตรฐานคุณภาพของ”แยม” ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 213 พ.ศ.2543 ไม่ได้ระบุจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด แต่แนวโน้มของจำนวนจุลินทรีย์ในแยม ในระหว่างการเก็บรักษา 12 สัปดาห์ ไม่สูงขึ้น จึงไม่ทำให้เกิดความเสี่ยงต่อผู้บริโภค

ตารางที่ 4.8 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของไส้แยมสับปะรดที่มีความชื้นเริ่มต้นระดับต่างๆ ภายหลังจากการบรรจุปีปและบรรจุซอง MPET12/ CPP25 และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 สัปดาห์

การบรรจุ	%ความชื้นเริ่มต้น	จำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้น (cfu/g)	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (cfu/g) ของไส้สับปะรดที่ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)						
			1 ^{ns}	2 ^{ns}	3 ^{ns}	4 ^{ns}	5 ^{ns}	11 ^{ns}	12 ^{ns}
แบบปีป	11.44	5	5	45	0	35	45	10	50
	14.9	10	395	20	0	50	25	0	50
	17.16	15	0	1500	0	65	45	5	10
แบบซอง MPET12/ CPP25	11.44	5	25	0	0	0	25	10	10
	14.9	10	5	0	0	0	30	0	10
	17.16	15	35	0	20	85	45	0	50

หมายเหตุ: ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในระหว่างกลุ่ม

แตกต่างจากอีก 2 ระดับความชื้น และปัจจัยร่วมระหว่างระดับความชื้นของแยมสับปะรดและบรรจุภัณฑ์มีผลต่อปริมาณยีสต์และราเช่นกัน

ตารางที่ 4.9 จำนวนยีสต์และราของไส้แยมสับปะรดที่มีความชื้นเริ่มต้นระดับต่างๆ ภายหลังจากบรรจุแบบปี๊บและบรรจุของ MPET12/ CPP25 และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 สัปดาห์

การบรรจุ	%ความชื้นเริ่มต้น	จำนวนยีสต์และราเริ่มต้น (cfu/g)	จำนวนยีสต์และรา (cfu/g) ของไส้สับปะรดที่ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)							
			1 ^{ns}	2 ^{ns}	3 ^{ns}	4 ^{ns}	5 ^{ns}	11 ^{ns}	12 ^{ns}	
แบบปี๊บ	11.44	0	0	0	0	5	5	0	0	
	14.9	0	15	5	0	0	50	0	5	
	17.16	150	0	0	0	55	90	0	0	
แบบซอง	11.44	0	50	0	10	0	30	0	5	
MPET12	14.9	0	53	0	0	0	0	0	0	
/CPP25	17.16	60	5	0	0	0	10	0	5	

หมายเหตุ: ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในระหว่างกลุ่ม

ขึ้น ในช่วงสัปดาห์ที่ 1-11 และในสัปดาห์ที่ 12 ความชื้นของผลิตภัณฑ์เริ่มคงที่ ทั้งนี้เนื่องจากการเคลื่อนย้ายความชื้นจากไส้แยมสับประรด ซึ่งมีค่าความชื้นสูงมายังบิสกิตที่มีความชื้นต่ำกว่า จนกระทั่งถึงสภาวะสมดุล การเคลื่อนย้ายความชื้นที่เกิดขึ้นนี้ มีผลให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์บิสกิตเปลี่ยนไป ได้แก่ บิสกิตไม่กรอบแข็ง เนื่องจากมีค่าเกินกว่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 742-2538 (พ.ศ.2539) ที่กำหนดให้ความชื้นของขนมปังกรอบไม่เกิน 4%

ตารางที่ 4.10 ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของบิสกิตไส้แยมสับประรดที่มีความชื้นเริ่มต้นของบิสกิตและไส้แยมสับประรดในระดับต่างๆ ภายหลังการบรรจุปี๊บและบรรจุของ MPET12/ CPP25 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 สัปดาห์

%ความชื้นของบิสกิต	%ความชื้นของแยมสับประรด	การบรรจุ	% ความชื้นของบิสกิตไส้สับประรดที่ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)							
			1	2	3	4	5	11	12	
0.64	11.44	แบบปี๊บ	0.61 ^a	2.78 ^a	2.89 ^a	3.67 ^a	4.12 ^a	4.79 ^a	4.72 ^a	
		ของ MPET12/ CPP25	2.51 ^a	2.36 ^a	2.96 ^a	3.73 ^a	3.69 ^a	4.32 ^a	4.41 ^a	
	14.90	แบบปี๊บ	2.01 ^b	3.99 ^b	4.55 ^b	4.25 ^b	4.95 ^b	5.2 ^b	5.53 ^b	
		ของ MPET12/ CPP25	2.43 ^b	3.25 ^b	4.69 ^b	4.45 ^b	4.37 ^b	4.35 ^b	5.2 ^b	
0.93	17.16	แบบปี๊บ	2.26 ^b	4.03 ^b	4.8 ^b	5.52 ^b	5.92 ^b	5.29 ^b	5.25 ^b	
		ของ MPET12/ CPP25	3.84 ^b	3.52 ^b	4.71 ^b	4.93 ^b	5.38 ^b	5.03 ^b	5.31 ^b	
	11.44	แบบปี๊บ	1.4 ^a	2.68 ^a	2.66 ^a	4.19 ^a	4.21 ^a	4.63 ^a	5.00 ^a	
		ของ MPET12/ CPP25	2.59 ^a	2.83 ^a	3.15 ^a	3.99 ^a	3.51 ^a	4.5 ^a	4.49 ^a	
1.53	14.90	แบบปี๊บ	2.1 ^b	3.77 ^b	4.89 ^b	5.21 ^b	4.73 ^b	5.19 ^b	5.34 ^b	
		ของ MPET12/ CPP25	1.91 ^b	3.73 ^b	3.57 ^b	4.53 ^b	3.65 ^b	4.82 ^b	5.53 ^b	
	17.16	แบบปี๊บ	2.44 ^b	3.92 ^b	4.58 ^b	5.31 ^b	4.00 ^b	5.28 ^b	5.39 ^b	
		ของ MPET12/ CPP25	3.12 ^b	3.69 ^b	4.2 ^b	4.84 ^b	3.99 ^b	4.95 ^b	5.07 ^b	
1.53	11.44	แบบปี๊บ	2.02 ^a	3.03 ^a	4.00 ^a	4.79 ^a	4.41 ^a	4.88 ^a	5.12 ^a	
		ของ MPET12/ CPP25	3.4 ^a	3.17 ^a	3.91 ^a	4.83 ^a	4.13 ^a	4.34 ^a	4.91 ^a	
	14.90	แบบปี๊บ	3.75 ^b	4.16 ^b	4.93 ^b	5.16 ^b	5.29 ^b	5.13 ^b	5.56 ^b	
		ของ MPET12/ CPP25	2.07 ^b	4.23 ^b	4.86 ^b	5.23 ^b	4.81 ^b	5.24 ^b	5.53 ^b	
17.16	แบบปี๊บ	3.7 ^b	4.35 ^b	5.51 ^b	5.23 ^b	5.00 ^b	5.47 ^b	5.65 ^b		
	ของ MPET12/ CPP25	3.22 ^b	4.01 ^b	5.1 ^b	4.43 ^b	4.95 ^b	4.96 ^b	5.91 ^b		

หมายเหตุ: อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

เช่นเดียวกับตัวอย่างผลิตภัณฑ์บิสกิตไส้แยมสับปะรด ที่มีค่าความชื้นเริ่มต้นของบิสกิตที่ 0.93 และ 1.53 % สอดไส้ด้วยแยมสับปะรดที่มีความชื้นเริ่มต้นที่ 11.44, 14.90 และ 17.16 % ทั้งที่บรรจุแบบปีป และแบบซอง MPET12/ CPP25 ภายหลังจากเก็บเป็นเวลา 12 สัปดาห์ ค่าความชื้นเพิ่มอยู่ระหว่าง 4.49-5.91 % ซึ่งมีค่าเกินกว่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 742-2538 (พ.ศ.2539) โดยบรรจุภัณฑ์ทั้ง 2 ชนิดและความชื้นของบิสกิตไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นของบิสกิตไส้แยมสับปะรดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งมีเพียงความชื้นเริ่มต้นของแยมสับปะรดที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นของบิสกิตไส้แยมสับปะรด โดยความชื้นของแยมสับปะรดที่ระดับ 10-11% มีการเปลี่ยนแปลงความชื้นของบิสกิตไส้แยมสับปะรดในระหว่างการเก็บรักษาแตกต่างจากระดับความชื้นของแยมสับปะรดที่ระดับ 15-16% และ 17-18%

ดังนั้นการกำหนดค่าความชื้นเริ่มต้นที่เหมาะสมของบิสกิต คือ อยู่ระหว่าง 0.5-0.8 % ซึ่งมีค่าความชื้นเฉลี่ย 0.64% และค่าความชื้นของไส้แยมสับปะรดที่เหมาะสม คือ อยู่ระหว่าง 10-11% ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะเนื้อสัมผัสของบิสกิตไส้แยมสับปะรดที่สามารถยอมรับได้ คือ ความกรอบแข็ง และสามารถเก็บรักษาได้ในภาชนะบรรจุทั้ง 2 ชนิด

4.3.2 ค่า a_w ของบิสกิตไส้แยมสับปะรด

ค่า a_w ของบิสกิตไส้แยมสับปะรด ดังแสดงในตารางที่ 4.11 พบว่าบิสกิตที่มีความชื้นเริ่มต้น 0.64% และไส้แยมสับปะรดที่มีความชื้นเริ่มต้น 11.44 % บรรจุปีปและแบบซอง MPET12/ CPP25 ภายหลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 1 สัปดาห์ มีค่า a_w อยู่ระหว่าง 0.16-0.19 และค่า a_w จะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บ จนถึงสัปดาห์ที่ 11 และ 12 ค่า a_w จะคงที่อยู่ระหว่าง 0.36-0.38 ส่วนผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นเริ่มต้นของไส้แยมที่ 14.9% และ 17.16% ทั้งที่บรรจุแบบปีปและแบบซอง MPET12/ CPP25 ภายหลังจากเก็บเป็นเวลา 1 สัปดาห์ ค่า a_w ของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น อยู่ระหว่าง 0.24-0.31 และภายหลังจากเก็บเป็นเวลา 12 สัปดาห์ ค่า a_w เพิ่มขึ้นเป็น 0.40-0.41

ส่วนผลิตภัณฑ์บิสกิตไส้แยมสับปะรด ที่มีระดับความชื้นเริ่มต้นของบิสกิตที่ 0.93% และความชื้นเริ่มต้นของไส้แยมสับปะรดที่ 11.44%, 14.90% และ 17.16% บรรจุทั้งแบบปีปและแบบซอง MPET12/ CPP25 ภายหลังจากเก็บเป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบว่า ค่า a_w ของผลิตภัณฑ์จะค่อยๆ เพิ่มขึ้นจากสัปดาห์แรก ที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0.16 -0.27 และมีค่าระหว่าง 0.37-0.41 ในสัปดาห์ที่ 12

และผลิตภัณฑ์บิสกิตไส้แยมสับปะรด ที่มีระดับความชื้นเริ่มต้นของบิสกิตที่ 1.53% และความชื้นเริ่มต้นของไส้แยมสับปะรดที่ 11.44%, 14.90% และ 17.16% บรรจุทั้งแบบปีปและแบบซอง MPET12/ CPP25 พบว่า ค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ในสัปดาห์แรกมีค่าอยู่ระหว่าง 0.23 -0.32 และมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 0.37-0.42 ในสัปดาห์ที่ 12

ตารางที่ 4.11 ค่า a_w ของบิสกิตไส้สับปรดที่มีความชื้นเริ่มต้นของบิสกิตและไส้สับปรดระดับต่าง ๆ ภายหลังจากบรรจุปี๊บและบรรจุซอง MPET12/ CPP25 และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 สัปดาห์

%ความชื้น ของบิสกิต	%ความชื้น ของแฮม สับปรด	การบรรจุ	ค่า a_w ของบิสกิตไส้แฮมสับปรดที่ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)							
			1	2	3	4	5	11	12	
0.64	11.44	แบบปี๊บ	0.16 ^a	0.25 ^a	0.29 ^a	0.32 ^a	0.34 ^a	0.37 ^a	0.38 ^a	
		ซอง MPET12/ CPP25	0.19 ^a	0.25 ^a	0.26 ^a	0.28 ^a	0.33 ^a	0.37 ^a	0.36 ^a	
	14.90	แบบปี๊บ	0.24 ^b	0.34 ^b	0.37 ^b	0.37 ^b	0.40 ^b	0.42 ^b	0.40 ^b	
		ซอง MPET12/ CPP25	0.29 ^b	0.31 ^b	0.36 ^b	0.36 ^b	0.38 ^b	0.41 ^b	0.41 ^b	
	17.16	แบบปี๊บ	0.27 ^b	0.35 ^b	0.37 ^b	0.38 ^b	0.40 ^b	0.42 ^b	0.41 ^b	
		ซอง MPET12/ CPP25	0.31 ^b	0.34 ^b	0.39 ^b	0.37 ^b	0.40 ^b	0.41 ^b	0.40 ^b	
0.93	11.44	แบบปี๊บ	0.16 ^a	0.25 ^a	0.28 ^a	0.31 ^a	0.34 ^a	0.38 ^a	0.38 ^a	
		ซอง MPET12/ CPP25	0.20 ^a	0.26 ^a	0.26 ^a	0.28 ^a	0.32 ^a	0.38 ^a	0.37 ^a	
	14.90	แบบปี๊บ	0.25 ^b	0.35 ^b	0.38 ^b	0.38 ^b	0.40 ^b	0.42 ^b	0.41 ^b	
		ซอง MPET12/ CPP25	0.26 ^b	0.34 ^b	0.39 ^b	0.36 ^b	0.40 ^b	0.42 ^b	0.41 ^b	
	17.16	แบบปี๊บ	0.24 ^b	0.34 ^b	0.39 ^b	0.40 ^b	0.39 ^b	0.41 ^b	0.39 ^b	
		ซอง MPET12/ CPP25	0.27 ^b	0.34 ^b	0.38 ^b	0.35 ^b	0.38 ^b	0.40 ^b	0.39 ^b	
1.53	11.44	แบบปี๊บ	0.23 ^a	0.30 ^a	0.33 ^a	0.38 ^a	0.36 ^a	0.40 ^a	0.39 ^a	
		ซอง MPET12/ CPP25	0.27 ^a	0.32 ^a	0.32 ^a	0.33 ^a	0.34 ^a	0.38 ^a	0.37 ^a	
	14.90	แบบปี๊บ	0.28 ^b	0.36 ^b	0.38 ^b	0.40 ^b	0.40 ^b	0.42 ^b	0.42 ^b	
		ซอง MPET12/ CPP25	0.32 ^b	0.36 ^b	0.40 ^b	0.38 ^b	0.39 ^b	0.42 ^b	0.42 ^b	
	17.16	แบบปี๊บ	0.29 ^b	0.36 ^b	0.42 ^b	0.41 ^b	0.40 ^b	0.41 ^b	0.41 ^b	
		ซอง MPET12/ CPP25	0.32 ^b	0.37 ^b	0.40 ^b	0.35 ^b	0.39 ^b	0.41 ^b	0.40 ^b	

หมายเหตุ: อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

จากการทดลองจะเห็นได้ว่า มีการเปลี่ยนแปลงระดับวอเตอร์แอกติวิตี้ของส่วนประกอบต่างๆ ในผลิตภัณฑ์ ตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา เนื่องจากองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ดังกล่าว มีระดับความชื้นและระดับวอเตอร์แอกติวิตี้ที่แตกต่างกัน ซึ่งจะก่อให้เกิดการเคลื่อนย้ายของโมเลกุลน้ำ จากองค์ประกอบที่มีระดับวอเตอร์แอกติวิตี้สูง ไปสู่อุณหภูมิที่ระดับวอเตอร์แอกติวิตี้ต่ำอย่างต่อเนื่อง ในระหว่างการเก็บรักษา จนกระทั่งถึงสภาวะสมดุลของระดับวอเตอร์แอกติวิตี้ระหว่างผลิตภัณฑ์ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของปิยะนุช (2545) ซึ่งได้ศึกษาการเคลื่อนย้าย

ความขึ้นในผลิตภัณฑ์ขนมเปียะ พบว่ามีการเคลื่อนย้ายความขึ้นจากส่วนไส้ถั่วกวน มายังส่วนแป้งในผลิตภัณฑ์ ทำให้ระดับวอเตอร์แอกติวิตีของส่วนแป้ง มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงแรก จากนั้นจะค่อนข้างคงที่และมีค่าลดลงในช่วงท้ายของการเก็บรักษา

และจากการทดลองนี้ พบว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดปีปและซอง MPET12/PP25 ไม่มีผลเพียงต่อค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษา แต่ค่าความขึ้นเริ่มต้นของไส้แฮมสับประรด มีผลสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงของความขึ้นและค่า a_w ของผลิตภัณฑ์บิสกิตไส้แฮมสับประรดในระหว่างการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังนั้นความขึ้นเริ่มต้นของไส้แฮมสับประรดควรอยู่ระดับต่ำ คือ ระหว่าง 10-11% ส่วนความขึ้นเริ่มต้นของบิสกิตทั้ง 3 ระดับไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ภายหลังการเก็บเป็นเวลา 12 สัปดาห์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แต่อย่างไรก็ตามค่า a_w ของทุกตัวอย่างการทดลองก็มีค่าไม่เกิน 0.42 ซึ่งไม่ทำให้เกิดความเสี่ยงต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์

4.3.3 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของบิสกิตไส้แฮมสับประรด

จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์บิสกิตไส้แฮมสับประรด ที่บรรจุทั้งแบบปีปและแบบซอง MPET12/PP25 ภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 สัปดาห์ ผลแสดงดังตารางที่ 4.12 พบว่าจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดมีค่าสูงขึ้นในช่วง 1-2 สัปดาห์แรก หลังจากนั้นจำนวนจุลินทรีย์มีแนวโน้มลดลง ทั้งนี้เนื่องจากในช่วง 1-2 สัปดาห์แรกของการเก็บรักษา มีการเคลื่อนย้ายโมเลกุลของน้ำอิสระ จากไส้แฮมสับประรดมายังบิสกิต ทำให้จุลินทรีย์ที่หลงเหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์ สามารถคืบคลานอยู่ในระหว่างการเคลื่อนย้าย มาใช้ในการเจริญเติบโต จนเมื่อเกิดความสมดุลของระดับวอเตอร์แอกติวิตี ของไส้แฮมสับประรดและบิสกิต คือในสัปดาห์ที่ 11 และ 12 ของการเก็บรักษา จุลินทรีย์ไม่สามารถคืบคลานมาใช้ในการเจริญเติบโตได้อีก จึงทำให้จุลินทรีย์บางส่วนหยุดการเจริญ แต่อย่างไรก็ตามจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในทุกตัวอย่างผลิตภัณฑ์ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 12 สัปดาห์ มีค่าไม่เกินจากเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 742-2538 (พ.ศ.2539) ของขนมปังอบกรอบหรือบิสกิต ที่กำหนดให้มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count) ไม่เกิน 10^4 โคโลนี/กรัม

ทั้งนี้ระดับความขึ้นของบิสกิตทั้ง 3 ระดับ ระดับความขึ้นของแฮมสับประรดทั้ง 3 ระดับและบรรจุภัณฑ์ทั้ง 2 ชนิดนั้นไม่มีผลต่อจำนวนจุลินทรีย์ตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษารวมทั้งระยะเวลาของการเก็บรักษาที่สัปดาห์ต่างๆ กันนั้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 4.12 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของบิสกิตไส้แยมสับปรดที่มีความชื้นเริ่มต้นของบิสกิต และไส้แยมสับปรดระดับต่างๆ ภายหลังจากบรรจุปีบและบรรจุซอง MPET12/CPP25 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 สัปดาห์

%ความชื้น เริ่มต้นของบิส กิต	%ความชื้น เริ่มต้นของไส้ แยมสับปรด	การบรรจุ	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (cfu/g) ของบิสกิตไส้แยมสับปรด ที่ระยะ เวลาการเก็บ (สัปดาห์)							
			1 ^{ns}	2 ^{ns}	3 ^{ns}	4 ^{ns}	5 ^{ns}	11 ^{ns}	12 ^{ns}	
0.64	11.44	แบบปีบ	55	350	300	0	205	35	20	
		ซอง MPET12/CPP25	200	20	10	10	0	40	60	
	14.90	แบบปีบ	160	80	10	20	10	100	65	
		ซอง MPET12/CPP25	45	50	0	55	25	5	270	
	17.16	แบบปีบ	33	105	10	15	165	38	10	
		ซอง MPET12/CPP25	0	55	0	15	58	15	95	
0.93	11.44	แบบปีบ	200	25	20	35	0	60	35	
		ซอง MPET12/CPP25	520	6	70	35	10	85	55	
	14.90	แบบปีบ	155	255	100	120	80	40	40	
		ซอง MPET12/CPP25	1000	50	10	5	40	5	195	
	17.16	แบบปีบ	265	1350	10	5	200	30	10	
		ซอง MPET12/CPP25	155	205	20	48	45	20	115	
1.53	11.44	แบบปีบ	160	110	30	90	65	105	15	
		ซอง MPET12/CPP25	65	250	100	5	25	90	60	
	14.90	แบบปีบ	75	0	60	125	68	150	58	
		ซอง MPET12/CPP25	65	180	30	75	45	115	155	
	17.16	แบบปีบ	165	0	10	5	50	35	78	
		ซอง MPET12/CPP25	150	5	30	5	55	85	90	

หมายเหตุ: ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ในระหว่างกลุ่ม

4.3.4 จำนวนยีสต์และราของบิสกิตไส้แยมสับปรด

จำนวนยีสต์และราของบิสกิตไส้แยมสับปรด ที่บรรจุปีบและซอง MPET12/CPP25 ภายหลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 12 สัปดาห์ ผลดังแสดงในตารางที่ 4.13 พบว่า ในช่วง 1-2 สัปดาห์แรกของการเก็บรักษา มีจำนวนยีสต์และราสูง คืออยู่ระหว่าง 0-150 โคโลนี/กรัม แต่ภายหลังจากเก็บเป็นเวลา 12 สัปดาห์ มีจำนวนลดลงอยู่ระหว่าง 0-20 โคโลนี/กรัม โดยตัวอย่างที่บรรจุในซอง MPET12/CPP25 มีจำนวนยีสต์และราสูงเกินเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 742-2538 (พ.ศ.2539) ของขนมปังอบกรอบหรือบิสกิต ที่กำหนดให้มีจำนวนยีสต์และรา ไม่เกิน 10 โค

โลนีน/กรัม และพบว่าระดับความชื้นของบิสกิตและแฮมสับปะรดทั้ง 3 ระดับนั้นไม่มีผลต่อปริมาณยีสต์และรา ตลอดจนปัจจัยร่วมระหว่างความชื้นของบิสกิต ความชื้นของแฮมสับปะรดและระยะเวลาในการเก็บรักษานั้น ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 4.13 แสดงจำนวนยีสต์และราของบิสกิตไส้แฮมสับปะรดที่มีความชื้นเริ่มต้นของบิสกิต และไส้แฮมสับปะรดที่ระดับต่างๆ ภายหลังจากบรรจุปี๊บและบรรจุของ MPET12/ CPP25 และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 สัปดาห์

%ความชื้นเริ่มต้นของบิสกิต	%ความชื้นเริ่มต้นของไส้แฮมสับปะรด	การบรรจุ	จำนวนยีสต์และรา (cfu/g) ของบิสกิตไส้แฮมสับปะรดที่ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)							
			1 ^{ns}	2 ^{ns}	3 ^{ns}	4 ^{ns}	5 ^{ns}	11 ^{ns}	12 ^{ns}	
0.64	11.44	แบบปี๊บ	0	0	0	15	10	0	0	
		ของ MPET12/ CPP25	150	5	0	0	0	0	5	
	14.90	แบบปี๊บ	25	50	0	50	0	5	0	
		ของ MPET12/ CPP25	20	100	10	0	0	0	15	
	17.16	แบบปี๊บ	10	0	0	0	100	5	10	
		ของ MPET12/ CPP25	5	5	10	35	10	15	0	
0.93	11.44	แบบปี๊บ	80	20	0	0	0	0	10	
		ของ MPET12/ CPP25	115	5	0	0	0	0	15	
	14.90	แบบปี๊บ	35	65	0	15	15	0	10	
		ของ MPET12/ CPP25	0	0	0	0	155	30	5	
	17.16	แบบปี๊บ	5	55	0	45	0	0	5	
		ของ MPET12/ CPP25	0	15	0	5	30	0	5	
1.53	11.44	แบบปี๊บ	30	0	10	0	0	0	5	
		ของ MPET12/ CPP25	10	5	0	0	150	5	0	
	14.90	แบบปี๊บ	35	0	0	15	0	10	5	
		ของ MPET12/ CPP25	63	15	0	0	25	45	20	
	17.16	แบบปี๊บ	20	55	0	0	0	25	0	
		ของ MPET12/ CPP25	10	10	0	0	10	35	15	

หมายเหตุ: ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ในระหว่างกลุ่ม

4.3.5 ความชื้นของแฮมสับปะรดที่สอดไส้บิสกิต

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นของแฮมสับปะรดที่สอดไส้ในผลิตภัณฑ์บิสกิต โดยมีความชื้นเริ่มต้นของไส้แฮมสับปะรดที่ 11.44%, 14.9% และ 17.16% ภายหลังจากนำมาสอด

ใส่ในบิสกิตที่มีความชื้นเริ่มต้นที่ 0.64%, 0.93% และ 1.53% และบรรจุทั้งแบบปีปและแบบซอง MPET12/ CPP25 ภายหลังจากเก็บที่อุณหภูมิเป็นเวลา 12 สัปดาห์ ผลดังแสดงในตารางที่ 4.14 พบว่าในสัปดาห์แรกใส่แยมสับปะรดที่มีค่าความชื้นเริ่มต้นต่ำ ได้แก่ 11.44% และ 14.9% จะมีความชื้นที่สูงขึ้นเล็กน้อย ทั้งนี้อาจเนื่องจากการถ่ายเทความชื้นระหว่างใส่แยมกับบรรยากาศภายในของการบรรจุ ส่วนใส่แยมสับปะรดที่มีค่าความชื้นเริ่มต้นสูง คือ 17.16% ความชื้นจะเริ่มลดลงตั้งแต่สัปดาห์แรก หลังจากนั้นค่าความชื้นของทุกตัวอย่างเริ่มลดลง ตามระยะเวลาของการเก็บรักษา โดยในสัปดาห์ที่ 12 ใส่แยมสับปะรดที่มีค่าความชื้นเริ่มต้น 11.44% จะมีอัตราความชื้นลดลงน้อยที่สุด คืออยู่ระหว่าง 1.22-2.49% ผลดังแสดงในตารางที่ 4.15 ในขณะที่ค่าความชื้นเริ่มต้นของใส่แยมสับปะรดที่ 14.9% และ 17.16% อัตราความชื้นที่ลดลง 2.23 – 4.51% และ 5.48 – 5.81% ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากใส่แยมสับปะรดที่มีระดับความชื้นเริ่มต้นต่ำ จะมีการเคลื่อนย้ายของความชื้นหรือไอน้ำไปยังบิสกิตได้น้อยกว่าใส่แยมสับปะรดที่มีระดับความชื้นสูง โดยความชื้นเริ่มต้นของบิสกิตไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความชื้นของใส่แยมสับปะรดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของค่าความชื้นของแยมสับปะรดที่ได้สอดใส่ในบิสกิต จากผลในตารางที่ 4.6 พบว่าแยมสับปะรดที่มีความชื้นเริ่มต้นต่ำ คือ 11.44% และ 14.9% เกือบจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าความชื้น ภายหลังจากเก็บเป็นเวลา 12 สัปดาห์ ในขณะที่แยมสับปะรดที่มีค่าความชื้นเริ่มต้นสูง คือ 17.16% อัตราการลดลงของความชื้นอยู่ที่ 1.28-2.25% ทั้งนี้เนื่องจากไม่มีบิสกิตเป็นตัวดูดซับความชื้น จากผลการทดลองในตารางที่ 4.14 และ 4.15 พบว่าชนิดของบรรจุภัณฑ์แบบปีปทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายของความชื้นของใส่แยมสับปะรดได้น้อยกว่า บรรจุภัณฑ์ชนิดของ MPET12/ CPP25 ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) และมีเพียงระดับความชื้นเริ่มต้นของแยมสับปะรดมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นของแยมสับปะรดของการเก็บรักษาเท่านั้น

ตารางที่ 4.14 ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของไส้แยมสับประรด ภายหลังจากการสอไส้ในบิสกิต บรรจุปี๊บ และบรรจุซอง MPET12/ CPP25 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 สัปดาห์

%ความชื้น แยม สับประรด	%ความชื้น ของบิสกิต	การบรรจุ	%ความชื้นของไส้สับประรดที่ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)							
			1	2	3	4	5	11	12	
11.44	0.64	แบบปี๊บ	13.31 ^a	10.63 ^a	12.67 ^a	10.60 ^a	12.31 ^a	9.65 ^a	8.95 ^a	
		ซอง MPET12/ CPP25	14.39 ^a	11.39 ^a	14.25 ^a	11.15 ^a	9.93 ^a	9.52 ^a	9.49 ^a	
	0.93	แบบปี๊บ	14.04 ^a	11.63 ^a	13.16 ^a	9.87 ^a	11.89 ^a	10.53 ^a	9.55 ^a	
		ซอง MPET12/ CPP25	13.53 ^a	11.41 ^a	11.95 ^a	9.96 ^a	10.39 ^a	9.45 ^a	10.02 ^a	
	1.53	แบบปี๊บ	11.75 ^a	12.07 ^a	13.62 ^a	10.67 ^a	10.94 ^a	11.27 ^a	10.22 ^v	
		ซอง MPET12/ CPP25	13.63 ^a	11.46 ^a	14.60 ^a	9.91 ^a	9.21 ^a	10.05 ^a	9.69 ^a	
14.9	0.64	แบบปี๊บ	14.76 ^{ab}	12.19 ^{ab}	12.42 ^{ab}	11.01 ^{ab}	12.73 ^{ab}	10.65 ^{ab}	11.03 ^{ab}	
		ซอง MPET12/ CPP25	14.33 ^{ab}	11.99 ^{ab}	14.06 ^{ab}	9.49 ^{ab}	9.09 ^{ab}	10.13 ^{ab}	10.39 ^{ab}	
	0.93	แบบปี๊บ	14.25 ^{ab}	12.03 ^{ab}	13.14 ^{ab}	10.47 ^{ab}	12.39 ^{ab}	11.19 ^{ab}	11.47 ^{ab}	
		ซอง MPET12/ CPP25	15.11 ^{ab}	11.99 ^{ab}	13.50 ^{ab}	9.82 ^{ab}	9.63 ^{ab}	15.37 ^{ab}	11.22 ^{ab}	
	1.53	แบบปี๊บ	13.77 ^{ab}	11.77 ^{ab}	12.47 ^{ab}	11.67 ^{ab}	11.8 ^{ab}	12.57 ^{ab}	12.67 ^{ab}	
		ซอง MPET12/ CPP25	13.69 ^{ab}	11.61 ^{ab}	15.25 ^{ab}	9.75 ^{ab}	9.73 ^{ab}	11.63 ^{ab}	11.41 ^{ab}	
17.16	0.64	แบบปี๊บ	14.22 ^b	11.78 ^b	12.88 ^b	10.55 ^b	12.99 ^b	12.52 ^b	11.31 ^b	
		ซอง MPET12/ CPP25	13.66 ^b	11.47 ^b	13.95 ^b	10.13 ^b	10.31 ^b	10.87 ^b	11.68 ^b	
	0.93	แบบปี๊บ	14.26 ^b	12.32	13.98	10.58 ^b	12.27 ^b	12.47 ^b	11.91 ^b	
		ซอง MPET12/ CPP25	14.24 ^b	11.87 ^b	16.77 ^b	9.99 ^b	9.93 ^b	10.63 ^b	11.35 ^b	
	1.53	แบบปี๊บ	13.79 ^b	12.64 ^b	14.25 ^b	9.81 ^b	13.63 ^b	13.27 ^b	11.39 ^b	
		ซอง MPET12/ CPP25	13.83 ^b	11.91 ^b	14.83 ^b	10.81 ^b	12.97 ^b	11.84 ^b	11.54 ^b	

หมายเหตุ: อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 4.15 ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่ลดลงของไส้แอมสับประรด ภายหลังจากสอดไส้ในบิสกิตบรรจุปี๊บและบรรจุซอง MPET12/ CPP25 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 สัปดาห์

%ความชื้นเริ่มต้นของ แอมสับประรด	%ความชื้นเริ่มต้น ของบิสกิต	การบรรจุ	%ความชื้นที่ลดลงของไส้ สับประรด ภายหลังจากเก็บเป็น เวลา 12 สัปดาห์
11.44	0.64	แบบปี๊บ	2.49
		ซอง MPET12/ CPP25	1.95
	0.93	แบบปี๊บ	1.89
		ซอง MPET12/ CPP25	1.42
	1.53	แบบปี๊บ	1.22
		ซอง MPET12/ CPP25	1.75
14.9	0.64	แบบปี๊บ	3.87
		ซอง MPET12/ CPP25	4.51
	0.93	แบบปี๊บ	3.43
		ซอง MPET12/ CPP25	3.68
	1.53	แบบปี๊บ	2.23
		ซอง MPET12/ CPP25	3.49
17.16	0.64	แบบปี๊บ	5.48
		ซอง MPET12/ CPP25	5.48
	0.93	แบบปี๊บ	5.25
		ซอง MPET12/ CPP25	5.81
	1.53	แบบปี๊บ	5.77
		ซอง MPET12/ CPP25	5.62

4.3.6 ค่า a_w ของไส้แอมสับประรดที่สอดไส้บิสกิต

ค่า a_w ของไส้แอมสับประรดที่มีความชื้นเริ่มต้นที่ 11.44% 14.9% และ 17.16% สอดไส้บิสกิตที่มีความชื้นเริ่มต้นที่ 0.64% 0.93% และ 1.53% และนำมาบรรจุปี๊บและบรรจุซองของ MPET12/ CPP25 เก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 สัปดาห์ ผลดังตารางที่ 4.16 พบว่าค่า a_w ของไส้แอมสับประรดมีค่าลดลงประมาณ 0.02-0.05 โดยค่า a_w เริ่มต้นของทุกตัวอย่างไส้แอมสับประรด มีค่าอยู่ระหว่าง 0.43-0.47 และภายหลังจากเก็บเป็นเวลา 12 สัปดาห์ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.03-0.44 ทั้งนี้เนื่องจากการเคลื่อนที่ของไอน้ำจากไส้แอมสับประรดไปยังบิสกิต เช่น ได้กล่าวแล้ว ซึ่งระดับค่า a_w ดังกล่าวยังอยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัยต่อความเสี่ยงต่อการเจริญของจุลินทรีย์ เนื่องจากมีค่าต่ำกว่า 0.6

ตารางที่ 4.16 ค่า a_w ของไส้แยมสับประรด ภายหลังจากการสอดไส้ในบิสกิต บรรจุปี๊บและบรรจุซอง MPET12/ CPP25 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 สัปดาห์

%ความชื้น ของไส้แยม สับประรด	%ความชื้น ของบิสกิต	การบรรจุ	ค่า a_w ของไส้แยมสับประรดที่ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)							
			1	2	3	4	5	11	12	
11.44	0.64	แบบปี๊บ	0.44 ^a	0.44 ^a	0.41 ^a	0.41 ^a	0.40 ^a	0.42 ^a	0.39 ^a	
		ซอง MPET12/ CPP25	0.43 ^a	0.45 ^a	0.41 ^a	0.40 ^a	0.42 ^a	0.41 ^a	0.39 ^a	
	0.93	แบบปี๊บ	0.43 ^a	0.43 ^a	0.41 ^a	0.41 ^a	0.40 ^a	0.42 ^a	0.39 ^a	
		ซอง MPET12/ CPP25	0.43 ^a	0.44 ^a	0.41 ^a	0.43 ^a	0.40 ^a	0.42 ^a	0.40 ^a	
1.53	แบบปี๊บ	0.43 ^a	0.43 ^a	0.42 ^a	0.41 ^a	0.40 ^a	0.42 ^a	0.41 ^a		
	ซอง MPET12/ CPP25	0.44 ^a	0.43 ^a	0.42 ^a	0.41 ^a	0.39 ^a	0.42 ^a	0.40 ^a		
14.9	0.64	แบบปี๊บ	0.46 ^b	0.45 ^b	0.44 ^b	0.42 ^b	0.42 ^b	0.44 ^b	0.42 ^b	
		ซอง MPET12/ CPP25	0.46 ^b	0.45 ^b	0.45 ^b	0.42 ^b	0.42 ^b	0.43 ^b	0.41 ^b	
	0.93	แบบปี๊บ	0.46 ^b	0.44 ^b	0.44 ^b	0.42 ^b	0.43 ^b	0.43 ^b	0.43 ^b	
		ซอง MPET12/ CPP25	0.46 ^b	0.46 ^b	0.45 ^b	0.42 ^b	0.42 ^b	0.43 ^b	0.43 ^b	
	1.53	แบบปี๊บ	0.43 ^b	0.44 ^b	0.43 ^b	0.42 ^b	0.40 ^b	0.43 ^b	0.44 ^b	
		ซอง MPET12/ CPP25	0.45 ^b	0.45 ^b	0.45 ^b	0.42 ^b	0.42 ^b	0.44 ^b	0.43 ^b	
	17.16	0.64	แบบปี๊บ	0.45 ^b	0.45 ^b	0.44 ^b	0.43 ^b	0.42 ^b	0.43 ^b	0.42 ^b
			ซอง MPET12/ CPP25	0.47 ^b	0.46 ^b	0.44 ^b	0.42 ^b	0.42 ^b	0.43 ^b	0.42 ^b
0.93		แบบปี๊บ	0.47 ^b	0.45 ^b	0.45 ^b	0.43 ^b	0.42 ^b	0.44 ^b	0.42 ^b	
		ซอง MPET12/ CPP25	0.46 ^b	0.45 ^b	0.45 ^b	0.43 ^b	0.41 ^b	0.42 ^b	0.41 ^b	
1.53		แบบปี๊บ	0.45 ^b	0.45 ^b	0.46 ^b	0.43 ^b	0.43 ^b	0.43 ^b	0.43 ^b	
		ซอง MPET12/ CPP25	0.46 ^b	0.45 ^b	0.45 ^b	0.42 ^b	0.43 ^b	0.43 ^b	0.43 ^b	

หมายเหตุ: อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

ชนิดของบรรจุภัณฑ์และความชื้นเริ่มต้นของบิสกิตที่ระดับต่างๆ กัน ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า a_w ของแยมสับประรดที่สอดไส้บิสกิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แต่อย่างไรก็ตามความชื้นของแยมสับประรดเริ่มต้นที่ระดับ 10-11% นั้นมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า a_w ของแยมสับประรดแตกต่างจากแยมสับประรดที่ระดับความชื้น 15-16% และ 17-18% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.3.7 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของแอมสับปรดที่สอดใส่บิสกิต

จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของใส่แอมสับปรดสอดใส่บิสกิตที่ระดับความชื้นต่างๆ แบบบรรจุปี๊บ และบรรจุซอง MPET12/ CPP25 จากตารางที่ 4.16 พบว่าจำนวนจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยช่วง สัปดาห์ที่ 1 จนถึงสัปดาห์ที่ 12 และมีจำนวนไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 742-2538 (พ.ศ.2539) ที่กำหนดซึ่งให้มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ไม่เกิน 10^4 โคโลนี/กรัม โดยระดับ ความชื้นของบิสกิต ความชื้นของแอมสับปรดทั้ง 3 ระดับและชนิดของบรรจุภัณฑ์ทั้ง 2 ชนิดนั้น ไม่มีผลต่อปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 12 สัปดาห์ รวมทั้งระยะเวลาใน การเก็บรักษาแต่ละสัปดาห์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 4.17 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของใส่แอมสับปรดภายหลังการสอดใส่ในบิสกิต บรรจุปี๊บ และบรรจุซอง MPET12/ CPP25 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 สัปดาห์

%ความชื้น เริ่มต้นของใส่ แอมสับปรด	%ความชื้น เริ่มต้นของ บิสกิต	การบรรจุ	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด(cfu/g) ของใส่แอมสับปรดที่ระยะเวลา การเก็บ (สัปดาห์)							
			1 ^{ns}	2 ^{ns}	3 ^{ns}	4 ^{ns}	5 ^{ns}	11 ^{ns}	12 ^{ns}	
			11.44	0.64	แบบปี๊บ	0	0	0	0	15
		ซอง MPET12/ CPP25	5	10	0	100	30	0	0	
	0.93	แบบปี๊บ	15	5	0	0	0	15	0	
		ซอง MPET12/ CPP25	5	35	0	0	15	0	0	
	1.53	แบบปี๊บ	20	0	0	0	5	5	10	
		ซอง MPET12/ CPP25	10	55	10	0	15	15	0	
14.9	0.64	แบบปี๊บ	30	40	10	0	5	5	0	
		ซอง MPET12/ CPP25	0	5	0	0	30	0	25	
	0.93	แบบปี๊บ	5	0	0	0	50	0	105	
		ซอง MPET12/ CPP25	5	5	0	0	15	0	0	
	1.53	แบบปี๊บ	0	0	0	0	25	50	5	
		ซอง MPET12/ CPP25	0	180	0	100	10	5	5	
17.16	0.64	แบบปี๊บ	5	10	0	0	0	105	0	
		ซอง MPET12/ CPP25	10	0	0	5	15	0	0	
	0.93	แบบปี๊บ	0	5	0	0	105	5	5	
		ซอง MPET12/ CPP25	5	55	0	5	5	5	0	
	1.53	แบบปี๊บ	15	160	0	0	5	0	0	
		ซอง MPET12/ CPP25	0	0	0	0	25	5	5	

หมายเหตุ: ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ในระหว่างกลุ่ม

4.3.8 จำนวนยีสต์และราของไส้แยมสับประคที่สอดไส้บิสกิต

จำนวนยีสต์และราของไส้แยมสับประคสอดไส้บิสกิตที่ระดับความชื้นต่างๆ เมื่อบรรจุปี๊บและบรรจุของ MPET12/ CPP25 ผลดังแสดงในตารางที่ 4.17 พบว่าจำนวนยีสต์และราลดลงเมื่อเก็บเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ในทุกระดับความชื้นของไส้แยมสับประคและบิสกิต โดยมีจำนวนไม่เกิน 10 โคโลนี/กรัม ซึ่งไม่เกินจากเกณฑ์ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 742-2538 (พ.ศ.2539) ที่กำหนดให้มีจำนวนยีสต์และราไม่เกิน 10 โคโลนี/กรัม นอกจากนี้ชนิดของบรรจุภัณฑ์ทั้งแบบปี๊บและแบบ MPET12/ CPP25 ไม่มีผลต่อการเจริญของยีสต์และราในไส้แยมสับประค

ตารางที่ 4.18 จำนวนยีสต์และราของไส้แยมสับประค ภายหลังจากสอดไส้ในบิสกิต บรรจุปี๊บและบรรจุของ MPET12/ CPP25 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 สัปดาห์

%ความชื้นเริ่มต้นของไส้แยมสับประค	%ความชื้นเริ่มต้นของบิสกิต	การบรรจุ	จำนวนยีสต์และรา (cfu/g) ของไส้แยมสับประคที่ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)							
			1 ^{ns}	2 ^{ns}	3 ^{ns}	4 ^{ns}	5 ^{ns}	11 ^{ns}	12 ^{ns}	
11.44	0.64	แบบปี๊บ	0	50	0	0	0	5	0	
		ของ MPET12/ CPP25	0	0	0	0	0	0	0	
	0.93	แบบปี๊บ	0	0	0	0	0	0	0	
		ของ MPET12/ CPP25	15	0	0	0	0	5	0	
	1.53	แบบปี๊บ	100	0	10	0	10	5	0	
		ของ MPET12/ CPP25	5	25	0	0	5	0	0	
14.9	0.64	แบบปี๊บ	0	10	0	0	0	0	0	
		ของ MPET12/ CPP25	5	0	0	0	0	0	0	
	0.93	แบบปี๊บ	0	0	0	0	0	5	10	
		ของ MPET12/ CPP25	0	0	0	0	15	0	0	
	1.53	แบบปี๊บ	80	5	0	75	0	0	0	
		ของ MPET12/ CPP25	0	15	0	0	55	5	0	
17.16	0.64	แบบปี๊บ	3	0	0	0	0	0	10	
		ของ MPET12/ CPP25	0	25	0	0	0	0	0	
	0.93	แบบปี๊บ	3	0	0	0	0	0	0	
		ของ MPET12/ CPP25	0	0	0	0	100	0	0	
	1.53	แบบปี๊บ	15	5	0	0	0	0	0	
		ของ MPET12/ CPP25	10	5	0	0	0	0	5	

หมายเหตุ: ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ในระหว่างกลุ่ม

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของบิสกิตในระหว่างการเก็บรักษา

บิสกิตที่มีความชื้นเริ่มต้นที่ระดับ 0.5 – 0.8%, 0.9 – 1.2% และ 1.5 – 1.6% และบรรจุแบบเปียและแบบซอง MPET12/ CPP25 ภายหลังจากเก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ ดังนี้

1. ค่าความชื้นของบิสกิตเพิ่มขึ้น ตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น โดยความชื้นเริ่มต้นของบิสกิตที่ระดับ 0.5 – 0.8% มีค่าเพิ่มขึ้นน้อยกว่าบิสกิตที่ระดับความชื้น 0.9 – 1.2% และ 1.5 – 1.6% อีกทั้งบรรจุภัณฑ์ในการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของความชื้น โดยบิสกิตที่มีความชื้นเริ่มต้นทั้ง 3 ระดับนั้น เมื่อเก็บรักษาในซอง MPET12/ CPP25 จะมีค่าความชื้นต่ำกว่าการเก็บรักษาในบีบปิดฝาสนิท เนื่องจากบีบมีอากาศซึมผ่านได้ง่ายบริเวณตะเข็บ กระดาษหน้าเปียและบริเวณฝาเปีย ในขณะที่ซอง MPET12/ CPP25 มีอากาศซึมผ่านในอัตราที่ต่ำและสามารถป้องกันการออกซิไดซ์จากแสงได้ดี

2. ค่า a_w ของบิสกิตเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บเช่นกัน โดยการเก็บในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 2 แบบมีความแตกต่างกัน คือ แบบเปียมีค่า a_w สูงกว่าการบรรจุในซอง MPET12/ CPP25

3. จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของบิสกิต มีจำนวนลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ทั้งแบบบรรจุของ MPET12/ CPP25 และแบบเปีย โดยความชื้นเริ่มต้นของบิสกิตทั้ง 3 ระดับนั้น ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดแตกต่างกัน

4. จำนวนยีสต์และราของบิสกิต มีจำนวนลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ทั้งแบบบรรจุของ MPET12/ CPP25 และแบบเปีย โดยความชื้นเริ่มต้นของบิสกิตทั้ง 3 ระดับนั้น ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงจำนวนยีสต์และราที่แตกต่างกัน

5.1.2 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของแยมสับปะรดในระหว่างการเก็บรักษา

แยมสับปะรดที่มีความชื้นเริ่มต้นที่ระดับ 10-11%, 14-15% และ 17-18% บรรจุแบบเปียและแบบซอง MPET12/ CPP25 ภายหลังจากเก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ ดังนี้

1. ความชื้นของแยมสับปะรดมีค่าลดลง โดยภาชนะบรรจุทั้งแบบซอง MPET12/ CPP25 และแบบเปีย ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นที่แตกต่างกัน และพบว่าระดับความชื้นเริ่มต้นของแยมสับปะรดทั้ง 3 ระดับมีการเปลี่ยนแปลงความชื้นที่แตกต่างกัน คือ ความชื้นของแยมสับปะรดที่ระดับ 10-11% มีความชื้นน้อยที่สุด

2. ค่า a_w ของแอมสับประรดที่ความชื้นทั้ง 3 ระดับ มีความชื้นเริ่มต้นของแอมสับประรดที่ระดับ 10-11% มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า a_w น้อยกว่าแอมสับประรดที่ระดับความชื้น 14-15% และ 17-18% สำหรับชนิดของบรรจุภัณฑ์ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า a_w

3. จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของแอมสับประรดที่ระดับความชื้นเริ่มต้นทั้ง 3 ระดับ มีการเจริญของจุลินทรีย์ไม่เกินมาตรฐานกำหนด และไม่มี ความแตกต่างกันทั้ง 3 ระดับ รวมทั้งการบรรจุ ทั้งแบบปีปและแบบซอง MPET12/ CPP25 มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่แตกต่างกัน

4. จำนวนยีสต์และรา ของแอมสับประรดที่ระดับความชื้นเริ่มต้นทั้ง 3 ระดับนั้นไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงจำนวนยีสต์และราที่แตกต่างกัน หากแต่มีผลร่วมกับระยะเวลาในการเก็บรักษาซึ่งมีระดับการเปลี่ยนแปลงจำนวนยีสต์และราแตกต่างกัน พบว่าระดับความชื้นของแอมสับประรดที่ระดับ 10-11%, 14-15% มีอัตราการเจริญของยีสต์และราน้อยกว่าแอมสับประรดที่ระดับความชื้น 17-18%

5.1.3 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์บิสกิตสอดไส้แอมสับประรด

ผลิตภัณฑ์บิสกิตสอดไส้แอมสับประรดที่มีความชื้นเริ่มต้นของบิสกิตที่ระดับ 0.5 – 0.8%, 0.9 – 1.2% และ 1.5 – 1.6% และความชื้นเริ่มต้นของไส้แอมสับประรดที่ระดับ 10-11%, 14-15% และ 17-18% บรรจุแบบปีปและแบบซอง MPET12/ CPP25 ภายหลังจากเก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบว่ามีการเปลี่ยนคุณภาพ ดังนี้

1. ความชื้นของผลิตภัณฑ์บิสกิตสอดไส้แอมสับประรด มีค่าเพิ่มขึ้นในช่วงสัปดาห์ที่ 1-4 หลังจากนั้น ความชื้นจึงมีการเพิ่มเพียงเล็กน้อย และค่อนข้างคงที่ ในสัปดาห์ที่ 12 ส่วนความชื้นของแอมสับประรดมีค่าลดลง ตามระยะเวลาการเก็บที่นานขึ้น ซึ่งเกิดจากเคลื่อนย้ายความชื้นจากไส้แอมสับประรดที่มีความชื้นสูงกว่ามายังบิสกิตจนกว่าจะเกิดสมดุล โดยระดับความชื้นของแอมสับประรดนั้นมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นมากกว่าระดับความชื้นของบิสกิต คือ แอมสับประรดที่ระดับความชื้น 10-11% มีผลต่อค่าความชื้นน้อยที่สุด และยังส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสของบิสกิตสอดไส้แอมสับประรดน้อยกว่าแอมสับประรดที่ระดับความชื้นสูงกว่า

2. ค่า a_w ของผลิตภัณฑ์บิสกิตสอดไส้แอมสับประรด ทั้งแบบบรรจุของ MPET12/ CPP25 และแบบบรรจุปีป เมื่อเก็บเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ มีค่าไม่แตกต่างกัน โดยค่า a_w ของบิสกิตจะเพิ่มขึ้นจนถึงจุดสมดุลกับค่า a_w ของแอมสับประรด ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0.39-0.42 โดยระดับความชื้นของแอมสับประรดที่ระดับ 10-11% มีค่า a_w น้อยกว่าที่ระดับความชื้น 14-15% และ 17-18%

3. จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์บิสกิตสอดไส้แอมสับประรด ที่บรรจุทั้งแบบซองเมทัลไลซ์ MPET12/ CPP25 และแบบบรรจุปีปนั้นไม่มีผลต่อจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด รวมทั้งระดับความชื้นทั้ง 3 ระดับของบิสกิตและแอมสับประรดนั้นไม่มีผลต่อจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด จึงสามารถเลือกใช้บิสกิตและแอมสับประรดได้ทั้ง 3 ระดับ โดยทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ การยอมรับของผู้บริโภคจากลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เป็นหลัก จากระดับค่า a_w เป็นสถานะที่ไม่เหมาะสมในการเจริญ

เติบโตของจุลินทรีย์ ปริมาณของจุลินทรีย์จึงอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรมขนมปังกรอบ (มอก.742-2538) คือมีจำนวนน้อยกว่า 10^4 โคโลนี/กรัม

4. จำนวนยีสต์และราของผลิตภัณฑ์บิสกิตสอดไส้แยมสับปะรด ในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 2 ชนิด คือ ซองเมทัลไลซ์ MPET12/ CPP25 และปี๊บปิดฝาสนิทไม่มีผลต่อการเจริญของยีสต์และราที่แตกต่างกัน สำหรับระดับความชื้นของแยมสับปะรดทั้ง 3 ระดับนั้นและระดับความชื้นของบิสกิตทั้ง 3 ระดับส่งผลต่อปริมาณยีสต์และรา คือ บิสกิตที่ระดับความชื้น 0.9-1.2%, 1.5-1.6% สอดไส้แยมสับปะรดที่ระดับ 14-15% และ 17-18% มีปริมาณยีสต์และราสูงกว่าผลิตภัณฑ์บิสกิตสอดไส้แยมสับปะรดที่บิสกิตความชื้น 0.5-0.8% และแยมสับปะรดที่ความชื้น 10-11% ซึ่งมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 742-2538 (พ.ศ.2539) คือมีจำนวนน้อยกว่า 10 โคโลนี/กรัม

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาหาความชื้นที่เหมาะสมของบิสกิตและแยมสับปะรดในการผลิตผลิตภัณฑ์บิสกิตสอดไส้แยมสับปะรดนั้น พบว่า

1. ภายหลังจากเก็บรักษาผลิตภัณฑ์บิสกิตสอดไส้แยมสับปะรดจะพบยีสต์และราในส่วนของไส้แยมสับปะรดซึ่งกำหนดให้ไม่เกิน 10 โคโลนี/กรัม ซึ่งพบปริมาณยีสต์มากกว่ารา จึงควรกำหนดปริมาณความชื้นที่เหมาะสมของแยมสับปะรดก่อนการผลิต และควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงชนิดของยีสต์ที่พบเพื่อหาวิธีป้องกันการปนเปื้อนภายหลัง
2. การเปลี่ยนแปลงความชื้นและค่า a_w ของบิสกิตสอดไส้แยมสับปะรดนั้นไม่สามารถบ่งบอกการยอมรับของผู้บริโภคทางด้านเนื้อสัมผัสและรสชาติได้ โดยเป็นตัวบ่งบอกปริมาณโมเลกุลของน้ำในผลิตภัณฑ์ที่ส่งผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ
3. จากการศึกษาไม่มีการควบคุมปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ของสภาวะการเก็บซึ่งอาจส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นและค่า a_w ของผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์
4. สำหรับการเลือกใช้ระดับความชื้นของแยมสับปะรดที่และบิสกิตที่ระดับต่างๆ นั้น ควรคำนึงถึงการยอมรับของผู้บริโภคทางด้านเนื้อสัมผัสและความชื้นของผลิตภัณฑ์ ซึ่งควรมีการศึกษาเพิ่มเติม

บรรณานุกรม

- กิตติพงษ์ ห่วงรัศมี. 2535. **ผักและผลไม้**. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ. 2506. **ผลิตภัณฑ์ที่ทำได้จากสับปะรด**. กรุงเทพฯ.
- งามทิพย์ ภู่วโรดม. 2537. **ก๊าซกับการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหาร**. พิมพ์ครั้งที่1. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- จินตนา แจ่มเมฆ, และคณะ. 2543. **ผลิตภัณฑ์ขนมอบ**. พิมพ์ครั้งที่3. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ไพบุลย์ ธรรมรัตน์วาสิก. 2532. **กรรมวิธีการแปรรูปอาหาร**. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.
- ปิยะนุช คันโร. 2545. “การยืดอายุการเก็บรักษาขนมเปียะโดยการใช้สารลดค่าออกซิเดชันและบรรจุภัณฑ์.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- รัตน์นที พรรณารุโณทัย. 2543. “บทบาทของ Water Activity ต่อผลิตภัณฑ์อาหาร.” **วารสารจารย์พา**. 56 : 57-61.
- รุ่งนภา วิสิษฐุตรการ. 2540. **การประเมินอายุการของอาหาร**. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วนิดา มาศยะ. 2548. “อายุการเก็บรักษาขนมอบกรอบจากข้าวโพดคั่วที่ผ่านการเอ็กซ์ทรูด.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสุขาภิบาลอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- สถาบันอาหาร. 2003, 23 กรกฎาคม. **มาตรฐานแฮม(ผลไม้กวน)และยาลี่**. [online]. อ้างอิงจาก : <http://www.nfi.or.th/filefoodlas/pdf/Codex.stan.79.1981-> มาตรฐานแฮม ผลไม้กวนและยาลี่.
- สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. 2543. **ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 213**. กรุงเทพฯ.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2539. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. ขนมปังกรอบ. มอก. 742.: 2538**. กรุงเทพฯ.
- Baik, M.Y. and P. Chinachoti. 2000. Moisture redistribution and phase transitions during bread staling. **Cereal Chem.** 77(4) : 484-488.
- Beuchat, L.R. 1981. “Microbial stability as affected by water activity.” **Cereal Food World.** 26(7) : 345-349.

- Brockway, B. 1989. **Water and Food Quality**. New York : Elsevier Applied Science. pp.305-324.
- Brody, A.L. 1970. **Flexible packaging**. USA : Butterworth. 103 p.
- Davies, R., G.G. Birch and K.J. Parker. 1976. **Intermediate Moisture Foods**. London : Applied Science.
- Kilcast, D. and Persis S. 2000. **The Stability and Shelf-life of food**. New York : Woodhead Publishing.
- Kodoya, T. 1990. **Food Packaging**. California : Academic Press, Inc.
- Labuza, T.P. 1982. **Shelf Life Dating of Foods**. Westport, Connecticut : Food and Nutrition Press, Inc. 500 p.
- Labuza, T.P. and W.M. Breene. 1989. "Application of Active Packaging for improvement of shelf-life and nutritional quality of fresh and extended shelf life foods." **J.food proc.& Preserv.** 13 : 1-69.
- Labuza, T.P. and C.R. Hyman. 1998. "Moisture migration and control in multi-domain foods." **Trends in Food Sci. & Tech.** 9 : 47-55.
- Larumbe A., H.H.L. Gonzalez, S.L. Resnik and J.Chirfe. 1991. "Moisture migration and mold growth in a composite chocolate product.." **Lebensm. Wiss.U.Technol.** 24.: 307-309.
- Leistner, L. and W. Rodel. 1976. The stability of intermediate moisture foods with respect to micro-organism, p 120-137. In R. Davies, G.G. Birch and K.J. Parker (eds.). **Intermediate Moisture Foods**. London : Applied Science.
- Manley, D. 1991. **Technology of Biscuit, crackers and Cookies**. 2nd ed. London : Ellis Horwood.
- Marston, P.E. 1983. "Moisture content and migration in bread incorporating dried fruit." **Food Tech.** 35 : 463-465.
- Matz, S.A. 1984. **Snack Food Technology**. Westport. Connecticut : The AVI Publishing.
- Piazza, J. and P. Masi. 1995. "Moisture redistribution throughout the bread loaf during staling and its effects on mechanical properties." **Cereal Chem.** 72(3) : 320-325.
- Robertson, G.L. 1993. **Food Packaging : Principle and Practice**. New York. Marcel Dekker.
- Sacharow, S. and Griffin, R.C. 1980. **Principles of Food Packing**. Westport, Connecticut : The AVI Publishing.

- Szczesniak, A.S. 1998. "Effect of storage on texture." **Food Storage Stability**. USA: CRC Press LLC
- Watters, G.G. and J.E. Brekke. 1961. "Stabilized raisins for dry cereal products." **Food Tech.** 15 : 236-238.
- Williams, J.C. 1976. "Chemical and non-exzymic changes in intermediate moisture food." In : R. Davies, G.G. Birch and K.J. Parker (eds.) , **Intermidiate Moisture Foods**. London : Applied Science. 306 p.

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ

1. วิธีวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ ด้วยเครื่องวัดวอเตอร์แอกติวิตี้

(Thermoconstanter Novasina, RS 232)

1.1 ปรับเครื่องให้อยู่ในสภาพใช้งาน โดยนำคลัสเตอร์ละลายอิมิตัวมาตรฐานที่ทราบค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ที่แน่นอน (เท่ากับ 0.11 และ 0.90) มาวางใส่ในช่องวางตัวอย่างของเครื่องวัดวอเตอร์แอกติวิตี้ (Novasina Thermoconstanter) รอจนเกิดสภาวะสมดุล โดยค่าอ่านได้จากเครื่องไม่มีการเปลี่ยนแปลง ทำการปรับเครื่องวัดวอเตอร์แอกติวิตี้จนค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ที่อ่านได้จากเครื่องเท่ากับค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ของสารละลายอิมิตัวของเกลือมาตรฐาน

1.2 หมุนปุ่มสี่เหลี่ยมของเครื่อง Thermoconstanter ในตำแหน่งที่ 1

1.3 นำตัวอย่างที่บดแล้วบรรจุใส่ตัวอย่างประมาณ 2 ใน 3 ของความสูงของถาดใส่ตัวอย่าง

1.4 วางถาดที่ใส่ตัวอย่างลงในช่องใส่ตัวอย่างในเครื่องวัดวอเตอร์แอกติวิตี้ ทำการวัดเป็นเวลาประมาณ 20-30 นาที จนเกิดสภาวะสมดุลที่อุณหภูมิที่กำหนดไว้คือ 25 องศาเซลเซียส แล้วอ่านค่าจากเครื่องซึ่งเป็นค่าปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ (%RH) นำไปคำนวณหาค่าวอเตอร์แอกติวิตี้จากสูตร

$$\text{ค่าวอเตอร์แอกติวิตี้} = \frac{\text{ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ (\%RH)}}{100}$$

2. วิธีการตรวจวัดความชื้นของบิสกิต (AOAC Method 925.10, 1995)

2.1 เตรียมจานวัดความชื้นพร้อมฝา อบแห้งที่อุณหภูมิ 98-100 องศาเซลเซียส 5 ชั่วโมง ลดอุณหภูมิโดยใส่ในโถดูดความชื้นและชั่งน้ำหนักจานเปล่าพร้อมฝา บันทึกน้ำหนักจานพร้อมฝา

2.2 ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 5 กรัมพร้อมจานและฝา อบแห้งที่อุณหภูมิ 130 ± 3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง พร้อมทั้งเปิดฝาขณะอบแห้ง

2.3 ปิดฝาขณะร้อนและลดอุณหภูมิโดยใส่ในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักตัวอย่างพร้อมจานและฝา

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบพร้อมจานและฝา} - \text{น้ำหนักจานเปล่าพร้อมฝา}}{100} \times \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบพร้อมจานและฝา}$$

a. วิธีการตรวจวัดความชื้นของแฮมลับประด (AOAC Method 934.06, 1995)

3.1 เตรียมจานวัดความชื้นพร้อมฝา อบแห้งที่อุณหภูมิ 98-100 องศาเซลเซียส 5 ชั่วโมง ลดอุณหภูมิโดยใส่ในโถดูดความชื้นและชั่งน้ำหนักจานเปล่าพร้อมฝา บันทึกน้ำหนักจานพร้อมฝา

3.2 ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 5 กรัมพร้อมจานและฝา อบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง พร้อมทั้งเปิดฝาขณะอบแห้ง

3.3 ปิดฝาขณะร้อนและลดอุณหภูมิโดยใส่ในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักตัวอย่างพร้อมจานและฝา

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบพร้อมจานและฝา} - \text{น้ำหนักจานเปล่าพร้อมฝา}}{x100} \times \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบพร้อมจานและฝา}$$

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางจุลินทรีย์

1. การตรวจหาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count) (AOAC, 1995)

1.1 ชั่งตัวอย่างจำนวน 25 กรัม โดยวิธีปราศจากเชื้อ (aseptic technique) แล้วเติมสารละลาย normal saline หรือ Butterfield's phosphate buffer ลงไป 225 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน โดยใช้ stomacher โดยจะได้สารละลายตัวอย่างอาหารที่มีความเจือจาง 1:10 จากนั้นทำให้เจือจางลงครั้งละ 10 เท่า โดยใช้ normal saline หรือ Butterfield's phosphate buffer จนได้ความเจือจางที่เหมาะสม

1.2 บีบเปิดสารละลายตัวอย่างที่มีความเจือจางต่างๆ กันปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในจานเพาะเชื้อโดยทำความเจือจางละ 2 จาน

1.3 เทอาหารเลี้ยงเชื้อ plate count agar ที่หลอมละลายและมีอุณหภูมิประมาณ 45 องศาเซลเซียส ลงในจานเพาะเชื้อจานละประมาณ 15 มิลลิลิตร เขย่าให้ผสมกัน ตั้งทิ้งไว้ให้อาหารเลี้ยงเชื้อแข็งตัว กลับจานเพาะเชื้อ แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง

1.4 การอ่านผล คัดเลือกจานเพาะเชื้อ ซึ่งจำนวนโคโลนีอยู่ระหว่าง 25-250 โคโลนี มานับจำนวนโคโลนี แล้วบันทึกผล

1.5 หาค่าเฉลี่ยของโคโลนีที่นับได้ แล้วคูณด้วยค่า dilution factor ของความเจือจางที่นับจำนวนได้ คำนวณเป็นจำนวนโคโลนี (colony forming unit หรือ CFU) ที่พบในตัวอย่าง 1 กรัม

2. การตรวจหาปริมาณยีสต์และรา (Yeast and Mold) (AOAC, 1995)

2.1 ชั่งตัวอย่างจำนวน 25 กรัม โดยวิธีปราศจากเชื้อ (aseptic technique) แล้วเติมสารละลาย normal saline หรือ Butterfield's phosphate buffer ลงไป 225 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน โดยใช้ stomacher นาน 2 นาที โดยจะได้สารละลายตัวอย่างอาหารที่มีความเจือจาง 1:10 จากนั้นทำให้เจือจางลงครั้งละ 10 เท่า โดยใช้ normal saline หรือ Butterfield's phosphate buffer จนได้ความเจือจางที่เหมาะสม

2.2 บีบเปิดสารละลายตัวอย่างที่มีความเจือจางต่างๆ กันปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในจานเพาะเชื้อโดยทำความเจือจางละ 2 จาน

2.3 เทอาหารเลี้ยงเชื้อ potato dextrose agar ที่ผสม tartaric acid หลอมละลายและมีอุณหภูมิประมาณ 45 องศาเซลเซียส ลงในจานเพาะเชื้อจานละประมาณ 20-25 มิลลิลิตร เขย่าเบาๆ เพื่อให้ตัวอย่างและอาหารเลี้ยงเชื้อผสมกัน ระวังอย่าให้อาหารเลี้ยงเชื้อเปรอะเปื้อนที่ฝาหรือด้านข้างของจานเพาะเชื้อ

2.4 ตั้งทิ้งไว้ให้อาหารเลี้ยงเชื้อแข็งตัว นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 22-25 องศาเซลเซียส นาน 5 วัน โดยไม่ต้องกลับงานเพาะเชื้อ

2.5 คัดเลือกงานเพาะเชื้อที่มีจำนวนโคโลนีของยีสต์และรา อยู่ระหว่าง 10-150 โคโลนี ฆานับจำนวน และหาค่าเฉลี่ยของจำนวนโคโลนีที่เกิดขึ้น แล้วคำนวณเป็นจำนวนของยีสต์และรา ในตัวอย่าง 1 กรัม

ภาคผนวก ก
ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

	Value Label	N
PACKAGE	1.00 tin box	21
	2.00 MPET/ CPP	21
MCPINE	1.00 11.44%	14
	2.00 14.9%	14
	3.00 17.16%	14
TIME	1.00	6
	2.00	6
	3.00	6
	4.00	6
	5.00	6
	6.00	6
	7.00	6

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: TPCBIS

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	216290.381	1	216290.381	60.789	.000
	Error	21348.286	6	3558.048 ^a		
PACKAGE	Hypothesis	21851.524	1	21851.524	2.143	.194
	Error	61167.143	6	10194.524 ^b		
MCPINE	Hypothesis	17927.190	2	8963.595	1.124	.357
	Error	95710.143	12	7975.845 ^c		
PACKAGE(TIME)	Hypothesis	61167.143	6	10194.524	1.308	.325
	Error	93550.714	12	7795.893 ^d		
TIME	Hypothesis	21348.286	6	3558.048	.343	.883
	Error	40329.155	3.887	10374.476 ^e		
MCPINE * TIME	Hypothesis	95710.143	12	7975.845	1.023	.485
	Error	93550.714	12	7795.893 ^d		
PACKAGE * MCPINE	Hypothesis	10126.619	2	5063.310	.649	.540
	Error	93550.714	12	7795.893 ^d		
PACKAGE(MCPINE(TIME))	Hypothesis	93550.714	12	7795.893		
	Error	.000	0	^f		

a. MS(TIME)

b. MS(PACKAGE(TIME))

c. MS(MCPINE * TIME)

d. MS(PACKAGE(MCPINE(TIME)))

e. MS(PACKAGE(TIME)) + MS(MCPINE * TIME) -

f. MS(Error)

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

	Value Label	N
PACKAGE	1.00 tin box	21
	2.00 MPET/ CPP	21
MCPINE	1.00 11.44%	14
	2.00 14.9%	14
	3.00 17.16%	14
TIME	1.00	6
	2.00	6
	3.00	6
	4.00	6
	5.00	6
	6.00	6
	7.00	6

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: TPCBIS

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	781735.714	1	781735.714	6.029	.049
	Error	778019.619	6	129669.937 ^a		
PACKAGE	Hypothesis	2752.381	1	2752.381	.032	.864
	Error	514939.619	6	85823.270 ^b		
MCPINE	Hypothesis	66178.714	2	33089.357	.525	.605
	Error	756266.952	12	63022.246 ^c		
PACKAGE(TIME)	Hypothesis	514939.619	6	85823.270	2.163	.120
	Error	476222.667	12	39685.222 ^d		
TIME	Hypothesis	778019.619	6	129669.937	1.188	.408
	Error	769751.383	7.052	109160.294 ^e		
MCPINE * TIME	Hypothesis	756266.952	12	63022.246	1.588	.217
	Error	476222.667	12	39685.222 ^d		
PACKAGE * MCPINE	Hypothesis	141546.333	2	70773.167	1.783	.210
	Error	476222.667	12	39685.222 ^d		
MCPINE(PACKAGE(TIME))	Hypothesis	476222.667	12	39685.222		
	Error	.000	0	f		

a. MS(TIME)

b. MS(PACKAGE(TIME))

c. MS(MCPINE * TIME)

d. MS(MCPINE(PACKAGE(TIME)))

e. MS(PACKAGE(TIME)) + MS(MCPINE * TIME) - MS(MCPINE(PACKAGE(TIME)))

f. MS(Error)

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

		Value Label	N
PACKAGE	1.00	tin box	21
	2.00	MPET/ CPP	21
MCPINE	1.00	11.44%	14
	2.00	14.9%	14
	3.00	17.16%	14
TIME	1.00		6
	2.00		6
	3.00		6
	4.00		6
	5.00		6
	6.00		6
	7.00		6

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: TPCBIS

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	188538.000	1	188538.000	32.537	.001
	Error	34767.333	6	5794.556 ^a		
PACKAGE	Hypothesis	13680.095	1	13680.095	1.250	.306
	Error	65671.905	6	10945.317 ^b		
MCPINE	Hypothesis	17251.000	2	8625.500	1.367	.292
	Error	75719.667	12	6309.972 ^c		
PACKAGE(TIME)	Hypothesis	65671.905	6	10945.317	1.668	.212
	Error	78760.238	12	6563.353 ^d		
TIME	Hypothesis	34767.333	6	5794.556	.542	.761
	Error	45480.964	4.254	10691.937 ^e		
MCPINE * TIME	Hypothesis	75719.667	12	6309.972	.961	.527
	Error	78760.238	12	6563.353 ^d		
PACKAGE * MCPINE	Hypothesis	15583.762	2	7791.881	1.187	.338
	Error	78760.238	12	6563.353 ^d		
MCPINE(PACKAGE(TIME))	Hypothesis	78760.238	12	6563.353	.	.
	Error	.000	0	f		

a. MS(TIME)

b. MS(PACKAGE(TIME))

c. MS(MCPINE * TIME)

d. MS(MCPINE(PACKAGE(TIME)))

e. MS(PACKAGE(TIME)) + MS(MCPINE * TIME) - MS(MCPINE(PACKAGE(TIME)))

f. MS(Error)

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

	Value Label	N
PACKAGE	1.00 tin box	21
	2.00 MPET/ CPP	21
MCBIS	1.00 0.64%	14
	2.00 0.93%	14
	3.00 1.53%	14
TIME	1.00	6
	2.00	6
	3.00	6
	4.00	6
	5.00	6
	6.00	6
	7.00	6

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: TPCBIS

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	313908.595	1	313908.595	14.629	.009
	Error	128744.905	6	21457.484 ^a		
PACKAGE	Hypothesis	942.881	1	942.881	.123	.738
	Error	45987.286	6	7664.548 ^b		
MCBIS	Hypothesis	967.190	2	483.595	.041	.960
	Error	142209.810	12	11850.817 ^c		
PACKAGE(TIME)	Hypothesis	45987.286	6	7664.548	.775	.605
	Error	118688.857	12	9890.738 ^d		
TIME	Hypothesis	128744.905	6	21457.484	2.229	.266
	Error	30073.009	3.125	9624.627 ^e		
MCBIS * TIME	Hypothesis	142209.810	12	11850.817	1.198	.380
	Error	118688.857	12	9890.738 ^d		
PACKAGE * MCBIS	Hypothesis	38761.476	2	19380.738	1.959	.183
	Error	118688.857	12	9890.738 ^d		
MCBIS(PACKAGE(TIME))	Hypothesis	118688.857	12	9890.738	.	.
	Error	.000	0	f		

a. MS(TIME)

b. MS(PACKAGE(TIME))

c. MS(MCBIS * TIME)

d. MS(MCBIS(PACKAGE(TIME)))

e. MS(PACKAGE(TIME)) + MS(MCBIS * TIME) - MS(MCBIS(PACKAGE(TIME)))

f. MS(Error)

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

		Value Label	N
PACKAGE	1.00	tin box	21
	2.00	MPET/ CPP	21
MCBIS	1.00	0.64%	14
	2.00	0.93%	14
	3.00	1.53%	14
TIME	1.00		6
	2.00		6
	3.00		6
	4.00		6
	5.00		6
	6.00		6
	7.00		6

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: TPCBIS

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	418201.929	1	418201.929	12.756	.012
	Error	196708.571	6	32784.762 ^a		
PACKAGE	Hypothesis	10028.595	1	10028.595	.492	.509
	Error	122238.571	6	20373.095 ^b		
MCBIS	Hypothesis	55544.571	2	27772.286	1.105	.363
	Error	301551.429	12	25129.286 ^c		
PACKAGE(TIME)	Hypothesis	122238.571	6	20373.095	.772	.606
	Error	316632.857	12	26386.071 ^d		
TIME	Hypothesis	196708.571	6	32784.762	1.715	.411
	Error	38848.640	2.032	19116.310 ^e		
MCBIS * TIME	Hypothesis	301551.429	12	25129.286	.952	.533
	Error	316632.857	12	26386.071 ^d		
PACKAGE * MCBIS	Hypothesis	10106.476	2	5053.238	.192	.828
	Error	316632.857	12	26386.071 ^d		
MCBIS(PACKAGE(TIME))	Hypothesis	316632.857	12	26386.071	.	.
	Error	.000	0	. ^f		

a. MS(TIME)

b. MS(PACKAGE(TIME))

c. MS(MCBIS * TIME)

d. MS(MCBIS(PACKAGE(TIME)))

e. MS(PACKAGE(TIME)) + MS(MCBIS * TIME) - MS(MCBIS(PACKAGE(TIME)))

f. MS(Error)

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

	Value Label	N
PACKAGE	1.00 tin box	21
	2.00 MPET/ CPP	21
MCBIS	1.00 0.64%	14
	2.00 0.93%	14
	3.00 1.53%	14
TIME	1.00	6
	2.00	6
	3.00	6
	4.00	6
	5.00	6
	6.00	6
	7.00	6

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: TPCBIS

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	510622.881	1	510622.881	8.695	.026
	Error	352363.952	6	58727.325 ^a		
PACKAGE	Hypothesis	34228.595	1	34228.595	.825	.399
	Error	249034.905	6	41505.817 ^b		
MCBIS	Hypothesis	42824.333	2	21412.167	.476	.633
	Error	540019.333	12	45001.611 ^c		
PACKAGE(TIME)	Hypothesis	249034.905	6	41505.817	2.405	.092
	Error	207069.810	12	17255.817 ^d		
TIME	Hypothesis	352363.952	6	58727.325	.848	.562
	Error	690903.638	9.977	69251.611 ^e		
MCBIS * TIME	Hypothesis	540019.333	12	45001.611	2.608	.055
	Error	207069.810	12	17255.817 ^d		
PACKAGE * MCBIS	Hypothesis	74047.190	2	37023.595	2.146	.160
	Error	207069.810	12	17255.817 ^d		
MCBIS(PACKAGE(TIME))	Hypothesis	207069.810	12	17255.817	.	.
	Error	.000	0	. ^f		

a. MS(TIME)

b. MS(PACKAGE(TIME))

c. MS(MCBIS * TIME)

d. MS(MCBIS(PACKAGE(TIME)))

e. MS(PACKAGE(TIME)) + MS(MCBIS * TIME) - MS(MCBIS(PACKAGE(TIME)))

f. MS(Error)

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

		Value Label	N
PACKAGE	1.00	tin box	21
	2.00	MPET/CPP	21
MCBIS	1.00	0.64%	14
	2.00	0.93%	14
	3.00	1.53%	14
TIME	1.00		6
	2.00		6
	3.00		6
	4.00		6
	5.00		6
	6.00		6
	7.00		6

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: TPCBIS

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	7202.381	1	7202.381	15.872	.007
	Error	2722.619	6	453.770 ^a		
TIME	Hypothesis	2722.619	6	453.770	2.789	.570
	Error	82.966	.510	162.698 ^b		
PACKAGE	Hypothesis	342.857	1	342.857	1.584	.255
	Error	1298.810	6	216.468 ^c		
PACKAGE(TIME)	Hypothesis	1298.810	6	216.468	.400	.865
	Error	6486.905	12	540.575 ^d		
MCBIS	Hypothesis	58.333	2	29.167	.060	.942
	Error	5841.667	12	486.806 ^e		
MCBIS * TIME	Hypothesis	5841.667	12	486.806	.901	.571
	Error	6486.905	12	540.575 ^d		
PACKAGE * MCBIS	Hypothesis	46.429	2	23.214	.043	.958
	Error	6486.905	12	540.575 ^d		
MCBIS(PACKAGE(TIME))	Hypothesis	6486.905	12	540.575	.	.
	Error	.000	0	f		

a. MS(TIME)

b. $MS(PACKAGE(TIME)) + MS(MCBIS * TIME) - 1.000 MS(MCBIS(PACKAGE(TIME)))$

c. MS(PACKAGE(TIME))

d. MS(MCBIS(PACKAGE(TIME)))

e. MS(MCBIS * TIME)

f. MS(Error)

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

	Value Label	N	
PACKAGE	1.00	tin box	21
	2.00	MPET/ CPP	21
MCPINE	1.00	11.44%	14
	2.00	14.90%	14
	3.00	17.16%	14
TIME	1.00		6
	2.00		6
	3.00		6
	4.00		6
	5.00		6
	6.00		6
	7.00		6

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: TPCBIS

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	9905.357	1	9905.357	3.043	.132
	Error	19532.143	6	3255.357 ^a		
TIME	Hypothesis	19532.143	6	3255.357	3.827	.245
	Error	1513.382	1.779	850.595 ^b		
PACKAGE	Hypothesis	1933.929	1	1933.929	1.954	.212
	Error	5936.905	6	989.484 ^c		
PACKAGE(TIME)	Hypothesis	5936.905	6	989.484	.775	.604
	Error	15313.095	12	1276.091 ^d		
MCPINE	Hypothesis	128.571	2	64.286	.057	.945
	Error	13646.429	12	1137.202 ^e		
MCPINE * TIME	Hypothesis	13646.429	12	1137.202	.891	.577
	Error	15313.095	12	1276.091 ^d		
PACKAGE * MCPINE	Hypothesis	528.571	2	264.286	.207	.816
	Error	15313.095	12	1276.091 ^d		
MCPINE(PACKAGE(TIME))	Hypothesis	15313.095	12	1276.091	.	.
	Error	.000	0	. ^f		

a. MS(TIME)

b. $MS(PACKAGE(TIME)) + MS(MCPINE * TIME) - 1.000 MS(MCPINE(PACKAGE(TIME)))$

c. MS(PACKAGE(TIME))

d. MS(MCPINE(PACKAGE(TIME)))

e. MS(MCPINE * TIME)

f. MS(Error)

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

	Value Label	N
PACKAGE	1.00 tin box	21
	2.00 MPET/CPP	21
MCBIS	1.00 0.64%	14
	2.00 0.93%	14
	3.00 1.53%	14
TIME	1.00	6
	2.00	6
	3.00	6
	4.00	6
	5.00	6
	6.00	6
	7.00	6

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: TPCPINE

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis 4402.381	1	4402.381	18.459	.005
	Error 1430.952	6	238.492 ^a		
PACKAGE	Hypothesis 771.429	1	771.429	1.563	.258
	Error 2961.905	6	493.651 ^b		
MCBIS	Hypothesis 394.048	2	197.024	.591	.569
	Error 3997.619	12	333.135 ^c		
PACKAGE(TIME)	Hypothesis 2961.905	6	493.651	1.414	.286
	Error 4188.095	12	349.008 ^d		
TIME	Hypothesis 1430.952	6	238.492	.499	.786
	Error 1817.295	3.804	477.778 ^e		
MCBIS * TIME	Hypothesis 3997.619	12	333.135	.955	.531
	Error 4188.095	12	349.008 ^d		
PACKAGE * MCBIS	Hypothesis 203.571	2	101.786	.292	.752
	Error 4188.095	12	349.008 ^d		
MCBIS(PACKAGE(TIME	Hypothesis 4188.095	12	349.008	.	.
	Error .000	0	. ^f		

a. MS(TIME)

b. MS(PACKAGE(TIME))

c. MS(MCBIS * TIME)

d. MS(MCBIS(PACKAGE(TIME)))

e. MS(PACKAGE(TIME)) + MS(MCBIS * TIME) - MS(MCBIS(PACKAGE(TIME)))

f. MS(Error)

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

		Value Label	N
PACKAGE	1.00	tin box	21
	2.00	MPET/ CPP	21
MCBIS	1.00	0.64%	14
	2.00	0.93%	14
	3.00	1.53%	14
TIME	1.00		6
	2.00		6
	3.00		6
	4.00		6
	5.00		6
	6.00		6
	7.00		6

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: TPCPINE

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	12172.024	1	12172.024	13.281	.011
	Error	5498.810	6	916.468 ^a		
PACKAGE	Hypothesis	72.024	1	72.024	.061	.813
	Error	7098.810	6	1183.135 ^b		
MCBIS	Hypothesis	2194.048	2	1097.024	.965	.409
	Error	13647.619	12	1137.302 ^c		
PACKAGE(TIME)	Hypothesis	7098.810	6	1183.135	.776	.604
	Error	18290.476	12	1524.206 ^d		
TIME	Hypothesis	5498.810	6	916.468	1.151	.592
	Error	944.091	1.186	796.230 ^e		
MCBIS * TIME	Hypothesis	13647.619	12	1137.302	.746	.690
	Error	18290.476	12	1524.206 ^d		
PACKAGE * MCBIS	Hypothesis	4751.190	2	2375.595	1.559	.250
	Error	18290.476	12	1524.206 ^d		
MCBIS(PACKAGE(TIME))	Hypothesis	18290.476	12	1524.206	.	.
	Error	.000	0	. ^f		

a. MS(TIME)

b. MS(PACKAGE(TIME))

c. MS(MCBIS * TIME)

d. MS(MCBIS(PACKAGE(TIME)))

e. MS(PACKAGE(TIME)) + MS(MCBIS * TIME) - MS(MCBIS(PACKAGE(TIME)))

f. MS(Error)

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

		Value Label	N
PACKAGE	1.00	tin box	21
	2.00	MPET/ CPP	21
MCBIS	1.00	0.64%	14
	2.00	0.93%	14
	3.00	1.53%	14
TIME	1.00		6
	2.00		6
	3.00		6
	4.00		6
	5.00		6
	6.00		6
	7.00		6

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: TPCPINE

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	3828.595	1	3828.595	6.288	.046
	Error	3653.238	6	608.873 ^a		
PACKAGE	Hypothesis	348.595	1	348.595	.911	.377
	Error	2296.571	6	382.762 ^b		
MCBIS	Hypothesis	718.619	2	359.310	.704	.514
	Error	6125.048	12	510.421 ^c		
PACKAGE(TIME)	Hypothesis	2296.571	6	382.762	.494	.801
	Error	9291.714	12	774.310 ^d		
TIME	Hypothesis	3653.238	6	608.873	5.122	.751
	Error	17.481	.147	118.873 ^e		
MCBIS * TIME	Hypothesis	6125.048	12	510.421	.659	.759
	Error	9291.714	12	774.310 ^d		
PACKAGE * MCBIS	Hypothesis	388.619	2	194.310	.251	.782
	Error	9291.714	12	774.310 ^d		
MCBIS(PACKAGE(TIME	Hypothesis	9291.714	12	774.310	.	.
	Error	.000	0	. ^f		

a. MS(TIME)

b. MS(PACKAGE(TIME))

c. MS(MCBIS * TIME)

d. MS(MCBIS(PACKAGE(TIME)))

e. MS(PACKAGE(TIME)) + MS(MCBIS * TIME) - MS(MCBIS(PACKAGE(TIME)))

f. MS(Error)

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

	Value Label	N
PACKAGE	1.00 tin box	21
	2.00 MPET/ CPP	21
MCPINE	1.00 11.44%	14
	2.00 14.9%%	14
	3.00 17.16%	14
TIME	1.00	6
	2.00	6
	3.00	6
	4.00	6
	5.00	6
	6.00	6
	7.00	6

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: TPCPINE

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	5833.929	1	5833.929	16.976	.006
	Error	2061.905	6	343.651 ^a		
PACKAGE	Hypothesis	14.881	1	14.881	.015	.906
	Error	5947.619	6	991.270 ^b		
MCPINE	Hypothesis	96.429	2	48.214	.085	.919
	Error	6795.238	12	566.270 ^c		
PACKAGE(TIME)	Hypothesis	5947.619	6	991.270	2.033	.139
	Error	5852.381	12	487.698 ^d		
TIME	Hypothesis	2061.905	6	343.651	.321	.902
	Error	5822.294	5.442	1069.841 ^e		
MCPINE * TIME	Hypothesis	6795.238	12	566.270	1.161	.400
	Error	5852.381	12	487.698 ^d		
PACKAGE * MCPINE	Hypothesis	1272.619	2	636.310	1.305	.307
	Error	5852.381	12	487.698 ^d		
MCPINE(PACKAGE(TIME))	Hypothesis	5852.381	12	487.698	.	.
	Error	.000	0	f		

a. MS(TIME)

b. MS(PACKAGE(TIME))

c. MS(MCPINE * TIME)

d. MS(MCPINE(PACKAGE(TIME)))

e. MS(PACKAGE(TIME)) + MS(MCPINE * TIME) - MS(MCPINE(PACKAGE(TIME)))

f. MS(Error)

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

	Value Label	N
PACKAGE	1.00 tin box	21
	2.00 MPET/PPP	21
MCPINE	1.00 11.44%	14
	2.00 14.9%%	14
	3.00 17.16%	14
TIME	1.00	6
	2.00	6
	3.00	6
	4.00	6
	5.00	6
	6.00	6
	7.00	6

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: TPCPINE

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	5259.524	1	5259.524	6.409	.045
	Error	4923.810	6	820.635 ^a		
PACKAGE	Hypothesis	609.524	1	609.524	.723	.428
	Error	5057.143	6	842.857 ^b		
MCPINE	Hypothesis	479.762	2	239.881	.465	.639
	Error	6186.905	12	515.575 ^c		
PACKAGE(TIME)	Hypothesis	5057.143	6	842.857	1.528	.250
	Error	6617.857	12	551.488 ^d		
TIME	Hypothesis	4923.810	6	820.635	1.017	.519
	Error	3167.308	3.925	806.944 ^e		
MCPINE * TIME	Hypothesis	6186.905	12	515.575	.935	.545
	Error	6617.857	12	551.488 ^d		
PACKAGE * MCPINE	Hypothesis	865.476	2	432.738	.785	.478
	Error	6617.857	12	551.488 ^d		
MCPINE(PACKAGE(TIME))	Hypothesis	6617.857	12	551.488	.	.
	Error	.000	0	f		

a. MS(TIME)

b. MS(PACKAGE(TIME))

c. MS(MCPINE * TIME)

d. MS(MCPINE(PACKAGE(TIME)))

e. MS(PACKAGE(TIME)) + MS(MCPINE * TIME) - MS(MCPINE(PACKAGE(TIME)))

f. MS(Error)

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

	Value Label	N
PACKAGE	1.00 tin box	21
	2.00 MPET/ CPP	21
MCPINE	1.00 11.44%	14
	2.00 14.9%%	14
	3.00 17.16%	14
TIME	1.00	6
	2.00	6
	3.00	6
	4.00	6
	5.00	6
	6.00	6
	7.00	6

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: TPCPINE

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	13038.095	1	13038.095	4.214	.086
	Error	18561.905	6	3093.651 ^a		
PACKAGE	Hypothesis	609.524	1	609.524	1.459	.273
	Error	2507.143	6	417.857 ^b		
MCPINE	Hypothesis	2429.762	2	1214.881	2.145	.160
	Error	6795.238	12	566.270 ^c		
TIME(MCPINE)	Hypothesis	6795.238	12	566.270	.220	.993
	Error	30835.714	12	2569.643 ^d		
TIME	Hypothesis	18561.905	6	.	.	.
	Error	.	^e	.		
PACKAGE * MCPINE	Hypothesis	5072.619	2	2536.310	.987	.401
	Error	30835.714	12	2569.643 ^d		
PACKAGE * TIME	Hypothesis	2507.143	6	417.857	.163	.982
	Error	30835.714	12	2569.643 ^d		
PACKAGE(MCPINE(TIME))	Hypothesis	30835.714	12	2569.643	.	.
	Error	.000	0	^f		

a. MS(TIME)

b. MS(PACKAGE * TIME)

c. MS(TIME(MCPINE))

d. MS(PACKAGE(MCPINE(TIME)))

e. Cannot compute the error degrees of freedom using Satterthwaite's method.

f. MS(Error)

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

		Value Label	N
PACKAGE	1.00	tin box	21
	2.00	MPET/ CPP	21
MCPINE	1.00	11.44%	14
	2.00	14.9%%	14
	3.00	17.16%	14
TIME	1.00		6
	2.00		6
	3.00		6
	4.00		6
	5.00		6
	6.00		6
	7.00		6

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: TPCPINE

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	13038.095	1	13038.095	4.214	.086
	Error	18561.905	6	3093.651 ^a		
PACKAGE	Hypothesis	609.524	1	609.524	1.459	.273
	Error	2507.143	6	417.857 ^b		
MCPINE	Hypothesis	2429.762	2	1214.881	.775	.472
	Error	37630.952	24	1567.956 ^c		
TIME	Hypothesis	18561.905	6	3093.651	7.404	.014
	Error	2507.143	6	417.857 ^b		
PACKAGE	Hypothesis	5072.619	2	2536.310	1.618	.219
* MCPINE	Error	37630.952	24	1567.956 ^c		
PACKAGE	Hypothesis	2507.143	6	417.857	.266	.947
* TIME	Error	37630.952	24	1567.956 ^c		

a. MS(TIME)

b. MS(PACKAGE * TIME)

c. MS(Error)

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

	Value Label	N
PACKAGE	1.00 tin box	21
	2.00 MPET/ CPP	21
MCPINE	1.00 11.44%	14
	2.00 14.9%	14
	3.00 17.16%	14
TIME	1.00	6
	2.00	6
	3.00	6
	4.00	6
	5.00	6
	6.00	6
	7.00	6

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: YMPINE

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	
Intercept	Hypothesis	277.714	1	277.714	1.739	.235
	Error	957.952	6	159.659 ^a		
PACKAGE	Hypothesis	54.857	1	54.857	1.927	.214
	Error	170.810	6	28.468 ^b		
MCPINE	Hypothesis	57.571	2	28.786	.408	.669
	Error	1691.810	24	70.492 ^c		
TIME	Hypothesis	957.952	6	159.659	5.608	.027
	Error	170.810	6	28.468 ^b		
PACKAGE * MCPINE	Hypothesis	173.286	2	86.643	1.229	.310
	Error	1691.810	24	70.492 ^c		
PACKAGE * TIME	Hypothesis	170.810	6	28.468	.404	.869
	Error	1691.810	24	70.492 ^c		

- a. MS(TIME)
- b. MS(PACKAGE * TIME)
- c. MS(Error)

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

		Value Label	N
PACKAGE	1.00	tin box	21
	2.00	MPET/ CPP	21
MCPINE	1.00	11.44%	14
	2.00	14.9%	14
	3.00	17.16%	14
TIME	1.00		6
	2.00		6
	3.00		6
	4.00		6
	5.00		6
	6.00		6
	7.00		6

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: YMPINE

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	557.357	1	557.357	1.928	.214
	Error	1734.143	6	289.024 ^a		
PACKAGE	Hypothesis	325.929	1	325.929	1.019	.352
	Error	1918.905	6	319.817 ^b		
MCPINE	Hypothesis	293.286	2	146.643	.647	.541
	Error	2719.714	12	226.643 ^c		
TIME	Hypothesis	1734.143	6	289.024	.896	.569
	Error	1318.015	4.084	322.714 ^d		
PACKAGE * MCPINE	Hypothesis	374.714	2	187.357	.837	.457
	Error	2684.952	12	223.746 ^e		
PACKAGE * TIME	Hypothesis	1918.905	6	319.817	1.429	.281
	Error	2684.952	12	223.746 ^e		
MCPINE * TIME	Hypothesis	2719.714	12	226.643	1.013	.491
	Error	2684.952	12	223.746 ^e		

a. MS(TIME)

b. MS(PACKAGE * TIME)

c. MS(MCPINE * TIME)

d. MS(PACKAGE * TIME) + MS(MCPINE * TIME) - MS(Error)

e. MS(Error)

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

		Value Label	N
PACKAGE	1.00	tin box	21
	2.00	MPET/ CPP	21
MCPINE	1.00	11.44%	14
	2.00	14.9%	14
	3.00	17.16%	14
TIME	1.00		6
	2.00		6
	3.00		6
	4.00		6
	5.00		6
	6.00		6
	7.00		6

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: YMPINE

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	4505.357	1	4505.357	5.259	.062
	Error	5140.476	6	856.746 ^a		
PACKAGE	Hypothesis	729.167	1	729.167	.700	.435
	Error	6250.000	6	1041.667 ^b		
MCPINE	Hypothesis	1382.143	2	691.071	2.689	.108
	Error	3084.524	12	257.044 ^c		
TIME	Hypothesis	5140.476	6	856.746	.987	.535
	Error	3241.217	3.734	868.056 ^d		
PACKAGE * MCPINE	Hypothesis	365.476	2	182.738	.424	.664
	Error	5167.857	12	430.655 ^e		
PACKAGE * TIME	Hypothesis	6250.000	6	1041.667	2.419	.091
	Error	5167.857	12	430.655 ^e		
MCPINE * TIME	Hypothesis	3084.524	12	257.044	.597	.808
	Error	5167.857	12	430.655 ^e		

a. MS(TIME)

b. MS(PACKAGE * TIME)

c. MS(MCPINE * TIME)

d. MS(PACKAGE * TIME) + MS(MCPINE * TIME) - MS(Error)

e. MS(Error)

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

		Value Label	N
PACKAGE	1.00	tin box	21
	2.00	MPET/ CPP	21
MCBIS	1.00	0.64%	14
	2.00	0.93%	14
	3.00	1.53%	14
TIME	1.00		6
	2.00		6
	3.00		6
	4.00		6
	5.00		6
	6.00		6
	7.00		6

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: YMPINE

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	1314.881	1	1314.881	3.731	.102
	Error	2114.286	6	352.381 ^a		
PACKAGE	Hypothesis	372.024	1	372.024	1.225	.283
	Error	5464.286	18	303.571 ^b		
MCBIS	Hypothesis	758.333	2	379.167	1.422	.279
	Error	3200.000	12	266.667 ^c		
TIME	Hypothesis	2114.286	6	352.381	1.321	.320
	Error	3200.000	12	266.667 ^c		
MCBIS *	Hypothesis	3200.000	12	266.667	.878	.581
TIME	Error	5464.286	18	303.571 ^b		
PACKAGE	Hypothesis	451.190	2	225.595	.743	.490
* MCBIS	Error	5464.286	18	303.571 ^b		

a. MS(TIME)

b. MS(Error)

c. MS(MCBIS * TIME)

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

		Value Label	N
PACKAGE	1.00	tin box	21
	2.00	MPET/ CPP	21
MCBIS	1.00	0.64%	14
	2.00	0.93%	14
	3.00	1.53%	14
TIME	1.00		6
	2.00		6
	3.00		6
	4.00		6
	5.00		6
	6.00		6
	7.00		6

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: YMPINE

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	1866.667	1	1866.667	8.784	.025
	Error	1275.000	6	212.500 ^a		
PACKAGE	Hypothesis	192.857	1	192.857	.475	.499
	Error	7307.143	18	405.952 ^b		
MCBIS	Hypothesis	2158.333	2	1079.167	4.841	.029
	Error	2675.000	12	222.917 ^c		
TIME	Hypothesis	1275.000	6	212.500	.953	.494
	Error	2675.000	12	222.917 ^c		
MCBIS *	Hypothesis	2675.000	12	222.917	.549	.854
TIME	Error	7307.143	18	405.952 ^b		
PACKAGE	Hypothesis	325.000	2	162.500	.400	.676
* MCBIS	Error	7307.143	18	405.952 ^b		

- a. MS(TIME)
 b. MS(Error)
 c. MS(MCBIS * TIME)

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

		Value Label	N
PACKAGE	1.00	tin box	21
	2.00	MPET/ CPP	21
MCBIS	1.00	0.64%	14
	2.00	0.93%	14
	3.00	1.53%	14
TIME	1.00		6
	2.00		6
	3.00		6
	4.00		6
	5.00		6
	6.00		6
	7.00		6

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: YMPINE

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	780.024	1	780.024	3.632	.105
	Error	1288.476	6	214.746 ^a		
PACKAGE	Hypothesis	282.881	1	282.881	1.080	.312
	Error	4714.143	18	261.897 ^b		
MCBIS	Hypothesis	195.190	2	97.595	.336	.721
	Error	3482.810	12	290.234 ^c		
TIME	Hypothesis	1288.476	6	214.746	.740	.628
	Error	3482.810	12	290.234 ^c		
MCBIS *	Hypothesis	3482.810	12	290.234	1.108	.410
TIME	Error	4714.143	18	261.897 ^b		
PACKAGE	Hypothesis	399.476	2	199.738	.763	.481
* MCBIS	Error	4714.143	18	261.897 ^b		

a. MS(TIME)

b. MS(Error)

c. MS(MCBIS * TIME)

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

		Value Label	N
PACKAGE	1.00	tin box	21
	2.00	MPET/ CPP	21
MCPINE	1.00	11.44%	14
	2.00	14.90%	14
	3.00	17.16%	14
TIME	1.00		6
	2.00		6
	3.00		6
	4.00		6
	5.00		6
	6.00		6
	7.00		6

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: YMBIS

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	10529.167	1	10529.167	11.539	.015
	Error	5475.000	6	912.500 ^a		
PACKAGE	Hypothesis	262.500	1	262.500	.286	.612
	Error	5508.333	6	918.056 ^b		
MCPINE	Hypothesis	319.048	2	159.524	.120	.888
	Error	15889.286	12	1324.107 ^c		
PACKAGE(TIME)	Hypothesis	5508.333	6	918.056	.919	.514
	Error	11991.667	12	999.306 ^d		
TIME	Hypothesis	5475.000	6	912.500	.734	.649
	Error	5191.636	4.177	1242.857 ^e		
MCPINE * TIME	Hypothesis	15889.286	12	1324.107	1.325	.317
	Error	11991.667	12	999.306 ^d		
PACKAGE * MCPINE	Hypothesis	1200.000	2	600.000	.600	.564
	Error	11991.667	12	999.306 ^d		
MCPINE(PACKAGE(TIME))	Hypothesis	11991.667	12	999.306	.	.
	Error	.000	0	f		

a. MS(TIME)

b. MS(PACKAGE(TIME))

c. MS(MCPINE * TIME)

d. MS(MCPINE(PACKAGE(TIME)))

e. MS(PACKAGE(TIME)) + MS(MCPINE * TIME) - MS(MCPINE(PACKAGE(TIME)))

f. MS(Error)

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

		Value Label	N
PACKAGE	1.00	tin box	21
	2.00	MPET/ CPP	21
MCPINE	1.00	11.44%	14
	2.00	14.90%	14
	3.00	17.16%	14
TIME	1.00		6
	2.00		6
	3.00		6
	4.00		6
	5.00		6
	6.00		6
	7.00		6

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: YMBIS

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	8571.429	1	8571.429	7.596	.033
	Error	6770.238	6	1128.373 ^a		
PACKAGE	Hypothesis	342.857	1	342.857	.718	.429
	Error	2865.476	6	477.579 ^b		
MCPINE	Hypothesis	239.286	2	119.643	.118	.889
	Error	12119.048	12	1009.921 ^c		
PACKAGE(TIME)	Hypothesis	2865.476	6	477.579	2.393	.094
	Error	2395.238	12	199.603 ^d		
TIME	Hypothesis	6770.238	6	1128.373	.876	.538
	Error	16909.897	13.130	1287.897 ^e		
MCPINE * TIME	Hypothesis	12119.048	12	1009.921	5.060	.004
	Error	2395.238	12	199.603 ^d		
PACKAGE * MCPINE	Hypothesis	496.429	2	248.214	1.244	.323
	Error	2395.238	12	199.603 ^d		
MCPINE(PACKAGE(TIME))	Hypothesis	2395.238	12	199.603	.	.
	Error	.000	0	. ^f		

a. MS(TIME)

b. MS(PACKAGE(TIME))

c. MS(MCPINE * TIME)

d. MS(MCPINE(PACKAGE(TIME)))

e. MS(PACKAGE(TIME)) + MS(MCPINE * TIME) - MS(MCPINE(PACKAGE(TIME)))

f. MS(Error)

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

		Value Label	N
PACKAGE	1.00	tin box	21
	2.00	MPET/ CPP	21
MCPINE	1.00	11.44%	14
	2.00	14.90%	14
	3.00	17.16%	14
TIME	1.00		6
	2.00		6
	3.00		6
	4.00		6
	5.00		6
	6.00		6
	7.00		6

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: YMBIS

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	9390.095	1	9390.095	11.237	.015
	Error	5013.905	6	835.651 ^a		
PACKAGE	Hypothesis	1030.095	1	1030.095	1.154	.324
	Error	5353.905	6	892.317 ^b		
MCPINE	Hypothesis	103.762	2	51.881	.067	.936
	Error	9319.238	12	776.603 ^c		
PACKAGE(TIME)	Hypothesis	5353.905	6	892.317	1.485	.263
	Error	7210.667	12	600.889 ^d		
TIME	Hypothesis	5013.905	6	835.651	.782	.616
	Error	5718.261	5.354	1068.032 ^e		
MCPINE * TIME	Hypothesis	9319.238	12	776.603	1.292	.332
	Error	7210.667	12	600.889 ^d		
PACKAGE * MCPINE	Hypothesis	872.333	2	436.167	.726	.504
	Error	7210.667	12	600.889 ^d		
MCPINE(PACKAGE(TIME))	Hypothesis	7210.667	12	600.889	.	.
	Error	.000	0	^f		

a. MS(TIME)

b. MS(PACKAGE(TIME))

c. MS(MCPINE * TIME)

d. MS(MCPINE(PACKAGE(TIME)))

e. MS(PACKAGE(TIME)) + MS(MCPINE * TIME) - MS(MCPINE(PACKAGE(TIME)))

f. MS(Error)

ประวัติผู้เขียน

นางสาวจรรยา เลิศอมรชัยกุล เกิดวันที่ 5 มีนาคม 2520 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี
วิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ
ทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2541

พ.ศ. 2542 ถึง ปัจจุบัน เข้าทำงานบริษัท ผลิตภัณฑ์อาหารศรีสยาม จำกัด ตำแหน่งหัวหน้า
แผนกควบคุมคุณภาพ พ.ศ.2544 เข้าศึกษาต่อปริญญาโท สาขาสุขาภิบาลอาหาร สถาบันเทคโนโลยี
พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังและสำเร็จการศึกษา ปีการศึกษา 2548