สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

อายุการเก็บขนมอบกรอบจากข้าวโพดบดที่ผ่านการเอ็กซ์ทรูด

SHELF LIFE OF EXTRUDED CRISPY CORN MEAL SNACK

วนิดา มาศยะ
WANIDA MASAYA

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....60843
วัน,เดือน,ปี.....- 6 ก.ค. 2549

b.....11584782.....
i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสุขาภิบาลอาหาร
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2548

ISBN 974-15-1425-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SHELF LIFE OF EXTRUDED CRISPY CORN MEAL SNACK

WANIDA MASAYA

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN FOOD SANITATION
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2005

ISBN 974-15-1425-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2005
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์ อายุการเก็บขนมอบกรอบจากข้าวโพดบดที่ผ่านการเอ็กซ์ทรูด

ชื่อนักศึกษา นางสาววนิดา มาศยะ

รหัสประจำตัว 45063005

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา สุขาภิบาลอาหาร

พ.ศ. 2548

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดร.ประภาพร ขอไพบูลย์

บทคัดย่อ

จากการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่ออายุการเก็บขนมอบกรอบจากข้าวโพดบด โดยการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ ของผงปรุงรสเทอริยากิ โนริ ผลิตภัณฑ์ภายหลังการอบและผลิตภัณฑ์สุดท้ายก่อนการบรรจุ พบว่า ผงปรุงรสเทอริยากิ โนริ ผลิตภัณฑ์ภายหลังการอบและผลิตภัณฑ์สุดท้ายก่อนการบรรจุ มีปริมาณความชื้นร้อยละ 1.23, 2.30 และ 1.72 ตามลำดับ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด รวมทั้งยีสต์และรา ของผงปรุงรสเทอริยากิ โนริเท่ากับ 2.8 $x10^2$ และน้อยกว่า 10 โคโลนี/กรัม สำหรับผลิตภัณฑ์ภายหลังการอบ และผลิตภัณฑ์ก่อนการบรรจุ มีจุลินทรีย์ทั้งหมด 28 และ 75 โคโลนี/กรัม ไม่พบยีสต์และรา และพบว่าผลิตภัณฑ์ก่อนการบรรจุ มีค่าวอเตอร์แอกติวิตี 0.50 และค่าเพอร์ออกไซด์ 4.85 มิลลิสมมูล/กิโลกรัม

การศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบด รสเทอริยากิ โนริ ที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 20 สัปดาห์ ในถุงเมทัลไลซ์ที่เคลือบลามิเนตด้วยพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (MPET12) และในถุงเมทัลไลซ์ที่เคลือบลามิเนตด้วยพลาสติก 2 ชนิด คือพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (PET) และพอลิโพรพิลีน (PP) (MPET12/CPP20) มาตรวจคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัสตลอดระยะเวลา 20 สัปดาห์ พบว่าผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบดในภาชนะบรรจุทั้ง 2 กลุ่ม มีแนวโน้มของปริมาณความชื้น ค่าวอเตอร์แอกติวิตี และค่าเพอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้น แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) สำหรับปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรามีอัตราคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดคุณภาพมาตรฐานผลิตภัณฑ์ขนมกรอบจากธัญชาติ (มอก.1534-2541) ส่วนการทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสด้านความเข้มของสี กลิ่น กลิ่นรสเทอริยากิ โนริ ความกรอบและการยอมรับโดยรวมมีค่าลดลงตามระยะเวลาการเก็บ แต่ยังเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Shelf-life of Extruded Crispy Corn Meal Snack
Student	Miss Wanida Masaya
Student ID.	45063005
Degree	Master of Science
Programme	Food Sanitation
Year	2005
Thesis Advisor	Assist. Professor. Dr. Prapaporn Khopaibool

ABTRACT

The study factor effected shelf-life of extruded corn snack by testing of Teri-Yaki Nori seasoning, semi-product (after baking) and final product for their physical, chemical and microbiological properties; the results showed that the seasoning, semi-product and final product had moisture content 1.23%, 2.30% and 1.72%, respectively. The seasoning had 2.8×10^2 cfu/g and less than 10 cfu/g yeast and mold, while semi-product and final product contained 28 and 75 cfu/g total variable count, yeast and mold were undetectable. The a_w and peroxide value of final product were 0.50 and 4.85 mM/kg., respectively.

The study shelf-life of extruded corn meal snack at room temperature for 20 week. The product packed in two types of packing; laminated metallize with polyethylene terephthalate (MPET12) and laminated metallize with two plastic type were polyethylene terephthalate (PET) and polypropylene (PP) (MPET12/CPP20) were tested for their physical, chemical, microbiological properties and sensory evaluation. The results showed no statistical increased in moisture contents, a_w and peroxide values against two packaging ($p>0.05$) In addition, the product show no change in microbial population the storage time in the limitation of the standard for cereal crispy snacks (TIS.1534-2541). The sensory evaluation reviewed that color, odor, taste, crispness and total acceptability decreased during the storage time but but remain acceptable level.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลงได้ เนื่องด้วยได้รับความกรุณาจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประภาพร ขอไพบูลย์ ที่ให้เกียรติเป็นอาจารย์ควบคุมวิทยานิพนธ์ และกรุณามอบความรู้ รวมทั้งคำแนะนำและเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการดำเนินงานวิจัยของข้าพเจ้า ตลอดจนช่วยตรวจทานแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้ง และขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ ดร. กิตติชัย บรรจง และดร. วริพัสย์ อารีกุล ที่ได้ให้เกียรติเป็นคณะกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ อีกทั้งช่วยตรวจสอบและแก้ไขรวมทั้งให้คำแนะนำจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้ด้านวิทยาศาสตร์การสุขาภิบาลอาหารให้แก่ข้าพเจ้าตลอดระยะเวลาของการศึกษาจนข้าพเจ้าได้ประสบความสำเร็จ

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์ และเจ้าหน้าที่ช่างเทคนิค และเจ้าหน้าที่ของภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ขอขอบคุณผู้บริหาร และพนักงานในสังกัดฝ่ายวิจัยและควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์บริษัทแปซิฟิค สแน็คส์ จำกัด นิคมอุตสาหกรรมสมุทรสาคร ที่ให้ความช่วยเหลือผลิตภัณฑ์ที่ใช้ อีกทั้งความสะดวกสำหรับงานวิจัยมาโดยตลอด รวมถึงเพื่อนๆ ร่วมรุ่นที่ได้ให้ความปรารถนาดีตลอดมา

สุดท้ายนี้ขอรำลึกถึงพระคุณของบิดา มารดา และญาติพี่น้องที่ท่านได้ให้การสนับสนุนและให้กำลังใจมาโดยตลอด คุณค่าและประโยชน์อันมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

วนิดา มาศยะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....VII

สารบัญรูป.....IX

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1

1.2 ขอบเขตการวิจัย.....1

1.3 วัตถุประสงค์.....2

บทที่ 2 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....3

2.1 ผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว.....3

2.2 คุณค่าทางอาหารของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว.....3

2.3 วัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวด้วยกระบวนการเอ็กซ์ทรูชัน.....4

2.3.1 ข้าวโพด.....5

2.3.1.1 ส่วนประกอบของเมล็ดข้าวโพด.....5

2.3.1.2 คุณค่าทางอาหารของข้าวโพด.....6

2.3.2 น้ำ.....8

2.3.3 เครื่องปรุงแต่งกลิ่นรส.....9

2.3.3.1 เกลือ.....9

2.3.3.2 สารปรุงแต่งกลิ่นรส.....10

2.4 กระบวนการเอ็กซ์ทรูชัน.....11

2.5 เครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์ที่ใช้ผลิตอาหารขบเคี้ยว.....12

2.5.1 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์ที่ใช้.....14

2.5.2 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับวัตถุดิบ.....15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์.....31

4.1 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของผงปรุงรส เทอริยากิ โนริ ผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบดภายหลังการอบ และผลิตภัณฑ์สุดท้ายก่อนการบรรจุ.....31

4.2 ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพและอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบด รสเทอริยากิ โนริ.....32

4.2.1. ความชื้น.....32

4.2.2 ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี.....36

4.2.3 ค่าเพอร์ออกไซด์.....39

4.2.4 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา.....42

4.2.5 คุณสมบัติทางประสาทสัมผัส.....44

1. สีของผลิตภัณฑ์.....44

2. กลิ่นหืน.....48

3. กลิ่นเทอริยากิ โนริ.....50

4. กลิ่นรสเทอริยากิ โนริ.....52

5. ความกรอบ.....54

4.2.6 ตรวจสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์โดยรวมของผู้บริโภค.....56

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....59

บรรณานุกรม.....60

ภาคผนวก

ก แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส.....64

ข วิธีวิเคราะห์ทางกายภาพ.....66

ค วิธีวิเคราะห์ทางเคมี.....67

ง วิธีวิเคราะห์จุลินทรีย์.....69

จ ตารางการวิเคราะห์ผลทางสถิติ.....71

ประวัติผู้เขียน.....76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 สารอาหารที่ได้จากการบริโภคอาหารขบเคี้ยวของเด็กอเมริกัน คิดเป็นร้อยละของปริมาณที่แนะนำต่อวัน....4

2.2 องค์ประกอบทางเคมีของส่วนต่าง ๆ ของเมล็ดข้าวโพด....6

2.3 แสดงปริมาณโปรตีนที่มีอยู่ในส่วนต่าง ๆ ของข้าวโพด....7

2.4 การผลิตอาหารขบเคี้ยวด้วยกระบวนการเอ็กซ์ทรูชันด้วยวัตถุดิบชนิดต่าง ๆ....8

2.5 อัตราการซึมผ่านความดันไอของฟิล์มชนิดต่าง....17

4.1 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ก่อนการบรรจุ....31

4.2 ค่าเฉลี่ยปริมาณความชื้น (ร้อยละ) ของผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบดรสเทอริยากิ โนริ ที่บรรจุในถุง MPET12 และถุง MPET12/CPP20 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 สัปดาห์....33

4.3 ค่าเฉลี่ยของค่าวอเตอร์แอกติวิตีของผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบดรสเทอริยากิ โนริ ที่บรรจุในถุง MPET12 และถุง MPET12/CPP20 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 สัปดาห์....37

4.4 ค่าเฉลี่ยของค่าเพอร์ออกไซด์ของผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบดรสเทอริยากิ โนริ ที่บรรจุในถุง MPET12 และถุง MPET12/CPP20 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 สัปดาห์....40

4.5 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบดรสเทอริยากิ โนริ ที่บรรจุในถุง MPET12 และถุง MPET12/CPP20 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 สัปดาห์....42

4.6 จำนวนยีสต์และราในผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบดรสเทอริยากิ โนริ ที่บรรจุในถุง MPET12 และถุง MPET12/CPP20 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 สัปดาห์....43

4.7 คะแนนเฉลี่ยของการทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบดรสเทอริยากิ โนริที่บรรจุในถุง MPET12 และถุง MPET12/CPP20 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 สัปดาห์....46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 รูปแบบจำลองการวิเคราะห์ระบบกระบวนการเอ็กซ์ทรูชันของแป้ง.....13

3.1 กระบวนการผลิตขนมอบกรอบจากข้าวโพดบด รสเทอริยากิ โนริ.....27

4.1 ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)ของผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบด รสเทอริยากิ โนริ ที่บรรจุในถุง MPET12 และถุง MPET12/CPP20 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 สัปดาห์.....35

4.2 ค่าเฉลี่ยค่าวอเตอร์แอกติวิตีของผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบด รสเทอริยากิ โนริ ที่บรรจุในถุง MPET12 และถุง MPET12/CPP20 ไมครอน เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 สัปดาห์.....38

4.3 ค่าเฉลี่ยค่าเพอร์ออกไซด์ของผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบด รสเทอริยากิ โนริ ที่บรรจุในถุง MPET12 และถุง MPET12/CPP20 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 สัปดาห์.....41

4.4 คะแนนความเข้มของสีของตัวอย่างของผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบ จากข้าวโพดบด รสเทอริยากิ โนริ ที่บรรจุในถุง MPET12 และถุง MPET12/CPP20 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 สัปดาห์.....45

4.5 คะแนนความเข้มของกลิ่นหืนของตัวอย่างของผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบ จากข้าวโพดบด รสเทอริยากิ โนริ ที่บรรจุในถุง MPET12 และถุง MPET12/CPP20 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 สัปดาห์.....49

4.6 คะแนนความเข้มของกลิ่นเทอริยากิ โนริของตัวอย่างของผลิตภัณฑ์ ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบด รสเทอริยากิ โนริ ที่บรรจุในถุงMPET12 และถุง MPET12/CPP20 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 สัปดาห์.....51

4.7 คะแนนความเข้มของกลิ่นรสเทอริยากิ โนริของตัวอย่างของผลิตภัณฑ์ ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบด รสเทอริยากิ โนริ ที่บรรจุในถุง MPET12 และถุง MPET12/CPP20 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 สัปดาห์.....53

4.8 คะแนนความกรอบของผลิตภัณฑ์ของตัวอย่างของผลิตภัณฑ์ ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบด รสเทอริยากิ โนริ ที่บรรจุในถุง MPET12 และถุง MPET12/CPP20 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 สัปดาห์.....55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.9 คะแนนการยอมรับโดยรวมของตัวอย่างของผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบ จากข้าวโพดบด รสเทอริยากิ โนริ ที่บรรจุในถุง MPET12 และถุง MPET12/CPP20 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 สัปดาห์.....58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

อาหารขบเคี้ยว (snack foods) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมบริโภคทุกเพศ ทุกวัย โดยเฉพาะเด็กและวัยรุ่น เห็นได้จากมูลค่าการตลาดของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวที่มีมูลค่าสูงขึ้นทุกปี และมีอัตราการแข่งขันสูงตามด้วย ผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเหล่านี้ ได้แก่ มันฝรั่งทอดกรอบ ข้าวอบกรอบ ขนมอบกรอบจากเกล็ดข้าวโพด อย่างไรก็ตามแม้ว่าจะมีข้อกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์ของสินค้าประเภทนี้ แต่ก็ยังพบว่าคุณภาพผลิตภัณฑ์ด้อยเร็วกว่าอายุการเก็บที่แสดงบนบรรจุภัณฑ์ ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจาก ลักษณะของบรรจุภัณฑ์ ความชื้นของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปก่อนการบรรจุ เป็นต้น ในการทดลองนี้จึงได้ทำการศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบด รสเทอริยากิ โนริ ซึ่งมักพบปัญหาของอายุการเก็บสั้นกว่าที่กำหนด คือ 9 เดือน โดยคุณภาพที่ด้อยลง ได้แก่

1. ร้อยละความชื้นของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น
2. คุณภาพทางประสาทสัมผัสลดลง

ดังนั้นการทดลองนี้จึงเป็นการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ เพื่อเป็นข้อมูลในการยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ต่อไป

1.2 ขอบเขตงานวิจัย

1.2.1 ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพและอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบด รสเทอริยากิ โนริ ดังนี้

1.2.1.1 ร้อยละความชื้นที่เกี่ยวข้องในผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบ ดังนี้

1 ร้อยละความชื้นของผงปรุงรสเทอริยากิ โนริ

2 ร้อยละความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่ยังไม่ได้ปรุงรส

3 ร้อยละความชื้นของผลิตภัณฑ์สุดท้าย

1.2.1.2 ค่าวอเตอร์แอกติวิตี (Water Activity) ของผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบด

1.2.1.3 ค่าเพอร์ออกไซด์ (Peroxide Value) ของผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบด

1.2.1.4 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา ในผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.1.4 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา ในผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบด

1.2.1.5 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบด

1.3 วัตถุประสงค์

1.3.1 เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบด

1.3.2 เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบดที่บรรจุในถุงเมทัลไลซ์เคลือบลามิเนตด้วยพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีนเทเรฟเทอเรตหนา 12 ไมครอน (MPET12) และถุงเมทัลไลซ์ที่เคลือบลามิเนตด้วยพลาสติก 2 ชนิดคือพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลตหนา 12 ไมครอน (PET) และพอลิโพรพิลีนหนา 20 ไมครอน (PP) (MPET12/CPP20) ระหว่างการเก็บรักษา

1.3.3 เพื่อศึกษาอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 ผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว

ในปัจจุบันอาหารขบเคี้ยวเป็นกลุ่มอาหารที่ประกอบด้วยผลิตภัณฑ์หลากหลายทั้งชนิดและรูปแบบ ได้แก่ มันฝรั่งทอด (potato chip) ข้าวโพดคั่ว (pop corn) แครกเกอร์ (crackers) ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเมล็ดถั่ว (nuts) รวมไปถึงขนมกรอบจากธัญชาติ เป็นต้น

Harper (1981) ได้แบ่งผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเป็น 3 ประเภท ตามยุคสมัย ดังนี้

1. ผลิตภัณฑ์ในยุคแรก (first generation snacks) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตแบบดั้งเดิม เช่น มันฝรั่งทอด และแครกเกอร์ชนิดต่าง ๆ

2. ผลิตภัณฑ์ในยุคที่สอง (second generation snacks) ได้แก่ ผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวประเภทสุกพองทันที ส่วนใหญ่ทำจากวัตถุดิบประเภทธัญชาติ เช่น ข้าวโพดเกล็ด และข้าว ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้มักใช้เครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์แรงเฉือนสูง (high-shear cooking extrusion) เช่น คอลเลตเอ็กซ์ทรูเดอร์ (collet extruder) ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความชื้นต่ำ ซึ่งส่วนใหญ่มีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 15 และนำมาอบเพื่อลดความชื้นลงให้ต่ำกว่าร้อยละ 4 แล้วเคลือบด้วยน้ำมันและกลิ่นรสต่าง ๆ

3. ผลิตภัณฑ์ในยุคที่สาม (third generation snacks) เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีหลายรูปแบบและมีเนื้อสัมผัสที่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์ที่ได้จากเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์แรงเฉือนสูง โดยการผสมธัญชาติ และ/หรือ สตาร์ชที่ดัดแปร น้ำมันพืช และอิมัลซิไฟเออร์ นำไปผ่านเอ็กซ์ทรูเดอร์ตัวแรกเพื่อให้เกิดการสุกหรือสุกบางส่วน หลังจากนั้นนำไปผ่านเอ็กซ์ทรูเดอร์ตัวที่สองทำให้เกิดรูปร่างของผลิตภัณฑ์ (forming extruder) ที่อุณหภูมิต่ำเพื่อไม่ให้ผลิตภัณฑ์พองตัว แล้วนำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปทำแห้งจนมีความชื้นประมาณร้อยละ 10-12 ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความคงตัว เรียกว่า ผลิตภัณฑ์ขั้นกลาง (semi- หรือ half-product) และสามารถทำให้สุกพองด้วยการทอดในน้ำมันแบบ deep fat frying หรืออบด้วยอุณหภูมิสูง

2.2 คุณค่าทางอาหารของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว

ในปัจจุบันกลุ่มผู้บริโภครุ่นเยาว์นิยมบริโภคอาหารขบเคี้ยวมากขึ้น ซึ่งพลังงานจากการบริโภคอาหารขบเคี้ยวคิดเป็นร้อยละ 20 ของพลังงานที่ได้รับจากการบริโภคอาหารในแต่ละ 1 วัน (Ranhotra and Vetter, 1991) สารอาหารต่าง ๆ ที่ได้จากการบริโภคอาหารขบเคี้ยวของเด็กอเมริกันคิดเป็นร้อยละของปริมาณที่แนะนำในแต่ละวัน (RDA) แสดงในตารางที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 สารอาหารที่ได้จากการบริโภคอาหารขบเคี้ยวของเด็กอเมริกัน คิดเป็นร้อยละของปริมาณที่แนะนำต่อวัน

สารอาหาร	ปริมาณ (ร้อยละของ RDA)	สารอาหาร	ปริมาณ (ร้อยละของ RDA)
พลังงาน	20	ไรโบฟลาวิน	15
โปรตีน	11	วิตามินบี 6	12
ไขมัน	17	วิตามินบี 12	10
คอเลสเทอรอล	12	วิตามินซี	18
คาร์โบไฮเดรต	22	แคลเซียม	16
เส้นใยอาหาร	16	โซเดียม	11
วิตามินเอ	10	เหล็ก	11
ไทอะมิน	12	สังกะสี	12

ที่มา: Ranhotra และ Vetter (1991)

อาหารขบเคี้ยวประเภทอบกรอบ ทอดกรอบ กรอบพอง ส่วนใหญ่มักทำจากวัตถุดิบที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบหลัก ได้แก่ ข้าวต่าง ๆ ข้าวสาลี ข้าวโพด นำมาทำเป็นรูปร่างต่าง ๆ เช่น เส้น เกลียว แผ่น หลอด ทรงกลม หรือวงแหวน นำมาอบไล่ความชื้นเพื่อคงสภาพความกรอบของผลิตภัณฑ์ หรือทอดในน้ำมัน แล้วเคลือบกลิ่นรสต่าง ๆ ตามต้องการ ดังนั้นจึงได้คาร์โบไฮเดรตและไขมันเป็นแหล่งพลังงานส่วนใหญ่ และถ้าผู้บริโภครับประทานในปริมาณมาก จะทำให้บริโภคอาหารอื่น ๆ ได้น้อยลง มีผลทำให้ได้รับปริมาณสารอาหารที่จำเป็น เช่น โปรตีน เส้นใยอาหาร วิตามิน และเกลือแร่น้อยลง ดังนั้นเพื่อปรับปรุงคุณค่าทางอาหาร ผู้ผลิตจึงต้องพัฒนาเทคโนโลยีการผลิต รวมทั้งปรับปรุงส่วนผสม โดยเพิ่มส่วนผสมที่มีคุณค่าทางอาหารที่ต้องการลงในผลิตภัณฑ์ให้มากขึ้น (Ranhotra and Vettra, 1991)

2.3 วัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวด้วยกระบวนการเอ็กซ์ทรูชัน

Guy (1994) ได้แบ่งกลุ่มของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตอาหารขนมขบเคี้ยวเป็น 6 กลุ่ม ตามหน้าที่ที่มีต่อผลิตภัณฑ์ ดังนี้

กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มที่ทำหน้าที่เป็นโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ธัญชาติ และพืชหัว ทั้งในรูปของผงละเอียดเป็นแป้ง (flour) ผงหยาบเป็นเม็ด (granule) และ สตาร์ช

กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มที่กระจายอยู่ในส่วนผสมที่เป็นโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ โปรตีน และเส้นใย (fibrous materials) เช่น รำข้าว รำข้าวสาลี รำข้าวโอต เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มที่ช่วยให้ส่วนผสมเป็นเนื้อเดียวกัน และช่วยให้การผลักพาวัตถุดิบ (plasticisers และ lubricants) เช่น น้ำ น้ำมัน และอิมัลซิไฟเออร์

กลุ่มที่ 4 เป็นสารที่ทำหน้าที่ศูนย์กลางการเกิดฟองอากาศในผลิตภัณฑ์ (nucleating reagents) ทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะพอง และให้ฟองอากาศที่ละเอียด ได้แก่ ผงฟู ซอล์ก และรำจากธัญชาติ

กลุ่มที่ 5 ประกอบด้วยสารที่ทำหน้าที่ให้รสชาติ ได้แก่ เกลือ น้ำตาล และสารให้กลิ่นรสต่างๆ

กลุ่มที่ 6 เป็นกลุ่มสารที่ใส่ในปริมาณน้อย และเป็นสารที่ให้สี ได้แก่ นมผง น้ำตาลรีดิวซิง โปรตีน และสีจากธรรมชาติและสีสังเคราะห์

ในที่นี้จะกล่าวถึงส่วนผสมสำคัญที่มีผลต่อคุณภาพของอาหารขบเคี้ยว คือ สตาร์ช ซึ่งมาจากธัญชาติและพืชหัวชนิดต่าง ๆ เช่นข้าวโพด ข้าวสาลี ข้าว ข้าวโอต มันฝรั่ง และมันสำปะหลัง โดยปกติแล้วในขณะที่อุณหภูมิสูง วัตถุดิบดังกล่าวจะอยู่ในรูปพอลิเมอร์ของของไหลที่หลอมละลาย และจะรวมกับวัตถุดิบอื่น ๆ ที่กระจายอยู่ในของไหลดังกล่าว รวมทั้งช่วยกักเก็บก๊าซที่เกิดขึ้น ทำให้ได้โครงสร้างที่ขยายตัว (Harper, 1981)

2.3.1 ข้าวโพด

2.3.1.1 ส่วนประกอบของเมล็ดข้าวโพด

Pericarp เป็นเยื่อบาง ๆ หุ้มเมล็ด ไม่มีสี ที่ส่วนยอดของเมล็ดจะมีรอยอันเกิดจากเส้นไหมที่แห้งและหลุดร่วงไป เรียกว่า silk scar

Testa หรือ pure seed coat เป็นชั้นที่อยู่ใต้ pericarp testa และ pericarp รวมกันเรียกว่า hull มีองค์ประกอบเป็นพวก cellulose และ hemicellulose เป็นส่วนใหญ่

Aleurone layer เป็นเยื่อบาง ๆ ที่อยู่ใต้ testa และหุ้มส่วนเอนโดสเปิร์มทั้งหมด ไม่มีสี จึงยากแก่การสังเกตหรือแยกออกจาก testa หรือ pericarp มีความสำคัญเกี่ยวข้องกับการงอกของเมล็ดเพราะเป็นที่สังเคราะห์เอนไซม์สำคัญ ๆ ที่ใช้ย่อยอาหารในเอนโดสเปิร์ม

Endosperm เป็นส่วนที่เก็บสะสมอาหารของเมล็ด มีสีต่าง ๆ เช่นเหลืองหรือขาว อาหารที่เก็บสะสมในเอนโดสเปิร์มส่วนใหญ่เป็นแป้ง ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ แป้งชนิดอ่อน (floury endosperm) เป็นแป้งซึ่งรวมกันอยู่อย่างหลวม โดยมากพบที่ส่วนกลางหรือส่วนบนของเมล็ด มีสีขาวขุ่น แป้งชนิดแข็ง (horny endosperm) เป็นแป้งซึ่งอยู่รวมกันแน่น พบที่ด้านข้างและด้านบนของเมล็ด มีลักษณะค่อนข้างใส

Embryo ส่วนนี้มีลักษณะเป็นมัน (oily portion) อยู่ค่อนไปทางด้านล่างของเมล็ด โดยฝังตัวอยู่ทางด้านหนึ่งของเอนโดสเปิร์ม ประกอบด้วยแกนกลาง (central axis) ปลายข้างหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คือ radicle ซึ่งมี coleorhiza หุ้มอยู่ไปทางด้าน pedicel อีกด้านหนึ่งเป็นส่วนของ stem tip ซึ่งมีใบอ่อน (embryonic leaves) ประมาณ 5 ใบม้วนติดกันเป็นกรวย และมี coleoptile หุ้มด้านข้างของแกนกลาง ด้านติดกับเอนโดสเปิร์มจะพบ scutellum (cotyledon) สำหรับองค์ประกอบทางเคมีของส่วนต่าง ๆ ของเมล็ดข้าวโพดแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบทางเคมีของส่วนต่าง ๆ ของเมล็ดข้าวโพด

โครงสร้าง	ปริมาณ	องค์ประกอบ (ร้อยละ)				
	(ร้อยละ)	แป้ง	โปรตีน	ไขมัน	น้ำตาล	เถ้า
เปลือกหรือรำ	5.3	7.3	3.7	1.0	0.3	0.8
ต้นอ่อน 11.5	8.2	18.8	34.5	10.8	10.1	
เอนโดสเปิร์ม	82.3	86.4	9.4	0.8	0.6	0.3
ขั้ว	0.8	5.3	9.1	3.8	1.6	1.6
ทั้งเมล็ด	100	71.5	10.3	4.8	2.0	1.4

ที่มา: ณรงค์, 2538

2.3.1.2 **คุณค่าทางอาหารของข้าวโพด**

คาร์โบไฮเดรต: เมล็ดข้าวโพดประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรต ในรูปของแป้ง (starch) เป็นส่วนใหญ่ Kent (1966) ศึกษาพบว่า เม็ดแป้งในลักษณะธรรมชาติจะไม่ละลายน้ำ ไม่มีรสชาติ และไม่เหมาะสำหรับรับประทาน ดังนั้นการหุงต้มจะทำให้แป้งอยู่ในลักษณะที่ย่อยง่าย และเป็นที่ยอมรับในการบริโภค ในกรณีที่ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป (ready to eat cereal) ธัญพืชจะผ่านกระบวนการหุงต้มในระหว่างกระบวนการผลิต โดยการใช้น้ำอุณหภูมิ 60-90 องศาเซลเซียส ทำให้แป้งเกิดการเจลาติไนซ์ (gelatinization) และง่ายต่อการถูกย่อยด้วยเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหาร แต่ถ้าการหุงต้มไม่ใช้น้ำหรือใช้น้ำเพียงเล็กน้อย จำเป็นต้องใช้ความร้อนสูง กรณีเช่นนี้ทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีที่เรียกว่า browning reaction ระหว่างโปรตีนกับน้ำตาลรีดิวซิ่ง (reducing sugar) หรือคาร์โบไฮเดรต นอกจากนี้แป้งก็จะเกิดกระบวนการ dextrinization เป็นบางส่วนด้วย

Inglette (1970) รายงานว่า แป้งจากเมล็ดธัญพืชต่าง ๆ ประกอบด้วยอะไมโลส และอะไมโลเพคตินในปริมาณที่ต่างกัน อะไมโลสและอะไมโลเพคตินในแป้งข้าวโพดเป็นโพลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง ประกอบด้วย D-glucose โมเลกุลของอะไมโลสเป็นแบบเส้นตรง (linear molecule) ประกอบด้วยหน่วยกลูโคสประมาณ 1,000 หน่วย ส่วนโมเลกุลของอะไมโลเพคตินเป็นแบบแตกแขนง (branched molecule) มีหน่วยกลูโคส 40,000 หน่วยหรือมากกว่า ในสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ละลายแป้งที่เจือจางหากเติมบิวทิลแอลกอฮอล์หรือสารประกอบพวก polar organic โมเลกุลของอะไมโลสจะตกตะกอน

ตารางที่ 2.3 แสดงปริมาณโปรตีนที่มีอยู่ในส่วนต่าง ๆ ของข้าวโพด

ส่วนประกอบ	ทั้งหมด (ร้อยละ)	เอนโดสเปิร์ม (ร้อยละ)	ต้นอ่อน (ร้อยละ)	Bran and Tip Cap (ร้อยละ)
เมล็ดข้าวโพด	100	84	10.2	6.3
โปรตีนในเมล็ดข้าวโพด	100	76.4	20.3	3.3
โปรตีนในแต่ละส่วน	9.8	8.8	19.0	5.1
ชนิดของโปรตีน :				
อัลบูมิน	8	4	30	-
โกลบูลิน	9	4	30	-
เซอิน	39	47	5	-
กลูเตลิน	40	39	25	-

ที่มา: Reiner *et al.*, 1973

โปรตีน: Reiner และคณะ (1973) รายงานว่า เมล็ดข้าวโพดมีโปรตีนประมาณร้อยละ 10 ส่วนมากอยู่ในเอนโดสเปิร์ม ซึ่งมีประมาณร้อยละ 75 ในต้นอ่อน (germ) มีโปรตีนมากเป็นอันดับ 2 ประมาณร้อยละ 19 โปรตีนในเมล็ดข้าวโพดมีอยู่ 4 ชนิดซึ่งแบ่งตามคุณสมบัติในการละลายคือ อัลบูมิน (albumin) จะละลายในน้ำ โกลบูมิน (globumin) ละลายในน้ำเกลือ โพรลามีน (prolamine) หรือเซอิน (zeine) จะละลายในแอลกอฮอล์เข้มข้นร้อยละ 70-80 และกลูเตลิน (glutelin) ละลายได้ในด่าง (0.1 M. NaOH) จากตารางที่ 2.3 จะเห็นว่า ในต้นอ่อนจะมีโปรตีนพวกอัลบูมินและโกลบูมินมากกว่าในเอนโดสเปิร์ม ประมาณร้อยละ 8 ส่วนโปรตีนพวกเซอินและกลูเตลินมีอยู่มากในเอนโดสเปิร์ม

ไขมัน: Tan และคณะ (1979) ได้ศึกษาปริมาณไขมันและน้ำมันที่มีในต้นอ่อน (germ) เอนโดสเปิร์ม เปลือกหรือรำ และขั้วของข้าวโพดพันธุ์ amylomize พันธุ์ทาง LG-11 และพันธุ์ข้าวเหนียว พบว่าทั้งสามพันธุ์มีปริมาณไขมันร้อยละ 9.3 4.9 และ 5.1 ตามลำดับ ในต้นอ่อนมีน้ำมันร้อยละ 39 ส่วนใหญ่เป็นพวกไตรกลีเซอไรด์ ในเอนโดสเปิร์มจะมีกรดไขมันอิสระชนิดสเตียริลเอสเทอร์ ไดกลีเซอไรด์ ไกลโคลิปิด และฟอสฟอไลปิด ในเปลือกหรือรำมีน้ำมันหรือไขมันร้อยละ 0.8-2.5 ส่วนใหญ่เป็นพวกไตรกลีเซอไรด์ สเตียริลเอสเทอร์ ไดกลีเซอไรด์ และกรดไขมันอิสระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้าวโพดจึงเป็นธัญชาติที่นิยมใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหารด้วยกระบวนการเอกซ์ทรูชันมากที่สุด (Guy, 1994) เนื่องจากให้ผลิตภัณฑ์ที่พองตัวดี ราคาถูก การใช้ข้าวโพดที่แยกคัพภะออก จะให้ผลิตภัณฑ์ที่มีความพองตัวกว่าข้าวโพดทั้งเมล็ด เนื่องจากข้าวโพดที่แยกคัพภะออกมีไขมันต่ำ (ร้อยละ 1) ในขณะที่ข้าวโพดทั้งเมล็ดไขมันสูง (ร้อยละ 4) ในส่วนของขนาดอนุภาคของข้าวโพดที่ใช้ ต้องเลือกให้เหมาะสมกับเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์

Matson (1982) ได้รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการเอ็กซ์ทรูดผลิตภัณฑ์จากข้าวโพด เปรียบเทียบกับวัตถุดิบจากแหล่งต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 การผลิตอาหารขบเคี้ยวด้วยกระบวนการเอ็กซ์ทรูชันด้วยวัตถุดิบชนิดต่าง ๆ

วัตถุดิบ	การขยายตัว	กลิ่นรส	สี	ความชื้นในการเอ็กซ์ทรูด (ร้อยละ)	อุณหภูมิหน้าแปลน (°ฟ)
ข้าวโพดบด (corn Meal) และแป้งข้าวโพด	ดีมาก	กลิ่นรสข้าวโพด	เหลือง	10 -15	300 - 350
แป้งสาลี	ดี	กลิ่นคล้ายขนมปัง	ขาวถึงขาวหม่น	18 - 25	300 - 350
แป้งข้าว	ดีที่สุด	กลิ่นรสอ่อน	ขาว	12 - 20	250 - 300
แป้งข้าวโอต	ไม่ดี	กลิ่นข้าวโอตแรง	ขาวหม่น-น้ำตาลอ่อน	18 - 25	325 - 375
แป้งมันฝรั่ง	ดีมาก	กลิ่นมันฝรั่ง	ทอง-น้ำตาลอ่อน	12 - 20	250 - 300
แป้งมันสำปะหลัง	ดี	กลิ่นรสอ่อน	ขาว	12 - 20	300 - 350

ที่มา: Matson.,1982

2.3.2 น้ำ

ปริมาณที่ใช้ในการผลิตขนมขบเคี้ยวมีผลต่อการแตกตัวของเม็ดแป้งมาก ถ้าใช้น้ำมากเกินไป เม็ดแป้งจะแตกตัวมาก ให้เจลที่เหนียว (Gutcho, 1973) ในทางตรงข้ามถ้าใช้น้ำน้อยเกินไป แป้งพองตัวน้อย ไม่สุก จะไม่เกิดเจลมากนัก ได้ก้อนแป้งที่ร่วน และเมื่อนำไปทอดจะไม่พองตัว ผู้ผลิตมักจะคำนึงถึงปริมาณน้ำที่ใส่เพื่อการคงรูปของก้อนแป้งในขณะนึ่งให้สุกโดยไม่ได้คำนึงถึงการเกิดเจลมากนัก จากการตรวจวัดปริมาณน้ำที่ใช้ในการผลิตขนมขบเคี้ยวพบว่า ขนมขบเคี้ยวที่ใช้แป้งมันสำปะหลังเพียงอย่างเดียวจะใช้น้ำร้อยละ 78 ของน้ำหนักแป้ง เมื่อเติมส่วนผสมของแป้งข้าวเจ้าลงไป ปริมาณน้ำที่ใช้จะเพิ่มขึ้น การใช้แป้งข้าวเจ้าแต่เพียงอย่างเดียวจะใช้น้ำถึงร้อยละ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

100 ของน้ำหนักแป้ง (เกรียงศักดิ์, 2523) นอกจากนี้ยังพบว่า เมื่อใส่ส่วนผสมอื่นซึ่งมีความชื้นลงไปด้วย ปริมาณน้ำที่ใช้จะลดลง แต่จะลดลงเท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของส่วนผสมนั้น

2.3.3 **เครื่องปรุงแต่งกลิ่นรส**

การบริโภคอาหารนอกจากจะบริโภคเพื่อขจัดความหิวโหยและเพื่อความจำเป็นของร่างกายในการดำรงชีวิตแล้ว ยังเลือกบริโภคเพื่อความเอร็ดอร่อยของรสอีกด้วย ดังนั้นรสชาติอาหารจึงจัดเป็นลักษณะทางคุณภาพที่สำคัญของอาหารประเภทหนึ่งที่ผู้บริโภคต้องการ และมีอิทธิพลต่อจิตประสาทในการยอมรับอย่างมาก คำตอบของผู้คนส่วนใหญ่ที่บอกว่าชอบหรือไม่ชอบอาหารนั้นมักมีสาเหตุมาจากกลิ่นรสเป็นสำคัญ ทั้งที่สารประกอบที่ให้กลิ่นรสในอาหารนั้นเป็นองค์ประกอบที่มีปริมาณเพียงเล็กน้อยเท่านั้น (สายสนม, 2540) การเติมสารปรุงแต่งกลิ่นรสไม่ว่าจากธรรมชาติหรือสังเคราะห์ขึ้นมาจึงเป็นสิ่งที่ทำให้ขนมขบเคี้ยวน่ารับประทานยิ่งขึ้น แม้ว่าสารปรุงแต่งกลิ่นรสจะไม่ใช่ส่วนผสมหลักในการผลิตขนมขบเขี้ยว แต่ก็มีผลต่อลักษณะปรากฏและรสชาติของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป ได้มีการให้คำกำจัดความของสารที่ใช้ปรุงแต่งกลิ่นรสว่า เป็นสารที่เติมลงในอาหาร ยา หรือผลิตภัณฑ์อื่นที่บริโภคเข้าไปในปาก โดยมีจุดประสงค์อย่างเด่นชัดเพื่อที่จะทำให้เกิดกลิ่นรสขึ้นในผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปนั้น (ศิรินทร์, 2536) นอกจากนั้นสารปรุงแต่งกลิ่นรสยังหมายถึงสารประกอบที่ตามปกติแล้วจะไม่นำมาใช้เป็นอาหารบริโภคโดยตรง แต่ไม่ใช่ส่วนประกอบหลักในผลิตภัณฑ์อาหารไม่ว่าสารนั้นจะมีคุณค่าทางโภชนาการหรือไม่ก็ตาม แต่จะนำมาเติมลงในอาหารเพื่อจุดประสงค์ทางด้านเทคนิคของการผลิต การแปรรูป หรือการปฏิบัติการใดก็ตามที่ส่งผลต่อคุณลักษณะด้านกลิ่นหรือรสชาติ หรือทั้งกลิ่นและรสชาติในผลิตภัณฑ์อาหารอย่างปลอดภัยและได้รับอนุญาตให้ใช้ในประเทศนั้น (สายสนม, 2540)

2.3.3.1 **เกลือ**

เกลือบริสุทธิ์มีสีขาว มีชื่อทางเคมีว่า โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เป็นผลึกรูปร่างไม่คงที่ จัดเป็นสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ มีสมบัติดูดความชื้นซึ่งจะมากขึ้นถ้าเกลือนั้นไม่บริสุทธิ์ (กล้าณรงค์, 2521) นอกจากโซเดียมคลอไรด์แล้วยังมีโปแตสเซียม แมกนีเซียม และแคลเซียม ในปริมาณเล็กน้อยหลังจากกินเกลือเข้าไปแล้ว โซเดียมจะถูกดูดซึมเข้าไปในร่างกายทำให้เกิดแรงดันออสโมติกมีผลต่อปริมาณน้ำในและนอกเซลล์ ทำให้ระดับน้ำในร่างกายเป็นปกติ (วิทิต, 2528)

ประเสริฐ (2524) ได้ศึกษาการเติมเกลือในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวเมล็ดข้าวโพดหวานอบกรอบ พบว่าการเติมเกลือร้อยละ 0.5-5.5 ของผลิตภัณฑ์จะช่วยเพิ่มการพองตัว นอกจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นี้เกลือยังมีผลต่อโปรตีนด้วยโดยทำให้ไมโอซินละลายออกมา จึงทำให้ส่วนผสมมีความความเหนียวมากขึ้น เมื่อได้รับความร้อนจะได้ผลิตภัณฑ์ที่เหนียวด้วย

ในอุตสาหกรรม การเลือกใช้เกลือบริสุทธิ์เป็นเรื่องจำเป็นอย่างมาก ถ้าเกลือไม่บริสุทธิ์จะทำให้คุณภาพของอาหารเปลี่ยนแปลงไปได้ เพราะสิ่งเจือปนในเกลือที่ไม่บริสุทธิ์ มีผลต่อคุณภาพของอาหารได้ เช่น ถ้ามีแคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) หรือแมกนีเซียมไอออน (Mg^{2+}) ปะปนอยู่ในเกลือที่ใช้ทำอาหารจำพวกผัก จะทำให้เกิด hardness ซึ่งเป็นลักษณะของความแข็งกระด้างที่เกิดขึ้นในบางส่วนของอาหารโดยเฉพาะพวกผักใบอ่อน และถ้ามีปริมาณมากอาจทำให้เกิดรสขมได้ หรือถ้ามีเฟอรัส เฟอริกไอออน หรือ คอปเปอร์ไอออนมากจะทำให้เกิดการเหม็นหืนของอาหารจากการเกิดออกซิเดชั่น (oxidation rancidity) ได้ง่ายมาก (กล้าณรงค์, 2521)

เกลือเป็นสารเพิ่มรสชาติของขนมขบเคี้ยว ประกอบด้วยโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 99 ส่วนที่เหลือคือความชื้น จุดประสงค์ของการใช้เกลือในอาหารมีหลายประเภท ประการแรกคือใช้เป็นสารเพิ่มรส (flavoring agent) เพราะเป็นตัวทำให้เกิดรสเค็มในอาหารและรสเค็มนี้จะไปรสความเปรี้ยวให้น้อยลงพร้อมทั้งเพิ่มรสหวานในแง่ประสาทสัมผัส เน้นรสหวานของผลิตภัณฑ์ที่ผสมน้ำตาลให้เด่นชัดขึ้น Whistler และ Paschall (1967) กล่าวว่าในการผลิตขนมขบเคี้ยวหากใส่เกลือลงไปจะให้แป้งเกิดความหนืดและเกิดเจลลดลง นอกจากนี้เกลือยังมีผลต่อโปรตีนด้วย โดยทำให้ไมโอซินละลายออกมา ส่วนผสมจะมีความเหนียวมากขึ้น (ประเสริฐ, 2524)

เกลือที่ใช้ในอาหารนั้นเป็นตัวปรุงรสและสามารถป้องกันการเน่าเสียของอาหารได้ เนื่องจากเกลือเป็นตัวลดความชื้น เมื่อเกลือละลายน้ำ ประจุของน้ำจะถูกดึงตัวเกาะกับประจุของเกลือเกิดเป็น ion hydration ขึ้น ทำให้ความเป็นอิสระของน้ำเปลี่ยนไป นอกจากนี้เกลือยังสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เพราะสารละลายเกลือทำให้เกิดการ dehydration ของเซลล์ เกิดขึ้นเนื่องจาก ความดันออสโมติก ทำให้เซลล์ของจุลินทรีย์เกิดการเสียน้ำอย่างรุนแรงและหยุดการเจริญเติบโต

2.3.3.2 **สารปรุงแต่งกลิ่นรส**

การเพิ่มสารให้กลิ่นรสในขนมอบกรอบนั้นอาจทำได้ด้วยวิธีต่าง ๆ กัน โดยการเติมสารให้กลิ่นรสลงในน้ำมันหรือนำไปคลุกเคล้ากับขนมขบเคี้ยวหลังอบ นอกจากนี้ยังใส่ในรูปของส่วนผสมเสริม สารให้กลิ่นรสที่นิยมใช้ได้แก่ กลิ่นเนื้อ กลิ่นบาร์บีคิว กลิ่นควัน กลิ่นพิซซ่า กลิ่นส้ม กลิ่นหัวหอม กลิ่นกระเทียม กลิ่นพริกไทย กลิ่นมะนาว กลิ่นปลา กลิ่นเครื่องแกง และอื่น ๆ (Oak, 1974) กลิ่นรสที่ใช้จะแตกต่างกันคือ แบบแรกเป็นกลิ่นรสที่อยู่ในรูปของเหลว แต่แบบที่สองจะอยู่ในรูปผง สำหรับส่วนผสมเสริมนั้นเป็นวัสดุที่ให้กลิ่นรสตามธรรมชาติ เช่น เบคอน หอมแห้ง เนยแข็ง มันฝรั่งบด ถั่วเหลืองบด ถั่วลิสงบด งา เป็นต้น ส่วนผสมเหล่านี้จะต้องนำไปผสมกับส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผสมที่เป็นของแห้งอื่น ก่อนที่จะผสมกับน้ำ ปริมาณที่ใช้ประมาณร้อยละ 1.5-10.5 ของน้ำหนักแป้ง (Gutcho, 1973)

Gutcho (1973) ได้ปรับปรุงกลิ่นรสและสามารถเก็บรักษากลิ่นรสไว้ได้นานโดยเตรียมสารให้กลิ่นรสเข้มข้นด้วยสารประกอบพวกวงแหวนโพรลีน (proline cyclic) กับไดคีโตน (diketone) ซึ่งเป็นกลิ่นรสอย่างเดียวกับ บัตเตอร์ ปอปคอร์น (buttered pop corn) พบว่าผู้ทดสอบส่วนมากยอมรับ

Nadison (1969) กล่าวว่าการนำกลิ่นรสสำเร็จรูปมาใช้ในอาหารอาจทำได้ 2 แบบคือ การฉาบผิวหน้าอาหาร (surface coating) ทำได้โดยการโรยเครื่องปรุงรสลงในอาหารที่ทอดหรืออบหรือผสมเครื่องปรุงกับน้ำมันก่อนฉีด (spray) ลงในอาหาร วิธีนี้มีข้อเสียคือ เทคนิคการฉีดของสารแขวนลอยที่มีเครื่องปรุงรสกับน้ำมันต้องใช้เครื่องมือพิเศษ และต้องระวังเกี่ยวกับเชื้อจุลินทรีย์ หรือใช้วิธีผสมเครื่องปรุงรสลงในส่วนผสมก่อนกระบวนการเอ็กซ์ทรูชัน วิธีนี้มีข้อเสียคือการใช้ความร้อนสูงในกระบวนการเอ็กซ์ทรูชัน การอบ หรือการทอดทำให้สารให้กลิ่นรสชนิดที่ระเหยได้สูญเสียไป และบางครั้งอาจเกิดกลิ่นรสไม่ดี

2.4 กระบวนการเอ็กซ์ทรูชัน (Extrusion process)

กระบวนการเอ็กซ์ทรูชัน (Extrusion process) หมายถึงกระบวนการทำให้เกิดรูปร่างโดยการบังคับวัตถุดิบให้ไหลหรือเคลื่อนที่ไปภายใต้สภาวะการณ์หนึ่งหรือมากกว่าหนึ่งอย่าง จนมีลักษณะหนืด หยุ่น เหนียวคล้ายพลาสติก (plasticized material) แล้วอัดรีดผ่านทางหน้าแปลน (die) เป็นรูปร่างออกมา โดยเครื่องมือที่ใช้เรียกว่า เอ็กทรูเดอร์ (extruder)

เอ็กทรูเดอร์ (extruder) เป็นเครื่องจักรที่รวมเอาขั้นตอนการผลิตหลายขั้นตอนอยู่ในเครื่องจักรเดียวกัน ตัวเอ็กทรูเดอร์ประกอบด้วยส่วนยาวของสกรูที่มีเกลียวลาดเอียง ซึ่งสามารถหมุนได้โดยรอบภายในของเหล็กทรงกระบอกผนังบาร์เรล (barrel) ส่วนของสกรูนี้จะทำหน้าที่ลำเลียงวัตถุหยุ่นเหนียว ผ่านความยาวของสกรูเข้าไปในเนื้อจำกัดของบาร์เรลได้อย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดการผสม (mixing) การบีบอัด (compression) และเกิดความร้อนถึงขั้นสุก (cooking) มีการควบคุมอุณหภูมิ ความดัน อัตราการเกิดแรงเฉือน (shear forces) จากกระบวนการเอ็กซ์ทรูชัน จนในที่สุดจะผ่านช่องเปิดหรือที่เรียกว่า หน้าแปลน (die) ออกมา ซึ่งเป็นจุดสิ้นสุดของกระบวนการออกมาเป็นผลิตภัณฑ์ (extrudate) ได้ตามรูปร่างของหน้าแปลนที่ผลิตภัณฑ์นั้นผ่านออกมาจากเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์

การดัดแปรแป้งไม่ว่าจะเป็นแบบทางกายภาพหรือทางเคมีโดยใช้กระบวนการเอ็กซ์ทรูชั่นเพื่อที่จะผลิตอนุพันธ์ของแป้งต่าง ๆ พบว่า มีข้อดีต่าง ๆ มากมาย อาทิ สภาวะในการใช้ปริมาณน้ำหรือความชื้นต่ำ สามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาต่าง ๆ โดยทางความร้อนและทางกลได้อย่างต่อเนื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และใช้ระยะเวลาในการผลิตสั้นลงปฏิกิริยาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์จะขึ้นอยู่กับจำนวนตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์และพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับวัตถุดิบ ตัวอย่างอาหารประเภทแป้ง เช่น แป้งข้าวเจ้า แป้งสาลี แป้งมันฝรั่ง เป็นต้น เมื่อป้อนเข้าสู่เครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์ในสภาวะที่มีการควบคุมปริมาณความชื้น และอุณหภูมิ เม็ดแป้งจะบวม ดูดน้ำ พร้อมทั้งมีการแตก และกระจัดกระจายออก เนื่องจากได้รับแรงเฉือน

Meuser และ Grimmler (1989) ได้เสนอรูปแบบจำลองการวิเคราะห์ระบบ ดังแสดงในรูปที่ 2.1 ซึ่งแสดงถึง ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ของกระบวนการผลิต (process parameter) ซึ่งรวมถึงสภาวะเงื่อนไขของการผลิตและสูตรการผลิตกับพารามิเตอร์ของระบบการผลิต (system parameter) ได้แก่ ค่าพลังงานกลจำเพาะ (specific mechanical energy : SME) อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ และระยะเวลาที่ผลิตภัณฑ์อยู่ในเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์ (residence time distribution) หรือระหว่างพารามิเตอร์ของระบบการผลิตกับพารามิเตอร์ของคุณสมบัติผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ (target parameter) ได้แก่ ระดับการเกิดปฏิกิริยาและคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการเอ็กซ์ทรูชัน

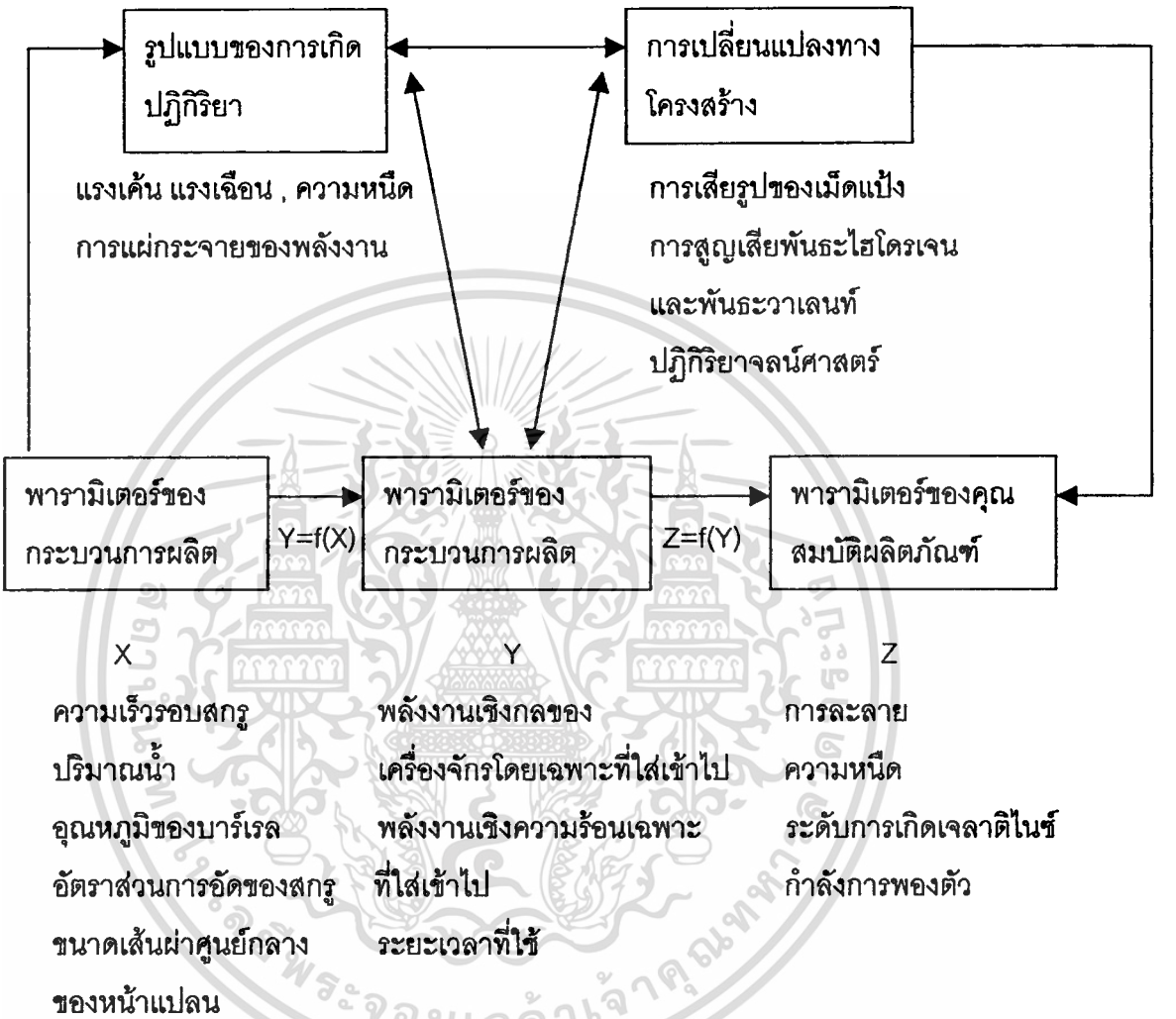
ค่าพลังงานกลจำเพาะจะมีความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ของระบบการผลิต และพารามิเตอร์ของการทำงาน ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนรูปมวลของผลิตภัณฑ์ในกระบวนการเอ็กซ์ทรูชั่น สามารถคำนวณได้จากค่าทอร์ก (torque) ซึ่งเป็นแรงต้านการบิด หรือหมุนตัวสกรูในเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์ โดยจะสัมพันธ์กับความเร็วรอบ อัตราการป้อน และความหนืดที่เกิดขึ้นของผลิตภัณฑ์ในระหว่างร่องของสกรู การเพิ่มความเร็วรอบของสกรูจะมีผลทำให้ค่าของแรงบิดลด ขณะที่ค่าของพลังงานเชิงกลของเครื่องจักรโดยเฉพาะสูง

2.5 เครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์ที่ใช้ผลิตอาหารขบเคี้ยว

เครื่องเอกซ์ทรูเดอร์ที่ใช้ผลิตอาหารขบเคี้ยวในปัจจุบัน มีจำนวนมากและหลากหลายรูปแบบ ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความสะดวกในการใช้ รวมทั้งมีประสิทธิภาพสูงสุดในการผลิต เครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์แบ่งตามจำนวนสกรูได้ 2 ประเภท คือ เครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์แบบสกรูเดี่ยว (single screw extruder) และเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์สกรูคู่ (twin screw extruder) ประกอบด้วยบาร์เรลที่มีสกรูหมุนอยู่ภายในจำนวน 1 หรือ 2 อันตามลำดับ เครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์ทั้งสองแบบนี้มีหลักการทำงานที่คล้ายคลึงกัน เครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์แบบสกรูเดี่ยวมีส่วนประกอบง่ายไม่ซับซ้อน และราคาถูก แต่มีข้อจำกัดการใช้งาน กล่าวคือ มักมีปัญหาในการส่งผ่านส่วนผสมที่มีความหนืดต่ำ ในอุตสาหกรรมอาหารมักนิยมใช้เครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์แบบสกรูคู่ เนื่องจากใช้กับวัตถุดิบได้หลายประเภท สามารถใช้กับวัตถุดิบที่มีปริมาณความชื้นต่าง ๆ (ร้อยละ 10-90) และปริมาณไขมันมาก นอกจากนั้นยัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์ที่มีประสิทธิภาพในการผสมและผลักพาวัตถุดิบเป็นอย่างดี เครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์สกรูคู่ที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหารมี 2 ชนิดคือ ชนิดที่มีสกรูหมุนไปทางเดียวกัน (co-rotating) และ ชนิดที่สกรูหมุนสวนทางกัน (counter-rotating) นอกจากนี้ตำแหน่งการเรียงตัวของสกรูทั้งสองชนิดยังแบ่งเป็นสกรูที่วางเกยกันพอดี (intermeshing) และสกรูที่ไม่เกยกัน



รูปที่ 2.1 รูปแบบจำลองการวิเคราะห์ระบบกระบวนการเอ็กซ์ทรูชั่นของแป้ง
ที่มา : Meuser และ Gimmler (1989)

(non-intermeshing) ในอุตสาหกรรมการผลิตอาหารด้วยเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์สกรูคู่ นิยมใช้เครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์สกรูคู่แบบหมุนไปทางเดียวกันและสกรูเกยกัน (co-rotating, intermeshing twin screw extruder) เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการผสม (mixing) และนวด (kneading) (Harper, 1981)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อพิจารณาชนิดของเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์ตามชนิดของผลิตภัณฑ์ที่ได้ ประชา (2537) ได้รายงานถึงเอ็กซ์ทรูเดอร์ที่ใช้ผลิตอาหารขบเคี้ยวไว้ 3 ชนิด คือ เอ็กซ์ทรูเดอร์ประเภทขึ้นรูปด้วยแรงดันสูง คอลเลต เอ็กซ์ทรูเดอร์ และเอ็กซ์ทรูเดอร์ประเภทแรงเฉือนสูง

<u>เอ็กซ์ทรูเดอร์ประเภทขึ้นรูปด้วยแรงดันสูง</u> (high-pressure forming extrude) เป็นเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์ที่เกิดแรงเฉือนต่ำ ผนังด้านในของบาร์เรลเป็นร่องตรง/เกลียวสว่าน เพื่อไม่ให้เกิดการเลื่อนไหลเกิดขึ้นที่ผนัง ส่วนที่ตัวสกรูได้รับการออกแบบให้เป็นชนิดที่มีอัตราส่วนการอัดสูง เพื่อช่วยให้เกิดความดันสูงที่บริเวณหน้าแปลน เครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์ประเภทนี้ใช้อัดวัตถุดิบที่เป็นโดผ่านหน้าแปลนให้มีขนาดและรูปร่างตามต้องการ ได้ผลิตภัณฑ์ที่ไม่สุกพอง (half-product) ต้องนำไปอบแห้ง และทำให้สุกด้วยการทอด อบหรือคั่ว

<u>คอลเลตเอ็กซ์ทรูเดอร์</u> (collet extruder) เป็นเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์ที่เกิดแรงเฉือนสูง พื้นผิวผนังบาร์เรลเป็นร่องเกลียวและร่องสกรูตื้น ความยาวของตัวสกรูต่อเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยมาก ประมาณ 3 :1 (L/D =3 :1) วัตถุดิบที่ใช้ต้องมีความชื้นและไขมันต่ำ ความร้อนเกือบทั้งหมดเกิดจากการเสียดสี (friction) ทำให้วัตถุดิบมีอุณหภูมิสูงถึง 175 องศาเซลเซียส อย่างรวดเร็ว ทำให้สตาร์ชกลายเป็นเจลและบางส่วนกลายเป็นเด็กซ์ทริน และถูกอัดผ่านรูเปิดพิเศษหน้าแปลนออกมา เนื่องจากความแตกต่างระหว่างความดันภายนอกและภายในเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์ จึงทำให้น้ำในส่วนผสมที่อยู่ในสภาวะน้ำร้อนยิ่งยวดกลายเป็นไอน้ำ และดันโครงสร้างของแข็งที่เปลี่ยนเป็นเจลให้ยืดขนาดพองตัวออกไปพร้อมกับอุณหภูมิที่ลดลง ได้ผลิตภัณฑ์ที่เรียกว่า เอ็กซ์ทรูเดต (extrudate) ในขณะเดียวกันจะถูกตัดเป็นชิ้น ๆ ด้วยใบมีด ได้ผลิตภัณฑ์ที่คงตัวเป็นทรงของผลิตภัณฑ์ที่สุกพองและกรอบ

<u>เอ็กซ์ทรูเดอร์ประเภทแรงเฉือนสูง</u> (high-shear cooking extruder) เป็นเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์ที่เกิดแรงเฉือนสูง สกรูมีหลายแบบ นอกจากนี้ยังมีการบากบนเกลียวสกรูบางส่วนเพื่อเพิ่มอัตราส่วนการอัด และอุณหภูมิ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่สุกพองตามต้องการ เครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์ชนิดนี้ถือได้ว่าเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการผลิตที่อุณหภูมิสูงและใช้เวลาสั้น (HT/ST)

Moore (1994) ได้จำแนกตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการผลิตโดยเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์ไว้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ

2.5.1 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์ที่ใช้

2.5.1.1 ความเร็วรอบสกรูอัด เป็นส่วนที่พาส่วนผสมของวัตถุดิบให้ผ่านเข้าไปในเครื่อง โดยระหว่างนั้นจะมีการบดผสมนวดให้วัตถุดิบเกิดการผสมเป็นเนื้อเดียวกัน และเกิดแรงอัด แรงเฉือน ความร้อนที่เกิดขึ้นรวมกับการใช้ความร้อนจากเครื่องทำให้เกิดการสุกของแป้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1.2 อุณหภูมิภายในเครื่อง เครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์มีการแบ่งการให้ความร้อนแก่วัตถุดิบออกเป็น 3 โซน คือ ช่วงที่หนึ่ง เป็นช่วงที่ให้ความร้อนเบื้องต้นกับส่วนผสมของวัตถุดิบ ช่วงที่สอง อุณหภูมิที่ใช้จะต้องสูงขึ้นเพื่อให้วัตถุดิบเริ่มเกิดการสุกและเกิดการเปลี่ยนสภาพ และในช่วงที่สาม อุณหภูมิที่ใช้นั้นจะต้องทำให้วัตถุดิบสุกอย่างสมบูรณ์ เนื่องจากปริมาณแป้งที่ที่เกิดเจลาติไนต์มีผลต่อการพองตัวและลักษณะของผลิตภัณฑ์

2.5.1.3 อัตราส่วนการอัดของสกรู การใช้แรงอัดสูงจะมีผลทำให้วัตถุดิบเกิดการสุกได้ง่าย และเร็วกว่าการใช้แรงอัดที่ต่ำกว่า แต่ก็มีผลเสียคือ เครื่องจักรต้องใช้กำลังเพิ่มขึ้น เนื่องจากเกิดความแตกต่างของความดันมาก

2.5.1.4 ขนาดของหน้าแปลน เป็นส่วนประกอบสุดท้ายที่ต่อจากเครื่อง เป็นส่วนตีบหรือเรียวเล็กเพื่อให้ผลิตภัณฑ์ถูกบีบหรือขับออกมา หน้าที่สำคัญคือ การกำจัดการไหลและทำให้ผลิตภัณฑ์มีรูปร่างต่าง ๆ ตามต้องการ

2.5.2 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับวัตถุดิบ

2.5.2.1 ส่วนประกอบของวัตถุดิบ ธรรมชาติและองค์ประกอบของวัตถุดิบ ได้แก่ แป้ง โปรตีน ไขมัน และความชื้น จะมีบทบาทสำคัญต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ออกมาจากเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์ โดยเฉพาะในส่วนองค์ประกอบของแป้งจะมีผลต่อการพองตัวของผลิตภัณฑ์มากที่สุด

2.5.2.2 ความชื้นของวัตถุดิบ ในกระบวนผลิตจะต้องมีการกำจัดปริมาณความชื้นในส่วนผสมของวัตถุดิบด้วย เนื่องจากปริมาณความชื้นมีผลต่ออัตราการพองตัวหรือการสุกของผลิตภัณฑ์ รวมถึงความสม่ำเสมอของผลิตภัณฑ์ รวมถึงความสม่ำเสมอของผลิตภัณฑ์ในระหว่างกระบวนการเอ็กซ์ทรูชัน

2.5.2.3 ขนาดอนุภาคของวัตถุดิบ วัตถุดิบที่ถูกป้อนเข้าสู่เครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์มีหลายรูปแบบ จากขนาดเล็กจนถึงขนาดใหญ่ ธรรมชาติและขนาดของอนุภาคของวัตถุดิบที่ป้อนมีบทบาทสำคัญในเรื่องกระบวนการผลิต และคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้ เนื่องจากอนุภาคที่เล็กกว่าจะดูดซับน้ำได้เร็วกว่าอนุภาคที่ใหญ่ จึงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอนุภาคของวัตถุดิบเป็นของไหลได้ง่ายขึ้น

2.6 ภาชนะบรรจุสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว

ภาชนะบรรจุสำหรับอาหารขบเคี้ยวต้องมีคุณสมบัติคือ ป้องกันความชื้นและออกซิเจนได้ เนื่องจากผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวมีองค์ประกอบที่เป็นน้ำมันอยู่พอสมควร ถ้าออกซิเจนซึมผ่านเข้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไปในภาชนะบรรจุได้ จะทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ และภาชนะบรรจุต้องมีความแข็งแรงพอสมควร เพื่อป้องกันการแตกหักของผลิตภัณฑ์ (Matz,1984; Sacharow and Griffin, 1980)

ภาชนะบรรจุสำหรับอาหารขบเคี้ยวควรมีออกซิเจนซึมผ่านได้น้อยกว่า 1 มิลลิลิตรต่อ 1.6 ตารางเซนติเมตร ต่อ 24 ชั่วโมง ที่ความดัน 1 บรรยากาศ อุณหภูมิ 23.9 องศาเซลเซียส 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) ภาชนะที่ใช้กับอาหารขบเคี้ยวมี 2 ประเภท ได้แก่ กล่องกระดาษซึ่งพับได้ (folding carton) ภายในบุด้วยอลูมิเนียมฟอยด์ แล้วเคลือบด้วยฟิล์มชนิดต่าง ๆหรือทำเป็นกระป๋องรูปทรงกระบอกป้องกันออกซิเจน แสง และความชื้นได้ดี ภายนอกพิมพ์ได้ ทนทานต่อการขนส่งและแรงกระแทกได้ดี วางบนชั้นจำหน่ายได้อย่างสวยงาม เปิดง่าย เก็บผลิตภัณฑ์ได้นานเป็นปี แต่ต้นทุนการผลิตเพิ่มขึ้นอีกร้อยละ 25 (Labuza, 1982) อีกประเภทหนึ่งคือภาชนะบรรจุอ่อนตัวซึ่งมีทั้งแบบขุ่นและแบบใส แบบขุ่นจะช่วยป้องกันแสงและช่วยไม่ให้เห็นส่วนที่แตกหักของผลิตภัณฑ์ได้ วัสดุที่ใช้ได้แก่ ฟิล์มเคลือบชนิดต่าง ๆ (laminated film) เช่น พีวีดีซีเคลือบกับกลาสซีน (PVDC/glassine) พีวีดีซีเคลือบกลาสซีนและโอเรียนพีพี (PVDC/glassineOPP) และถุงอลูมิเนียมฟอยด์เคลือบด้วยฟิล์มชนิดต่าง ๆ

ถุงอลูมิเนียมฟอยด์นั้นเหมาะสมกับอาหารประเภทขบเคี้ยว (Anonymous,1991; Sacharow and Griffin, 1980) นอกจากทึบแสงและปิดผนึกได้ด้วยความร้อนแล้ว เมื่อเคลือบกับฟิล์มบาง ๆ จะมีค่าการซึมผ่านของไอน้ำต่ำกว่าวัสดุชนิดอื่น ดังตารางที่ 2.5 คือมีค่า 0.002 กรัม ต่อ 100 ตารางเมตรต่อ 24 ชั่วโมงต่อมิลลิเมตร ถุงอลูมิเนียมฟอยด์ที่ดีควรหนามากกว่า 0.00035 นิ้ว ซึ่งจะมีค่ารูเล็ก ๆ (pin hole) น้อยกว่า 20 ต่อตารางฟุต ถ้ามีการเคลือบด้วยฟิล์มพลาสติกปัญหาเรื่องรูเล็ก ๆ จะหมดไป (Matz, 1984) ถุงอลูมิเนียมฟอยด์ไม่ทำปฏิกิริยากับไขมันและตัวทำละลายหลายชนิด ทนร้อนได้ถึง 176.67 องศาเซลเซียส ทนแดดได้ดี พับตามรอยพับได้ง่าย และถ้าเคลือบวัสดุชนิดอื่นจะเพิ่มความทนทานและความแข็งแรงขึ้น อลูมิเนียมฟอยด์บางที่สุดที่ใช้สำหรับทำภาชนะบรรจุควรมีความหนาอย่างน้อย 0.005 มิลลิเมตร ซึ่งยอมให้ก๊าซผ่านได้บ้าง

ถุงโพลีเอธิลีน (polyethylene, PE) เป็นภาชนะบรรจุใสที่นิยมใช้บรรจุอาหารขบเคี้ยว (Matz, 1984) มีทั้งชนิดความหนาแน่นปานกลางและสูง ความหนาของถุงที่ใช้มีตั้งแต่ 1-1.5 มิลลิเมตร ถุงชนิดที่มีความหนาแน่นสูงจะมีความหนาแน่นสูงกว่าถุงชนิดหนาแน่นปานกลางถึง 0.935 เท่า จะทนต่อการทิ่มแทงได้ดี กันไอน้ำ ไนโตรเจน และออกซิเจนได้ดี แต่กันคาร์บอนไดออกไซด์ได้ไม่ดีเท่าที่ควร (Sacharow and Griffin, 1980) เฉื่อยต่อปฏิกิริยาเคมี ราคาค่อนข้างถูก และสามารถปิดผนึกได้ด้วยความร้อน ถุงโพลีเอธิลีนที่ใช้กันมากคือ ลิเนียร์โพลีเอธิลีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่มีความหนาแน่นต่ำ (LLDPE-Linear Low Density polyethylene) และพวกที่เคลือบ เช่น โพลีเอธิลีนเคลือบกับเซลโลเพน โพลีเอธิลีนเคลือบกับโพลีโพรพิลีน

สำหรับถุงโพลีโพรพิลีน (polypropylene, PP) มีความหนาแน่น 0.9-0.91 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (Sacharow and Griffin, 1980) มีคุณสมบัติ คือทนทานต่ออุณหภูมิสูง ใช้ได้ดีกับผลิตภัณฑ์ค่อนข้างแข็งมีความต้านทานต่อแรงดึงได้สูง จึงทนทานต่อการทิ่มแทงของผลิตภัณฑ์ (Matz, 1984) กันออกซิเจนและความชื้นได้ดี ยอมให้ความชื้นผ่านได้เพียง 0.25-0.5 เท่าของโพลีเอธิลีนเท่านั้น (Sacharow and Griffin, 1980) แต่เปราะที่อุณหภูมิต่ำ มีความต้านทานการซึมผ่านของไขมันสูงกว่าโพลีเอธิลีน ไม่ทำปฏิกิริยากับกรด ไม่มีกลิ่นรส

การยืดอายุและการรักษาผลิตภัณฑ์อีกประการหนึ่ง ทำได้โดยการบรรจุภายใต้บรรยากาศของก๊าซไนโตรเจน ซึ่งจะช่วยลดความชื้นอันเป็นตัวเร่งให้เกิดความหืน ซึ่งความหืนทำให้ผลิตภัณฑ์เสื่อมคุณภาพและมีอายุการจำหน่ายสั้น ปัจจัยเหล่านี้จึงเป็นตัวกำหนดอายุของการขายปลีก การวางจำหน่ายบนชั้นจัดจำหน่ายควรป้องกันความร้อน แสงแดด และแสงไฟที่จะมาสัมผัสกับผลิตภัณฑ์ได้โดยตรง (Labuza, 1982)

การจะเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ชนิดใดมาบรรจุผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวขึ้นอยู่กับความเหมาะสม โดยที่บรรจุภัณฑ์ที่นำมาบรรจุจะต้องทำหน้าที่ต่อไปนี้ 1) สามารถลดอัตราการซึมผ่านของออกซิเจน 2) สามารถป้องกันแสง 3) สามารถลดอัตราการซึมผ่านของอากาศ 4) สามารถลดอัตราการซึมผ่านของความชื้นและ 5) สามารถป้องกันการทำลายจากแมลง (Matz, 1984)

ตารางที่ 2.5 อัตราการซึมผ่านความดันไอของฟิล์มชนิดต่าง ๆ

วัสดุ	ค่าอัตราการซึมผ่านความดันไอ (WVTR) (กรัม./100ม^2/24ชม./ความหนา 1 มิลลิเมตร)
อะลูมิเนียมฟอยด์ (0.00035 นิ้ว)	0.00-0.02
โอเรียนท์โพลีโพรพิลีน (Oriented PP, OPP)	0.20-0.40
โพลีเอธิลีนชนิดความหนาแน่นปานกลาง (MDPE)	0.70-1.00
โพลีเอธิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDPE)	1.00-2.00
อันโอเรียนท์โพลีโพรพิลีน (UPP)	0.60-0.90
โอเรียนท์โพลีโพรพิลีนที่เคลือบด้วยโพลิเมอร์	0.30-0.40
0.005 นิ้ว PE/0.00035 นิ้ว อะลูมิเนียมฟอยด์/กระดาษ	0.0032
0.001 นิ้ว PE/0.001 นิ้ว อะลูมิเนียมฟอยด์/กระดาษ	0.0032
0.001 นิ้ว PE	0.0032-0.32

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 การเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวและวิธีการป้องกัน

ผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวจะเกิดการสูญเสียคุณภาพจนผู้บริโภคไม่ยอมรับจากสาเหตุใหญ่ ๆ คือการสูญเสียความกรอบและการเหม็นหืน การสูญเสียความกรอบเนื่องจากผลิตภัณฑ์มีปริมาณความชื้นต่ำมากทำให้สามารถดูดซับความชื้นจากอากาศบริเวณข้างเคียงได้ง่าย และถ้าความชื้นเกินระดับหนึ่งแล้ว ผลิตภัณฑ์จะไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (มานะ, 2531) Quast และ Karel (1972) พบว่า เมื่อระดับวอเตอร์แอกติวิตีของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดมีค่าสูงถึง 0.4 จะมีผลให้ความกรอบของผลิตภัณฑ์ลดลงมากที่สุด Katz และ Labuza (1981) รายงานว่า ความกรอบแข็งของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจะลดลงเมื่อค่าวอเตอร์แอกติวิตีของผลิตภัณฑ์มีค่าสูงขึ้น และเมื่อค่าวอเตอร์แอกติวิตีมีค่าสูงกว่า 0.3-0.5 ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจะไม่เป็นที่ยอมรับ สอดคล้องกับการทดสอบของ Peleg (1994) พบว่า เมื่อระดับวอเตอร์แอกติวิตีของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าจากธัญพืช (breakfast cereal) เพิ่มขึ้นจนมีค่าสูงกว่า 0.28-0.55 ความกรอบแข็งของผลิตภัณฑ์ลดลง จนไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

ส่วนการเหม็นหืนเกิดขึ้นเนื่องจากในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวมีไขมันหรือน้ำมันเป็นองค์ประกอบ โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวประเภททอด Matz (1984) กล่าวว่า ไขมันจะเป็นตัวก่อให้เกิดการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ได้โดยเกิดปฏิกิริยาการเติมออกซิเจน (oxidative rancidity) และเกิดปฏิกิริยาการสลายตัว (hydrolytic rancidity) ซึ่งมีผลโดยตรงต่อกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์

การเหม็นหืนที่เกิดปฏิกิริยาการเติมออกซิเจน (oxidative rancidity) โมเลกุลของน้ำมันที่ประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวจะเกิดการเหม็นหืน เนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยที่ไฮโดรเจนตัวที่อยู่กับคาร์บอนอะตอมที่เกิดพันธะคู่ จะถูกแทนที่ด้วยพลังงานควันตัม ซึ่งได้แก่ความร้อนและแสง ทำให้เกิดอนุมูลอิสระ (free radical) จากนั้นโมเลกุลออกซิเจนจะทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระได้สารประกอบตัวใหม่ที่เรียกว่า activated peroxide และพลังงานของสารนี้สามารถแทนที่ไฮโดรเจนจากกรดไขมันตัวอื่น ๆ ทำให้ได้ไฮโดรเปอร์ออกไซด์และอนุมูลอิสระ (free radical) ปฏิกิริยานี้จะเกิดขึ้นและหมุนเวียนไปเรื่อย ๆ ไฮโดรเปอร์ออกไซด์ที่เกิดขึ้นเป็นสารไม่คงตัว จะสลายต่อไปเป็นสารประกอบคาร์บอนที่มีเส้นสายเล็ก ๆ เช่น กรดไขมัน อัลดีไฮด์ และคีโตน (ธงชัย, 2535) ปัจจัยที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาการเติมออกซิเจนมีหลายอย่าง โครงสร้างของกรดไขมันจะมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยานี้ ไขมันที่มีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวหลายจุดจะเกิดปฏิกิริยานี้ได้ง่ายกว่า

การเหม็นหืนที่เกิดจากปฏิกิริยาการสลายตัว ไลเปสจะทำให้ไขมันสลายตัวแล้วให้กรดไขมันอิสระและกลีเซอรอล กรดไขมันที่มีคาร์บอนต่อกันเป็นลูกโซ่สั้น ๆ ถูกปล่อยออกมา เช่น บิวทีริค แคพโพรอิค และแคพพริก เป็นผลให้เกิดกลิ่นและรสชาติไม่ดี ส่วนกรดไขมันอิสระที่มีคาร์บอนต่อกันเป็นโซ่ยาว จะไม่มีผลต่อรสชาติ นอกจากว่าจะเกิดปฏิกิริยาการเติมออกซิเจนร่วม และมีตัวเร่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการเปลี่ยนแปลงจากการเติมออกซิเจน การเหม็นหืนจากปฏิกิริยาการสลายตัวมักเกิดในผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้ผ่านความร้อนสูงพอ ที่จะทำลายเอนไซม์ (ศิริลักษณ์, 2522) ผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวส่วนมากจะได้รับความร้อนสูงขณะผลิต จึงช่วยให้สามารถควบคุมการเหม็นหืนจากปฏิกิริยาการสลายตัว (Labuza, 1982)

สำหรับวิธีป้องกันการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว วิธีหนึ่งที่ใช้กันคือ การใช้สารกันหืน (antioxidants) และสารเสริมสารกันหืน (synergists) สารกันหืนเป็นสารเคมีที่เติมลงไปในน้ำมันหรืออาหารที่มีไขมัน เพื่อชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ทำให้เกิดกลิ่นหืนช้าลง สารกันหืนสามารถป้องกันการเหม็นหืนได้ เนื่องจากโมเลกุลของสารกันหืนจะถูกออกซิไดซ์แทนกรดไขมันไม่อิ่มตัว และพลังงานที่ก่อให้เกิดอนุมูลอิสระหมดไป (ศิริลักษณ์, 2522) ไขมันและน้ำมันจากพืชผักจะมีปริมาณสารกันหืนในธรรมชาติต่าง ๆ กัน เช่น โทโคฟีรอล (tocopherols) อย่างไรก็ตามการเติมสารกันหืนเพิ่มเข้าไปในน้ำมันอีกก็จะช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษานานขึ้น สารกันหืนสำคัญที่ใช้ในทางการค้าได้แก่ BHA (butylated hydroxyanisole), BHT (butylated hydroxytoluene), TBHQ (tertiary butylhydroquinone), PG (propyl gallate) และ NDGA (nordihydroguairetic) ปริมาณของสารกันหืนที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ต้องไม่เกินร้อยละ 0.02 ของน้ำหนักทั้งหมดของไขมันและน้ำมันที่มีอยู่ รวมถึงไขมันที่จำเป็น (essential oils) ด้วย ซึ่งสารกันหืนที่ใช้อาจจะใช้เพียงชนิดเดียวหรือหลายอย่างรวมกันก็ได้ (Labuza, 1982)

2.8 อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว

อายุการเก็บรักษา หมายถึง ช่วงระยะเวลาของการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้ ตั้งแต่เริ่มผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ จนกระทั่งผลิตภัณฑ์นั้นอยู่ในสภาพที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับ (Labuza, 1982) ความสำคัญของการศึกษาอายุการเก็บผลิตภัณฑ์คือ ทำให้ผู้ผลิตสามารถกำหนดวันหมดอายุของผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ผู้บริโภคทราบและเป็นการประกันว่าผลิตภัณฑ์ในช่วงเวลานี้มีคุณภาพตรงกับที่แจ้งไว้ในฉลาก อายุการเก็บรักษาจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อทั้งผลิตและผู้บริโภค ทั้งในด้านความปลอดภัยของผู้บริโภค และอาจนำมาสู่ปัญหาด้านกฎหมาย ความปลอดภัย และค่าเสียหายที่ต้องจ่ายชดเชย (รุ่งนภา, 2540)

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2541) ได้กำหนดคุณภาพมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ขนมกรอบจากธัญชาติไว้ ดังนี้

1. ความชื้น ร้อยละ ไม่เกิน 4.0
2. โปรตีน (N x 6.25) ร้อยละของน้ำหนักอบแห้ง ไม่น้อยกว่า 6.0
3. ไขมัน ร้อยละของน้ำหนักอบแห้ง 30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ค่าเพอร์ออกไซด์ (peroxide value) มิลลิกรัมสมมูลเพอร์ออกไซด์ออกซิเจนต่อกิโลกรัม ไม่เกิน 30

5. เถ้า ร้อยละของน้ำหนักอบแห้ง ไม่เกิน 4.0

6. โมโนโซเดียม แอล กลูทาเมต โมโนไฮเดรต ให้ใช้ได้ในปริมาณไม่เกินร้อยละ 1

7. สารปนเปื้อนที่อาจมีอยู่ และปริมาณสูงสุดที่ยอมให้มีได้ ต้องเกินเกณฑ์ที่กำหนด

7.1 อะฟลาทอกซิน 20 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม

7.2 ตะกั่ว 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

7.3 สารหนู 20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

8. จุลินทรีย์ที่อาจมีในขนมกรอบให้เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดต่อไปนี้

8.1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องไม่เกิน 1 x 10^4 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

8.2 โคลิฟอร์ม (Coliform) โดยวิธีเอ็มพีเอ็น (MPN) ต้องน้อยกว่า 3 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม

8.3 สตาฟิโลค็อคคัส ออเรียส (Staphylococcus aureus) ต้องไม่พบในตัวอย่าง 0.1 กรัม

8.4 คลอสตริเดียม เพอร์ฟริงเจนส์ (Clostridium perfringens) ต้องไม่พบในตัวอย่าง 0.1 กรัม

8.5 ซาลโมเนลลา (Salmonella) ต้องไม่พบในตัวอย่าง 25 กรัม

8.6 รา ต้องไม่เกิน 10 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

วัตถุประสงค์ของการหาอายุการเก็บรักษาของอาหาร เพื่อรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้เหมาะสม สำหรับช่วงเวลาที่ต้องการ ภายใต้สภาวะการเก็บและการขนส่ง การเกิดอายุการเก็บรักษาที่ไม่เหมาะสม อาจนำไปสู่การไม่ยอมรับ และการร้องเรียนจากผู้บริโภค ซึ่งความไม่พอใจนี้ย่อมมีผลต่อการยอมรับและยอดขายของสินค้า วิธีการตรวจสอบอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มีหลายวิธี ดังรุ่งนภา (2540) ได้รวบรวมไว้ดังนี้

1. ตรวจสอบจากเอกสารที่การพิมพ์เผยแพร่ หรือข้อมูลภายในของบริษัท ที่รายงานผลอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน

2. พิจารณาจากช่วงเวลาเฉลี่ยที่ผลิตภัณฑ์อยู่บนชั้นขายปลีก โดยการติดตามการขาย ทำให้ประมาณอายุการเก็บได้ โดยค่านี้มิใช่อายุการเก็บที่แท้จริงของผลิตภัณฑ์ แต่เป็นอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการโดยสมมติว่า ผลิตภัณฑ์ยังคงเป็นที่ยอมรับในช่วงเวลาหนึ่ง หลังจากช่วงเวลาเฉลี่ยบนชั้นขายปลีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. สุ่มซื้อตัวอย่างผลิตภัณฑ์ จากร้านขายปลีก แล้วทำการประมาณอายุการเก็บรักษาที่เหมาะสมได้ เนื่องจากผลิตภัณฑ์อยู่ในสภาวะแวดล้อมจริงระหว่างการเก็บในโกดังและร้านค้าปลีก

4. การทดสอบอายุการเก็บโดยใช้สภาวะเร่ง (Accelerated shelf life testing) เป็นการทดลองในห้องปฏิบัติการ โดยเร่งสภาวะแวดล้อมหนึ่งที่ทราบค่า เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีการเสื่อมเสียด้วยอัตราเร็วกว่าปกติ วิธีนี้ช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายได้มาก เนื่องจากผลิตภัณฑ์บางชนิดมีอายุการเก็บนาน โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ขบเคี้ยวจากธัญชาติ และผลิตภัณฑ์พร้อมบริโภคจากธัญชาติ ที่อาจมีอายุการเก็บได้นานถึง 6-8 เดือน โดยเป็นวิธีที่คล้ายการเก็บจริง แต่เร่งสภาวะการเสื่อมเสียให้เกิดเร็วขึ้น โดยเพิ่มอุณหภูมิ หรือความชื้นสัมพัทธ์ แต่อาจได้ผลที่ไม่แน่นอน เพราะการเพิ่มอุณหภูมิ มีผลกระทบต่อปัจจัยอื่น เช่น ค่าวอเตอร์แอกติวิตี ที่อาจสูงขึ้นเมื่อเก็บที่อุณหภูมิสูง นอกจากนั้นการเก็บที่อุณหภูมิสูง อาจทำให้ไขมันในอาหารเปลี่ยนสถานะกลายเป็นของเหลว เป็นการเร่งปฏิกิริยาการเสื่อมเสียที่มากเกินกว่าเมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิต่ำกว่า เป็นต้น แต่เนื่องจากเป็นวิธีที่ทราบผลอย่างรวดเร็ว จึงนิยมใช้กันพอสมควร เทคนิคที่ใช้คือ ใช้ค่า Q_{10} มาทำนายอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิต่าง ๆ จากอัตราเร็วของปฏิกิริยา หรือจากอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ที่เก็บที่อุณหภูมิต่างกัน 10 ^{0}ซ ดังสมการ (2.1) หลักการดังกล่าวยังสามารถคำนวณอายุการเก็บที่อุณหภูมิอื่น ๆ ได้ดังสมการ (2.2) (Labuza and Schmidl, 1985)

$$Q_{10} = \frac{\text{อายุการเก็บที่อุณหภูมิ } T_1\ ^{0}\text{ซ}}{\text{อายุการเก็บที่อุณหภูมิ } T_1 + 10\ ^{0}\text{ซ}} \qquad (2.1)$$

$$Q_{10}^{\Delta/10} = \frac{\text{อายุการเก็บที่อุณหภูมิ } T_1\ ^{0}\text{ซ}}{\text{อายุการเก็บที่อุณหภูมิ } T_2\ ^{0}\text{ซ}} \qquad (2.2)$$

เมื่อ Δ = ผลต่างของอุณหภูมิ T_1 และ T_2

สำหรับผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว การเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาที่มีผลต่ออายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ การเกิดปฏิกิริยาเคมีของลิพิดที่เป็นองค์ประกอบในผลิตภัณฑ์ ทั้งปฏิกิริยาไฮโดรไลซีสที่เกิดจากเอนไซม์ และปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งเป็นปฏิกิริยาของออกซิเจน กับโมเลกุลของกรดไขมันอิสระไม่อิ่มตัว ได้ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นหืนนอกจากนั้นอนุมูลอิสระจากปฏิกิริยาดังกล่าวจะเกิดปฏิกิริยาต่อไป เช่น การสูญเสียวิตามิน การเปลี่ยนแปลงของสี และการสลายตัวของโปรตีน อัตราการเกิดปฏิกิริยาดังกล่าวขึ้นกับปัจจัยหลายประการเช่น อุณหภูมิ ปริมาณออกซิเจน และค่าวอเตอร์แอกติวิตี (Reilly and Man, 1994)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 สารอาหารที่ได้จากการบริโภคอาหารขบเคี้ยวของเด็กอเมริกัน คิดเป็นร้อยละของปริมาณที่แนะนำต่อวัน....4

2.2 องค์ประกอบทางเคมีของส่วนต่าง ๆ ของเมล็ดข้าวโพด....6

2.3 แสดงปริมาณโปรตีนที่มีอยู่ในส่วนต่าง ๆ ของข้าวโพด....7

2.4 การผลิตอาหารขบเคี้ยวด้วยกระบวนการเอ็กซ์ทรูชันด้วยวัตถุดิบชนิดต่าง ๆ....8

2.5 อัตราการซึมผ่านความดันไอของฟิล์มชนิดต่าง....17

4.1 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ ก่อนการบรรจุ....31

4.2 ค่าเฉลี่ยปริมาณความชื้น (ร้อยละ) ของผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบด รสเทอริยากิ โนริ ที่บรรจุในถุง MPET12 และถุง MPET12/CPP20 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 สัปดาห์....33

4.3 ค่าเฉลี่ยของค่าวอเตอร์แอกติวิตีของผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบด รสเทอริยากิ โนริ ที่บรรจุในถุง MPET12 และถุง MPET12/CPP20 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 สัปดาห์....37

4.4 ค่าเฉลี่ยของค่าเพอร์ออกไซด์ของผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบด รสเทอริยากิ โนริ ที่บรรจุในถุง MPET12 และถุง MPET12/CPP20 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 สัปดาห์....40

4.5 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบด รสเทอริยากิ โนริ ที่บรรจุในถุง MPET12 และถุง MPET12/CPP20 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 สัปดาห์....42

4.6 จำนวนยีสต์และราในผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบดรสเทอริยากิ โนริ ที่บรรจุในถุง MPET12 และถุง MPET12/CPP20 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 สัปดาห์....43

4.7 คะแนนเฉลี่ยของการทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบ จากข้าวโพดบดรสเทอริยากิ โนริที่บรรจุในถุง MPET12 และถุง MPET12/CPP20 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 สัปดาห์....46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.6 ภาชนะบรรจุสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว.....15
2.7 การเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวและวิธีการป้องกัน.....18
2.8 อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว.....19

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ.....25
3.1 วัตถุดิบ.....25
3.2 สารเคมี.....25
3.2.1 สารเคมีในการวิเคราะห์ค่าเพอร์ออกไซด์.....25
3.2.2 อาหารเลี้ยงเชื้อในการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์.....25
3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือ.....25
3.3.1 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์ทางเคมีและกายภาพ.....25
3.3.2 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์.....26
3.4 สถานที่ทดลอง.....26
3.5 วิธีการทดลอง.....26
3.5.1 กระบวนการผลิตขนมอบกรอบจากข้าวโพดบด.....26
3.5.2 ศึกษาสมบัติทางกายภาพ และจุลินทรีย์ของผงปรุงรส เทอริยากิ โนริ.....27
3.5.3 ศึกษาสมบัติทางกายภาพ และจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบด ภายหลังการอบ.....28
3.5.4 ศึกษาสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และจุลินทรีย์ของ ผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบด ที่ผ่านการปรุง รสก่อนนำไปบรรจุซอง.....28
3.5.5 ศึกษาปัจจัยที่มีต่อคุณภาพและอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบด รสเทอริยากิ โนริ.....28
3.5.6 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของ ผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบด รสเทอริยากิ โนริ ในระหว่างการเก็บรักษา.....29
3.5.7 การวางแผนการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ.....29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Labuza (1985) กล่าวว่า สำหรับผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว กระบวนการที่เป็นสาเหตุให้เกิด การเสื่อมเสีย 2 กระบวนการที่นำมาพิจารณาเพื่อสร้างสมการต้นแบบ คือ การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และ การดูดซับความชื้นของผลิตภัณฑ์ อย่างไรก็ตามการผลิตอาหารขบเคี้ยวด้วยกระบวนการเอ็กซ์ทรูชั่น สามารถลดการเสื่อมเสียที่เกิดระหว่างการเก็บรักษาได้ เนื่องจากเป็นการลดหรือทำลายกิจกรรมของเอนไซม์ที่เป็นสาเหตุของการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซีส เช่น เอนไซม์ลิเพส นอกจากนั้นการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนแอมิโลส-ลิพิดระหว่างการเอ็กซ์ทรูชั่น ทำให้ลิพิดที่ยึดกับโมเลกุลของสตาร์สไม่สามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ จึงช่วยยืดอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ (Dudgeon-Bollinger *et al.*, 1997)

Reilly และ Man (1994) รายงานว่า การตรวจสอบอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวทำได้โดย การตรวจสอบทางเคมี กายภาพ และประสาทสัมผัส โดยตรวจสอบอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดกรอบ โดยเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ในสภาวะที่ควบคุม ที่อุณหภูมิ 25° ซ และความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 75 เป็นเวลา 12 สัปดาห์ ใช้ผลิตภัณฑ์ที่เก็บในสภาวะแช่เยือกแข็งเป็นตัวอย่างเปรียบเทียบ การตรวจสอบทางเคมีทำได้โดยสกัดน้ำมันจากตัวอย่างมาวิเคราะห์ค่าเพอร์ออกไซด์ และกรดไขมันอิสระ ตรวจสอบปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้น ด้วยการชั่งตัวอย่างทั้งภาชนะบรรจุที่เก็บไว้ในเวลาต่าง ๆ การทดสอบทางประสาทสัมผัส ทำได้โดยการตรวจสอบลักษณะในด้านเนื้อสัมผัส กลิ่นรส และกลิ่นผิดปกติ เทียบกับตัวอย่างควบคุม โดยใช้ผู้ทดสอบ 8-10 คน และทำการตรวจสอบทุกสัปดาห์จนตัวอย่างไม่ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบ

Dornseifer และ Powers (1965) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสารระเหยได้ในผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดประเภทชิพ โดยนำมาเก็บรักษาภายใต้สภาวะต่อไปนี้ 1) 35 องศาเซลเซียส ในที่มืด 2) 60 องศาเซลเซียส ในที่มืด 3) ที่อุณหภูมิห้องและมีแสงสว่าง และ 4) ตัวอย่างควบคุมที่เก็บที่ห้องเย็นชนิดลมเป่าผ่าน (blast freezer) และนำมาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสเกี่ยวกับความหืนเป็นเวลา 5 สัปดาห์ พบว่า ชิพที่เก็บในที่มีแสงสว่างจะเกิดกลิ่นหืนใน 5 วัน ชิพที่เก็บในที่มืดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จะเกิดกลิ่นหืนภายในสัปดาห์ที่ 5 เป็นที่ทราบกันดีว่ากรดบิวทีริก (butyric acid) จะเพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษาโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่ออาหารถูกแสง Morgan (1935) กล่าวว่า การเหม็นหืนจะถูกเร่งให้เกิดขึ้นโดยแสงสีน้ำเงินและแสงที่มองไม่เห็น (invisible light) ขณะที่แสงสีเหลืองจะมีผลเล็กน้อย

ธงชัย (2535) ตรวจสอบอายุการเก็บรักษาตรวจสอบอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวกลิ่นรสเนยเคลือบคาราเมลจากแป้งถั่วลิสงไขมันต่ำ และแป้งมันสำปะหลังพรีเจล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พบว่าผลิตภัณฑ์สามารถเก็บได้นานกว่า 2 เดือน โดยที่ปริมาณความชื้น ค่าวอเตอร์แอกติวิตี และค่าเพอร์ออกไซด์ มีค่าสูงขึ้นตามเวลาที่เปลี่ยนไป จากการตรวจสอบด้านประสาทสัมผัสพบว่าผลิตภัณฑ์มีกลิ่นหืนมากขึ้นตามระยะเวลาที่เก็บ และพบว่าตัวอย่างที่เก็บในถุงอลูมิเนียมฟอยด์มีคุณภาพดีกว่าที่เก็บในถุงพลาสติกชนิดพอลิโพรพิลีน กล่าวคือตัวอย่างที่เก็บในถุงอลูมิเนียมฟอยด์มีค่าความชื้นร้อยละ 2.92-3.52 ค่าวอเตอร์แอกติวิตี 0.26 -0.30 และค่าเพอร์ออกไซด์ 2.17-10.21 มิลลิสมมูล/กิโลกรัม ซึ่งต่ำกว่าตัวอย่างที่เก็บในถุงพลาสติกชนิดพอลิโพรพิลีน ที่มีค่าความชื้นร้อยละ 3.92-4.05 ค่าวอเตอร์แอกติวิตี 0.26-0.42 และค่าเพอร์ออกไซด์ 2.17-18.92 มิลลิสมมูล/กิโลกรัม นอกจากนั้นตัวอย่างที่เก็บในถุงอลูมิเนียมฟอยด์มีคะแนนการยอมรับมากกว่าตัวอย่างที่เก็บในถุงพลาสติก ตัวอย่างที่เก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เก็บได้นานกว่า ตัวอย่างที่เก็บที่อุณหภูมิห้อง โดยตัวอย่างที่เก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีค่าความชื้นร้อยละ 2.92 -3.82 ค่าวอเตอร์แอกติวิตี 0.26-0.32 และค่าเพอร์ออกไซด์ 2.17-15.92 มิลลิสมมูล/กิโลกรัม ซึ่งต่ำกว่าตัวอย่างที่เก็บที่อุณหภูมิห้องที่มีค่าความชื้นร้อยละ 2.92-4.05 ค่าวอเตอร์แอกติวิตี 0.26 -0.42 และค่าเพอร์ออกไซด์ 2.17-18.92 มิลลิสมมูล/กิโลกรัม

ประชา (2537) ตรวจสอบอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์อาหารชบเคี้ยวแบบกรอบพองจากแป้งถั่วเขียวกลิ่นรสน้ำพริกเผาทำจากแป้งผสม (แป้งข้าวเจ้า : แป้งถั่วเขียว เท่ากับ 70 : 30) ร้อยละ 91.5 และแป้งถั่งเหลืองไขมันเต็มร้อยละ 7.5 บรรจุในถุงพลาสติก 3 ชนิด คือ OPP/PP, OPP/Metallized PP และ OPP/Metallized PET เก็บที่อุณหภูมิห้อง พบว่าเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่เก็บในถุงพลาสติกชนิด OPP/PP เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (ร้อยละ 3.25-7.36) ในขณะที่ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาในถุงพลาสติกชนิด OPP/Metallized PP (ความชื้นร้อยละ 3.25-4.45) และ OPP/Metallized PET (ความชื้นร้อยละ 3.25-4.59) มีการเปลี่ยนแปลงน้อย ค่าเพอร์ออกไซด์ของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามเวลาในการเก็บรักษา โดยค่าเพอร์ออกไซด์ของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาในถุง OPP/PP (10.85-23.63 มิลลิสมมูล/กิโลกรัม) สูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาในถุง OPP/Metallized PP (10.85-20.44 มิลลิสมมูล/กิโลกรัม) และ OPP/Metallized PET (10.85-20.06 มิลลิสมมูล/กิโลกรัม) สำหรับค่าแรงกดแตกของผลิตภัณฑ์จะเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาการเก็บนานขึ้น ตามการเพิ่มขึ้นของปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ โดยผลิตภัณฑ์ที่เก็บในถุงพลาสติกชนิด OPP/PP มีค่าแรงกดแตกมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่เก็บในถุง OPP/Metallized PP และ OPP/Metallized PET จากการประเมินผลการยอมรับทางประสาทสัมผัส ปรากฏว่าเมื่อเวลาผ่านไป 3 เดือน คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์ที่เก็บในถุง OPP/Metallized PP และ OPP/Metallized PET สูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่เก็บในถุง OPP/PP และใกล้เคียงกับคะแนนเมื่อเริ่มต้นการเก็บรักษา จากผลการตรวจสอบดังกล่าวแสดงว่าผลิตภัณฑ์สามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เก็บได้นานกว่า 3 เดือน โดยถุงพลาสติกชนิด OPP/Metallized PP และ OPP/Metallized PET สามารถเก็บผลิตภัณฑ์ได้ดีกว่าถุงพลาสติกชนิด OPP/PP

Dudgeon-Bollinger และคณะ (1997) ตรวจสอบอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ขบเคี้ยวจากแป้งข้าวบาร์เลย์ โดยเก็บในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 สัปดาห์ ซึ่งเท่ากับการเก็บที่อุณหภูมิห้อง (23 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 1 ปี นำตัวอย่างมาตรวจสอบสมบัติทางเคมีและประสาทสัมผัสทุก 2 สัปดาห์ เทียบกับตัวอย่างควบคุมที่เก็บที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาการเก็บมากขึ้น ค่ากรดไขมันอิสระมีค่าสูงขึ้นโดยเฉพาะสัปดาห์ที่2-8 และปริมาณสารประกอบมาลอนไดแอลดีไฮด์ (malondiandehyde) ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์จากการสลายตัวของกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัว มีค่าสูงขึ้นตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0-8 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสเทียบกับตัวอย่างควบคุม พบว่า สัปดาห์ที่ 12 ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นหืน และสูญเสียความกรอบ จากผลการตรวจสอบทางเคมีและประสาทสัมผัส ดังกล่าว ทำให้สามารถประเมินอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ได้ประมาณ 10-12 เดือน

สมชัย (2543) ตรวจสอบอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวเมล็ดข้าวโพดหวานอบกรอบ โดยการทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่สภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส เทียบกับผลิตภัณฑ์ชุดควบคุมที่เก็บที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส พบว่าผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีคะแนนการยอมรับที่แตกต่างจากคะแนนที่ได้จากผลิตภัณฑ์ชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งถือเป็นการสิ้นสุดของอายุการเก็บรักษา เมื่อเวลาผ่านไป 49 วัน และ 14 วัน สำหรับผลิตภัณฑ์ที่เก็บที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบโดยใช้ค่า Q_{10} สามารถประมาณค่าอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสได้ 171.5 วัน

ในทำนองเดียวกับ ภัททรานี (2544) ซึ่งได้ตรวจสอบอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวจากปลายข้าวหอมมะลิ ถั่วลิสง และปลากระตัก ที่เก็บรักษาในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส ปรากฏว่า เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เป็นเวลา 49 และ 35 วัน ผลิตภัณฑ์ที่เก็บที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส มีคะแนนความหืนแตกต่างจากคะแนนความหืนของผลิตภัณฑ์เมื่อเริ่มเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งถือเป็นการสิ้นสุดของอายุการเก็บรักษา เมื่อเปรียบเทียบโดยใช้ค่า Q_{10} สามารถประมาณค่าอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 25 และ 30 องศาเซลเซียสได้ 68 และ 58 วัน ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบด รสเทอริยากิ โนริ ตราคร็อกโค ของบริษัทแปซิฟิค สแน็คส์ จำกัด 39/55 หมู่ 2 นิคมอุตสาหกรรมสมุทรสาคร จังหวัด สมุทรสาคร

3.2 สารเคมี

3.2.1 สารเคมีในการวิเคราะห์ค่าเพอร์ออกไซด์

- คลอโรฟอร์ม ($CHCl_3$)
- กรดอะซิติกเข้มข้น (CH_3COOH)
- โปรแตสเซียมไอโอไดด์ (KI)
- โซเดียมไทโอซัลเฟต ($Na_2S_2O_3.5H_2O$)
- โซเดียมซัลเฟต (Na_2SO_4)
- เมธานอล (CH_3OH)

3.2.2 อาหารเลี้ยงเชื้อในการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์

- Peptone 0.1%
- Plate Count Agar (PCA)
- Potato Dextrose Agar (PDA)

3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือ

3.3.1 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์ทางเคมีและกายภาพ

- เครื่องวัดความชื้น	Sartorius MA 30	Germany
- เครื่องชั่งไฟฟ้า 2 ตำแหน่ง	Mettler, Dragon 3002	Switzerland
- เครื่องวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี	Thermoconstanter novasiana RS 232,	Switzerland
- เครื่องบดไฟฟ้า	National	Taiwan
- อ่างควบคุมอุณหภูมิ	Memmert	Germany

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์

- หม้อนึ่งความดัน (Autoclave)	Tomy SS - 245	Japan
- ตู้บ่มเชื้อ (Incubator)	Memmert	Germany
- เครื่องตีป่น (Stomacher)		France
- เครื่องเขย่า (Shaker)	Vortex Genie	U.S.A.

3.4 สถานที่ทดลอง

ห้องปฏิบัติการสุขาภิบาลอาหาร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ บริษัทแปซิฟิค สแน็คส์ จำกัด 39/55 หมู่ 2 นิคมอุตสาหกรรมสมุทรสาคร จังหวัดสมุทรสาคร

3.5 วิธีการทดลอง

3.5.1 กระบวนการผลิตขนมอบกรอบจากข้าวโพดบด

กระบวนการผลิตของขนมอบกรอบจากข้าวโพดบด รสเทอริยากิ โนริ แสดงในรูปที่ 3.1 ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

1) การผสม (Mixing)

2) เอ็กซ์ทรูด (Extrude)

3) การอบ (Drying) ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เวลา 4 นาที

4) การเคลือบ (Coating) ซึ่งประกอบด้วย

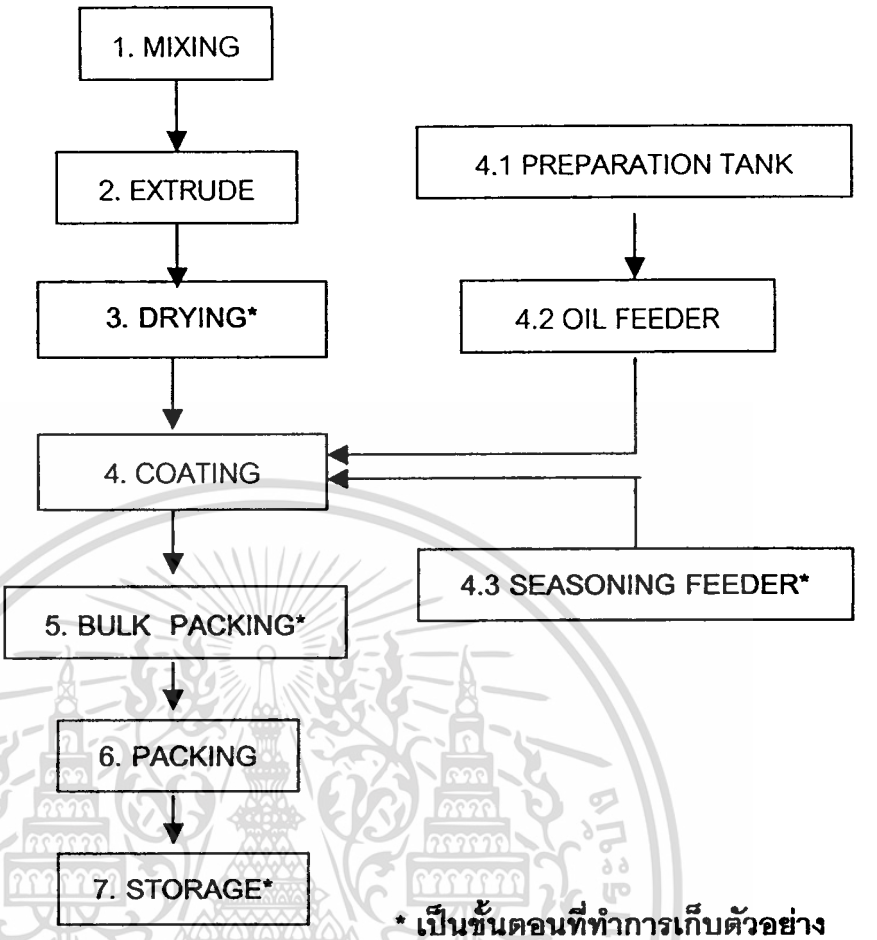
- ถังเตรียมน้ำมัน (Preparation tank)
- การเคลือบน้ำมัน (Oil feeder) จากถังเตรียมผ่านเครื่องพ่น (Feeder) โดยการพ่นฝอย เคลือบลงบนขนม ที่หมุนอยู่ในเครื่องเคลือบ (Coating drum)
- การเคลือบผงปรุงรส (Seasoning feeder) ผ่านเครื่องพ่น (Feeder) โดยการพ่นฝอย เคลือบลงบนขนม ที่หมุนอยู่ในเครื่องเคลือบ (Coating drum)

5) การบรรจุรวม (Bulk packing) ผลิตภัณฑ์ที่เคลือบปรุงรสแล้วจะผ่านออกมาสู่ภาชนะที่เป็นถุงพลาสติก เพื่อรอการนำไปบรรจุถุงตามน้ำหนักที่ต้องการ

6) การบรรจุ (Packing) นำผลิตภัณฑ์มาบรรจุด้วยเครื่องบรรจุ ตามน้ำหนักที่ต้องการ

7) การเก็บรักษา (Storage) ผลิตภัณฑ์จะเก็บรักษาในคลังสินค้า เพื่อรอจัดส่งต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 แสดงกระบวนการผลิตขนมอบกรอบจากข้าวโพดบด รสเทอริยากิ โนริ

3.5.2 **ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ และจุลินทรีย์ของผงปรุงรสเทอริยากิ โนริ**

ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างผงปรุงรสเทอริยากิ โนริ ที่อยู่ภายในเครื่อง Seasoning Feeder ในขั้นตอนที่ 4.3 ข้อ 3.5.1 จำนวน 3 ซ้ำ นำมาตรวจวิเคราะห์

- ปริมาณความชื้น ด้วยเครื่องวัดความชื้น (Sartorius MA 30) ดังแสดงในภาคผนวก ข
- จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Bacterial Count) ยีสต์และรา ตามวิธี AOAC (1995) ดังแสดงในภาคผนวก ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.3 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ และจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบด ภายหลังการอบ

ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบด ภายหลังการอบที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เวลา 4 นาที ในขั้นตอนที่ 3 ของข้อ 3.5.1 ก่อนการเคลือบผงปรุงรส จำนวน 3 ซ้ำ นำมาตรวจวิเคราะห์

- ปริมาณความชื้น ด้วยเครื่องวัดความชื้น (Sartorius MA 30) ดังแสดงในภาคผนวก ข
- จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Bacterial Count) ยีสต์และรา ตามวิธี AOAC (1995) ดังแสดงในภาคผนวก ง

3.5.4 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบด ที่ผ่านการปรุงรสก่อนนำไปบรรจุซอง

ทำการสุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์สุดท้ายของขนมอบกรอบจากข้าวโพดบด รสเทอริยากิ โนริ ในขั้นตอนที่ 5 ข้อ 3.5.1 ซึ่งเป็นขั้นตอนก่อนการบรรจุซอง (Bulk Packing) จำนวน 3 ซ้ำ นำมาตรวจวิเคราะห์

- ปริมาณความชื้น ด้วยเครื่องวัดความชื้น (Sartorius MA 30) ดังแสดงในภาคผนวก ข
- ค่าวอเตอร์แอกติวิตี (Water Activity) ด้วยเครื่องวัดวอเตอร์แอกติวิตี (Thermoconstanter novasiana RS 232) ดังแสดงในภาคผนวก ข
- ค่าเพอร์ออกไซด์ (Peroxide Value) ตามวิธี AOAC (1995) ดังแสดงในภาคผนวก ค
- จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Bacterial Count) ยีสต์และรา ตามวิธี AOAC (1995) ดังแสดงในภาคผนวก ง

3.5.5 ศึกษาปัจจัยที่มีต่อคุณภาพและอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบด รสเทอริยากิ โนริ

นำผลิตภัณฑ์สุดท้ายของขนมอบกรอบจากข้าวโพดบด รสเทอริยากิ โนริ จากขั้นตอนที่ 5 ข้อ 3.5.1 มาแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 : บรรจุในถุงเมทัลไลซ์ที่เคลือบลามิเนตด้วยพลาสติกพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต หนา 12 ไมครอน (MPET12)

กลุ่มที่ 2 : บรรจุในถุงเมทัลไลซ์ที่เคลือบลามิเนตด้วยพลาสติก 2 ชนิดคือ พอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลตหนา 12 ไมครอน (PET) และพอลิโพรพิลีนหนา 20 ไมครอน (PP) (MPET12/CPP20)

นำตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่มการทดลองเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 สัปดาห์ และสุ่มตัวอย่างมาตรวจวิเคราะห์ในสัปดาห์ที่ 0, 4, 8, 12, 14, 16, 18 และ 20 สัปดาห์ ดังนี้

- ปริมาณความชื้น ด้วยเครื่องวัดความชื้น (Sartorius MA 30) ดังแสดงในภาคผนวก ข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ค่าวอเตอร์แอกติวิตี (Water Activity) ด้วยเครื่องวัดวอเตอร์แอกติวิตี (Thermoconstanter novasiana RS 232) ดังแสดงในภาคผนวก ข
- ค่าเพอร์ออกไซด์ (Peroxide Value) ตามวิธี AOAC (1995) ดังแสดงในภาคผนวก ค
- จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Bacterial Count) ยีสต์และรา ตามวิธี AOAC (1995) ดังแสดงในภาคผนวก ง

3.5.6 **ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบด รสเทอริยากิ โนริ ในระหว่างการเก็บรักษา**

นำผลิตภัณฑ์จาก 2 กลุ่มการทดลองในข้อ 3.5.5 ภายหลังการเก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 20 สัปดาห์ มาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเชิงปริมาณ (Quantitative Descriptive Analysis: QDA) (เพ็ญชวัญ, 2536) โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝน 10 คน ให้คะแนนความเข้มในด้านต่าง ๆ คือด้านสี กลิ่นหืน กลิ่นเทอริยากิ โนริ กลิ่นรสเทอริยากิ โนริ และความกรอบ โดยทำเครื่องหมายลงบนเส้นตรงยาว 15 เซนติเมตร ที่บริเวณห่างจากปลายทั้งสองข้างด้านละ 1 เซนติเมตร จะกำหนดระดับความเข้มของแต่ละลักษณะไว้ดังนี้ สี (สีเหลืองอ่อน – สีเหลืองเข้ม) กลิ่นหืน (กลิ่นอ่อนมาก – กลิ่นแรงมาก) กลิ่นเทอริยากิ โนริ (กลิ่นอ่อนมาก – กลิ่นเข้มมาก) กลิ่นรสเทอริยากิ โนริ (กลิ่นรสอ่อนมาก – กลิ่นรสเข้มมาก) และความกรอบ (กรอบน้อย/เหนียว – กรอบมาก) ดังแบบทดสอบประสาทสัมผัส ในภาคผนวก ก

ตรวจสอบการยอมรับโดยรวมผลิตภัณฑ์ กับตัวอย่างควบคุม (acceptance test) โดยใช้สเกลการยอมรับแบบ Hedonic Scale 9-point ดังแสดงในภาคผนวก ก กับผู้ชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 20 คน (Lawless and Heymann, 1998) โดยเน้นปัจจัยสำคัญซึ่งน่าจะมีการเปลี่ยนแปลงเมื่ออายุการเก็บเพิ่มขึ้น ปัจจัยเหล่านั้นได้แก่ ลักษณะปรากฏทั่วไป สี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส โดยเสนอตัวอย่างที่เก็บรักษาพร้อมตัวอย่างควบคุม โดยในกลุ่มของตัวอย่างจะมีตัวอย่างควบคุมเป็นตัวอย่างในการทดสอบทุกครั้งที่ทำการตรวจสอบ พร้อมใบบันทึกผล

3.5.7 **การวางแผนการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ**

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Complete Randomized Design; CRD) และวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยตามวิธีของดันแคน (Duncan's new multiple range test) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป (SPSS Analysis of Variance) Version 11.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design; RCBD) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยตามวิธีดันแคน (Duncan's new multiple range test) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป (SPSS Analysis of Variance) Version 11.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของผงปรุงรสเทอริยากิ โนริ ผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบดภายหลังการอบ และผลิตภัณฑ์สุดท้ายก่อนการบรรจุ

จากการสุ่มตัวอย่างของผงปรุงรสเทอริยากิ โนริในเครื่อง Seasoning Feeder ผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบดภายหลังการอบ และผลิตภัณฑ์สุดท้ายก่อนการบรรจุ มาตรวจวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น ค่าวอเตอร์แอกติวิตี ค่าเพอร์ออกไซด์ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา ผลแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ก่อนการบรรจุ

ค่าที่ตรวจสอบ	ผงปรุงรสเทอริยากิ โนริ	ผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบดภายหลังการอบ	ผลิตภัณฑ์สุดท้ายก่อนการบรรจุ
ค่าความชื้น (ร้อยละ)	1.23	2.30	1.72
ค่าวอเตอร์แอกติวิตี (a_w)	-	-	0.50
ค่าเพอร์ออกไซด์ (PV) (มิลลิสมมูล/กิโลกรัม)	-	-	4.85
จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนี/กรัม)	2.8×10^2	28	75
ปริมาณยีสต์และรา (โคโลนี/กรัม)	<10	ไม่พบ	ไม่พบ

จากผลการทดลอง พบว่า ผงปรุงรสเทอริยากิ โนริ, ผลิตภัณฑ์ภายหลังการอบ และผลิตภัณฑ์สุดท้ายก่อนการบรรจุ มีปริมาณความชื้นร้อยละ 1.23, 2.30 และ 1.72 ตามลำดับ จะเห็นว่าปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ภายหลังการอบมีค่าสูงกว่าปริมาณความชื้นของผงปรุงรสเทอริยากิ โนริ และปริมาณความชื้นจะลดลงอีกครั้งในผลิตภัณฑ์สุดท้าย แสดงว่าในระหว่างการเคลือบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปรุงรสมีการถ่ายเทความชื้นของผงปรุงรสและผลิตภัณฑ์ภายหลังการอบ จึงทำให้ในผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีปริมาณความชื้นลดลง

ในการตรวจสอบคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของผงปรุงรสเทอริยากิ โนริ พบว่ามีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด 2.8 $x10^2$ โคโลนี/กรัม ปริมาณยีสต์และราน้อยกว่า 10 โคโลนี/กรัม สำหรับผลิตภัณฑ์ภายหลังการอบ และผลิตภัณฑ์สุดท้ายก่อนการบรรจุ มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด 28 โคโลนี/กรัม และ 75 โคโลนี/กรัม ตามลำดับ ไม่พบ ยีสต์และราทั้ง 2 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ในผลิตภัณฑ์สุดท้าย พบว่ามีค่าวอเตอร์แอกติวิตี 0.50 และค่าเพอร์ออกไซด์ 4.85 มิลลิสมมูล/กิโลกรัม ซึ่งค่าทั้งหมดที่ทำการทดสอบ เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมขนมกรอบจากธัญชาติ (มอก.1534-2541) ที่กำหนดความชื้น ร้อยละ ไม่เกิน 4.0, ค่าเพอร์ออกไซด์ (peroxide value) มิลลิกรัมสมมูลเพอร์ออกไซด์ออกซิเจนต่อกิโลกรัม ไม่เกิน 30, จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องไม่เกิน 1.0 $x10^4$ โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม รวมทั้งปริมาณยีสต์และรา ต้องไม่เกิน 10 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนด แสดงว่าผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบดเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้มาตรฐาน

4.2 ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพและอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบด รสเทอริยากิ โนริ

ผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบดรสเทอริยากิ โนริ ถูกแบ่งเป็น 2 กลุ่ม โดยผลิตภัณฑ์กลุ่มที่ 1 บรรจุในถุงเมทัลไลซ์ที่เคลือบลามิเนตด้วยพลาสติกพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลตหนา 12 ไมครอน (MPET12) และผลิตภัณฑ์กลุ่มที่ 2 บรรจุในถุงเมทัลไลซ์ที่ลามิเนตด้วยพลาสติก 2 ชนิด คือ พอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลตหนา 12 ไมครอน (PET) และพอลิโพรพิลีนหนา 20 ไมครอน (PP) (MPET12/CPP20) โดยบรรจุ 20 กรัมต่อถุง เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 สัปดาห์ โดยสุ่มตัวอย่างมาตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ ดังนี้

4.2.1 ความชื้น

ความชื้นของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา แสดงดังตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.1 พบว่า ผลิตภัณฑ์ก่อนการบรรจุของ มีค่าความชื้นร้อยละ 1.70 และภายหลังการเก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 8 สัปดาห์ ค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์จะเพิ่มขึ้นจากที่เริ่มเก็บรักษาคือเพิ่มเป็นร้อยละ 2.40 และ 2.36 ของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่เก็บในถุง MPET12 และตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่เก็บในถุง MPET12/CPP20 ตามลำดับ และค่าความชื้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ตามระยะเวลาการเก็บที่ โดยการเปลี่ยนแปลงความชื้นของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวที่เกิดขึ้นมีปัจจัยการเกิดหลายประการได้แก่ ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิในการเก็บ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบดรสเทอริยากิโนริ ที่บรรจุในถุง MPET12 และในถุง MPET12/CPP20 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 สัปดาห์

เวลา (สัปดาห์)	ความชื้น (ร้อยละ) ชนิดบรรจุภัณฑ์	
	MPET12	MPET12/CPP20
0[ns]	1.70±0.04	1.70±0.04
4[ns]	2.03±0.15	2.01±0.07
8[ns]	2.40±0.04	2.36±0.05
12[ns]	3.00±0.15	2.79±0.02
14[ns]	3.18±0.08	3.00±0.10
16[ns]	3.32±0.04	3.21±0.01
18[ns]	3.40±0.03	3.27±0.11
20[ns]	3.47±0.10	3.39±0.01

หมายเหตุ: ns หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ในระหว่างกลุ่มการทดลอง

รักษา คุณสมบัติของภาชนะบรรจุ รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงภายในโครงสร้างของผลิตภัณฑ์เอง ปัจจัยดังกล่าวมีความสัมพันธ์กัน และส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความชื้นของผลิตภัณฑ์ร่วมกัน การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิและความชื้นสูง สามารถอธิบายในรูปแบบของเทอร์โมไดนามิกได้ว่า การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิสูง โดยเฉพาะอุณหภูมิที่สูงกว่าระดับ Tg (glass transition temperature) ของฟิล์มที่ใช้เป็นบรรจุภัณฑ์ พอลิเมอร์ที่เป็นโครงสร้างภายในของฟิล์มจะทำให้ความสามารถในการซึมผ่านของสาร ซึ่งรวมถึงไอน้ำมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย (Brown, 1993) ผลจากการทดลองภายหลังการเก็บผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบด เป็นระยะเวลา 20 สัปดาห์ โดยผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงพลาสติก MPET12/CPP20 มีการเปลี่ยนแปลงความชื้นเมื่อเริ่มเก็บรักษาจากร้อยละ 1.70 เป็น 3.39 ต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงพลาสติก MPET12 ที่มีการเปลี่ยนแปลงความชื้นจากร้อยละ 1.70 เป็น 3.47 อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนแปลงความชื้นของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 กลุ่มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความ

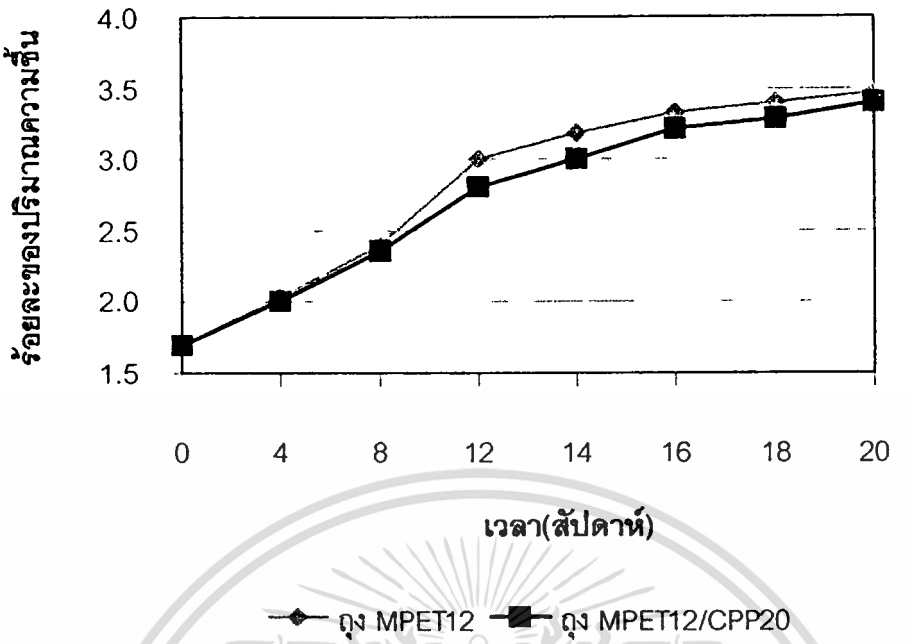
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เชื่อมั่นร้อยละ 95 และตลอดระยะเวลาการเก็บผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบดที่บรรจุในถุง MPET12 และผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง MPET12/CPP20 มีปริมาณความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 3.50 ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Reilly และ Man (1994) ที่กล่าวว่าปริมาณการเปลี่ยนแปลงความชื้นของผลิตภัณฑ์เป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่งที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว เนื่องจาก ความชื้นของผลิตภัณฑ์มีผลโดยตรงต่อเนื้อสัมผัสและปฏิกิริยาเคมีที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว โดยจะสูญเสียคุณลักษณะด้านความกรอบ เมื่อมีความชื้นมากกว่าร้อยละ 3.50 และจากผลการทดลองค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 กลุ่มมีค่าไม่เกินจากร้อยละ 3.50 นั้นแสดงให้เห็นว่าบรรจุภัณฑ์ทั้ง 2 ชนิด เหมาะสำหรับใช้เป็นภาชนะบรรจุผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบด ทั้งนี้เนื่องจากถุงเมทัลไลซ์ที่เคลือบลามิเนตด้วยพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (MPET12) ที่ใช้เป็นบรรจุภัณฑ์มีคุณสมบัติในการป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำเป็นอย่างดีที่อุณหภูมิห้อง โดยค่าการซึมผ่านของไอน้ำที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส ที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 95 มีค่าต่ำ (0.32-0.60 กรัม/มิลลิลิตร/ตารางเมตร/วัน) และถุงเมทัลไลซ์ที่เคลือบลามิเนตด้วยพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (PET) และ พอลิ-โพรพิลีน (PP) (MPET12/CPP20) มีค่าการซึมผ่านของความดันไอเท่ากับ 0.05-0.13 และ 0.37 กรัม/ตารางเซนติเมตร/วัน/ความดัน 1บรรยากาศ (รุ่งนภา, 2540)

Sacharow และ Griffin (1980) กล่าวว่า ภาชนะบรรจุสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวควรมีออกซิเจนซึมผ่านได้น้อยกว่า 1 มิลลิลิตรต่อ 1.6 ตารางเซนติเมตรต่อ 24 ชั่วโมง ที่ความดัน 1 บรรยากาศ อุณหภูมิ 23.9 องศาเซลเซียส และมีค่าอัตราการซึมผ่านของความดันไอ (water vapor transmission rate, WVTR) ต่ำกว่า 0.4 กรัมต่อ 1.6 ตารางเซนติเมตรต่อ 24 ชั่วโมง ที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 95 อุณหภูมิ 37.7 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ต้องมีคุณสมบัติที่สามารถป้องกันความชื้น ออกซิเจนได้ ถ้าออกซิเจนซึมผ่านได้ดีจะเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของผลิตภัณฑ์มีน้ำมันเป็นส่วนประกอบ นอกจากนี้ยังต้องมีคุณสมบัติในการป้องกันการซึมออกของไขมันนอกภาชนะซึ่งจะทำให้เกิดการหืนเมื่อสัมผัสกับอากาศ และส่งผลต่อไปยังผลิตภัณฑ์

นอกจากนี้ควรพิจารณาถึงความชื้นและอุณหภูมิในขณะที่มีการขนส่ง หรือกระจายสินค้าโดยรถขนส่งสินค้าควรมีวัสดุกันความร้อนและระบายอากาศได้ดี และควรมีการควบคุมอุณหภูมิของรถในการขนส่งระยะทางไกล ในคลังสินค้าควรจะพิจารณาการหมุนเวียนของสินค้าร่วมกับการควบคุมอุณหภูมิ และการจำหน่ายสินค้าบนชั้นวางสินค้า ควรหลีกเลี่ยงพื้นที่ที่ร้อน และที่มีแสงแดด เนื่องจากทั้ง 2 สิ่งนี้จะเป็นตัวเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันหรือน้ำมันเป็นองค์ประกอบ (Labuza,1982)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้น (ร้อยละ) ของผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบด รสเทอริยากิ โนริ ที่บรรจุในบรรจุในถุง MPET12 และถุง MPET12/CPP20 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 20 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 **ค่าวอเตอร์แอกติวิตี** (a_w)

ค่าวอเตอร์แอกติวิตีของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบด แสดงดังตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.2 ผลการทดลองพบว่าผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 กลุ่ม มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของค่าวอเตอร์แอกติวิตีอย่างช้า ๆ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบค่าความชื้น เนื่องจากค่าวอเตอร์แอกติวิตีสัมพันธ์กับความชื้นในอาหาร (moisture content) ซึ่งอธิบายได้ด้วยเส้นวอเตอร์ซอฟชัน ไอโซเทอร์ม (Water Sorption Isotherm) จึงทำให้ทราบถึงปริมาณน้ำที่องค์ประกอบหนึ่ง ๆ ดูดซับไว้เมื่ออยู่ในสมดุล ทั้งนี้ค่า a_w ของอาหารจะไม่คงที่เนื่องจากในบรรยากาศมีการเปลี่ยนแปลงของความชื้นอยู่ตลอดเวลา ซึ่งขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศ ดังนั้นการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารในบรรจุภัณฑ์จะช่วยป้องกันการถ่ายเทความชื้นได้ (สุมณฑา, 2545) ผลจากการทดลองภายหลังการเก็บผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบด เป็นระยะเวลา 20 สัปดาห์ ผลิตภัณฑ์มีการเปลี่ยนแปลงค่าวอเตอร์แอกติวิตีเพียงเล็กน้อย จากเมื่อเริ่มเก็บรักษาคือ 0.50 เป็น 0.62 และจาก 0.50 เป็น 0.57 ของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง MPET12 และผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง MPET12/CPP20 ตามลำดับ ซึ่งค่าวอเตอร์แอกติวิตี (0.50-0.62) ที่ระดับนี้จุลินทรีย์ไม่สามารถนำไปใช้สำหรับการเจริญเติบโตได้ เนื่องจากจุลินทรีย์กลุ่มที่ทำให้เกิดอาหารเน่าเสียจะสามารถเจริญได้ดีเมื่อผลิตภัณฑ์มีค่าวอเตอร์แอกติวิตีอยู่ระหว่าง 0.80-0.90 (สุมณฑา, 2545)

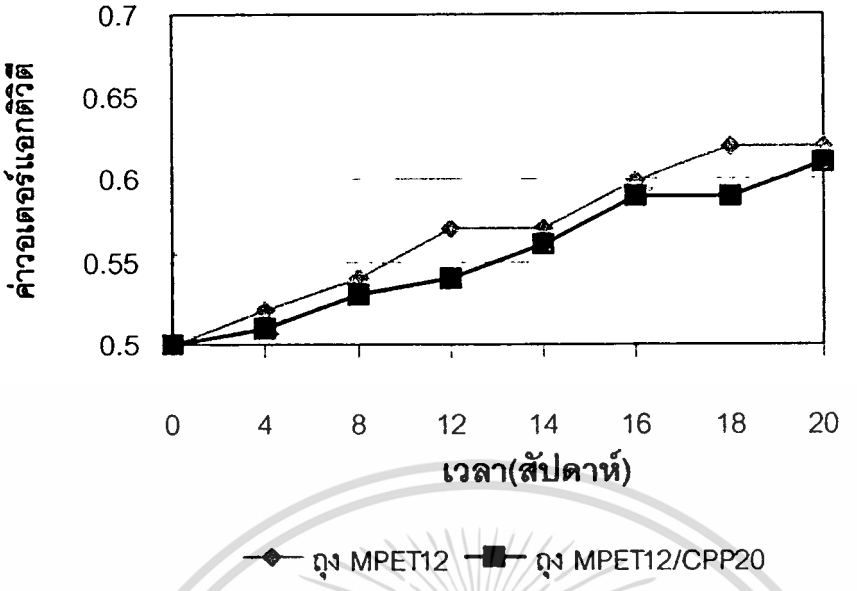
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ค่าเฉลี่ยของค่าวอเตอร์แอกติวิตีในผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบด รสเทอริยากิ โนริ ที่บรรจุในถุง MPET12 และในถุง MPET12/CPP20 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 สัปดาห์

เวลา (สัปดาห์)	ค่าวอเตอร์แอกติวิตี ชนิดบรรจุภัณฑ์	
	MPET12	MPET12/CPP20
0 ns	0.50±0.01	0.50±0.01
4 ns	0.52±0.02	0.51±0.01
8 ns	0.54±0.01	0.53±0.01
12 ns	0.57±0.02	0.54±0.02
14 ns	0.57±0.03	0.55±0.03
16 ns	0.60±0.02	0.56±0.01
18 ns	0.62±0.01	0.56±0.01
20 ns	0.62±0.02	0.57±0.01

หมายเหตุ: ns หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ในระหว่างกลุ่มการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 ค่าวอเตอร์แอกติวิตีของผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบด รสเทอริยากิ โนริ ที่บรรจุในถุง MPET12 และในถุง MPET12/CPP20 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 **ค่าเพอร์ออกไซด์**

ค่าเพอร์ออกไซด์ของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบด รสเทอริยากิ โนริ ทั้ง 2 กลุ่ม ภายหลังเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 สัปดาห์ แสดงดังตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.3 โดยค่าเพอร์ออกไซด์ของตัวอย่างผลิตภัณฑ์เมื่อเริ่มเก็บรักษามีค่า 5.25 มิลลิสมมูล/กิโลกรัม และเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยที่ระยะเวลาการเก็บ 4 สัปดาห์ คือเพิ่มขึ้นเป็น 6.01 และ 5.40 มิลลิสมมูล/กิโลกรัม ของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง MPET12 และผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง MPET12/CPP20 ตามลำดับ และมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น จนถึงสัปดาห์ที่18 ค่าเพอร์ออกไซด์ของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง MPET12 เพิ่มเป็น 20.72 มิลลิสมมูล/กิโลกรัม ในขณะที่ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง MPET12/CPP20 มีค่าเพอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้นเป็น 17.95 มิลลิสมมูล/กิโลกรัม ซึ่งน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง MPET12 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งค่าเพอร์ออกไซด์ของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง MPET12 ที่มีค่าสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง MPET12/CPP20 นั้นอาจมีผลจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภายในของผลิตภัณฑ์ ส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ และความไม่สม่ำเสมอในระหว่างการเคลือบปรุงรส แต่เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการเก็บที่ 20 สัปดาห์ ค่าเพอร์ออกไซด์ของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง MPET12 และผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง MPET12/CPP20 มีค่า 21.93 และ 21.10 มิลลิสมมูล/กิโลกรัม ตามลำดับ โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับ Pearson (1976) ที่กล่าวว่า ค่าเพอร์ออกไซด์เป็นค่าที่บอกถึงปริมาณสารประกอบเพอร์ออกไซด์ที่มีอยู่ในน้ำมัน ซึ่งในช่วงการเก็บระยะแรก ๆ ค่าเพอร์ออกไซด์จะต่ำและค่อย ๆ เพิ่มขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป อัตราการเพิ่มจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ระยะเวลา ชนิดของน้ำมัน และอุณหภูมิ ถึงแม้ว่าสารประกอบเพอร์ออกไซด์ไม่ก่อให้เกิดกลิ่นหืนโดยตรง แต่จะเป็นค่าที่แสดงถึงการเสื่อมเสียของน้ำมันที่เกิดขึ้น

ซึ่งวงจรการเปลี่ยนแปลงของค่าเพอร์ออกไซด์จากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันสามารถแบ่งได้ 3 ระยะ ดังนี้

ระยะแรก (induction period) ค่าเพอร์ออกไซด์จะค่อย ๆ เพิ่มขึ้น คุณภาพของผลิตภัณฑ์ยังอยู่ในระดับที่ยังยอมรับได้ ไม่แตกต่างจากสภาวะเริ่มต้นมากนัก

ระยะที่สอง (oxidation period) เป็นระยะที่ค่าเพอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และทำให้ผลิตภัณฑ์เริ่มมีกลิ่นหืน

ระยะที่สาม (terminal period) ในระยะนี้ค่าเพอร์ออกไซด์จะลดลงเนื่องจากในระยะนี้จะมีอนุมูลอิสระเพิ่มมากขึ้นด้วยนอกเหนือจากค่าเพอร์ออกไซด์ที่เกิดขึ้นในระยะก่อนหน้านี้ ซึ่งอนุมูลอิสระเหล่านี้จะทำปฏิกิริยากันเอง ทำให้ปฏิกิริยาออกซิเดชันดำเนินไปอย่างช้าลง มีผลทำให้ค่าเพอร์ออกไซด์ลดลงเช่นกัน (Jan,1987)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างไรก็ตาม ค่าเพอร์ออกไซด์ที่ระยะเวลาการเก็บ 20 สัปดาห์ ของผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 กลุ่ม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 นั้นแสดงว่าบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ทั้ง 2 ชนิดมีคุณสมบัติในการป้องกันความชื้นและออกซิเจนได้ เนื่องจากในผลิตภัณฑ์มีน้ำมันเป็นส่วนประกอบ ออกซิเจนเมื่อซึมผ่านได้จะไปเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันทำให้เกิดกลิ่นหืนเกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์ โดยภาชนะบรรจุที่เหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวควรมีออกซิเจนซึมผ่านได้น้อยกว่า 1 มิลลิลิตรต่อ 1.6 ตารางเซนติเมตรต่อ 24 ชั่วโมง ที่ความดัน 1 บรรยากาศ 23.9 องศาเซลเซียส และมีค่าอัตราการซึมผ่านของความดันไอ (water vapor transmission rate, WVTR) ต่ำกว่า 0.4 กรัมต่อ 1.6 ตารางเซนติเมตรต่อ 24 ชั่วโมง ที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 95 อุณหภูมิ 37.7 องศาเซลเซียส (Sacharow and Griffin,1980)

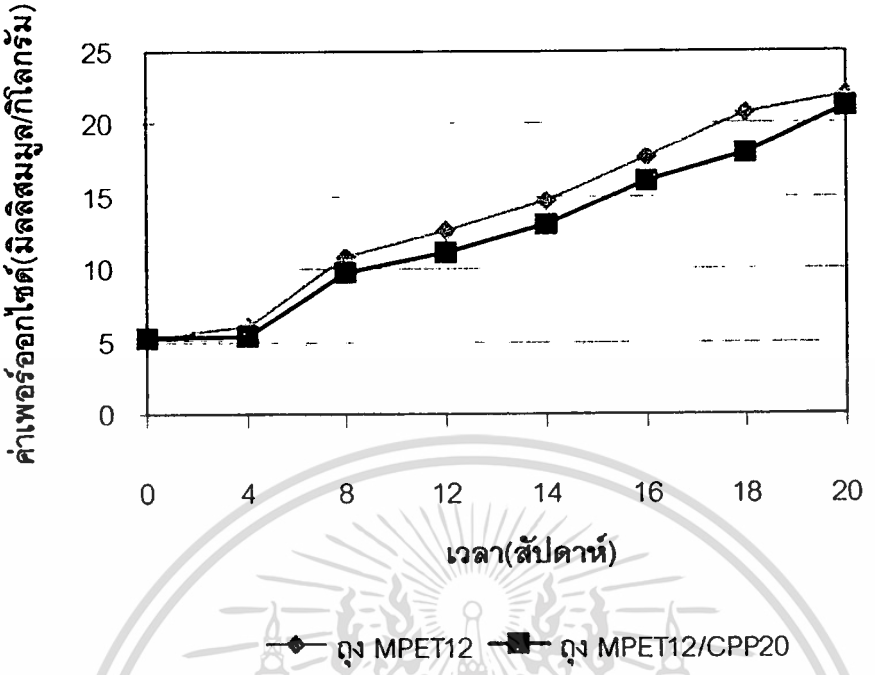
ตารางที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยของค่าเพอร์ออกไซด์ในผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบด รสเทอริยากิ โนริ ที่บรรจุในถุง MPET12 และในถุง MPET12/CPP20 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 20 สัปดาห์

เวลา (สัปดาห์)	ค่าเพอร์ออกไซด์ (มิลลิสมมูล/กิโลกรัม) ชนิดบรรจุภัณฑ์	
	MPET12	MPET12/CPP20
0 ns	5.25±0.07	5.25±0.07
4 ns	6.01±1.08	5.40±0.23
8 ns	10.79±0.09	9.75±0.42
12 ns	11.20±0.26	11.06±0.50
14 ns	14.72±0.79	12.98±0.58
16 ns	17.75±0.60	16.11±0.47
18	20.72±0.57[b]	17.95±0.75[a]
20 ns	21.93±0.09	21.10±0.17

หมายเหตุ: ns หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ในระหว่างกลุ่มการทดลอง

ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 ค่าเพอร์ออกไซด์ของผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบด รสเทอริยากิ โนริ ที่บรรจุในถุง MPET12 และในถุง MPET12/CPP20 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 **จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา**

จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดรวมทั้งปริมาณยีสต์และราของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบด รสเทอริยากิ โนริ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 สัปดาห์ แสดงดังตารางที่ 4.5 และ 4.6 พบว่าตัวอย่างผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบดตลอดอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 20 สัปดาห์ มีการเปลี่ยนแปลงของจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย คือพบน้อยกว่า 100 โคโลนี/กรัม รวมทั้งไม่พบยีสต์และรา ตลอดระยะเวลาการเก็บ ซึ่งอยู่ในข้อกำหนดคุณภาพมาตรฐานผลิตภัณฑ์ขนมกรอบจากธัญชาติ ของสำนักมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2541) ซึ่งกำหนดไว้ว่า จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องไม่เกิน $1x10^4$ โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม, รา ต้องไม่เกิน 10 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

ทั้งนี้เนื่องจากผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบมีปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอกติวิตีที่ต่ำมาก ปัจจัยดังกล่าวส่งผลให้จุลินทรีย์ไม่สามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ โดยค่าวอเตอร์แอกติวิตีต่ำสุดที่จุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสียจะสามารถเจริญได้อยู่ระหว่าง 0.80-0.90 (สุมณฑา, 2545) ซึ่งตัวอย่างผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 กลุ่มการทดลองมีค่าวอเตอร์แอกติวิตีอยู่ระหว่าง 0.50-0.62 ตลอดอายุการเก็บ 20 สัปดาห์

ตารางที่ 4.5 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบด รสเทอริยากิ โนริ ที่บรรจุในถุง MPET12 และถุง MPET12/CPP20 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 สัปดาห์

เวลา (สัปดาห์)	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนี / กรัม)	
	ชนิดบรรจุภัณฑ์	
	MPET12	MPET12/CPP20
0	75	75
4	76	75
8	82	78
12	82	85
14	87	85
16	88	90
18	93	95
20	95	94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 จำนวนยีสต์และราในผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบด รสเทอริยากิ โนริ ที่บรรจุในถุง MPET12 และถุง MPET12/CPP20 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 สัปดาห์

เวลา (สัปดาห์)	จำนวนยีสต์และรา (โคโลนี / กรัม)	
	ชนิดบรรจุภัณฑ์	
	MPET12	MPET12/CPP20
0	ไม่พบ	ไม่พบ
4	ไม่พบ	ไม่พบ
8	ไม่พบ	ไม่พบ
12	ไม่พบ	ไม่พบ
14	ไม่พบ	ไม่พบ
16	ไม่พบ	ไม่พบ
18	ไม่พบ	ไม่พบ
20	ไม่พบ	ไม่พบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.5 **คุณสมบัติทางประสาทสัมผัส**

จากการนำผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบด รสเทอริยากิ โนริที่บรรจุในถุงเมทัลไลซ์ที่เคลือบลามิเนตด้วยพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลตหนา 12 ไมครอน (MPET12) และถุงเมทัลไลซ์ที่เคลือบลามิเนตด้วยพลาสติก 2 ชนิด คือพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลตหนา 12 ไมครอน (PET) และ พอลิโพรพิลีนหนา 20 ไมครอน (PP) (MPET12/CPP20) ภายหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 0, 4, 8, 12, 14, 16, 18 และ 20 สัปดาห์ มาทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเชิงปริมาณ (QDA) โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝน 10 คน ให้คะแนนความเข้มในด้านต่าง ๆ คือ ด้าน สี กลิ่นหืน กลิ่นเทอริยากิ โนริ กลิ่นรสเทอริยากิ โนริ และความกรอบ โดยทำเครื่องหมายลงบนเส้นตรงยาว 15 เซนติเมตร ที่บริเวณห่างจากปลายทั้งสองข้างด้านละ 1 เซนติเมตร ได้กำหนดระดับความเข้มของแต่ละลักษณะไว้ ตัวอย่างแบบสอบถาม ดังแสดงในภาคผนวก ก ผลเป็นดังนี้

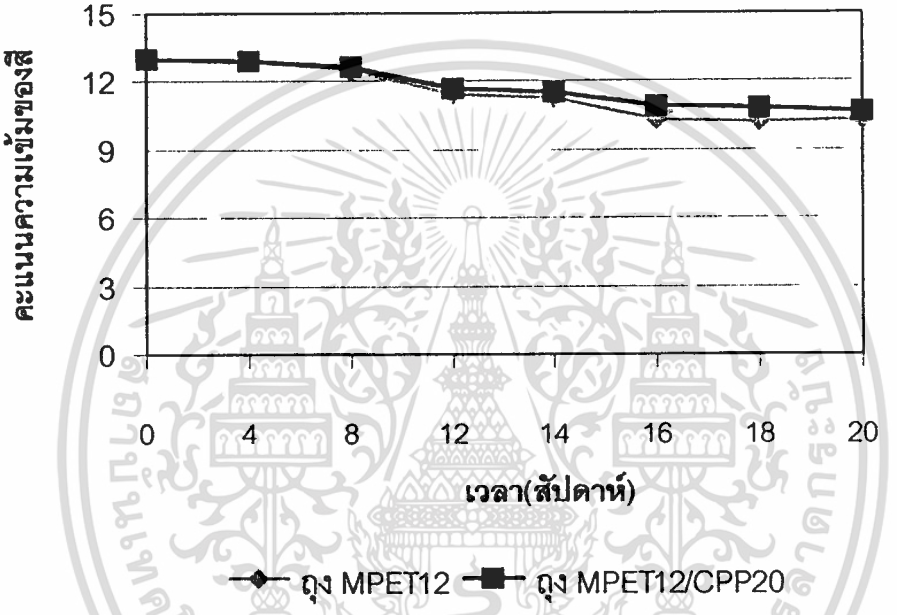
1. **สีของผลิตภัณฑ์**

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านสีของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบดที่บรรจุในถุงเมทัลไลซ์ที่เคลือบลามิเนตด้วยพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (MPET12) และ ถุงเมทัลไลซ์ที่เคลือบลามิเนตด้วยพลาสติก 2 ชนิด คือพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (PET) และ พอลิโพรพิลีน (PP) (MPET12/CPP20) เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 สัปดาห์ แสดงดังตารางที่ 4.7 และรูปที่ 4.4 พบว่าคะแนนความเข้มของสี มีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาการเก็บที่นานขึ้น ทั้งนี้ที่ผลิตภัณฑ์มีสีซีดจางลงเนื่องมาจาก ผลของการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบแคปซันทิน (capsanthin) ในพริกที่เป็นส่วนผสมในผงกลิ่นเทอริยากิ โนริ โดยสารประกอบแคปซันทินเป็นสารประกอบให้สีในกลุ่มของแคโรทีนอยด์ (caroteniod) ซึ่งเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ง่ายเนื่องจากโครงสร้างที่เป็นพันธะคู่แบบร่วม (conjugated double bond) ทำให้สีของผลิตภัณฑ์ซีดจางลง ปัจจัยที่เร่งการเปลี่ยนแปลงของสี ได้แก่ แสง อุณหภูมิ ปริมาณออกซิเจน และโลหะบางชนิด (Fennema, 1996)

อย่างไรก็ตาม จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 20 สัปดาห์มีการเปลี่ยนแปลงของคะแนนความเข้มของสีเมื่อเทียบกับคะแนนที่เริ่มเก็บรักษา คือ 13.00 เป็น 10.25 คะแนน และ 13.00 เป็น 10.68 คะแนน ของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง MPET12 และผลิตภัณฑ์ในถุง MPET12/CPP20 ตามลำดับ โดยมีการลดลงอย่างต่อเนื่อง แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในระหว่างกลุ่มการทดลอง ทั้งนี้เนื่องจากฟิล์มเมทัลไลซ์ที่ลามิเนตด้วยพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (MPET) ที่ใช้เป็นบรรจุภัณฑ์มีคุณสมบัติในการกันการซึมผ่านของไอน้ำเป็นอย่างดีที่อุณหภูมิห้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยค่าการซึมผ่านของไอน้ำที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส ที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 95 มีค่าต่ำ (0.32—0.60 กรัม/มิลลิลิตร/ตารางเมตร/วัน) และสำหรับถุงฟิล์มเมทัลไลซ์ที่ลามิเนตด้วยพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (PET) และ พอลิโพรพิลีน (PP) (MPET/CPP) มีค่าการซึมผ่านของความดันไอเท่ากับ 0.05-0.13 และ 0.37 กรัม/ตารางเซนติเมตร/วัน/ความดัน 1บรรยากาศ (รุ่งนภา, 2540) ซึ่งทั้งถุง (MPET12) และ (MPET12/CPP20) จึงมีคุณสมบัติที่เหมาะสมในการใช้เป็นบรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบด



รูปที่ 4.4 คะแนนความเข้มของสีของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบด รสเทอริยากิ โนริ ที่บรรจุในถุง MPET12 และถุง MPET12/CPP20 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 คะแนนเฉลี่ยของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบด รสเทอริยากิ โนริ ที่บรรจุในถุง MPET12 และ ถุง MPET12/CPP20 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 20 สัปดาห์

คุณภาพทางประสาทสัมผัส	ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)	คะแนนทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง	
		MPET12	MPET12/CPP20
ความเข้มของสี	0[ns]	13.00± 0.02	13.00±0.02
	4[ns]	12.90± 0.30	12.95±0.02
	8[ns]	12.51± 0.37	12.61±0.40
	12[ns]	11.41± 0.28	11.65±0.38
	14[ns]	12.29± 0.34	11.51±0.31
	16[ns]	10.32± 0.30	10.94±0.42
	18[ns]	10.23± 0.30	10.85±0.34
	20[ns]	10.25± 0.25	10.68±0.30
กลิ่นหืน	0[ns]	1.00± 0.01	1.00±0.01
	4[ns]	1.83± 0.41	1.85±0.38
	8[ns]	2.94± 0.56	2.80±0.50
	12[ns]	3.00± 0.38	2.95±0.50
	14[ns]	3.10± 0.26	3.00±0.48
	16[ns]	3.28± 0.37	2.75±0.50
	18[ns]	3.38± 0.40	2.80±0.50
	20[ns]	3.43± 0.39	3.15±0.45
กลิ่นเทอริยากิ โนริ	0[ns]	10.00± 0.05	10.00±0.05
	4[ns]	8.75± 0.42	8.70±0.66
	8[ns]	7.75± 0.63	7.98±0.45
	12[ns]	7.58± 0.48	7.96±0.15
	14[ns]	7.20± 0.34	7.75±0.24
	16[ns]	6.82± 0.54	7.00±0.14
	18[ns]	6.50± 0.34	6.88±0.32
	20[ns]	6.25± 0.28	6.80±0.15

หมายเหตุ: ns หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ในระหว่างกลุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 (ต่อ)

คุณภาพทางประสาทสัมผัส	ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)	คะแนนทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง	
		MPET12	MPET12/CPP20
กลิ่นรสเทอริยากิ โนริ	0[ns]	12.00± 0.15	12.00±0.15
	4[ns]	11.35± 0.32	11.27±0.80
	8[ns]	11.34± 0.53	11.41±0.63
	12[ns]	10.31± 0.28	10.59±0.63
	14[ns]	9.15± 0.24	9.25±0.57
	16[ns]	8.45± 0.51	8.98±0.61
	18[ns]	8.15± 0.36	8.50±0.65
	20[ns]	8.00± 0.58	8.43±0.84
ความกรอบ	0[ns]	14.00± 0.10	14.00±0.10
	4[ns]	13.48± 0.47	13.48±0.47
	8[ns]	13.33± 0.33	13.38±0.41
	12[ns]	12.64± 0.34	12.80±0.23
	14[ns]	11.89± 0.43	11.86±0.48
	16[ns]	11.45± 0.52	11.48±0.20
	18[ns]	10.80± 0.68	11.30±0.35
	20[ns]	10.45± 0.63	11.07±0.53

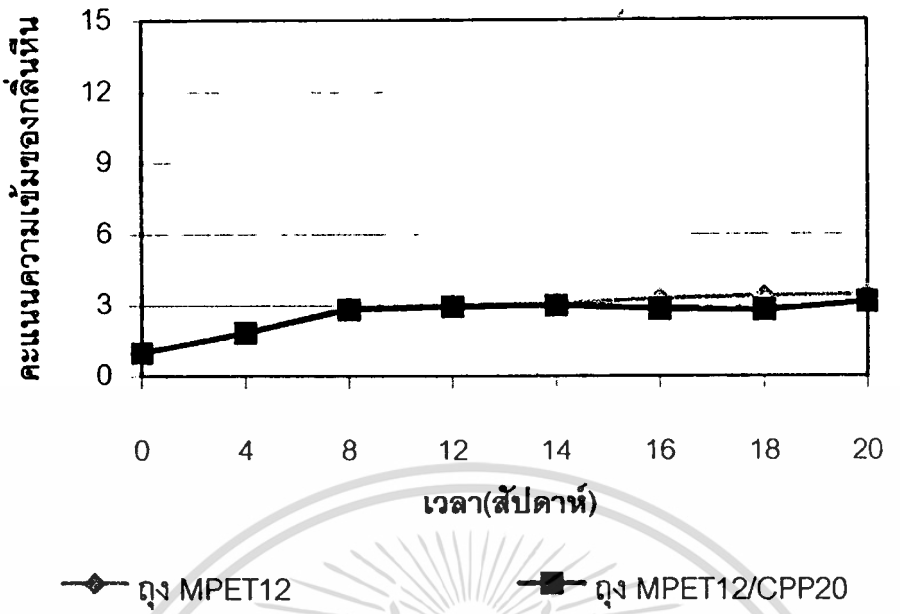
หมายเหตุ: ns หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ในระหว่างกลุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. **กลิ่นหืน**

การเปลี่ยนแปลงคะแนนความเข้มของกลิ่นหืนของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบดที่บรรจุในถุงเมทัลไลซ์ที่เคลือบลามิเนตด้วยพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (MPET12)และ ถุงเมทัลไลซ์ที่เคลือบลามิเนตด้วยพลาสติก 2 ชนิด คือพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (PET) และ พอลิโพรพิลีน (PP) (MPET12/CPP20) เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 สัปดาห์ แสดงดังตารางที่ 4.7 และรูปที่ 4.5 พบว่าคะแนนความเข้มของกลิ่นหืนของตัวอย่างผลิตภัณฑ์จะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บที่นานขึ้น โดยผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง MPET12 และถุง MPET12/CPP20 มีคะแนนความเข้มของกลิ่นหืนเพิ่มขึ้นจาก 1.00 เป็น 3.43 คะแนน และ 1.00 เป็น 3.15 คะแนน ตามลำดับ แสดงว่ากลิ่นหืนที่ผู้ทดสอบได้รับจากการชิม มาจากผลิตภัณฑ์ของปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันที่เป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์ โดยมีอุณหภูมิที่สูงเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา สอดคล้องกับการทดลองของ Da Silva และคณะ (1993) ที่ทำการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงกลิ่นและกลิ่นรส ของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวจากข้าวโพด ที่มีการผสมกลิ่นรสต่าง ๆ โดยทดสอบตัวอย่างที่เก็บรักษาไว้ในกระป๋องที่อัดก๊าซไนโตรเจนที่อุณหภูมิ 70 องศาฟาเรนไฮต์ (ประมาณ 21 องศาเซลเซียส) เป็นระยะเวลา 0, 3, 6, 9 และ 12 เดือน ด้วยการทดสอบทางประสาทสัมผัสควบคู่กับการใช้เครื่องวิเคราะห์โครมาโตกราฟี พบว่า ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นหืนเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยคะแนนความเข้มของกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาในเดือนที่ 3 ซึ่งมีคะแนนเท่ากับ 4.92 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ก่อนการเก็บรักษาที่มีคะแนนความเข้มของกลิ่นหืนเท่ากับ 1.56 และผลจากการวิเคราะห์ปริมาณสารที่เป็นผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาออกซิเดชัน ได้แก่1-octen-3-ol, 1-octen-3-one และ 1-octen-2-one พบว่ามีปริมาณเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



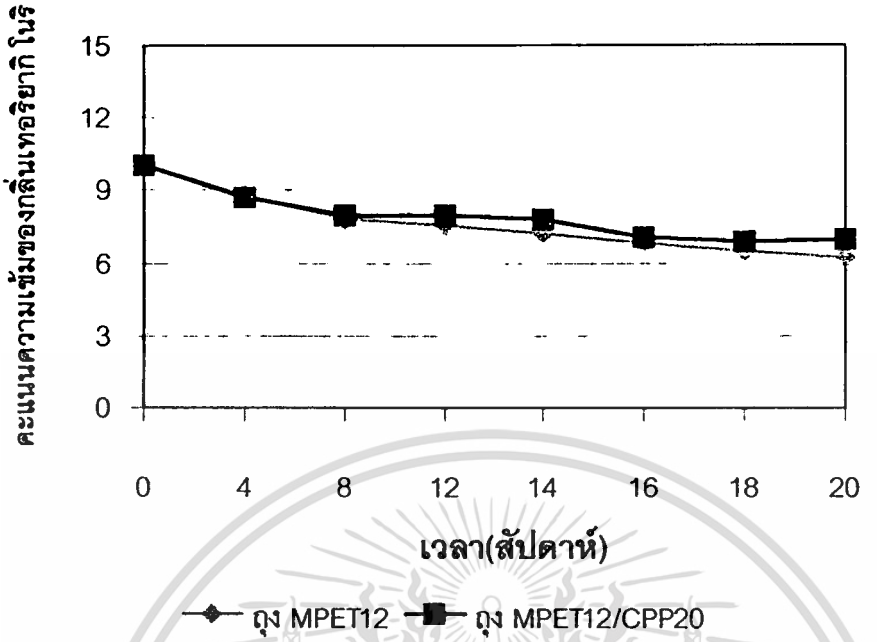
รูปที่ 4.5 **คะแนนความเข้มของกลิ่นหืนของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบด รสเทอริยากิ โนริที่บรรจุในถุง** MPET12 **และถุง** MPET12/CPP20 **เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา** 20 **สัปดาห์**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. กลิ่นเทอริยากิ โนริ

คะแนนความเข้มของกลิ่นเทอริยากิ โนริซึ่งเป็นกลิ่นของผงปรุงรสที่ใช้เคลือบตัวอย่างผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบดที่บรรจุในถุงเมทัลไลซ์ที่เคลือบลามิเนตด้วยพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (MPET12)และ ถุงเมทัลไลซ์ที่เคลือบลามิเนตด้วยพลาสติก 2 ชนิด คือพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (PET) และ พอลิโพรพิลีน (PP) (MPET12/CPP20) เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 สัปดาห์ แสดงดังตารางที่ 4.7 และรูปที่ 4.6 พบว่าคะแนนความเข้มของกลิ่นเทอริยากิ โนริ ของทั้ง 2 กลุ่ม ลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อระยะการเก็บเพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าการเก็บรักษามีผลต่อการลดลงของกลิ่นของผลิตภัณฑ์ สอดคล้องกับการทดลองของ Da Silva และคณะ (1993) ที่พบว่า ผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวจากข้าวโพดผสมกลิ่นหัวหอมที่เก็บรักษาในกระป๋องที่มีการเติมก๊าซไนโตรเจน ที่อุณหภูมิ 70 องศาฟาเรนไฮต์ (ประมาณ 21 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 3 เดือน มีคะแนนความเข้มของกลิ่นหัวหอมเท่ากับ 2.81 ลดลงจากก่อนเก็บรักษาซึ่งมีคะแนนเท่ากับ 3.81 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$) และมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องจนมีคะแนนเท่ากับ 2.65 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน โดยผู้วิจัยได้ให้ข้อสังเกตว่า การลดลงของกลิ่นหัวหอมที่เกิดขึ้น เป็นผลจากการเกิดและเพิ่มปริมาณอย่างต่อเนื่องของกลิ่นหืน ซึ่งเมื่อทำการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เป็นเวลานานขึ้นผู้ทดสอบจะให้ความสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงของกลิ่นหืนมากกว่ากลิ่นอื่น ๆ ของผลิตภัณฑ์ และผลจากการทดสอบการเปลี่ยนแปลงกลิ่นเทอริยากิ โนริของผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบดในการทดลองนี้ พบว่าเมื่อเริ่มเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 กลุ่มมีคะแนนของกลิ่นเทอริยากิ โนริเท่ากับ 10.00 คะแนน และลดลงเรื่อย ๆ เมื่อระยะการเก็บนานขึ้น จนถึงสัปดาห์ที่ 20 ของการเก็บรักษา พบว่าการเปลี่ยนแปลงของคะแนนความเข้มของกลิ่นเทอริยากิ โนริลดลงเป็น 6.25 และ 6.80 คะแนน ในบรรจุภัณฑ์ชนิด MPET12 และ MPET12/CPP20 ตามลำดับ ซึ่งคะแนนของทั้งสองกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 สอดคล้องกับการทดสอบความเข้มของกลิ่นหืน นั้นแสดงว่าผู้ทดสอบให้ความสำคัญของการเปลี่ยนแปลงของกลิ่นหืนมากกว่ากลิ่นอื่น ๆ ซึ่งกลิ่นหืนที่เกิดขึ้นเป็นผลมาจากส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ที่มีทั้งแป้ง ไขมันและน้ำมัน ที่เป็นองค์ประกอบสำคัญในการเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Labuza, 1982) สำหรับการป้องกันการเกิดกลิ่นหืนในผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยววิธีหนึ่งที่ใช้กันคือ การใช้สารกันหืน (antioxidants) กับสารเสริมสารกันหืน (synergists) ซึ่งเป็นสารเคมีที่เติมลงไปในน้ำมันหรืออาหารที่มีไขมัน เพื่อชะลอปฏิกิริยาการเกิดออกซิเดชัน ทำให้เกิดกลิ่นหืนช้า สารกันหืนสามารถป้องกันการเหม็นหืนได้ เนื่องจากโมเลกุลของสารกันหืนจะถูกออกซิไดซ์แทนกรดไขมันไม่อิ่มตัวและใช้พลังงานที่ก่อให้เกิดอนุมูลอิสระหมดไป (ศิริลักษณ์, 2522)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



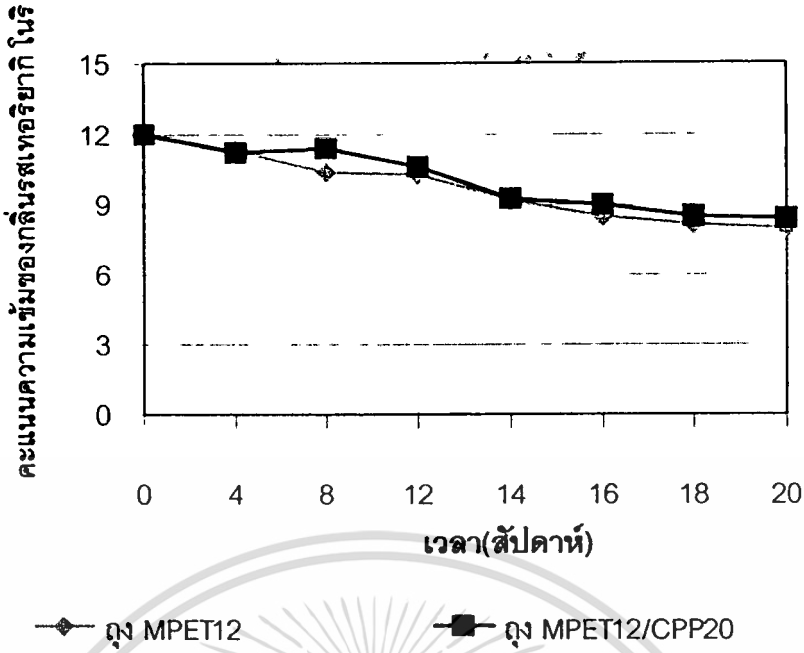
รูปที่ 4.6 คะแนนความเข้มของกลิ่นเทอริยากิ โนริของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบด รสเทอริยากิ โนริที่บรรจุในถุง MPET12 และถุง MPET12/CPP20 เก็บรักษาที่อุณหภูมห้อง เป็นเวลา 20 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. **กลิ่นรสเทอริยากิ โนริ**

คะแนนความเข้มของกลิ่นรสเทอริยากิ โนริของผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบดที่บรรจุในถุงเมทัลไลซ์ที่ลามิเนตด้วยพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (MPET12) และ ถุงเมทัลไลซ์ที่ลามิเนตด้วยพลาสติก 2 ชนิด คือพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (PET) และพอลิโพรพิลีน (PP) (MPET12/CPP20) เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 สัปดาห์ แสดงดังตารางที่ 4.7 และรูปที่ 4.6 พบว่าคะแนนความเข้มของกลิ่นรสเทอริยากิ โนริ ของทั้ง 2 กลุ่ม ลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อระยะการเก็บเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับการลดลงของกลิ่นเทอริยากิ โนริ โดยพบว่าตลอดระยะการเก็บเป็นเวลา 20 สัปดาห์ การเปลี่ยนแปลงของคะแนนความเข้มของกลิ่นรสเทอริยากิ โนริเมื่อเทียบกับคะแนนที่ได้จากผลิตภัณฑ์ที่เริ่มเก็บรักษาลดลงจาก 12.00 เป็น 8.00 คะแนน และ12.00 เป็น 8.43 คะแนน ของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง MPET12 และผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง MPET12/CPP20 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า การเก็บรักษามีผลต่อการลดลงของกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ โดย Da Silva และคณะ (1993) พบว่า ผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวจากข้าวโพดผสมกลิ่นหัวหอมที่เก็บรักษาในกระป๋องที่มีการเติมก๊าซไนโตรเจน ที่อุณหภูมิ 70 องศาฟาเรนไฮต์ (ประมาณ 21 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 12 เดือน มีปริมาณสาร t-t-2,4-decadienal ซึ่งเป็นสารที่ให้กลิ่นรสหัวหอมลดลงจากปริมาณที่พบในผลิตภัณฑ์ก่อนการเก็บรักษาถึง 2 เท่า และผลจากการทดสอบความเข้มของกลิ่นรสหัวหอมที่เก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือนมีคะแนนความเข้มของกลิ่นรสหัวหอมเท่ากับ 3.67 ต่ำกว่าคะแนนที่ได้จากผลิตภัณฑ์ก่อนการเก็บรักษาที่มีคะแนนเท่ากับ 4.39 สำหรับผลจากการทดสอบคะแนนความเข้มกลิ่นรสเทอริยากิ โนริของผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 กลุ่มพบว่า ที่ระยะเวลาการเก็บ 20 สัปดาห์ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งการลดลงของกลิ่นเทอริยากิ โนริ บางครั้งผู้ทดสอบจะไม่สามารถแยกรสชาติ และกลิ่นออกจากกันได้ ซึ่งอาจวัดรวมกันเป็นกลิ่นรส โดยส่วนหนึ่งของความรู้สึกทางด้านรสชาติจะรวมถึงคุณภาพในการเคี้ยวด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



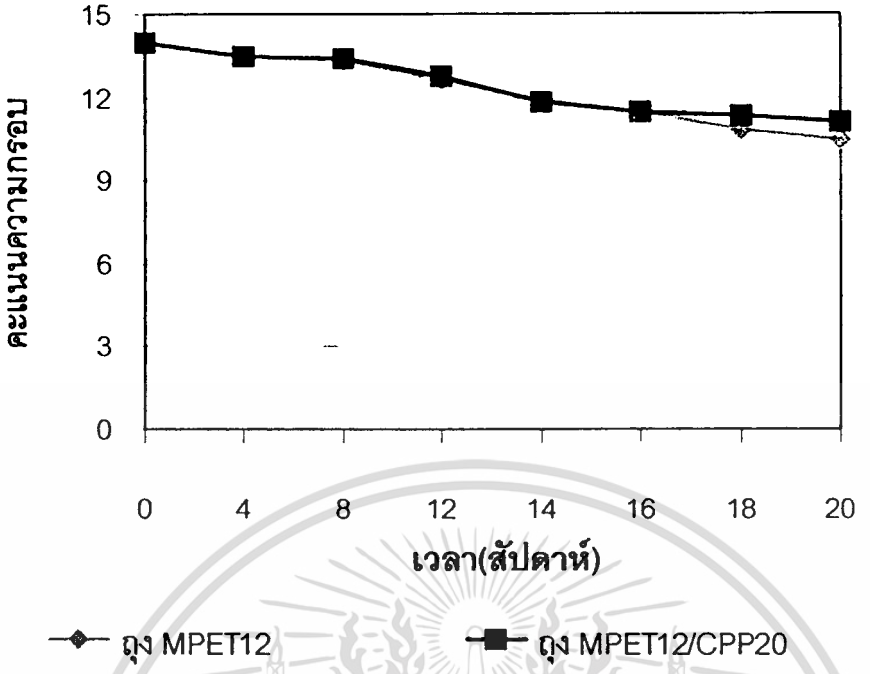
รูปที่ 4.7 คะแนนความเข้มของกลิ่นรสเทอริยากิ โนริของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบด รสเทอริยากิ โนริที่บรรจุในถุง MPET12 และถุง MPET12/CPP20 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. **ความกรอบ**

คะแนนความกรอบของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบด ทั้ง 2 กลุ่ม ภายหลังเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 สัปดาห์ แสดงดังตารางที่ 4.7 และรูปที่ 4.8 พบว่าคะแนนความกรอบมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อระยะการเก็บเพิ่มขึ้น โดยมีการเปลี่ยนแปลงของคะแนนความกรอบเมื่อเทียบกับคะแนนที่ได้จากผลิตภัณฑ์ที่เริ่มเก็บรักษา คือ 14.00 เป็น 10.45 คะแนน และ 14.00 เป็น 11.07 คะแนน ของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง MPET12 และผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง MPET12/CPP20 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องมาจากผลของค่าความชื้น ซึ่ง Labuza (1982) อธิบายว่า ผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวโดยทั่วไปจะมีความกรอบลดลง เมื่อผลิตภัณฑ์มีค่าความชื้นมากกว่าร้อยละ 3.50 จากการตรวจสอบ พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง MPET12 มีปริมาณความชื้นร้อยละ 3.47 ซึ่งมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง MPET12/CPP20 ที่มีปริมาณความชื้นร้อยละ 3.39 จึงส่งผลให้มีคะแนนความกรอบลดลงไปด้วย อย่างไรก็ตาม คะแนนความกรอบของผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 กลุ่มที่ระยะเวลาการเก็บ 20 สัปดาห์ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 นั้นแสดงให้เห็นว่าบรรจุภัณฑ์ทั้ง 2 ชนิดมีคุณสมบัติในการป้องกันความชื้นและออกซิเจนได้ จึงเหมาะที่จะใช้เป็นภาชนะบรรจุสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 คะแนนความกรอบของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบด รสเทอริยากิ โนริที่บรรจุในถุง MPET12 และถุง MPET12/CPP20 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.6 ตรวจสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์โดยรวมของผู้บริโภค

จากการประเมินการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบด รสเทอริยากิ โนริที่บรรจุในถุงเมทัลไลซ์ที่ลามิเนตด้วยพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (MPET12) และ ถุงเมทัลไลซ์ที่ลามิเนตด้วยพลาสติก 2 ชนิด คือพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (PET) และพอลิโพรพิลีน (PP) (MPET12/CPP20) เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 สัปดาห์ โดยใช้ผู้ชิมจำนวน 20 คน ให้คะแนนความชอบ (Hedonic) 1 ถึง 9 คะแนน (1 หมายถึงไม่ชอบมากที่สุด, 9 หมายถึงชอบที่สุด) จากผลการทดสอบการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบดทั้ง 2 กลุ่ม แสดงดังตารางที่ 4.8 และรูปที่ 4.9 พบว่า คะแนนการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ลดลงจากผลิตภัณฑ์เมื่อเริ่มเก็บรักษาซึ่งมีคะแนนความชอบอยู่ในระดับชอบมากที่สุด (9 คะแนน) โดยผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง MPET12 มีคะแนนการยอมรับโดยรวมลดลงเป็น 8.33, 8.00, 8.00, 7.90, 7.75, 7.00 และ 7.25 คะแนนเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 4, 8, 12, 16, 18 และ 20 สัปดาห์ ตามลำดับ สำหรับผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง MPET12/CPP20 มีคะแนนการยอมรับโดยรวมลดลงเป็น 8.50, 8.15, 8.05, 8.00, 7.80, 7.90 และ 7.90 คะแนนเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 4, 8, 12, 16, 18 และ 20 สัปดาห์ ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม คะแนนต่ำสุดที่ระยะเวลาการเก็บ 20 สัปดาห์ของผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 กลุ่มยังมีคะแนนสูงกว่าที่ระดับชอบปานกลาง (7 คะแนน) ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ยังมีคุณภาพที่ยอมรับได้ และปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวที่ทำการวิจัยในครั้งนี้ เนื่องจากคุณภาพของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงไป ได้แก่ สี กลิ่นหืน กลิ่นรสชาติ และเนื้อสัมผัส เป็นต้น

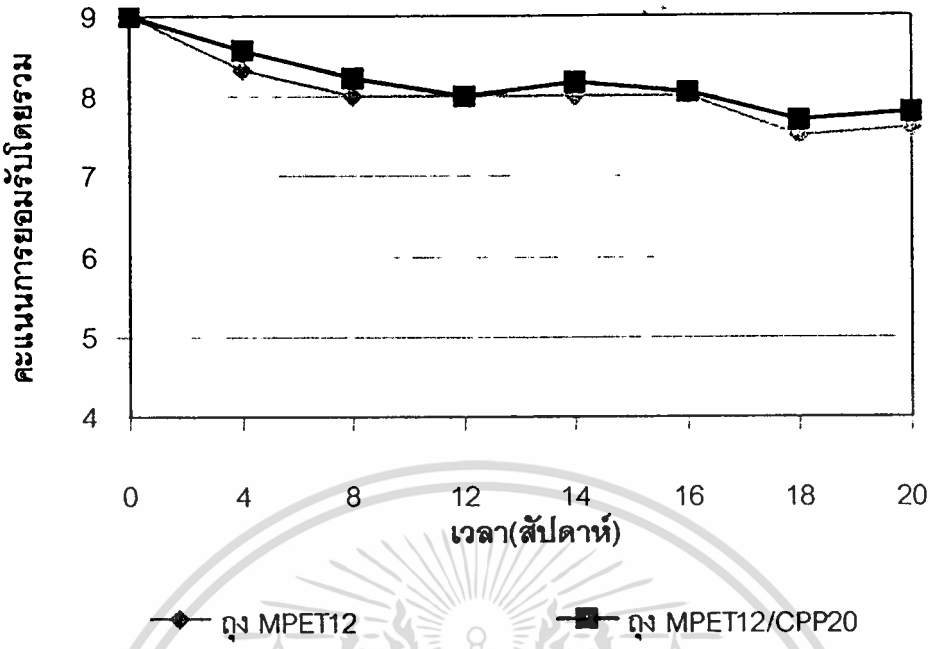
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 คะแนนเฉลี่ยของการทดสอบการยอมรับโดยรวมผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบดรสเทอริยากิ โนริที่บรรจุในถุง MPET12 และถุง MPET12/CPP20 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 สัปดาห์

คุณภาพทางประสาทสัมผัส	ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)	คะแนนทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง	
		MPET12	MPET12/CPP20
การยอมรับโดยรวม	0^{ns}	9.00± 0.02	9.00±0.02
	4^{ns}	8.33± 0.03	8.50±0.30
	8^{ns}	8.00± 0.10	8.15±0.07
	12^{ns}	8.00± 0.10	8.00±0.07
	14^{ns}	8.00± 0.14	8.10±0.08
	16^{ns}	7.90± 0.07	8.05±0.03
	18^{ns}	7.50± 0.02	7.70±0.10
	20^{ns}	7.60± 0.03	7.80±0.10

หมายเหตุ: ns หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ในระหว่างกลุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 คะแนนการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบด รสเทอริยากิ โนริที่บรรจุในถุง MPET12 และถุง MPET12/CPP20 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

1. จากการตรวจสอบคุณภาพทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ของผงปรุงรสเทอริยากิ โนริ ผลิตภัณฑ์ภายหลังการอบ และผลิตภัณฑ์สุดท้ายก่อนการบรรจุ พบว่า ผงปรุงรสเทอริยากิ โนริมีปริมาณความชื้นร้อยละ 1.23, จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด 2.8 x10^2 โคโลนี/กรัม, ปริมาณยีสต์และรา น้อยกว่า 10 โคโลนี/กรัม สำหรับผลิตภัณฑ์ภายหลังการอบ มีปริมาณความชื้นร้อยละ 2.30, จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด 28 โคโลนี/กรัม และตรวจไม่พบยีสต์และรา และในผลิตภัณฑ์สุดท้ายก่อนการบรรจุ มีปริมาณความชื้นร้อยละ 1.72, ค่าวอเตอร์แอกติวิตี 0.50, ค่าเพอร์ออกไซด์ 4.85 มิลลิสมมูล/กิโลกรัม, จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด 75 โคโลนี/กรัม และตรวจไม่พบยีสต์และรา

2. การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 สัปดาห์ ของผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบด รสเทอริยากิ โนริ ที่บรรจุในถุงเมทัลไลซ์ที่ลามิเนตด้วยพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (MPET12) พบว่า มีปริมาณความชื้น (ร้อยละ 1.70 -3.47), ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี (0.50-0.62) และค่าเพอร์ออกไซด์ (5.25-21.93 มิลลิสมมูล/กิโลกรัม) โดยมีค่าสูงขึ้นตามระยะเวลาการเก็บ สำหรับผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงเมทัลไลซ์ที่ลามิเนตด้วยพลาสติก 2 ชนิด คือพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (PET) และพอลิโพรพิลีน (PP) (MPET12/CPP20) มีปริมาณความชื้น (ร้อยละ 1.70-3.39), ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี (0.50-0.57) และค่าเพอร์ออกไซด์ (5.25-21.10 มิลลิสมมูล/กิโลกรัม) ซึ่งมีค่าสูงขึ้นตามระยะเวลาการเก็บ เช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง MPET12 แต่ผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 กลุ่ม มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด 75 โคโลนีต่อกรัม รวมทั้งไม่พบยีสต์และรา ส่วนคุณสมบัติทางด้านประสาทสัมผัส พบว่าผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบดทั้ง 2 กลุ่ม มีคะแนนความเข้มกลิ่นหืนมากขึ้น ส่วนคะแนนความเข้มของสี กลิ่น กลิ่นรสเทอริยากิ โนริ ความกรอบ และการยอมรับโดยรวมมีค่าลดลง

อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบดทั้ง 2 กลุ่มการทดลอง มีคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัสยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ดังนั้นถุงเมทัลไลซ์ที่ลามิเนตด้วยพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต(MPET12) จึงเหมาะสมที่จะใช้เป็นบรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวได้ เนื่องจากมีคุณสมบัติในการป้องกันความชื้นและออกซิเจนได้ และมีราคาถูกกว่าถุงเมทัลไลซ์ที่ลามิเนตด้วยพลาสติก 2 ชนิด คือพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (PET) และพอลิโพรพิลีน (PP) (MPET12/CPP20)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กล้าณรงค์ ศรีรอด. 2521. **เกลือ:คุณสมบัติและการใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร**. ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

เกรียงศักดิ์ นิติพงศ์สกุล. 2523. **"ศึกษาคุณสมบัติบางอย่างของแป้งชนิดต่าง ๆ ในการทำข้าวเกรียบ."** ปัญหาพิเศษ ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

กัลยา วานิชย์บัญชา. 2545. **การวิเคราะห์สถิติ: สำหรับการบริหารและวิจัย**. พิมพ์ครั้งที่ 6 . ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.

ณรงค์ นิยมวิทย์. 2538. **ธัญชาติและพืชหัว**. คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

ธงชัย สุวรรณสิชณน์. 2535. **การพัฒนาอาหารขบเคี้ยวจากแป้งถั่วลิสงไขมันต่ำผสมแป้งมันสำปะหลังชนิดพรีเจลาติไนซ์**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ประชา บุญญสิริกุล. 2537. **บทบาทของเอ็กซ์ทรูเดอร์ที่มีต่ออุตสาหกรรมอาหารในประเทศไทย**. อาหาร 24 :1-12.

ประเสริฐ สายสิทธิ์. 2524. **ผลิตภัณฑ์ประมงและหลักการถนอม**. โรงพิมพ์คุรุสภา. กรุงเทพฯ.

เพ็ญขวัญ ชมปรีดา. 2536. **การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส**. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 122 น.

ภัททรานี เลิศพัฒนาคม. 2544. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากปลายข้าวหอมมะลิถั่วลิสง และปลากระตัก**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

มานะ จึงตระกูล. 2531. **"การพัฒนาผลิตภัณฑ์ถั่วลิสงแผ่น."** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.

รุ่งนภา วิสิฐอุดรการ. 2540. **เอกสารคำสอน การประเมินอายุการเก็บของอาหาร**. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.169 น.

วรรณวรางค์ วัชรานานันท์. 2546. **การผลิตขนมขบเคี้ยวจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.

วิทิต วัณนาวิบูล. 2528. **เครื่องปรุงแต่งธรรมชาติมีคุณค่ามหาศาล**. สำนักพิมพ์หมอชาวบ้าน. กรุงเทพฯ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สายสนม ประดิษฐ์ดวง. 2540. **ผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรส**. ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

สมชาย สุริยะศิริบุตร. 2544. **การผลิตอนุพันธ์ไซริลของแป้งข้าวเจ้าโดยใช้เครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.

สมชัย สุวงศ์ศักดิ์ศรี. 2543. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวเมล็ดข้าวโพดหวานอบกรอบ**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2541. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม : ขนมกรอบจากธัญชาติ**. กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ. 7 น.

สุมณฑา วัฒนสินธุ์. 2545. **จุลชีววิทยาทางอาหาร**. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพฯ. 470 น.

ศิริลักษณ์ สินธวาลัย. 2522. ทฤษฎีอาหารเล่ม 3 : **หลักการทดลองอาหาร**. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

ศิรินทร์ ปุษไพบูลย์. 2536. **การพัฒนาอาหารขบเคี้ยวที่คุณค่าทางโภชนาการ**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

อโนชา สุขสมบูรณ์. 2545. **ผลของโปรตีนไอโซเลตจากถั่วเหลืองและรำข้าวต่อผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนและเส้นใยอาหารแบบกรอบพองด้วยการเอ็กซ์ทรูชั่น**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

Anonymous. 1991. "Aluminium Advances in Europe: spotlight on new foils Food Packaging Technology International. 4(1) :32-34.

Bouvier, J.M. and Bole, E. 1996. **เอกสารประกอบการประชุมวิชาการเรื่อง**: Extrusion Technology in Food Industry. **สมาคมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางอาหารแห่งประเทศไทย**. 22 **สิงหาคม** 2539. **โรงแรม** Radisson, **กรุงเทพฯ**.

Da Silva, M.A.A.P., Elder, V., Lederer, C.L., Lundahl, D.S. and McDaniel, M.R. 1993. Flavor properties and stability of a corn-based snack : Relating sensory, gas chromatography and mass spectrometry data, pp. 707-738. *In* G. Charalambous (ed.) **Shelf Life Studies of Foods and Beverages**. Elsevier, London.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Dornseifer, T.P. and Powers, J.P. 1965. **Volatile Contituents of Potato Chips and Changes During Storage.** Food Tech. 19-195.

Dudgeon -Bollinger, A.L., Fastnaught, C.E. and Berglund, P.T. 1997. **Extruded snack products from waxy hull-less barley.** Cereal Foods World. 42(9) : 762-766.

Fennema, O.R. 1996. **Food Chemistry.** 3rd ed., Marcel Dekker, Inc., New York. 1069 p.

Gutcho, M. 1973. **Prepared Snack Foods.** Noyes Data Coorperation,New Jersey:USA.

Guy, R.C.E. 1994. **Raw materials for extrusion cooking processes,** pp. 52-72. *In* N.D. Frame (ed.). The Technology of Extrusion Cooking. Blackie Academic & Professional, London.

Harper, J.M. 1981. **Extrusion processing of food.** Food Tech. 32-67.

Inglett, G.E. 1970. **Corn : Culture, Processing, Products.** The AVI Publishing Co.,Inc.

Jan, D.A. 1987. **Antioxidants.** Chemical Division, wormerveer, Holland. 144 p.

Katz, E.E. and Labuza, T.P. 1981. Effect of water activity on the sensory crispness and mechanical deformation of snack food product. **J. Food. Sci.** 46(3) : 403-409.

Kent, N.L. 1966. **Technology of Cereal with Special Reference to Wheat.** New York : Porgamon Pross.

Labuza, T.P. 1982. **Shelf Life Dating of Foods.** Food and Nutrition Press, Inc., Westport, Connecticut. 500 p.

Labuza, T.P. and Schmidl, M.K. 1985. **Accelerated shelf — life testing of foods.** Food Tech. 39(9) : 57-62.

Lawless, H.T. and Heymann, H. 1998. **Sensory evaluation of food: Principles and Practice.** New York:International Thomson Publising. 819 p.

Matson, K. 1982. **What goes on in the extruder barrel.** Cereal Foods World 27 : 207-210.

Matz, S.A. 1984. **Snack Food Technology.** The AVI Publishing Co.,Inc.,Westport. Connecticut.

Meuser, F. and Grimmler, N. 1989. **Production of starch derivatives using an extruder.** In Trends in Food Processing, (eds) in Ang How Ghee, Singapore Institute of Food Science and Technology, Singapore. 289-296.

Moore, G. 1994. **Snack food extrusion,** pp. 110-143. In N.D. Frame (ed.). The Technology of Extrusion Cooking. Blackie Academic & Professional, London.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Morgan, W.L. 1935. **Refaring rancidity; Colored transparent cellulose wrapper.** P.143. Cited Labuza, T.P. Shelf Life Dating of Foods. Food & Nutrition Press, Inc., Westport, Connecticut. 500 p.

Nadison,G.1969. **"Seasoning blends for expanded snack product."** **Cereal Sci Today.** 14 (6) : 215-216.

Oak, B.S. 1974. **"Extrusion-cooked snack in a fast growing market."** **Food Technol.** 19(6) : 312-315.

Pearson, D. 1976. **The Chemical Analysis of Foods.** 7th ed., Chirchill Livingstoner, New York 575 p.

Peleg, M. 1994. A mathematical model of crunchiness/crispness loss in breakfast cereals. J.**Food Proc. And Preserv.** 4(1):51-56.

Pomerannz, Y. 1991. **Functional Properties of Food Components.** 2nd ed., Academic Press, Inc., New York. 529 p.

Quast, D.G. and Karel, M. 1972. Effect of environmental factors on the oxidation of potato chip. **J. Food Sci.** 37(3):584-588.

Ranhotra, G.S. and Vetter, J.L. 1991. **Food considered for nutrition addition : Snacks and confiectioneries,** pp. 319-346. In J.C. Bauernfeind and P.A. Lachance (eds.). Nutrient Additions to Food. Food & Nutrition Press, Inc., Connecticut.

Reilly, A. and Man, C.M.D. 1994. **Potato crisps and savoury snacks,** pp. 202-215. In C.M.D. Man and A.A. Jones (eds.). Shelf Life Evaluation of Foods. Blackie Academic & Professional, London.

Reiners, R.A., Wall, J.S. and Inglett, G.E. 1973. Corn Protein : Potential for their industrial use. In **Industrial Uses of Cereals.** Y. Pomeranz. AACC.Missuri.

Sacharow, S. and Griffin, R.C. 1980. **Principles of Food Packing.** The AVI Publishing Co.,Inc., Westport, Connecticut.

Tan, S.L. and Morrison, W.R. 1979. **"The distribution of lipids in the germ, endosperm, pericarp and tip cap of amylomaize, LG-II hybrid maize and waxy maize."** **J.Amer. Oil. Chem. Soc.** 56(4):531-535.

Whistler, R.L. and Paschall, E.F. 1967. **Starch : Chemistry and Technology.** Vol. 2 Academic Prees, New York.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.
แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

<u>แบบทดสอบที่ 1</u>

แบบทดสอบผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบดรสเทอริยากิ โนริ ตราคร็อกโค

(การศึกษาอายุการเก็บรักษา)

ผู้ทดสอบ..... **วันที่**.....

ผลิตภัณฑ์ ขนมอบกรอบตราคร็อกโค รสเทอริยากิ โนริ

.....

<u>คำชี้แจง</u> กรุณาชิมตัวอย่างอาหารขบเคี้ยวที่เสนอให้ และประเมินปัจจัยคุณภาพต่าง ๆ โดยทำเครื่องหมาย (1) ลงบนเส้นให้ตรงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด

1. สี (สีเหลืองของกลิ่นรสเทอริยากิ โนริ)

สีเหลืองอ่อน ——— สีเหลืองเข้ม

2. กลิ่นหืน

กลิ่นอ่อนมาก ——— กลิ่นแรงมาก

3. กลิ่นเทอริยากิ โนริ

กลิ่นอ่อนมาก ——— กลิ่นเข้มมาก

4. กลิ่นรสเทอริยากิ โนริ

รสอ่อนมาก ——— รสเข้มมาก

5. ความกรอบ

กรอบน้อย (เหนียว) ——— กรอบมาก

ขอบคุณค่ะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบทดสอบที่ 2

แบบทดสอบการยอมรับ

(การศึกษาอายุการเก็บรักษา)

ผู้ทดสอบ..... **วันที่**.....

ผลิตภัณฑ์ ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบด รสเทอริยากิ โนริ ตราคร็อกโค

.. ..

คำชี้แจง ท่านจะได้รับผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวโพดบด รสเทอริยากิ โนริ ตราคร็อกโค ทั้งหมด 3 ตัวอย่าง กรุณาชิมตัวอย่างแล้วให้คะแนนความชอบของแต่ละตัวอย่างที่ใกล้เคียงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด

9 = ชอบมากที่สุด	8 = ชอบมาก	7 = ชอบปานกลาง
6 = ชอบเล็กน้อย	5 = รู้สึกเฉย ๆ	4 = ไม่ชอบเล็กน้อย
3 = ไม่ชอบปานกลาง	2 = ไม่ชอบมาก	9 = ไม่ชอบมากที่สุด

ปัจจัยคุณภาพ	คะแนนความชอบ		
ลักษณะปรากฏ			
กลิ่น			
รสชาติ			
เนื้อสัมผัส			
การยอมรับโดยรวม			

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ขอบคุณในความร่วมมือค่ะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.
การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ

1. วิธีวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี ด้วยเครื่องวัดวอเตอร์แอกติวิตี (Thermoconstanter Novasina, RS 232)

1.1 ปรับเครื่องให้อยู่ในสภาพใช้งาน โดยนำตลับสารละลายอิ่มตัวมาตรฐานที่ทราบค่าวอเตอร์แอกติวิตีที่แน่นอน (เท่ากับ 0.11 และ 0.90) มาวางใส่ในช่องวางตัวอย่างของเครื่องวัดวอเตอร์แอกติวิตี (Novasina Thermoconstanter) รอจนเกิดสภาวะสมดุล โดยค่าอ่านได้จากเครื่องไม่มีการเปลี่ยนแปลง ทำการปรับเครื่องวัดวอเตอร์แอกติวิตีจนค่าวอเตอร์แอกติวิตีที่อ่านได้จากเครื่องเท่ากับค่าวอเตอร์แอกติวิตีของสารละลายอิ่มตัวของเกลือมาตรฐาน

1.2 หมุนปุ่มสีเหลืองของเครื่อง Thermoconstanter ในตำแหน่งที่ (1)

1.3 นำตัวอย่างที่บดแล้วบรรจุใส่ตัวอย่าง ประมาณ 2 ใน 3 ของความสูงของตลับใส่ตัวอย่าง

1.4 วางตลับที่ใส่ตัวอย่างลงในช่องใส่ตัวอย่างในเครื่องวัดวอเตอร์แอกติวิตี ทำการวัดเป็นเวลาประมาณ 20 — 30 นาที จนเกิดสภาวะสมดุลที่อุณหภูมิที่กำหนดไว้คือ 25 องศาเซลเซียส แล้วอ่านค่าจากเครื่องซึ่งเป็นค่าปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ (%RH) นำไปคำนวณหาค่าวอเตอร์แอกติวิตีจากสูตร

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

2. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้นด้วยเครื่องวัดความชื้น (Sartorius, MA 30)

2.1 เปิดเครื่องแล้วอุ่นเครื่องไว้ประมาณ 20 นาที

2.2 วางจานเปล่าบนแท่นวางจาน กด ENTER คำว่า TAR จะหายไป ตัวเลขจะเป็น 0.000 g. (ถ้าไม่เป็น C ให้กด CF แล้ว ENTER อีกครั้ง)

2.3 ใส่ตัวอย่างที่เตรียมไว้ แล้วเกลี่ยให้ทั่วจาน

2.4 ปิดฝาครอบ เครื่องจะทำงานเองอัตโนมัติ

2.5 รอจนมีเสียงสัญญาณเตือน แล้วอ่านค่าที่วัดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.
การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี

วิธีวิเคราะห์ค่าเพอร์ออกไซด์ (AOAC, 1995)

1. **สารเคมี**
   - คลอโรฟอร์ม
   - กรดอะซิติกเข้มข้น
   - โปแตสเซียมไอโอไดด์
   - 0.002 N โซเดียมไธโอซัลเฟต
   - สารละลายน้ำแป้งร้อยละ 1
   - คลอโรฟอร์ม : เมธานอล เป็น 2 : 1 (v/v) เรียกว่า C -M Solution
   - บีเอชเอ -บีเอชที ร้อยละ 1
   - anhydrous - โซเดียมซัลเฟต

2. **วิธีการ**
   - ชั่งตัวอย่างประมาณ 30 กรัม บดด้วยเครื่องบดไฟฟ้า
   - ใส่สารละลาย C - M 3.5 เท่า ของน้ำหนักตัวอย่าง และสารละลาย BHA -BHT 2 -3 หยด
   - ปั่น 1 นาที เทใส่กรวยแยกที่มีน้ำกลั่นอยู่ ¼ หุ้มภายนอกด้วยอลูมิเนียมฟอล์ย เขย่า 2 -3 ครั้ง ทิ้งค้างคืนไว้
   - กรองสารละลายส่วนล่างของกรวยแยกด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ใส่ในฟลาสก์ที่มีโซเดียมซัลเฟต 2 -5 กรัม เขย่าทิ้งไว้ 5 นาที
   - ล้างกระดาษกรอง 2 -3 ครั้ง ด้วยสารละลาย C -M
   - ทำให้เข้มข้นด้วยการระเหยใน vacuum water bath โดยอย่าปล่อยให้สารแห้ง นำสารที่ได้ไปวิเคราะห์ต่อไป
   - เตรียมสารละลายอะซิติก -คลอโรฟอร์ม (A - C) ในอัตราส่วน 3 : 2
   - ชั่งตัวอย่างไขมันใส่ในขวดรูปชมพู่ เติมสารละลาย A - C 25 ml. และโปแตสเซียมไอโอไดด์ 0.5 กรัม ปิดจุกอย่างรวดเร็ว และเก็บไว้ในที่มืดทันที ณ อุณหภูมิ 15 -25 องศาเซลเซียส
   - เติมน้ำกลั่น 75 ml.
   - ไตรเตรตไอโอดีนอิสระด้วย 0.002 N โซเดียมไธโอซัลเฟต โดยใช้น้ำแป้งเป็นอินดิเคเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณ

$$PV = \frac{V \times T}{M} \times 100$$

V = ปริมาตรของ โซเดียมไธโอซัลเฟต

T = Normality ของโซเดียมไธโอซัลเฟต

M = น้ำหนักเป็นกรัมของตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ตั้งทิ้งไว้ให้อาหารเลี้ยงเชื้อแข็งตัว นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 22-25 องศาเซลเซียส นาน 5 วัน โดยไม่ต้องกลับจานเพาะเชื้อ

2.5 คัดเลือกจานเพาะเชื้อที่มีจำนวนโคโลนีของยีสต์และรา อยู่ระหว่าง 10-150 โคโลนี มานับจำนวน และหาค่าเฉลี่ยของจำนวนโคโลนีที่เกิดขึ้น แล้วคำนวณเป็นจำนวนของยีสต์และรา ในตัวอย่าง 1 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ.
ตารางการวิเคราะห์ผลทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

		N
FILM	1.00	7
	2.00	7

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Moisture Content (MC)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	6.845E-03	1	6.845E-03	.012	.914
Intercept	181.142	1	181.142	317.543	.000
FILM	6.845E-03	1	6.845E-03	.012	.914
Error	10.268	12	.570		
Total	191.417	14			
Corrected Total	10.275	13			

a R Squared = .001 (Adjusted R Squared = -.055)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

		N
FILM	1.00	7
	2.00	7

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Water Activity (a_w)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	7.143E-06	1	7.143E-06	.004	.953
Intercept	4.447	1	4.447	2288.680	.000
FILM	7.143E-06	1	7.143E-06	.004	.953
Error	2.331E-02	12	1.943E-03		
Total	4.470	14			
Corrected Total	2.332E-02	13			

a R Squared = .000 (Adjusted R Squared = -.083)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

		N
FILM	1.00	7
	2.00	7

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Peroxide Value (PV)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	3.140	1	3.140	.153	.703
Intercept	3611.252	1	3611.252	175.437	.000
FILM	3.140	1	3.140	.153	.703
Error	247.012	12	20.584		
Total	3861.403	14			
Corrected Total	250.152	13			

a R Squared = .013 (Adjusted R Squared = -.070)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Tests of Between-Subjects Effects
Dependent Variable: Sensory Evaluation

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	42.925	21	2.044	8.481	.000
Intercept	3300.417	1	3300.417	13694.177	.000
BLOCK	4.917	19	.259	1.074	.412
FILM	38.008	2	19.004	78.853	.000
Error	9.158	38	.241		
Total	3352.500	60			
Corrected Total	52.083	59			

a R Squared = .824 (Adjusted R Squared = .727)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นางสาววนิดา มาศยะ เกิดวันที่ 15 มีนาคม 2518 ที่จังหวัด ขอนแก่น สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วท.บ.) สาขาอุตสาหกรรมเกษตร จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปีการศึกษา 2541 และเข้าทำงานในตำแหน่งหัวหน้าแผนก วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ ที่บริษัท มหาชัยฟู้ดโปรเซสซิ่ง จำกัด จนถึงปี พ.ศ. 2546 ศึกษาต่อในระดับปริญญาโท ในสาขาสุขาภิบาลอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง และสำเร็จการศึกษาในปีการศึกษา 2547 ปัจจุบันทำงานที่บริษัท แปซิฟิค สแน็คส์ จำกัด ในตำแหน่ง ผู้จัดการฝ่ายพัฒนาผลิตภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้