



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เทคโนโลยีการบรรจุ)

ปริญญา

เทคโนโลยีการบรรจุ

เทคโนโลยีการบรรจุ

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง ผลของสภาวะการลดอุณหภูมิก่อนการบรรจุและวัสดุบรรจุต่อคุณภาพครัวซองต์

Effect of Cooling Conditions Prior to Packaging and Packaging Materials on Quality of Croissant

นามผู้วิจัย นางสาวพณีย์ โหมคเยี่ยม

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์วาทินี ชนเห็นชอบ, Ph.D.)

กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุกฤษฎา สิริพิพัฒน์, วท.ม.)

กรรมการ

(ศาสตราจารย์อรอนงค์ นัยวิกุล, Ph.D)

รักษาราชการแทน

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธัญญารัตน์ จิณกาญจน์, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลของสภาวะการลดอุณหภูมิก่อนการบรรจุและวัสดุบรรจุต่อ
คุณภาพครัวซองต์

Effect of Cooling Conditions Prior to Packaging and Packaging Materials
on Quality of Croissant

โดย

นางสาวพจนิษฐ์ โหมคเยี่ยม

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีการบรรจุ)
พ.ศ. 2551

พจนีย์ โหมคเี่ยม 2551: ผลของสภาวะการลดอุณหภูมิก่อนการบรรจุและวัสดุบรรจุต่อ
คุณภาพครีวของค์ ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เทคโนโลยีการบรรจุ) สาขาเทคโนโลยี
การบรรจุ ภาควิชาเทคโนโลยีการบรรจุ ประธานกรรมการที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์
ชนเห็นชอบ, Ph.D. 95 หน้า

การศึกษาการลดลงของอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์นมบอกรก่อนบรรจุในสภาวะของห้องลดอุณหภูมิที่
แตกต่างกัน เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับ ในครั้งนี้ได้ทำการทดลองผลิตภัณฑ์ใน
ห้องทดลองแล้วติดตามการลดลงของอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ในขณะที่ทำให้เย็นลงที่สภาวะห้องปกติและห้อง
ปรับอากาศ ที่เวลาในการลดลงของอุณหภูมิ 5, 17 และ 35 นาที ก่อนบรรจุผลิตภัณฑ์ลงในถุงที่ทำจากฟิล์ม 2
ชนิด คือ OPP และ PS แล้วนำไปประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ด้านความกรอบ ความ
เหนียว และความนุ่ม คุณภาพด้านเนื้อสัมผัสโดยวัดค่าแรงเค้น และคุณภาพด้านจุลินทรีย์ จากผลการทดลอง
พบว่า อัตราการลดลงของอุณหภูมิและการสูญเสียน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ครีวของค์ที่บรรจุในสภาวะห้องปกติ
น้อยกว่าที่บรรจุในสภาวะห้องปรับอากาศ เมื่อประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ครีวของค์
บรรจุที่สภาวะการบรรจุเดียวกัน ในถุง OPP และ PS พบว่ามีความเหนียวและความนุ่มแตกต่างกันอย่างมี
นัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ส่วนความกรอบไม่มีความแตกต่างกัน เมื่อบรรจุที่สภาวะห้องปรับอากาศพบว่าผลิตภัณฑ์
ครีวของค์ในถุงทั้ง 2 ชนิดมีความกรอบสูงกว่าที่บรรจุในสภาวะห้องปกติ แต่มีความเหนียวและความนุ่มไม่
แตกต่างกัน ผลิตภัณฑ์ครีวของค์หลังจากลดอุณหภูมิก่อนบรรจุ 5, 17 และ 35 นาที มีความกรอบ ความเหนียว
และความนุ่มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้เป็นเวลา 3 วัน พบว่าความกรอบ
ความเหนียวและความนุ่มของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มลดลง สมบัติด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ครีวของค์ที่บรรจุ
ในถุง OPP มีความเหนียวน้อยกว่าโดยมีค่าแรงเค้นสูงกว่าผลิตภัณฑ์ครีวของค์ที่บรรจุในถุง PS อย่างมี
นัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ครีวของค์ที่บรรจุในถุงทั้ง 2 ชนิด มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ต่ำกว่า 30 CFU/g ตลอดระยะเวลา
การเก็บรักษา

/ /

ลายมือชื่อนิติ

ลายมือชื่อประธานกรรมการ

Pojanee Mod-iam 2008: Effect of Cooling Conditions Prior to Packaging and Packaging Materials on Quality of Croissant. Master of Science (Packaging Technology), Major Field: Packaging Technology, Department of Packaging Technology. Thesis Advisor: Associate Professor Vanee Chonhenchob, Ph.D. 95 pages.

Decreasing of product temperature after baking at different cooling conditions were studied. Different packaging materials (OPP and PS) were tested to compare the product quality. Croissants were freshly baked in the laboratory and product temperatures as well as its weight were recorded in two different cooling conditions (ambient condition room and air condition room). Quality of croissants under cooling times at 5, 17 and 35 minutes before packing were compared. Packed croissants after storage for 1, 2 and 3 days were evaluated for sensory, texture and microbial quality. The results showed that rate of decreasing temperature and weight loss of the croissant products at ambient condition room were less than those at air condition room. The croissant products packed in OPP and PS under the same cooling conditions were significantly different ($p \leq 0.05$) in stickiness and softness. At air condition room the products packed in the same types of bags had crispness higher than those at ambient room condition. Croissants cooled under air condition room maintained the highest crispness than those cooled under ambient condition room. The products packed after 5, 17 and 35 minutes were not significantly different ($p > 0.05$) in sensory quality evaluated. Crispness, stickiness and softness of the croissant products packed in OPP bags had less stickiness with higher shear force than those in PS bags. The microbial test showed that croissants packed in both types of bags had a total count less than 30 CFU/g through out storage.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์วาทินี ชนเห็นชอบ และผู้ช่วยศาสตราจารย์
สุขเกษม สิริพิจน์ ประธานกรรมการที่ปรึกษา ศาสตราจารย์อรอนงค์ นัยวิกุล กรรมการวิชาการ
และผู้ช่วยศาสตราจารย์วิรัชดา จันทราพรชัย ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัยที่กรุณาให้คำแนะนำ พร้อมทั้ง
ความช่วยเหลือให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณอาจารย์และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีเบเกอร์ ภาควิชา
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตรผู้คอยให้คำปรึกษาในการฝึกหัดทำ
ผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ รวมทั้งอาจารย์ น้อยๆ ภาควิชาเทคโนโลยีการบรรจุ ที่สนับสนุนให้ความ
ร่วมมือ ส่งเสริมให้การทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนประสบความสำเร็จ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้ขอมอบแด่บุคคลอันเป็นที่รัก คุณตาแก้ว-คุณยายสมจิตร แซ่เจ็ย คุณพ่อ
สงคราม โหมคเอี่ยม คุณแม่ศรีรัตน์ แซ่เจ็ย และคุณศุภโชค บึงกระโทก ผู้คอยสนับสนุนและให้
กำลังใจเพื่อให้เป็นคนดีที่มีความรู้เสมอมา

พจนิษฐ์ โหมคเอี่ยม

ตุลาคม 2551

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	38
อุปกรณ์	38
วิธีการ	39
ผลและวิจารณ์	44
สรุปและข้อเสนอแนะ	73
สรุป	71
ข้อเสนอแนะ	73
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	74
ภาคผนวก	79
ภาคผนวก ก การวิเคราะห์ผลทางสถิติ	80
ภาคผนวก ข วิธีการวิเคราะห์	85
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	95

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 การฆ่าเชื้อวิธีต่างๆกันของภาชนะบรรจุ	17
2 การกำหนดระดับ Class ของสภาวะปลอดเชื้อ	18
3 แสดงค่าอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ, ความหนาของฟิล์มทั้ง 2 ชนิด ตามมาตรฐาน ASTM E-96	44
4 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ในด้านความกรอบเมื่อบรรจุในถุง 2 ชนิด ที่สภาวะการลดอุณหภูมิก่อนการบรรจุที่ห้องปกติและห้องปรับอากาศ	51
5 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ในด้านความกรอบเมื่อบรรจุในถุง 2 ชนิด ที่สภาวะการลดอุณหภูมิก่อนการบรรจุที่ห้องปกติและห้องปรับอากาศ	53
6 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ในด้านความกรอบเมื่อบรรจุในถุง 2 ชนิดเป็นเวลา 3 วัน	55
7 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ในด้านความเหนียวเมื่อบรรจุในถุง 2 ชนิด ที่สภาวะการลดอุณหภูมิก่อนการบรรจุที่ห้องปกติและห้องปรับอากาศ	57
8 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ในด้านความเหนียวเมื่อบรรจุในถุง 2 ชนิด ที่เวลาทำให้เย็น 3 ระดับ เริ่มจากนาที่ ที่ 5, 17 และ 35 นาที่	59
9 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ในด้านความเหนียว เมื่อบรรจุในถุง 2 ชนิดเป็นเวลา 3 วัน	60
10 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ในด้านความนุ่มเมื่อบรรจุในถุง 2 ชนิด ที่สภาวะการลดอุณหภูมิก่อนการบรรจุที่ห้องปกติและห้องปรับอากาศ	63
11 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ในด้านความนุ่มเมื่อบรรจุในถุง 2 ชนิด ที่เวลาทำให้เย็น 3 ระดับ เริ่มจากนาที่ที่ 5, 17 และ 35 นาที่	65

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
12 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ในด้านความนุ่ม เมื่อบรรจุในถุง 2 ชนิดเป็นเวลา 3 วัน	66
13 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแรงเหวี่ยงของคุณสมบัติด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ เมื่อบรรจุในถุง OPP และ PS ที่สภาวะการลดอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ก่อนการบรรจุที่ห้องปกติและห้องปรับอากาศ ที่เวลาในการทำให้เย็น 3 ระดับเริ่มจากนาที่ที่ 5, 17 และ 35 นาที	68
14 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแรงเหวี่ยงของคุณสมบัติด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ เมื่อบรรจุในถุง 2 ชนิดเป็นเวลา 3 วัน	69
15 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่เวลา 5 วันในผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ที่ cooling condition และ cooling time	70
ตารางผนวกที่	
ก1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสภาวะและเวลาในการลดอุณหภูมิก่อนการบรรจุผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ ทางด้านประสาทสัมผัสในด้านความกรอบ จากผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนมาแล้วทั้งหมด 6 คน เป็นเวลา 3 วัน	81
ก2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสภาวะและเวลาในการลดอุณหภูมิก่อนการบรรจุผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ ทางด้านประสาทสัมผัสในด้านความเหนียว จากผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนมาแล้วทั้งหมด 6 คน เป็นเวลา 3 วัน	82
ก3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสภาวะและเวลาในการลดอุณหภูมิก่อนการบรรจุผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ ทางด้านประสาทสัมผัสในด้านความนุ่ม จากผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนมาแล้วทั้งหมด 6 คน เป็นเวลา 3 วัน	83
ก4 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) จากการวัดด้วยเครื่องวัด Texture analysis ที่สภาวะห้องปกติและห้องปรับอากาศและ cooling time 5,17 และ 35 นาทีก่อนการบรรจุผลิตภัณฑ์ครัวซองต์	84

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 ผลจากการเติมโปรตีนชนิด Transglutaminase ในผลิตภัณฑ์ฟัพเพรสตรี ที่ผ่านการแช่เยือกแข็ง เป็นเวลา 90 วัน	12
2 ผลจากการเติมโปรตีนชนิด โปรตีนชนิด Transglutaminase ในผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ ที่ผ่านการแช่เยือกแข็ง เป็นเวลา 90 วัน	12
3 การเคลื่อนที่ของน้ำในสภาวะที่ทำให้ขนมปังเย็นอย่างรวดเร็วและควบคุมการเย็นของขนมปัง	16
4 ตัวอย่าง Absorption และ Desorption Isotherm ซึ่งมีรูปแบบ Sigmoidol	25
5 ตัวอย่างแบบสอบถามอย่างสมบูรณ์ที่ใช้ในการประเมินผลิตภัณฑ์เบียร์	35
6 การทำผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ที่ใช้ในการทดลองก. โคก่อนอบ ข. โคขณะอบ ค. ผลิตภัณฑ์ครัวซองต์หลังจากการอบ	44
7 การลดลงของอุณหภูมิผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ เมื่อทำให้เย็นลงที่สภาวะห้องปกติและสภาวะห้องปรับอากาศ	45
8 การสูญเสียน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์จากการติดตามการลดลงของน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ที่ทำให้เย็นลง ที่สภาวะห้องปกติและสภาวะห้องปรับอากาศในช่วง cooling time 1 ถึง 60 นาที	47
9 ปริมาณความชื้นตามวิธี A.O.A.C (2000) ของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ที่สภาวะห้องปกติและสภาวะห้องปรับอากาศที่cooling time 5, 10, 15, 20, 25, 30 และ 35 นาที	49
 ภาพผนวกที่	
ข1 กราฟการวัดอัตราการซึมผ่านของไอน้ำของฟิล์มOPP	88
ข2 กราฟการวัดอัตราการซึมผ่านของไอน้ำของฟิล์มPS	88
ข3 การทำผลิตภัณฑ์ครัวซองต์(ก) การรีด (ข) การพับ (ค) การม้วน และ(ง) การอบ	89
ข4 การติดตามการลดลงของอุณหภูมิผลิตภัณฑ์ครัวซองต์วัดจากเครื่องด้าด้าล็อกเกอร์ (Data logger) (ก) วิธีการวัดผลิตภัณฑ์โดยเครื่องด้าด้าล็อกเกอร์ (Data logger) (ข) ตำแหน่งการติดตามการลด อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ครัว	89

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพผนวกที่	หน้า
ข5 (ก) เครื่อง texture analyzer ที่ใช้วัดเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ (ข) วิธีการวัดเนื้อสัมผัสผลิตภัณฑ์ครัวซองต์	90
ข6 (ก) และ (ข)แสดงผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ที่ผ่านการวัดเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง texture analyzer	90
ข7 การวัดเชื้อจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ที่สภาวะห้องปกติและ ห้องปรับอากาศ ที่cooling time 5,17 และ35 นาที ในฟิล์ม OPP และ PS	91

ผลของสภาวะการลดอุณหภูมิก่อนการบรรจุและวัสดุบรรจุต่อคุณภาพครัวของต์

Effect of Cooling Conditions Prior to Packaging and Packaging Materials on Quality of Croissant

คำนำ

ผลิตภัณฑ์ขนมอบได้รับความนิยมบริโภคในประเทศไทยมากขึ้นเนื่องจากชีวิตที่เร่งรีบและสภาพสังคมที่เปลี่ยนไป จึงส่งผลให้คนไทยมีพฤติกรรมการบริโภคที่ต้องการความสะดวกและรวดเร็วผลิตภัณฑ์ขนมอบ จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่เหมาะสมกับคนไทยในปัจจุบันนี้ ซึ่งมีผู้ผลิตผลิตภัณฑ์ขนมอบในระดับครัวเรือน และระดับอุตสาหกรรมเกิดขึ้นมากมายเพื่อรองรับการบริโภคของคนไทย โดยการเติบโตของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ขนมอบในตลาดรวม มีมูลค่ากว่า 6,000 ล้านบาท และมีอัตราการเติบโตปีละประมาณ 10-15% (hyper-trade, 2548) มีกลุ่มผู้บริโภคส่วนใหญ่เป็นนักเรียน นิสิต นักศึกษา และกลุ่มคนทำงาน ผู้ผลิตและผู้จำหน่ายจึงสร้างความหลากหลายของชนิดผลิตภัณฑ์ขนมอบ เพื่อตอบสนองต่อผู้บริโภคเหล่านี้ แต่สิ่งสำคัญในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ขนมอบของผู้บริโภค คือต้องการความสดใหม่และปราศจากการใช้สารกันเสียเพื่อความปลอดภัยต่อสุขภาพ ดังนั้นผลิตภัณฑ์ขนมอบที่จำหน่ายตามร้านค้าทั่วไป ร้านสะดวกซื้อ และซูเปอร์มาร์เก็ต จะไม่มีการใส่สารกันเสีย จึงจำหน่ายได้เพียงวันต่อวัน หรือบางชนิดยังสามารถจำหน่ายได้เมื่อมีอายุการเก็บไม่เกิน 3 วัน ดังนั้นเมื่อจำหน่ายสินค้าไม่หมด จึงมียอดคืนถึง 10-20% ทำให้เกิดความเสียหายและความสิ้นเปลืองในด้านวัตถุดิบที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ขนมอบโดยอุปสรรคที่พบในตลาดส่วนใหญ่เข้าใจว่าเกิดจาก ภาชนะบรรจุยังไม่สมบูรณ์ มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมอบ และพบการปนเปื้อนของเชื้อราที่ผิวของขนมปัง พวก Eurotium และ Aspergillus ซึ่งเชื้อราดังกล่าวได้ถูกทำลายไปหลังจากที่ผลิตภัณฑ์ได้ผ่านการอบแล้วก็ตาม แต่ก็มีกรปนเปื้อนเกิดขึ้นจากสปอร์ที่อยู่ในบรรยากาศ หรือผิวหนังของผลิตภัณฑ์ในระหว่างที่ทำให้เย็นรวมถึงขั้นตอนการบรรจุหีบห่อด้วย (Seiler, 1988)

จากปัญหาดังกล่าวที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมอบนี้ ถือว่าเป็นการเสื่อมเสียคุณภาพของอาหาร โดยเกิดจากองค์ประกอบภายในตัวผลิตภัณฑ์ของอาหารเอง รวมทั้งองค์ประกอบภายนอกของตัวผลิตภัณฑ์อาหาร ได้แก่ บรรจุภัณฑ์และสิ่งแวดล้อม (ปุ่น และ สมพร, 2541) เพราะฉะนั้นการศึกษาดูหาภูมิที่เหมาะสมก่อนการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหาร วิธีการบรรจุในสภาวะที่

แตกต่างกันและภาวะบรรจุ เพื่อป้องกันสาเหตุการเกิดขึ้นของเชื้อจุลินทรีย์ และความต้องการอายุการเก็บที่ยาวนานกว่าเดิมด้วยการไม่ใส่สารกันเสีย นั้น อาจเป็นหนทางหนึ่งที่จะช่วยลดการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์อาหาร และความปลอดภัยของผู้บริโภค รวมทั้งลดการสิ้นเปลืองการใช้วัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์อาหาร

ดังนั้นการผลิตผลิตภัณฑ์ขนมอบที่มีคุณภาพตรงความต้องการของผู้บริโภค อาจแก้ปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น โดยศึกษาผลของการลดอุณหภูมิก่อนการบรรจุในสภาวะที่ต่างกันและ การใช้ภาชนะบรรจุที่ผลิตด้วยฟิล์มที่มีคุณสมบัติต่างกัน ซึ่งอาจจะลดการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นได้และช่วยค่าใช้จ่ายด้านวัตถุดิบในการผลิต สุดท้ายผู้บริโภคได้รับผลิตภัณฑ์ขนมอบที่มีคุณภาพดีด้วย

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้ทราบอัตราการลดลงของอุณหภูมิและความชื้นของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์หลังการอบจากการวางไว้ที่ 2 สภาวะได้แก่ สภาวะห้องปกติ และสภาวะห้องปรับอากาศ
2. ศึกษาผลของเวลาและสภาวะในการลดอุณหภูมิก่อนการบรรจุผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ในภาชนะบรรจุต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ทางด้านเนื้อสัมผัส, ด้านประสาทสัมผัส และทางด้านจุลินทรีย์
3. ศึกษาผลของวัสดุได้แก่ ฟิล์มออเรียนท์พอลิโพรพิลีนและฟิล์มพอลิไสตีน ที่ใช้ในการบรรจุผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ หลังจากการลดอุณหภูมิลงที่เวลาและสภาวะต่างๆต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ ทางด้านเนื้อสัมผัส, ประสาทสัมผัส และทางด้านจุลินทรีย์

การตรวจเอกสาร

1. ผลิตภัณฑ์ขนมอบ

ผลิตภัณฑ์ขนมอบได้ชื่อว่าเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อยังชีวิต เป็นสัญลักษณ์ของความดีงาม ซึ่งมีมาตั้งแต่สมัยคัมภีร์ไบเบิล จากการเล่ากันต่อๆมาชาวสวิตในยุคนั้น เป็นผู้ริเริ่มนำข้าวสาลีมาบด โดยใช้ครกหยาบๆตำแล้วนำไปผสมน้ำ จากนั้นเทส่วนผสมนี้ลงไปบนหินร้อนๆ เพื่อให้สุก ผลที่ได้คือขนมปังที่ขึ้นฟูโดยไม่ได้ตั้งใจ นอกจากนี้ก็ยังมีประวัติการเกิดขึ้นของขนมปังที่ได้มาจากพวกทาสในสมัยราชวงศ์อียิปต์ ซึ่งทำให้มีการแพร่หลายจากอียิปต์ไปสู่ภูมิภาคต่างๆแถบเมดิเตอร์เรเนียนในกลุ่มเยรูซาเล็มโบราณ จนกระทั่งไปสู่พ่อค้าชาวโพลินีเซียน ซึ่งเป็นพวกแรกที่เผยแพร่การทำขนมปังในขณะที่พวกเขามุ่งไปค้าขายทางด้านตะวันออก ไปยังเปอร์เซียและไกลกว่านั้น ในศตวรรษต่อมา วิวัฒนาการการทำขนมปังก้าวหน้ามากขึ้น พวกกรีกได้ผลิตแป้งขาว (white flour) ที่มีคุณภาพดีเยี่ยม รวมทั้งผลิตขนมเค้กและขนมหวานชนิดโดยได้ส่วนผสมของนม น้ำมัน เหล้าไวน์ เนย แป้ง และน้ำผึ้งผสมเข้าไปด้วย ในตอนปลายศตวรรษปี 1800 ได้มีการผลิตแป้งสาลีออกสู่ตลาดและมีการใช้ยีสต์ซึ่งเป็นตัวสำคัญที่ทำให้ขนมปังขึ้นฟู แล้วมีการพัฒนาเป็นอุตสาหกรรมขนมอบแพร่หลายไปสู่ประเทศต่างๆในซีกโลกตะวันตกและตะวันออก ในประเทศไทยนั้นมีการประมาณกันว่าเกิดอุตสาหกรรมขนมอบก่อนสงครามโลกครั้งที่สอง เนื่องจากมีร้านเบเกอรี่ 2-3 ร้าน ในช่วงเวลานั้นคนไทยได้รับอารยธรรมตะวันตกเพิ่มมากขึ้น นิสัยการบริโภคของคนไทยเปลี่ยนไป โดยเริ่มรู้จักบริโภคขนมปังในรูปแบบขนมปังแซนด์วิช และต่อมาอุตสาหกรรมขนมอบในประเทศไทยได้พัฒนากันมากขึ้น มีการผลิตกันในระดับครัวเรือนและระดับอุตสาหกรรม จากนั้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมอบก็มีความหลากหลายมากขึ้นอย่างเห็นกันในปัจจุบันนี้ (จิตรนา และ อรอนงค์, 2546)

1.1 ชนิดของขนมปัง (ปริศนา, 2546)

แบ่งตามลักษณะที่แตกต่างกันของขนมปัง

1.1.1 รูปร่างและขนาด มีหลายรูปร่าง เช่น แบบ แท่ง เช่น ขนมปังขาไก่ ขนมปังฝรั่งชนิดก้อน (Loaf) อาจมีตั้งแต่ขนาดเล็กจนถึงหลายร้อยกิโลกรัม แบบกลม เช่น พวงบัน (bun) ชนิดแบน (flat bread)

1.1.2 สีของเปลือก (crust color) ตั้งแต่เปลือกสีขาว เช่น ซาลาเปา จนถึงเปลือกสีดำ เช่น pumpernickel

1.1.3 เนื้อสัมผัส (texture) ตั้งแต่นุ่ม เช่น ซาลาเปา จนถึงแข็ง เช่น ขนมปังฝรั่งเศส

1.2 แบ่งตามปริมาณไขมันในขนมปัง

1.2.1 ขนมปังที่มีไขมันต่ำ 0-3%

ขนมปังชนิดนี้มีลักษณะเปลือกที่ค่อนข้างแข็ง ได้แก่ ขนมปังฝรั่งเศส อิตาลีเยน เวียนนา ขนมปังขาไก่ แป้งที่ใช้ต้องมีปริมาณกลูเตนสูง ทนต่อการหมักและการขึ้นฟู ก่อนอบควรทาผิวหน้าด้วยน้ำ และตัดเป็นรอยเฉียง นำไปอบให้แห้งกรอบ ไม่ควรอบในเตาที่ร้อนเกินไป เตาอบควรเป็นแบบที่มีละอองไอน้ำออกมาได้ จะทำให้เปลือกขนมปังกรอบและมีสีน้ำตาลทอง

1.2.2 ขนมปังที่มีไขมันปานกลาง 3-6%

ขนมปังชนิดนี้ได้แก่ ขนมปังจิตชนิดต่างๆ เช่นขนมปังหัวกะโหลก(open top bread) ขนมปังแซนด์วิช (white panbread หรือ pullman bread) ขนมปังโฮลวีต (whole wheat)

1.2.3 ขนมปังที่มีไขมันสูง 6 -12%

ขนมปังชนิดนี้ได้แก่ ขนมปังหวาน ซอฟต์บัน(sof bun) แฮมเบอร์เกอร์ ฮอทดอก ขนมปังลูกเกด ขนมปังสังขยา โคของขนมปังมีปริมาณน้ำตาลและไขมันสูงกว่าธรรมดา แป้งที่ใช้ต้องมีกลูเตนที่ไม่แข็งแรงมากเพราะต้องการเนื้อที่นุ่ม

1.2.4 ขนมปังที่มีปริมาณไขมันสูงมาก 12-24%

ขนมปังชนิดนี้ได้แก่ขนมปังที่ใส่ไส้ต่างๆ ขนมปังมะพร้าว ขนมปังผลไม้ แป้งผสมของขนมปังจะมีปริมาณน้ำตาล นม ไขมันและไข่สูงกว่าขนมปังธรรมดา ควรอบในอุณหภูมิที่สูงที่สุดจะไม่เกิดการไหม้คือ ประมาณ 375°F - 425°F และใช้เวลาในการอบสั้นๆ

1.3 วัตถุดิบที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ขนมอบ

1.3.1 แป้งสาลี

เป็นแป้งหลักที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ เนื่องจากแป้งสาลีมีคุณสมบัติเฉพาะที่แป้งชนิดอื่นไม่มี ในแป้งสาลีจะประกอบด้วยโปรตีนที่สำคัญ 2 ชนิด คือ กลูเตนิน และ กลูเตนินในสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน เมื่อผสมกับน้ำในอัตราส่วนที่เหมาะสมแล้วจะเกิดสารที่มีลักษณะยืดหยุ่น เหนียวยืดคล้ายยางเรียกว่า กลูเตน มีโครงสร้างเป็นร่างแหสามารถกักเก็บก๊าซที่

เกิดขึ้นในระหว่างการหมักไว้ เมื่ออบด้วยความร้อนจากเตาอบทำให้เกิดโครงสร้างที่ยืดหยุ่นเป็นฟองของผลิตภัณฑ์ แป้งสาลีที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ขนมอบ โดยทั่วไปมีอยู่ 3 ชนิด คือ

1.3.1.1 แป้งขนมปัง มีโปรตีนสูงประมาณ 12-14 % ใช้สำหรับทำขนมปังทั่วไป

1.3.1.2 แป้งเค้ก มีโปรตีนต่ำ ประมาณ 7-9% ใช้สำหรับทำเค้ก

1.3.1.3 แป้งอเนกประสงค์ มีโปรตีนปานกลางประมาณ 10-11% ใช้สำหรับทำเพสตรี คุกกี้

1.3.2 น้ำ

เป็นองค์ประกอบหลักในการทำผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ และรวมถึงน้ำมันหรือน้ำผลไม้ เพราะน้ำมีหน้าที่

1.3.2.1 เปลี่ยนสภาพของโปรตีนในแป้งให้เป็นกลูเตน

1.3.2.2 ช่วยละลายเกลือ น้ำตาล และส่วนผสมอื่นที่ละลายได้ให้กระจายอย่างทั่วถึง

1.3.2.3 ช่วยควบคุมอุณหภูมิของโดและช่วยควบคุมความชื้นของโด

1.3.2.4 ทำให้สตาร์ชเกิดการพองตัว

1.3.2.5 ช่วยทำให้เก็บผลิตภัณฑ์ได้นานขึ้น

1.3.3 เกลือ

เกลือที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมอบหมายถึงโซเดียมคลอไรด์ ซึ่งเป็นเกลือป่นละเอียดที่ใช้ในการประกอบอาหารทั่วไป มีหน้าที่

1.3.3.1 ช่วยเพิ่มรสชาติให้แก่ผลิตภัณฑ์

1.3.3.2 ช่วยให้กลูเตนของโดมีกำลังในการยึดตัว

1.3.3.3 ช่วยควบคุมการทำงานของยีสต์ในระหว่างการหมัก

1.3.3.4 ช่วยป้องกันการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่ไม่ต้องการ

1.3.4 น้ำตาล

น้ำตาลที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมอบ หมายถึงน้ำตาลซูโครส มีหลายชนิด ได้แก่ น้ำตาลทรายบริสุทธิ์ น้ำตาลทรายแดง น้ำตาลทรายดิบ น้ำตาลไอซิ่ง และน้ำเชื่อมเบะแซ น้ำตาลมีหน้าที่

1.3.4.1 ให้ความหวานและกลิ่นรสแก่ผลิตภัณฑ์

1.3.4.2 เป็นอาหารของยีสต์ในระหว่างการหมัก

1.3.4.3 ช่วยให้สีของผลิตภัณฑ์เข้มขึ้น

1.3.4.4 ช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีความชุ่มชื้นเก็บได้นาน

1.3.4.5 ช่วยในการตีครีมและตีไข่ให้มีความคงตัวดี

1.3.4.6 ช่วยเพิ่มคุณค่าทางอาหาร

1.3.5 ไขมัน

น้ำมันและไขมันประกอบด้วยกรดไขมันและกลีเซอรอล ซึ่งจะแตกต่างกันตรงชนิดของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบ ซึ่งมีสภาพเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้องเรียกว่า น้ำมัน และมีสภาพเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้องเรียกว่า ไขมัน ทั้งสองอย่างนี้ ได้มาจากแหล่งผลิตที่เป็นทั้งพืชและสัตว์ จากพืชได้แก่ น้ำมันมะพร้าว น้ำมันปาล์ม น้ำมันจากเมล็ดพืชต่างๆ เช่น ฝ้าย งา ถั่ว จากสัตว์ ได้แก่ ไขมันเนย ได้จากนม ชนิดของไขมันที่นำมาใช้ในการทำผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ ได้แก่ เนย มาร์การีน น้ำมันพืช ไขมันพืชและสัตว์ และ โกโก้บัตเตอร์ สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ใช้ยีสต์ไขมันมีหน้าที่

1.3.5.1 ให้ความอ่อนนุ่มและมีกลิ่นรสที่ดี

1.3.5.2 ช่วยกักเก็บก๊าซที่เกิดขึ้น ป้องกันอากาศภายนอก ทำให้มีปริมาตรเพิ่มและมีเนื้อสัมผัสที่ดี

1.3.5.3 ช่วยหล่อลื่นกลูเตน ทำให้มีปริมาตรเพิ่มขึ้น

สำหรับเค้กไขมันทำหน้าที่

1.3.5.4 เป็นตัวจับอากาศที่เกิดขึ้นระหว่างการตีไขมันกับน้ำตาล

1.3.5.5 ไขมันที่มีอิมัลซิไฟเออร์ จะช่วยให้ น้ำและไขมันรวมตัวกันได้ดี

โดยเฉพาะเค้กที่มีส่วนผสมของน้ำและน้ำตาลสูง ซึ่งเรียก ไฮ-เรโซ เค้ก

1.3.5.6 ช่วยให้เค้กมีความนุ่มและมีกลิ่นรสดี

1.3.5.7 ช่วยยืดอายุการเก็บให้นานขึ้น

1.3.7 ไข่

ผลิตภัณฑ์ขนมอบส่วนมากจะใช้ไข่ไก่ และใช้ในรูปแบบไข่สด ไข่มีหน้าที่

1.3.7.1 ทำให้ผลิตภัณฑ์ขึ้นฟู

1.3.7.2 ช่วยให้เกิดสีแก่ผลิตภัณฑ์

1.3.7.3 ช่วยให้ความมันแก่ผลิตภัณฑ์

1.3.7.4 ให้กลิ่นรสและความเข้มข้น

1.3.7.5 ช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีความสดและมีคุณค่าทางอาหาร

1.3.8 น้ำมัน

ประกอบด้วยไขมันและโปรตีน น้ำตาลและแร่ธาตุปนอยู่โดยไม่แยกออกจากกัน เป็นสารละลายที่มีคุณค่าทางอาหารสูง และมีกลิ่นรสเฉพาะตัว น้ำมันที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์เบเกอรี่มี 3 ชนิด โดยมีหน้าที่

1.3.8.1 ช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีความน่ารับประทานและมีคุณค่าทางอาหาร

1.3.8.2 ช่วยละลายส่วนผสมอื่นๆ ให้เข้ากัน และช่วยให้เกิดโครงสร้างของผลิตภัณฑ์

1.3.8.3 น้ำตาลในน้ำมันจะช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีสีเข้มขึ้น

1.4 การผลิตขนมปังมีขั้นตอนหลักๆคือ

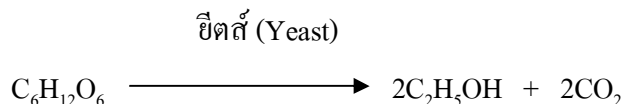
1.4.1 การผสม เป็นช่วงการเกิดโดและสร้างฟองอากาศ(air cell) เล็กๆจากการตีอากาศเข้าไปในโด เป็นการทำให้อนุภาคของแป้งเกิดขัดสีกันเองจนแตกออกเป็นอนุภาคที่เล็กลง น้ำสามารถซึมผ่านได้ง่ายขึ้นและไปรวมตัวโปรตีนและสตาร์ช ทำให้โปรตีนเกิดโครงสร้างเป็นกลูเตน เมื่อดูจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนจะไม่เห็นอนุภาคแป้งเกาะกันเป็นก้อนๆแต่จะเห็นอนุภาคโปรตีนเป็นร่างแหที่มีอนุภาคเล็กๆเกาะอยู่โดยทั่วไป เกิดเป็นลักษณะยืดหยุ่นและสามารถยืดแผ่เป็นแผ่นได้ เวลาที่ใช้นวดจนได้ความยืดหยุ่นสูงสุดจะเป็นเวลาที่เหมาะสมในการผสม ซึ่งกระบวนการพัฒนาของโดนั้นผันได้ตามสมการ



พันธะที่เกิดขึ้นในโดอาจเป็นพันธะไฮโดรเจนหรือพันธะที่ไม่ดูดซับน้ำ (hydrophobic) หรือทั้งสองอย่าง ความเหนียวของโด ในช่วงการผสมจะมีช่วงการจับอากาศ (air incorporation) เอาไว้ประมาณครึ่งหนึ่งของทั้งหมด มักเป็นก๊าซในไตรเจน ช่วงนี้ถือว่าเป็นช่วงการสร้างเซลล์อากาศ (air cell) ภายในโด เมื่อถึงช่วงหมักก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้จากการหมักของยีสต์สามารถแพร่เข้าไปในเซลล์อากาศนี้และเพิ่มปริมาณขึ้นได้ ถ้าในช่วงการผสมมีการจับอากาศได้น้อยจะได้ขนมที่มีเนื้อหยาบและมีเซลล์ขนาดใหญ่

1.4.2 การหมัก เป็นช่วงการผลิตก๊าซของยีสต์ทำให้ฟองอากาศขยายใหญ่ขึ้นและในช่วงที่เกิดกลิ่นรสของขนมปัง ยีสต์เป็นสิ่งมีชีวิตเมื่อมันอยู่สภาวะที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต

เช่นความแห้งแล้งหรืออุณหภูมิต่ำมันจะเข้าสู่ระยะพักตัว (dormant) ซึ่งหลักการนี้ได้นำไปใช้ในการทำยีสต์สำหรับทำขนมปัง โดยการผลิต แอททิฟ คาย ยีสต์ เป็นการลดความชื้นหรือทำให้แห้ง เมื่อยีสต์ถูกผสมเข้ากับน้ำจะเริ่มเข้าสู่สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตยีสต์จะออกจากสภาพพักตัวมาเป็นสภาพ แอททิฟ ยีสต์ สามารถทำให้เกิดการหมักได้ทั้งในสภาพมีหรือไม่มีอากาศ แต่สำหรับกระบวนการผลิตขนมปังแบบไม่มีอากาศ ได้ผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้ายคือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และ เอทานอล ดังสมการ



ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่อยู่ในโดจะอยู่ใน 2 สถานะ คือในรูปที่เป็นก๊าซอยู่ในภายใน air cell และละลายอยู่ในสารละลายน้ำ (aqueous phase) ในขั้นแรกของการหมักก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ในรูปของสารละลาย เมื่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีมาก จะทำให้เกิดสารละลายอิ่มตัว เมื่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในสารละลายมากเกินไป ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะกระจายอยู่ในช่องอากาศเล็กๆ (small air pockets) ซึ่งเกิดจากขั้นตอนการผสมทำให้เกิดการขยายตัวของโครงสร้างของโด การหมักเป็นการเปลี่ยนแปลงทางเคมีอย่างฉับพลันโดยเซลล์ของยีสต์จะกระจายทั่วไปในโดปฏิกิริยาเริ่มจากการย่อน้ำตาลให้เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และแอลกอฮอล์ ยีสต์จึงมีหน้าที่ผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อกักอยู่ในโด และช่วยปรับสภาพของโดให้เหมาะสมกับการอบ หน้าที่ดังกล่าวจะเกิดจากปฏิกิริยาของเอนไซม์ในระหว่างการหมักดังนี้

1.4.2.1 การลดลงของน้ำตาลธรรมชาติและน้ำตาลที่ได้จากคาร์โบไฮเดรตในการย่อยโดยยีสต์เพื่อให้ได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และแอลกอฮอล์ในปริมาณมาก

1.4.2.2 การลดลงของโปรตีนโดยเปลี่ยนเป็นสารประกอบที่ทำให้เกิดโปรตีนอย่างง่าย (simpler nitrogenous) เพื่อการเติบโตและพัฒนาของยีสต์เอนไซม์ จะเกิดปฏิกิริยาตลอดช่วงการหมัก มีการปลดปล่อยพลังงานทำให้อุณหภูมิของโดเพิ่มขึ้น

อัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของโด ขึ้นอยู่กับปริมาณของยีสต์ และอุณหภูมิที่โดถูกเก็บไว้น้ำตาล (dextrose) ถูกย่อยโดยยีสต์ และถึงแม้ปริมาณน้ำตาล ในขั้นแรกของการหมักจะมีน้อย แต่จะมีน้ำตาล จากแหล่งอื่นเพิ่มขึ้น เมื่อมีการผลิตก๊าซต่อไป น้ำตาลจากแหล่งอื่นๆได้จากเอนไซม์อินเวอร์เทส (invertase) ซึ่งได้จากยีสต์เป็นตัวทำให้เกิดการแตกตัวของซูโครส ไปเป็นเดกซ์โทรส (destrose) และเลวูโลส (levulose) จากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (hydrolysis) โดยใช้

เอนไซม์ทำการย่อยสลายน้ำตาลโดยมีน้ำเป็นปัจจัยสำคัญ ซึ่งปฏิกิริยาการย่อยให้ซูโครส (sucrose) 1 โมเลกุล และน้ำ 1 โมเลกุลรวมตัวกัน และแยกเป็นน้ำตาลโมเลกุล 2 ชนิด คือ เดกซ์โทรส (destrose) และ เลวูโลส (levulose) ซึ่งผ่านเข้าไปในเซลล์ยีสต์ ภายในเซลล์จะเกิดการย่อยโดยเอนไซม์อีกกลุ่มหนึ่ง คือ กลุ่มไซเมติก (zymatic) ซึ่งทำให้ได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แอลกอฮอล์ กลีเซอรอล และซักซินิก (succinic acid) ผลิตภัณฑ์เหล่านี้จะผ่านแมนเบรน (manbrane) ส่วนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะสะสมในโด ส่วนแอลกอฮอล์ กลีเซอรอล และ ซักซินิก (succinic acid) จะให้รสชาติและกลิ่นของก้อนขนมปัง

1.4.3 การอบ เป็นช่วงที่แป้งสุกมีการพัฒนาของสีเปลือก กลิ่นรสและโครงสร้างของขนมปัง เมื่อนำโดไปวางในเตาอบและสัมผัสกับความร้อน โดจะเกิดการเปลี่ยนแปลงในช่วงเวลาสั้นคือโดมีความเบาบางขึ้นและลักษณะผิวนอกเป็นฟิล์มพร้อมที่จะแผ่ขยาย เมื่อเวลาผ่านไป ฟิล์มที่เกิดขึ้นนั้นยังคงแผ่ขยายต่อไป ซึ่งการแผ่ขยายของฟิล์มนี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความชื้นภายในเตาอบ ในช่วงแรกของการอบ คือประมาณ 2-3 นาที นั้นปริมาตรของโดจะเพิ่มขึ้นต่อไปเรื่อยๆ ซึ่งเรียกช่วงนี้ว่า โอเวน ไรส (oven rise) ต่อมาเป็นการแผ่หรือการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของปริมาตรของโด ประมาณ 1-3 เท่าของก้อนโดก่อนอบ เรียกช่วงนี้ว่าโอเวน สปริง (oven spring) ซึ่งเป็นผลจากการแผ่กระจายของความร้อนของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น

1.5 ผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ (Croissant)

ผลิตภัณฑ์ขนมอบครัวซองต์มีรูปร่างคล้ายพระจันทร์เสี้ยว (crescent-shape) มีส่วนประกอบของไขมันเพสตรีมารินที่มีจุดหลอมละลายสูงและละลายได้ช้าในอุณหภูมิปกติ เช่นเดียวกับพัฟเพสตรี (Puff Patries) มีส่วนผสม ได้แก่ แป้ง น้ำ ไขมัน น้ำตาล ไข่ เกลือ และยีสต์ ขั้นตอนการทำมี 2 ขั้นตอนคือ

ขั้นตอนแรก เป็นการผสมแป้ง น้ำ ไขมัน น้ำตาล ไข่ เกลือ และยีสต์ ไขมันที่ผสมในส่วนนี้เป็นไขมันชนิดอ่อน เช่น เนยสด หรือ มาการีนธรรมชาติ โดยที่ผสมส่วนผสมดังกล่าวให้เป็นโด จนส่วนผสมไม่ติดมือ แล้วพักโดไว้

ขั้นตอนที่สอง การนำโดที่พักไว้จากขั้นตอนแรกมารีดให้เป็นแผ่น วางด้วยเพสตรีมารินที่ใช้ห่อจะใช้ประมาณ 50 % ของน้ำหนักโดที่ผสมเสร็จแล้วในขั้นตอนแรก จุดหลอมละลายสูงของไขมันชนิดนี้ประมาณ 115°F และแข็งกว่ามาการีนที่ใช้ผสมในส่วนผสมของโดเพื่อทำการห่อพับทบ เมื่อห่อมาการีนเสร็จเรียบร้อยแล้ว จึงนำมารีดให้เป็นแผ่นสี่เหลี่ยมผืนผ้า แล้วพับทบ

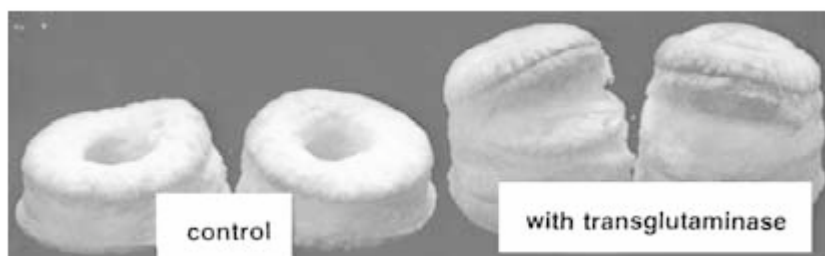
แผ่นโด ซึ่งมีการพับทบ 2 แบบด้วยกัน คือพับ 3 ทบ และพับ 4 ทบ เมื่อพับทบครั้งหนึ่งแล้วควรพับโดไว้ประมาณ 10-15 นาที เพื่อเป็นการให้มูลเตนมีการพักตัวหลังการถูกรีด ถ้าแผ่นโดยังพักตัวไม่เพียงพอเมื่อนำแผ่นโดมารีดครั้งต่อไป แผ่นโดจะหดตัว เมื่อพับโดได้ที่แล้วจึงนำออกมารีดเป็นแผ่นที่เหลื่อมผืนผ้าเท่าเดิม ทำเช่นนี้ประมาณ 4 ครั้ง และไม่ควรเกิน 4 ครั้ง เพราะการรีดและพับโดมากเกินไปอาจทำให้โดคร้วของตัวไม่ขึ้นเป็นชั้น เนื่องจากชั้นของโดและชั้นของเนยจะเชื่อมติดกัน

วัตถุประสงค์ของการรีดและพับทบหลายๆครั้ง หลังจากขั้นตอนการห่อเนยแล้ว ก็เพื่อจะสร้างชั้นของโดและชั้นของไขมันสลับกันไป ซึ่งจะทำให้เกิดลักษณะที่เป็นชั้นบางๆมากมาย เมื่อนำไปอบในเตาอบ ความร้อนจะทำให้น้ำที่มีอยู่ในโดเดือดและขยายตัวทำให้ชั้นโดแต่ละชั้นพองตัวขึ้น และในขณะเดียวกันชั้นของเนยแต่ละชั้นก็จะละลายและถูกดูดซึมไปในเนื้อโด เมื่ออบสุกได้ที่แล้ว ผลิตภัณฑ์คร้วของตัว จะแห้งกรอบมีความเงามัน และอยู่ตัวโดยเห็นโครงร่างเป็นชั้นๆ เมื่อกัดหรือบดออก จะเห็นเป็นแผ่นบางๆหลุดออกมาซึ่งเป็นลักษณะของผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ (จิตรนา และ อรอนงค์, 2546)

งานวิจัยของ Rasiah *et.al* (2004) ได้ศึกษาการเชื่อมโยง (cross links) ของโปรตีนในโดของแป้งสาลีโดยใช้กลูโคส ออกซิเดสและดูผลที่เกิดขึ้นของผลิตภัณฑ์ขนมปังและผลิตภัณฑ์คร้วของตัว ในการทดลองนี้ใช้เอนไซม์กลูโคสออกซิเดสเพื่อดูผลการเชื่อมโยงขึ้นในโดของโปรตีนโดยใส่กลูโคส, กลูโคสออกซิเดส และกลูโคสออกซิเดเรส ใส่รวมกันกับกลูโคส เปรียบเทียบกับตัวอย่างผลิตภัณฑ์คร้วของตัวที่ไม่ใส่สารเหล่านี้ พบว่าผลิตภัณฑ์คร้วของตัวที่ใส่กลูโคสออกซิเดส มีปริมาตร 937 ml แสดงแนวโน้มสูญเสียรูปร่างในระหว่างการอบมากกว่าสิ่งทดลองอื่น แต่ให้สิ่งที่น่าสนใจในทางที่ดีคือ รูปแบบของเนื้อในและเนื้อสัมผัส ของผลิตภัณฑ์คร้วของตัว เป็นรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่มีความต้องการมากที่สุด ซึ่งเรียกว่า ผีเสื้อน้ำผึ้ง (honeycomb) ดังนั้นกลูโคสออกซิเดสใส่ไปในโดของคร้วของตัวเกิดการเชื่อมโยงกันระหว่างโมเลกุลของโปรตีน ผลที่เกิดขึ้น คือความหนา ความชื้น และเนื้อสัมผัสที่มีมูลเตนมากกว่า รวมทั้งการเปิดของเซลล์ ความเป็นชั้นของเปลือกเพิ่มขึ้น

โปรตีนชนิดทรานสกลูตามิเนส (Transglutaminase) ที่ Gerrard *et.al.*(2000) ศึกษาอายุการเก็บโดของคร้วของตัวและพัฟเพรสตรี โดยการแช่เยือกแข็ง เป็นเวลา 90 วัน จากตัวอย่างของโดทั้งสองชนิดมีการใส่ ทรานสกลูตามิเนส และไม่ใส่ ทรานสกลูตามิเนส จะเห็นความแตกต่างที่ชัดเจนหลังจากโดทั้งสองที่ถูกแช่เยือกแข็งแล้วละลายโดเพื่อนำไปอบ ซึ่งจะพบผิวของตัวอย่างที่ไม่ใส่ ทรานสกลูตามิเนส ถูกทำลายและมีการร้าวของเนยที่แทรกในชั้นแป้งออกมา ในขณะที่โดทั้งสองชนิดที่ใส่ทรานสกลูตามิเนส ไม่มีการร้าวของเนยที่แทรกระหว่างชั้นแป้งให้เห็น เมื่อนำไปอบ พบ

ความแตกต่างของปริมาตร ที่เกิดจากการแยกออกเป็นชั้นอย่างเห็นได้ชัดในตัวอย่างของผลิตภัณฑ์ทั้งสองชนิดที่ใส่ ทรานสกลูตามิเนส ซึ่งต่างกับ ตัวอย่างทั้งสองชนิดที่ไม่ใส่โปรตีนชนิดนี้ดังภาพที่ 1 และ 2



ภาพที่ 1 ผลการเติมโปรตีน Transglutaminase ในผลิตภัณฑ์ฟัพเพสตรีหลังจากที่เก็บไว้เป็นเวลา ๗ 90 วัน



ภาพที่ 2 ผลการเติมโปรตีนชนิด โปรตีนชนิด Transglutaminase ในผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ที่ผ่านการแช่เยือกแข็ง เป็นเวลา 90 วัน

ที่มา: Rasiah (2004)

เหตุผลหลักที่ได้สันนิษฐานไว้สำหรับโคของผลิตภัณฑ์ทั้งสองชนิดนี้ ที่มีการขึ้นชั้นไม่สมบูรณ์ เกิดจากไขมันได้แทรกซึมเข้าไปในชั้นของโค ซึ่งเกิดขึ้นระหว่างมีการละลายโคจากการแช่เยือกแข็งว่าเป็นผลจากกระบวนการแช่เยือกแข็งที่มีผลของน้ำแข็งเข้าไปทำลายแผ่นโคให้แตกหักออกจากกัน เมื่อใส่ทรานสกลูตามิเนส ไปในแป้งที่ทำผลิตภัณฑ์ทั้งสองชนิดนี้มีผลทำให้เกิดความแข็งแรงของโคไม่ให้ถูกทำลายเมื่อทำการแช่เยือกแข็งเป็นเวลานาน

Hozova .et al. (2002) ได้ศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ชนิดครัวซองต์ที่ร้านเบเกอรี่ชื่อ Resanka ต่อปัจจัย การใช้กรดซอร์บิก (sorbic acid) วิธีการทำและค่าวอเตอร์แอกทิวิตี (a_w) โดยศึกษากับผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ 2 แบบ คือ brioche และ croissant มีการเติม

ครีมที่ทำมาจากผลไม้ สำหรับ brioche มีการแบ่งเป็นประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ที่ค่า a_w 0.79 และ 0.86 เดิมและไม่เติมกรดซอร์บิก ส่วน croissant ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ที่ค่า a_w 0.82 และ 0.86 เดิมและไม่เติมกรดซอร์บิก เช่นกัน ผลลัพธ์ทั้งสองชนิดนี้บรรจุในภาชนะบรรจุ อลูมิเนียมฟอยล์ที่ปลอดภัยต่ออาหารและต้านทานการซึมผ่านไอน้ำได้ดี จากนั้นนำไปเก็บ ภายในห้องปฏิบัติการที่มีอุณหภูมิ $20 \pm 2^\circ\text{C}$ เป็นเวลา 90 วัน คุณลักษณะที่ใช้ในการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสได้แก่ ความแข็ง (hardness) รูปร่าง (shape) กลิ่น (odour) สี (colour) รสชาติ (taste) ความสม่ำเสมอ (consistency) เปลือก (crust) พบว่ามีผลต่อความแข็ง กลิ่น รสชาติ ผิวของเปลือก และรูปร่าง เมื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ทั้งสองแบบมีความแตกต่างกันคือ croissant มีค่า 30.5 ($s = 0.52$, $sr = 10.7\%$) Brioche 35.7 ($s = 0.55$, $sr = 11.1\%$) ปริมาณไขมันมีผลต่อการคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาการเก็บจากความแตกต่างของโดทั้งสองชนิดคือโด Brioche 15% และโด croissant 25% ผลที่เกิดจากค่า water activity (a_w) และกรดซอร์บิก (0.62%) ไม่มีผลต่อคุณลักษณะที่ใช้ทดสอบเช่นกันและคุณภาพทางจุลินทรีย์ต่ำกว่า 10 CFU/g

2. การบรรจุผลิตภัณฑ์ขนมอบ

การบรรจุผลิตภัณฑ์ขนมอบเพื่อต้องการควบคุมผลิตภัณฑ์นี้ให้ปลอดภัยจากเชื้อราคือการรักษาให้ค่า a_w ต่ำ ซึ่งอาจทำได้โดยการใช้ภาชนะบรรจุที่ป้องกันการซึมผ่านของความชื้น (vapor proof packaging) เพื่อรักษาความชื้นของขนมปังและหลีกเลี่ยงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ในขณะที่เก็บรักษา เนื่องจากเป็นสาเหตุให้เกิดการกลั่นตัวของหยดน้ำข้างในห่อภาชนะบรรจุ การแช่เย็นหรือเก็บไว้ในที่เย็นจะเพิ่มอายุการเก็บขนมปังให้ปราศจากเชื้อราโดยเฉพาะอย่างยิ่งในสถานะที่มี a_w ต่ำ (ปริศนา, 2546) และการบรรจุผลิตภัณฑ์ขนมอบภายในหีบห่อ ต้องการให้ผลิตภัณฑ์เก็บได้นานโดยที่ยังสดอยู่ ดูแล้วถูกสุขลักษณะ สะดวกต่อการจับถือและใช้เนื้อที่ในการเก็บ การขนส่ง และการวางขาย อีกทั้งผู้ซื้อสามารถเห็นลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่อยู่ภายในภาชนะบรรจุได้ชัดเจน (จิตรนา และ อรอนงค์, 2546)

2.1 การบรรจุภายใต้สภาพการดัดแปลงบรรยากาศ (Modified Atmosphere Packaging, MAP)

หมายถึงการบรรจุผลิตภัณฑ์ให้อยู่ภายใต้บรรยากาศที่มีอัตราส่วนของก๊าซชนิดต่างๆ แตกต่างไปจากบรรยากาศปกติและอัตราส่วนนี้อาจเปลี่ยนแปลงได้ตามระยะเวลา โดยขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุ อัตราส่วนของก๊าซแรกเริ่มวัสดุบรรจุที่ใช้และสถานะการเก็บผลิตภัณฑ์นั้นๆ การบรรจุภายใต้สภาพการดัดแปลงบรรยากาศของผลิตภัณฑ์ขนมอบ วัตถุประสงค์หลักคือ

การยับยั้งจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมากับผลิตภัณฑ์ การใช้ MAP จะมีประโยชน์มากที่สุดต้องอาศัยการศึกษาวิจัยที่ค่อนข้างเฉพาะเจาะจงกับผลิตภัณฑ์ และบางกรณีต้องมีการปรับปรุงคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ให้เหมาะสมกับ MAP ด้วย เช่นการลดค่า a_w หรือค่าความเป็นกรด-เบสของผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ผลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หรือไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ต่อการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์มีมากยิ่งขึ้นซึ่งทำให้สามารถลดการใช้สารยับยั้งเชื้อราได้อีกด้วย (งามทิพย์, 2538)

Parry (1993) กล่าวว่า การบรรจุในสภาพการดัดแปลงบรรยากาศเป็นวิธีที่ง่ายที่สุด โดยบรรจุผลิตภัณฑ์ในถุงพลาสติกที่ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซได้ดี จากนั้นก็ดูดอากาศออกจากภาชนะบรรจุด้วยเครื่องบรรจุแบบสุญญากาศ และปิดผนึกบรรจุภัณฑ์พลาสติกจะยุบตัวติดกับผิวรอบๆผลิตภัณฑ์ ดังนั้นความดันภายในจึงน้อยกว่าความดันภายนอก

2.2 การให้ความเย็นภายใต้สุญญากาศ (Vacuum cooling) ก่อนการบรรจุผลิตภัณฑ์ขนมอบ การให้ความเย็นภายใต้สุญญากาศเป็นระบบที่ได้รวมเข้าเป็นส่วนหนึ่งเพื่อทำให้ขนมปังเย็นหลังจากที่ขนมปังได้ผ่านการอบมาแล้ว ขณะนี้เทคนิคนี้ได้เป็นที่ทราบกันแล้วว่าเป็นกระบวนการผลิตในระดับอุตสาหกรรมและต้นทุนสูง เมื่อขนมปังผ่านการอบและออกมาจากเตาก็มีการทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็วโดยวิธีการทำให้เย็นภายใต้สุญญากาศ เพื่อที่จะหลีกเลี่ยงการควบแน่นของไอน้ำในภาชนะบรรจุ (Bradshaw, 1976)

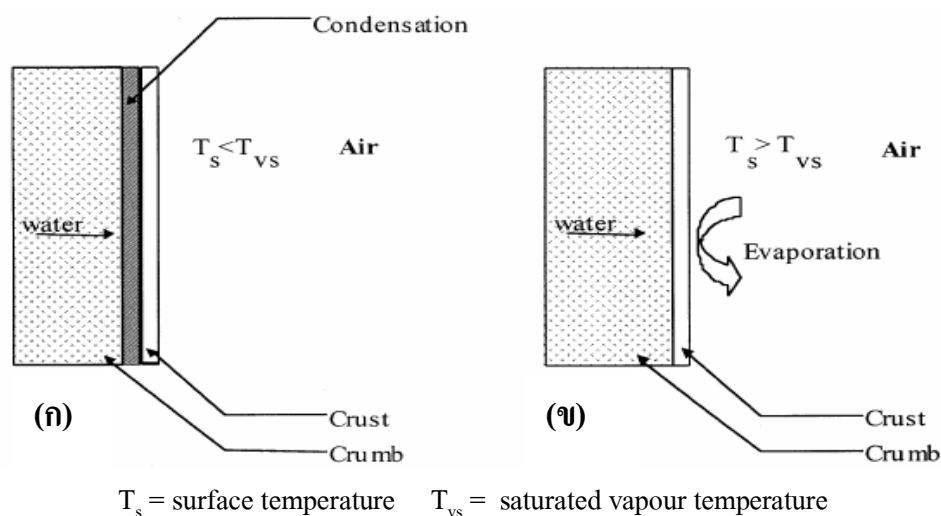
การให้ความเย็นภายใต้สุญญากาศในอุตสาหกรรมเบเกอรี่อาจทำได้มี 2 ระบบได้แก่ การทำความเย็นที่มีลักษณะเป็นชั้น (rack cooler) เป็นระบบการทำความเย็นสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์ขนมอบที่ไม่ต่อเนื่อง เมื่อผลิตภัณฑ์ผ่านการอบออกมาจากเตาแล้วก็จะถูกผลักเข้าไปวางในห้องที่มีการให้ความเย็นภายใต้สุญญากาศ และระบบที่มีเครื่องทำความเย็นต่อรวมอยู่ในสายการผลิต (Inline cooler) โดยระบบนี้มีสายพานรองรับผลิตภัณฑ์แล้วนำผลิตภัณฑ์เข้าไปทำให้เย็นภายในห้องสุญญากาศ (Everington, 1993)

การควบคุมอัตราความเย็นที่ได้ผลนั้น ประกอบด้วยผลิตภัณฑ์ที่มีความสม่ำเสมอ การทำให้เย็นโดยใช้สุญญากาศคือการกระจายความชื้นเข้าไปยังก้อนขนมปังให้มีความสม่ำเสมอทั่วทั้งก้อน ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญในการยืดอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ขนมอบ ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ถูกทำให้เย็นโดยวิธีนี้ถูกวางในสิ่งแวดล้อมสถานะสุญญากาศที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว

การให้ความชื้นของผลิตภัณฑ์เบเกอรี่เกิดขึ้นในช่วงอุณหภูมิระหว่าง $98-30^{\circ}\text{C}$ และเมื่ออุณหภูมิลดลงมาอยู่ที่ประมาณ 68°C ทำให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักจะอยู่ที่ประมาณ 6.8% ขึ้นอยู่กับความร้อนจำเพาะของผลิตภัณฑ์ ถ้าผลิตภัณฑ์ถูกทำให้เย็นในอากาศปกติ ซึ่งจะมีการสูญเสีย น้ำหนักอยู่ระหว่าง 3-5% ขึ้นอยู่กับความเร็วลม, ความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิ ซึ่งข้อเสียเปรียบในการสูญเสียน้ำหนักนี้ เป็นสิ่งเล็กน้อยและความแตกต่างนี้สามารถชดเชยได้จากช่วงเวลาการอบ (Everington, 1993)

นอกจากนี้การสูญเสียน้ำหนักสามารถชดเชยได้โดยการพ่นน้ำที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว หลังจากผลิตภัณฑ์ขนมอบออกจากเตาและก่อนการทำให้เย็นภายใต้สุญญากาศ น้ำที่พ่นออกไปนี้ ได้ถูกดูดซับไปอยู่ในช่องว่างของผลิตภัณฑ์ขนมอบ (Sloan, 1996)

Alexandra *et al.* (2001) ได้ศึกษาสภาวะภายนอกต่ออัตราการทำให้เย็นหลังการอบขนมปัง ซึ่งเวลาที่ทำให้เย็นถูกกำหนดว่าต้องเข้าใกล้อุณหภูมิ 25°C ณ จุดศูนย์กลางของขนมปัง ตั้งแต่นำออกจากเตา ผลการทำให้เย็นที่อุณหภูมิตั้งแต่ 5, 10, 15, และ 20°C มีความชื้น 2.10, 2.18, 1.85 และ 1.75% w.b. ตามลำดับ ซึ่งที่อุณหภูมิ 20°C มีความชื้นน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิอื่น เขา เสนอแนะผลที่ได้จากการทดลองนี้ว่าเกิดจากการควบคุมให้ขนมปังเย็น 2 วิธีคือ วิธีแรกเป็นการทำให้ขนมปังเย็นอย่างรวดเร็วโดยให้อุณหภูมิที่ผิวหน้าขนมปังต่ำกว่าอุณหภูมิไอน้ำที่อิมตัวในขนมปัง วิธีนี้การเคลื่อนที่ของไอน้ำที่อยู่ในเนื้อขนมปังเกิดการควบแน่นปริมาณมาก ภายใต้เปลือกของขนมปัง (ภาพที่ 3ก.) ส่วนอีกวิธีหนึ่งคือการควบคุมให้ขนมปังเย็นโดยให้อุณหภูมิที่ผิวหน้าขนมปังสูงกว่าอุณหภูมิไอน้ำอิมตัวของเนื้อขนมปังที่อยู่ภายใต้เปลือก ดังนั้นการควบแน่นของไอน้ำในเนื้อขนมปังที่อยู่ภายใต้เปลือกจึงมีเพียงเล็กน้อย (ภาพที่ 3ข.) จึงทำให้ขนมปังมีความชื้นน้อยกว่าการทำให้เย็นที่อุณหภูมิต่ำ อันที่จริงแล้ว ในระหว่างเวลาที่รอให้ผลิตภัณฑ์เย็น การเคลื่อนที่ของความร้อนและมวลสารจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิห้องและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ซึ่งการควบคุมการระเหยของไอน้ำนี้ เป็นทางหนึ่งที่สามารถควบคุมการควบแน่นของไอน้ำภายใต้เปลือกขนมปัง โดยที่ความสำคัญของวิธีนี้จะมีความเกี่ยวข้องกับ ค่า a_w ที่อยู่ในเปลือกขนมปัง ซึ่งส่งผลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา และจุลินทรีย์ในระหว่างการเก็บ



ภาพที่ 3 การเคลื่อนที่ของน้ำในสถานะที่ทำให้ขนมปังเย็นอย่างรวดเร็วและควบคุมการเย็นของขนมปัง (ก) การเคลื่อนที่ของน้ำในสถานะที่ทำให้ขนมปังเย็นอย่างรวดเร็ว (ข) การเคลื่อนที่ของน้ำในสถานะที่ควบคุมการเย็นของขนมปัง

ที่มา: Alexandra *et al.* (2001)

2.3 การบรรจุโดยระบบปลอดเชื้อ (Aseptic Packaging) (งามทิพย์, 2547)

หลักการพื้นฐาน

ผลิตภัณฑ์อาหารที่บรรจุโดยระบบปลอดเชื้อ หรือ Aseptic Packaging จะมีคุณค่าทางโภชนาการสูงและอายุเก็บยาวนานที่อุณหภูมิปกติ หลักการบรรจุโดยระบบปลอดเชื้อ ประกอบด้วยอาหารที่จะบรรจุจะต้องผ่านการฆ่าเชื้อโดยวิธีการที่เหมาะสมระดับ Commercial Sterility มาก่อน ภาชนะบรรจุที่ใช้จะต้องผ่านการฆ่าเชื้อก่อน และ การบรรจุอาหารในภาชนะบรรจุดังกล่าว จะต้องกระทำในสถานะปลอดเชื้อจนกว่าจะปิดผนึกภาชนะจนเสร็จเรียบร้อย

การฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์อาหาร การหาเชื้อจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์อาหารโดยทั่วไปจะทำในระดับ Commercial Sterility ซึ่งหมายถึงผลิตภัณฑ์จะต้องไม่มีจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญเติบโตได้อีกในระหว่างการเก็บและขนส่งที่อุณหภูมิปกติและต้องปราศจากสารพิษ (Toxin) หรือโรค (Disease) การฆ่าเชื้อทั่วไปจะใช้ High Temperature Short Time (HTST) เพื่อรักษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสและคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไว้ให้มากที่สุด ในปัจจุบันนิยมใช้ระบบ Ultra High Temperature หรือ UHT มากที่สุดโดยเฉพาะอาหารเหลว เช่น นม น้ำผลไม้ และเครื่องดื่มอื่นๆ ระดับของอุณหภูมิที่ใช้ในการฆ่าเชื้ออาหารจะแตกต่างกันออกไปขึ้นกับระดับ pH

ของอาหาร การฆ่าเชื้อภาชนะบรรจุ มีวิธีแตกต่างกันมากขึ้นกับชนิดของวัสดุบรรจุ รูปร่างของภาชนะบรรจุ และวิธีการขึ้นรูปของภาชนะบรรจุนั้นๆ ตัวอย่างการฆ่าเชื้อและการใช้งานแสดงในตารางที่ 1.

ตารางที่ 1 การฆ่าเชื้อวิธีต่างๆกันของภาชนะบรรจุ

วิธีการฆ่าเชื้อ	ภาชนะบรรจุ
1. ใช้ไอน้ำ Superheated Steam	1. กระป๋องโลหะทั่วไป
2. ใช้ลมร้อน (Dry Hot Air)	2. กระป๋องโลหะหรือกระป๋องวัสดุหลายชั้น นิยมใช้บรรจุน้ำผลไม้
3. ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์/ลมร้อน	3. วัสดุหลายชั้น ภาชนะพลาสติก
4. ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์/แสง UV	4. ภาชนะพลาสติก
5. เอทิลีนออกไซด์(Ethylene Oxide)	5. ภาชนะแก้วและพลาสติก
6. ความร้อนจากขบวนการโคเอ็กซ์ทรูชัน	6. ภาชนะพลาสติก
7. ฉายรังสี	7. ภาชนะพลาสติกที่สลายตัวได้ง่ายด้วยความร้อน

ที่มา: งามทิพย์ (2547)

ปัจจุบันนิยมฆ่าเชื้อด้วยด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์(H_2O_2) เข้มข้นร้อยละ 30 -35 แล้วเป่าด้วยลมร้อนเพื่อระเหย H_2O_2 ส่วนเกินออกไป เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงในการทำลายจุลินทรีย์และสะดวกรวดเร็วในทางปฏิบัติ สำหรับการใช้อเอทิลีนออกไซด์และการฉายรังสีมีใช้น้อยเนื่องจากปัญหาความปลอดภัยและต้นทุนการดำเนินการสูง

การทำสถานะปลอดเชื้อ ในบรรยากาศทั่วไปจะมีฝุ่น ละออง เหม่า ควันและจุลินทรีย์ปะปนอยู่มาก จุลินทรีย์ที่ตรวจพบในอากาศทั่วไป จะมีขนาดตั้งแต่ 0.5 ถึง 10 ไมครอน ในการกรองสิ่งฟุ้งกระจายดังกล่าวจะใช้แผ่นกรอง (Membrane และ Filter) ทำจากใยแก้วที่มีรู 0.3- 0.8 ไมครอน กรองชั้นหนึ่งก่อนแล้วจึงผ่านอากาศนั้นไปฆ่าเชื้อโดยใช้แสง เพื่อให้ได้อากาศปลอดเชื้อสำหรับการบรรจุอาหาร ตามมาตรฐาน US Standard Federal ได้กำหนดระดับ (Class) ของสถานะปลอดเชื้อ ตามจำนวนสูงสุดของสิ่งฟุ้งกระจายขนาด 0.5 ไมครอน ที่มีอยู่ในอากาศดังนี้

ตารางที่ 2 การกำหนดระดับ Class ของสภาวะปลอดเชื้อ

ระดับ	จำนวนที่มากที่สุดของอนุภาค (0.5) μ ³	จำนวนที่มากที่สุดของอนุภาค ที่สามารถเจริญได้ / μ ³
10	10	–
100	100	0.1
10000	10000	0.5

ที่มา: งามทิพย์ (2547)

โดยทั่วไปจะใช้บรรยากาศ Class 10 สำหรับบรรจุอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำหรือเป็นกลาง เช่น นม ส่วน Class 100 จะใช้กับอาหารที่มีความเป็นกรดสูงหรือแอลกอฮอล์ เช่น น้ำผลไม้ เหล้า สาเก เป็นต้น ภายในห้องบรรจุจะให้ความดันสูงกว่าความดันบรรยากาศเล็กน้อยเพื่อป้องกันการปนเปื้อนของอากาศภายนอกเข้าไป

3. ปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ขนมอบชนิดต่างๆ

ผลิตภัณฑ์ขนมอบ ผ่านช่วงเวลาในการเก็บรักษาก่อนถึงขั้นตอนการบริโภค ช่วงเวลาในการเก็บรักษาอาจสั้นเป็นชั่วโมงหรือนานเป็นปี ขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์และสภาวะในการเก็บรักษา(ปริศนา, 2546) การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของน้ำในผลิตภัณฑ์น้ำในผลิตภัณฑ์ขนมอบ เปรียบดังคล้ายสารหล่อลื่นขณะรับประทานมันจะสัมพันธ์กับลักษณะทางกายภาพที่มองเห็นได้ ทำให้สามารถรับรู้ว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำขึ้นใหม่ๆ หรือ ผ่านการเก็บรักษามาแล้ว ระดับของความชื้นในผลิตภัณฑ์ขนมอบแต่ละชนิดมีความสำคัญต่อลักษณะของผลิตภัณฑ์ เช่นขนมปังจะมีความชื้นสูงเมื่อรับประทานต้องไม่มีลักษณะกรอบแข็ง ดังเช่น บิสกิต

3.1 ขนมปังและผลิตภัณฑ์จากการหมัก

ขนมปังและผลิตภัณฑ์จากการหมักเป็นอาหารที่มีความชื้นปานกลาง หรืออาจจะมี ความชื้นสูงกว่าเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ขนมอบชนิดอื่นๆ เนื้อในของขนมปังจะมีความชื้นสูง ส่วนเปลือกจะมีความชื้นต่ำกว่า ซึ่งความแตกต่างของความชื้นถือเป็นลักษณะสำคัญของผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการ

หมัก เพราะจะทำให้ได้ลักษณะที่ต้องการคือมีเปลือกแข็งและกรอบ ขณะรับประทานเนื้อ นุ่ม โดยทดสอบด้วยการใช้นิ้วกดบนเนื้อในขนมปังเมื่อกดยุบได้ง่ายจะรู้สึกนุ่ม และคืนตัวได้ แสดงว่าขนมปังมีความสดใหม่ แต่ถ้าขนมปังมีความชื้นสูงเกินไป จะกดยุบได้ง่ายเช่นกันแต่ไม่คืนตัว วิธีการนี้เรียกว่าการทดสอบการกดยุบของขนมปัง (squeeze tests) จะใช้ทดสอบเพื่อบ่งบอกการตัดสินใจของผู้บริโภคเกี่ยวกับการเกิดแห้งแข็ง (staling) ของขนมปัง

3.2 เค้ก

ปริมาณความชื้นของเค้กจะต่ำกว่า จัดเป็นอาหารที่มีระดับความชื้นปานกลาง (intermediate moisture foods) การทดสอบประสาทสัมผัส สามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นและความสดใหม่ของเค้กได้ พบว่าเค้กที่มีความชื้นสูงผู้ทดสอบจะตัดสินว่าเค้กมีความสดใหม่ แต่ความชื้นที่สูงมากเกินไป จะเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ภายในเค้ก การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทำให้ความหนาแน่นเนื้อในของเค้กเปลี่ยนแปลง โดยความชื้นที่เพิ่มขึ้นทำให้เค้กมีลักษณะเหนียวติดกัน (cohesive chewy) และยืดหยุ่น (gummy)

3.3 ผลิตภัณฑ์เพสตรี (puff pastry)

ความชื้นของผลิตภัณฑ์เพสตรีจะต่ำกว่าเค้ก มีความชื้นประมาณ 5% และ short and danis pastries มีความชื้น 17% เมื่อรับประทานจะรู้สึกแห้งหรือกรอบ ถ้าผลิตภัณฑ์เหล่านี้มีความชื้นสูงขึ้น ซึ่งอาจเกิดจากการเคลื่อนย้ายของน้ำจากส่วนที่เป็นไส้ จะทำให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับและตัดสินว่าผลิตภัณฑ์เกิดการแห้งแข็ง

3.4 บิสกิต และคุกกี้

โดยทั่วไปความชื้นของบิสกิตและคุกกี้ จะต่ำกว่า 5% และ a_w อยู่ประมาณ 0.2 เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ภายใต้อุณหภูมิที่ต่างกันจะเกิดการดูดความชื้นจากบรรยากาศเข้าสู่ผลิตภัณฑ์ ทำให้บิสกิตนุ่ม และเมื่อบิสกิตดูดความชื้นอาจทำให้มีขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งทำให้เกิดปัญหาเมื่อต้องนำบิสกิตไปเคลือบ เช่นเคลือบด้วยช็อกโกแลต จะทำให้เกิดรอยแตก เนื่องจากการขยายขนาดของบิสกิต ระยะเวลาที่จะเกิดรอยแตก ขึ้นอยู่กับความชื้นเริ่มต้น ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ความหนา และความสม่ำเสมอของชั้นเคลือบช็อกโกแลต เป็นผลให้เสียความกรอบที่มีต่อการยอมรับของผู้บริโภค จึงควรห่อด้วยฟิล์มชนิดที่สามารถป้องกันความชื้นได้

4. ลักษณะการเสื่อมเสียของขนมอบ

ผลิตภัณฑ์ขนมอบเสื่อมเสียคุณภาพสามารถมองเห็นได้จากรูปธรรมที่เกิดขึ้น คือการเปลี่ยนแปลงของ สี รสชาติ กลิ่น หรือการปรากฏของเชื้อจุลินทรีย์ซึ่งทั้งหมดนี้เป็นผลให้คุณค่าของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนไป(ปริศนา, 2546)

4.1 การเกิดลักษณะแห้งแข็ง (staling) ในขนมอบ

การแห้งแข็ง (staling) นิยามได้จากการเปลี่ยนแปลงเกือบทั้งหมด ซึ่งเกิดขึ้นกับขนมอบ ระหว่างการเก็บรักษาทำให้การยอมรับของผู้บริโภคลดลง ซึ่งทำให้เกิดการสูญเสียคุณภาพทางประสาทสัมผัสซึ่งเป็นการสูญเสียกลิ่นรสและความรู้สึกในปาก และถ้าเป็นการสูญเสียคุณภาพทางกายภาพก็จะเป็นการสูญเสียความนุ่มเนื้อของขนมอบเกิดการร่วน ดังนั้นคุณภาพของขนมอบที่ดีที่สุด คือขนมอบที่ออกจากเตาอบใหม่ๆ หากตั้งทิ้งไว้นานเท่าไรคุณภาพก็ยิ่งเสื่อมลงเท่านั้น

การเกิดลักษณะแห้งแข็งของผลิตภัณฑ์ขนมปัง เป็นการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพซึ่งเกิดใน ส่วนประกอบของสตรัคเจอร์ในเนื้อขนมปัง รวมทั้งการเกิดการเรียงตัวกันใหม่ (retrogradation) และการตกผลึก (recrystallization) เป็นผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเนื้อสัมผัสได้แก่ ความนุ่มและความหยาบของเนื้อขนมปัง เมื่อนำขนมปังมาส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์พบว่าเม็ดสตรัคเจอร์ส่วนใหญ่เกิดการพองและถูกแยกโดยชั้นบางๆของโปรตีนกลูเตน ระหว่างการอบเป็นการเปลี่ยนแปลงระหว่างความร้อน ความชื้นและเวลา ซึ่งเปลี่ยนรูปของเม็ดสตรัคเจอร์ไปสู่สถานะอะมอร์ฟัส(amorphous state) การขยายตัวของเม็ดสตรัคเจอร์ทำให้เกิดการกระจายของโมเลกุลสตรัคเจอร์ไปสู่ intergranular gel phase หลังจากการอบ การทำให้เย็นและการเก็บรักษา โมเลกุลของสตรัคเจอร์จะกลับมาเรียงตัวกันใหม่ โดยเริ่มจากโมเลกุล 2 โมเลกุลขึ้นไป มาจับตัวกันและพัฒนาไปสู่ระดับที่ขยายเพิ่มขึ้น จนในที่สุดอยู่ภายใต้สภาวะที่เหมาะสมจะเกิดการเรียงตัวเป็นผลึกเรียกว่าretrograde ซึ่งเป็นสาเหตุหลักของการเกิด staling ในขนมปัง

การเปลี่ยนแปลงค่า a_w ที่เกิดขึ้นในเนื้อขนมปัง ก็เป็นปัจจัยสำคัญในการเกิด staling ค่า a_w ใน 24 ชั่วโมงแรกของการเก็บขนมปังมีค่าสูงกว่าช่วงเริ่มต้น ซึ่งค่า a_w ที่มากหมายถึงความนุ่มของเนื้อขนมปัง เป็นผลมาจากน้ำสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระในเนื้อขนมปังสดมากกว่าในขนมปังที่เกิดการ staling แล้ว

4.2 การเสื่อมเสียของขนมปังที่เกิดจากจุลินทรีย์

จุลินทรีย์มีอยู่ทั่วไปในสิ่งแวดล้อมมีเอนไซม์ที่ทำงานได้ดี จุลินทรีย์แต่ละชนิดจะมีช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญมากที่สุด (Optimum temperature) ต่างกัน เมื่ออุณหภูมิลดต่ำกว่า Optimum temperature จุลินทรีย์จะเจริญช้าลงตามลำดับ จนถึงระดับอุณหภูมิหนึ่งที่เรียกว่า Minimum temperature ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่เชื้อเจริญได้ช้าที่สุด และเมื่ออุณหภูมิลดต่ำกว่าอุณหภูมินี้เชื้อจะไม่มีการเจริญ และเช่นเดียวกันเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า Optimum temperature เชื้อก็จะเจริญได้ช้าลงตามลำดับ จนถึงอุณหภูมิหนึ่งที่เชื้อเจริญได้ช้าที่สุดซึ่งเรียกว่า maximum temperature และเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นกว่านี้จุลินทรีย์จะหยุดเจริญ ขณะเดียวกันยังทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของเอนไซม์ภายในเซลล์ เป็นผลให้จุลินทรีย์เริ่มตาย จุลินทรีย์ที่มีอุณหภูมิที่แตกต่างกันนี้สามารถแบ่งออกเป็นกลุ่มใหญ่ได้แก่ กลุ่มที่เจริญได้ดีเฉพาะเมื่ออยู่ที่อุณหภูมิต่ำ (psychrophile) กลุ่มที่เจริญได้ดีทั้งที่อุณหภูมิต่ำและอุณหภูมิปานกลาง (psychrotroph) กลุ่มที่เจริญได้ดีที่อุณหภูมิปานกลาง (mesophile) และกลุ่มที่เจริญได้ดีที่อุณหภูมิสูง (thermophile) (Siliker และ คณะ, 1980)

4.2.1 การเสื่อมเสียของขนมปังจากเชื้อรา

เกิดจากการปนเปื้อนภายหลัง ขนมปังที่ออกจากเตาใหม่จะปราศจากเชื้อรา เนื่องจากความร้อนที่ใช้ในการอบค่อนข้างสูง ภายหลังการอบระหว่างการทำให้เย็น การตัดเป็นแผ่น การบรรจุและระหว่างการเก็บรักษา ขนมปังอาจมีการปนเปื้อนจากสปอร์ของเชื้อราที่อยู่ในบรรยากาศรอบๆของมัน ถ้าความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศต่ำกว่า 90% เชื้อราจะไม่สามารถเจริญเติบโตได้ แต่ก็อาจมีการเติบโตอย่างช้าๆ บนผิวของขนมปังที่เหมาะสมต่อการเจริญจนกระทั่งสามารถมองเห็นได้ ในสภาวะที่มีความชื้น โดยเฉพาะในขนมปังที่บรรจุห่อ เชื้อราจะเจริญได้อย่างรวดเร็ว หากบรรจุขนมปังที่ยังร้อนในภาชนะบรรจุจะเกิดหยดน้ำกลั่นตัวอยู่ด้านในซึ่งเป็นผลให้เชื้อราเจริญบนขนมปังที่ถูกหั่นหรือห่อแล้วอย่างรวดเร็ว เชื้อราที่เป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียของขนมปังมากที่สุด คือ *Penicillium spp.* *Aspergillus spp.* ซึ่งมีความสำคัญมากในประเทศเขตร้อน นอกจากนี้ยังมีการเสื่อมเสียจากเชื้อราชนิดอื่นอีกเช่น *Pencillium*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Mucorales* และ *Nerospora*

4.2.2 การเสื่อมเสียของขนมปังที่เกิดจากแบคทีเรีย

Rope เป็นลักษณะการเสื่อมเสียของขนมปังที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูงคือมากกว่า 90 % ซึ่งสาเหตุมาจาก *Bacteria subtilis* หรือ *Bacillus licheniformis* แหล่งของ *Bacteria subtilis* ปรากฏตามธรรมชาติในดิน และปัจจุบันพบ rope bacteria ที่ส่วนนอกของเมล็ดข้าวสาลี นอกจากนี้ยังพบในอากาศที่เป็นช่องว่างระหว่างพื้นผิวที่อยู่ในฝุ่นผงและสิ่งแวดล้อมของโรงงานทำขนมอบแห้ง

เบื้องต้นของการปนเปื้อนมาจากวัตถุดิบหรืออุปกรณ์การทำ Rope เกิดขึ้นในอากาศร้อนและชื้น สปอร์รอดชีวิตหลังอบง่าย ซึ่งจะงอกและเจริญภายใน 36-38 ชั่วโมง มีผลทำให้ขนมปังมีลักษณะนุ่มขึ้น เนื้อมีสีน้ำตาล มีกลิ่นสับประรดสุกหรือเมลอน เนื่องจากการปล่อย volatile compounds ประกอบด้วย diacetyl, acetoin, acetaldehyde และ isovaler-aldehyde ซึ่งเกิดกลิ่นหวาน และเกิดเมือกขึ้น แบคทีเรียที่สร้างเอนไซม์ amylase และ protease ทำให้เนื้อในขนมปังเหนียวและสามารถยืดเป็นเส้นยาวซึ่งนำไปสู่การเรียกคำว่า rope แต่ปัจจุบันไม่ค่อยพบ rope เนื่องจากมีการเติม calcium propionate ซึ่งเป็นสารต่อต้านเชื้อราเพื่อป้องกันการเสื่อมเสียได้ และช่วยให้มีสุขภาพที่ดี

4.2.3 การเสื่อมเสียของขนมปังที่เกิดจากยีสต์

การปนเปื้อนจากยีสต์ไม่ค่อยพบในการผลิตขนมปังที่ใช้ระยะเวลาในการหมักสั้น แต่จะพบในการผลิตแบบ sponge and dough ที่มีระยะเวลาการหมักนาน ยีสต์ที่คล้ายเชื้อราจะไม่สามารถรอดชีวิตได้ระหว่างกระบวนการอบ แต่ขนมปังจะมีการปนเปื้อนด้วยยีสต์อีกครั้งหลังการอบ แหล่งสำคัญของการปนเปื้อนทางกายภาพคือ อุปกรณ์ที่สกปรก หรือการปนเปื้อนของอาหารที่มีน้ำตาลสูง ซึ่งเป็นแหล่งอาหารที่สมบูรณ์สำหรับ osmophilic yeasts

ยีสต์ 2 ชนิดที่เกี่ยวข้องกับการเสื่อมเสียของขนมปังมีดังนี้

1) fermentative yeast: น้ำตาลในขนมปังจะถูก ferment โดยยีสต์ การเสื่อมเสียจะเห็นได้ชัดจากการเกิดกลิ่นที่ผิดปกติจาก alcohol หรือ ester ขึ้นอยู่กับชนิดของยีสต์ที่พบ ยีสต์ที่พบบนขนมปังบ่อยที่สุด *Saccharomyces cerevisiae* ซึ่งเป็น bakers' yeast

2) filamentous yeast: รู้จักกันดีในชื่อ chalk moulds เพราะมีลักษณะสีขาวแผ่กระจายทั่วพื้นผิวขนมปังซึ่งปกคลุมไปด้วยการเจริญของรา จุลินทรีย์นี้ค่อนข้างเหมือนยีสต์มากกว่าเชื้อรา เริ่มตั้งแต่ผลิต single cells และสืบพันธุ์แบบ budding เชื้อที่ทำให้เกิด chalk mould ซึ่งพบมากและเป็นปัญหามากที่สุดคือ *Pichia burtonii* ซึ่งมีความสามารถเจริญได้อย่างรวดเร็วบนขนมปังและมีความทนทานต่อสารกันเสียมากกว่าราชนิดอื่นๆ(ปริศนา,2546)

5. ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในภาชนะบรรจุ

ผลิตภัณฑ์อาหารเป็นผลิตภัณฑ์ที่เสื่อมเสียได้ง่ายตามธรรมชาติ ซึ่งในระหว่างกระบวนการแปรรูปและการเก็บรักษานั้นจะมีการเปลี่ยนแปลงต่างๆมากมาย ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงทางเคมี

เช่นการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล การเปลี่ยนแปลงทางด้านจุลินทรีย์ การเปลี่ยนแปลงทางด้านกายภาพ เช่น การเกิดเจล การเปลี่ยนแปลงของสี การแยกชั้นของครีม การเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางอาหาร เช่นสูญเสียวิตามิน การเปลี่ยนแปลงของโปรตีน การเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางประสาทสัมผัส การสูญเสียกลิ่นรส ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเกิดขึ้นทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนไปจนถึงจุดที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับ การเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์อาหารเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา เมื่อผลิตภัณฑ์อาหารนั้นเผชิญกับสิ่งแวดล้อมหรือปัจจัยภายนอกต่างๆเช่นอุณหภูมิแสง ออกซิเจน และความชื้น (รุ่งนภา,2540) โดยเฉพาะความชื้นของสิ่งแวดล้อมนั้นมีความเกี่ยวข้องกับระดับ a_w ของอาหาร ดังสมการต่อไปนี้

$$\begin{aligned} a_w &= ERH/100 \\ ERH &= \text{ปริมาณความชื้นที่สมดุล} \\ a_w &= \text{ระดับวอเตอร์แอกติวิตี} \end{aligned}$$

ระดับ a_w ของอาหารนั้นหาได้จากปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศที่สัมผัสกับอาหารขณะที่ไม่มีการดูดซับหรือการคายน้ำเกิดขึ้น

5.1 Moisture Sorption Isotherm

น้ำเป็นองค์ประกอบสำคัญของอาหารแทบทุกชนิด ปริมาณน้ำในอาหารจะแตกต่างกันไปแล้วแต่วิธีการของอาหารและกระบวนการผลิตอาหารนั้นๆ โดยทั่วไปพบว่าอาหารที่มีปริมาณน้ำมากจะเสื่อมเสียคุณภาพได้เร็ว ดังนั้นการถนอมรักษาอาหารจึงต้องพยายามควบคุมปริมาณน้ำให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม ปริมาณน้ำในอาหารนิยมแสดงเป็นค่าความชื้น และ/หรือ a_w ค่าทั้ง 2 นี้มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อกลไกการเสื่อมเสียคุณภาพของอาหารในระหว่างการเก็บรักษา อาหารอาจจะดูดซับ (Adsorption) ให้น้ำหรือคาย (Desorption) ให้น้ำให้กับอากาศที่อยู่ล้อมรอบ ทำให้ความชื้นของอาหารเพิ่มขึ้นหรือลดลง ซึ่งจะมีผลต่อคุณภาพอาหารที่สำคัญคือ

5.1.1 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เช่น การสูญเสียความกรอบ การจับตัวเป็นก้อน (Caking) ของอาหารผง เนื้อสัมผัสของอาหารแข็ง (Hardening) หรือแฉะ (Soggy) เป็นต้น

5.1.2 การเปลี่ยนแปลงทางจุลินทรีย์ ส่วนใหญ่เกิดจากความชื้นของอาหารเพิ่มขึ้น จนกระทั่งแบคทีเรีย ยีสต์ หรือรา สามารถเจริญเติบโตได้ทำให้อาหารเน่าเสียหรือเป็นพิษ

5.1.3 การเปลี่ยนแปลงทางเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในอาหารจะขึ้นกับค่า a_w พบว่าเมื่อค่า a_w ของอาหารแห้งและอาหารกึ่งแห้งเพิ่มขึ้นจะทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว

การเปลี่ยนแปลงความชื้นของอาหารระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งอาจจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงนั้นขึ้นกับค่า a_w ของอาหารและค่าความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity หรือ RH) ของอากาศรอบๆ อาหารนั้น ค่า a_w มีค่าเท่ากับอัตราส่วนของความดันไอน้ำ ดังสมการ

$$a_w = \frac{P}{P_o}$$

P หมายถึง ความดันไอน้ำสมดุลของอาหาร

P_o หมายถึง ความดันไอน้ำอิ่มตัวของน้ำบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิเดียวกัน

a_w มีค่าอยู่ในช่วง 0-1

สำหรับความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ คำนวณได้จากอัตราส่วนระหว่างปริมาณไอน้ำที่มีจริงในอากาศกับปริมาณไอน้ำที่จุดอิ่มตัวของอากาศที่อุณหภูมิเดียวกัน นิยมแสดงเป็นค่าร้อยละ ดังสมการต่อไปนี้

$$RH = \frac{P_w}{P_{wo}}$$

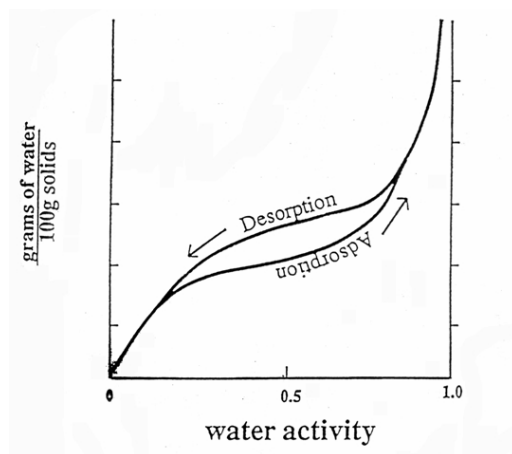
P_w หมายถึง ความดันไอน้ำในอากาศที่อุณหภูมิหนึ่ง

P_{wo} หมายถึง ความดันไอน้ำในอากาศที่จุดอิ่มตัวของอากาศที่อุณหภูมิเดียวกัน

ในระหว่างการเก็บรักษาอาหารชนิดหนึ่งๆ หากค่าความดันไอน้ำสมดุลของอาหารสูงกว่าค่าความดันไอน้ำที่มีในอากาศ ($P > P_w$) อาหารจะสูญเสียความชื้น ในกรณีกลับกันคือถ้า $P < P_w$ อาหารจะมีความชื้นเพิ่มขึ้น กระบวนการถ่ายเทความชื้นหรือไอน้ำระหว่างอาหารและอากาศนี้จะหยุดเมื่อเกิดสมดุลของความดันไอน้ำ ที่สมดุลนี้เราเรียกความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศว่า Equilibrium Relative Humidity หรือ ERH และความชื้นของอาหารว่า Equilibrium Moisture Content หรือ EMC ดังนั้นสามารถเขียนสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง water activity (a_w) และ ERH ได้ดังนี้

$$a_w = \frac{ERH}{100}$$

สำหรับกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง EMC กับ ERH หรือ EMC กับ a_w เรียก Sorption Isotherm หรือ Moisture Sorption Isotherm นิยมเรียกทั่วไปว่า MSI พบว่าโดยทั่วไปกราฟจะเป็นรูปตัวเอส (S-shape หรือบางครั้งเรียก Sigmoid Curve) และมักแสดงลักษณะฮิสเทอรีซิส (Hysteresis) ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ตัวอย่าง Absorption และ Desorption Isotherm ซึ่งมีรูปแบบ Sigmoidal

ที่มา: งามทิพย์ (2545)

Arslan and Togrul (2004) กล่าวว่า การดูดซับความชื้นของอาหารกับองค์ประกอบของอาหาร วิธีการผลิต อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ ผลของ Sorption Isotherm มีความสำคัญในการผลิตและการเก็บรักษาภายใต้การเปลี่ยนแปลงค่าวอเตอร์แอคทิวิตีร่วมกับอุณหภูมิ เนื่องจากอุณหภูมิมีผลต่อการเคลื่อนที่โมเลกุลน้ำ และสมดุลจลน์ระหว่างไอน้ำและน้ำส่วนที่ดูดซึม (adsorbed phase)

Moisture isotherm ของอาหาร และสมการที่อธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง a_w และความชื้นที่สมดุล (equilibrium moisture) จะมีความสัมพันธ์ในการอธิบายเชิงคณิตศาสตร์ ความรู้เกี่ยวกับการดูดซับน้ำ (water absorption) มีความจำเป็นในการทำนายอายุการเก็บ และบอกถึงความชื้นวิกฤต (critical moisture) และค่า a_w เพื่อบอกลักษณะที่ยอมรับได้ในผลิตภัณฑ์ซึ่งจะเสื่อมเสียเนื่องจากความชื้นที่เพิ่มขึ้นและมีความสำคัญกับการทำอาหารแห้ง การบรรจุ และการเก็บรักษา โดยทั่วไปการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ที่แม่นยำจะใช้ทั้ง humidity generator และสมดุลภายใต้ภาวะปิดร่วมกับสารละลายเกลืออิ่มตัว ซึ่งมีผลึกเกลือมากเกินไปทำให้เกิดสภาวะสมดุลไอ-ความดันอิ่มตัว (equilibrium vapor pressure) ที่อุณหภูมิคงที่และจำเพาะ (Arslan and Togrul, 2004)

หากเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นทั้งหมด และค่า a_w วอเตอร์แอคติวิตีของอาหารในช่วงต่างๆ อุณหภูมิคงที่และอยู่ภายใต้สภาวะสมดุล กราฟที่ได้จะเป็น Moisture sorption isotherm ซึ่งสามารถแสดงได้ 2 แบบ คือ การดูดซับ (adsorption) และการคาย (desorption) ขึ้นตอนการดูดซับและคายความชื้น จะไม่สามารถผันกลับได้ทั้งหมด ดังนั้นการแยกลักษณะทั้งสองจะดูจากระดับความชื้นว่าเพิ่มขึ้นหรือลดลง (Silva *et.al.*, 2004)

ในบรรจุภัณฑ์ที่มีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์สูง เกิดจากการสะสมของความชื้นในบรรยากาศที่ล้อมรอบอาหารภายในบรรจุภัณฑ์ ทำให้เกิดการเจริญของจุลินทรีย์ อันได้แก่เชื้อราและแบคทีเรีย (Robertson, 1993)

Zabik *et.al.* (1979) ศึกษาอิทธิพลของความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศที่มีต่อความกรอบของผลิตภัณฑ์คุกกี้ พบว่าปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ 5-10% ไม่มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ อย่างไรก็ตามเมื่อปริมาณความชื้นสัมพัทธ์มีค่าเพิ่มขึ้นความกรอบของคุกกี้จะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะเดียวกัน Quast and Karel (1992) พบว่าเมื่อระดับ a_w ของมันฝรั่งทอดมีค่าสูงถึง 0.4 จะมีความกรอบลดลงมากที่สุด เช่นเดียวกับ Katz and Labuza (1981) พบว่าความกรอบของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวต่างๆจะลดลง เมื่อระดับ a_w ของผลิตภัณฑ์มีค่าสูงขึ้น และเมื่อระดับ a_w เพิ่มขึ้นจนมีค่าสูงกว่า 0.3-0.5 ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวส่วนใหญ่ไม่เป็นที่ยอมรับ และผลิตภัณฑ์อาหารเข้าจากธัญพืช (breakfast cereals) มีค่า a_w สูงกว่า 0.28-0.55 ความกรอบของผลิตภัณฑ์จะลดลงจนไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (Peleg, 1994)

นอกจากนี้ระดับ a_w นั้นมีอิทธิพลอย่างมากต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีบางชนิด เช่น ปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน (lipid oxidation) และปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลโดยไม่ใช้เอนไซม์ (non-enzymatic browning) ปฏิกิริยาทางเคมีนี้ขึ้นกับการเข้าทำปฏิกิริยาของสารตั้งต้น อันเกี่ยวเนื่องกันกับการเคลื่อนที่ของโมเลกุลโดยมีน้ำเข้ามาเกี่ยวข้อง (Labuza and Hyman, 1998) อิทธิพลของระดับ a_w ที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีทั้งสองชนิด โดยอัตราการเกิดสีน้ำตาลมีค่ามากที่สุดที่ระดับ a_w ช่วง 0.6-0.8 ในขณะที่ปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันจะเกิดได้ดีที่ระดับ a_w สูงและต่ำกว่าช่วง 0.4-0.5 ซึ่งที่ระดับ a_w 0.4-0.5 นั้นอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีดังกล่าวจะมีค่าต่ำมาก (Williams, 1979)

การเพิ่มขึ้นของปริมาณความชื้นหรือระดับ a_w ที่ตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่งของอาหารอาจทำให้มีการเจริญของจุลินทรีย์ที่ตำแหน่งนั้นๆ อย่างไรก็ตามปัจจัยอื่นที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโต

ของจุลินทรีย์นอกเหนือไปจากปัจจัยของ a_w ปัจจัยเหล่านี้ได้แก่ pH อุณหภูมิระหว่างการเก็บรักษา ความร้อนที่ให้ระหว่างแปรรูปและวัตถุดิบเสีย เป็นต้น (Leistner and Rodel, 1976)

นอกจากนี้ การเคลื่อนย้ายความชื้นที่เกิดขึ้นยังรวมถึงการเคลื่อนที่ของโมเลกุลน้ำจากผลิตภัณฑ์อาหารออกไปสู่สภาวะแวดล้อมเพื่อให้เกิดสภาวะสมดุลของระดับ a_w ระหว่างผลิตภัณฑ์และสิ่งแวดล้อมเช่นกัน (Brockway, 1989) ซึ่งการเคลื่อนย้ายความชื้นทั้งหมดนี้มีผลให้คุณภาพด้านต่างๆของอาหารเปลี่ยนไป คุณภาพเหล่านั้นคือ ความคงตัวด้านจุลินทรีย์ คุณสมบัติทางกายภาพ และประสาทสัมผัสตลอดจนการเปลี่ยนแปลงทางเคมี ที่เป็นเช่นนี้เพราะคุณภาพต่างๆดังกล่าวของผลิตภัณฑ์อาหารนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้นและ a_w ขององค์ประกอบต่างๆในผลิตภัณฑ์เป็นอย่างมาก(Troller, 1989)

งานวิจัยของ Piazza and Masi (1995) Baik and Chinachoti (2000) ศึกษาการเคลื่อนย้ายความชื้นจากส่วนเนื้อในของขนมปัง(crumb) ไปยังส่วนของเปลือก(crust) ในระหว่างการเก็บรักษาพบว่า ปริมาณความชื้น และระดับ a_w ของส่วนเนื้อขนมปังมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในขณะที่ส่วนเปลือกขนมปังนั้นมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณความชื้นและระดับ a_w ตลอดเวลาการเก็บรักษา ซึ่งการเคลื่อนย้ายความชื้นในขนมปังนี้เป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลให้ ลักษณะของเนื้อขนมปังแข็งกระด้างมากขึ้น ในขณะที่ส่วนเปลือกของขนมปังจะชื้น(soggy) และเหนียวไม่กรอบ

5.2 การหาความชื้นและค่า a_w ของอาหารแห้งและกึ่งแห้ง

น้ำเป็นองค์ประกอบหลักที่พบในอาหารทุกชนิด โดยอยู่ในรูปน้ำอิสระ (Free Water) หรือเกาะเกี่ยวกับสารอื่นๆ (Bound Water) น้ำอิสระมีความสำคัญต่อลักษณะเนื้อสัมผัสและอายุการเก็บรักษาของอาหาร ปฏิกริยาต่างๆที่เป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียคุณภาพของอาหาร รวมทั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ซึ่งจะเกิดขึ้นได้นั้นจำเป็นต้องมีอิสระในอาหารที่สูงเพียงพอ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของปฏิกริยาและชนิดของจุลินทรีย์ การตรวจวัดค่าปริมาณน้ำในอาหารนิยมใช้ความชื้น ซึ่งมักจะมีความสัมพันธ์กับลักษณะเนื้อสัมผัสมาก ในขณะที่การตรวจวัดปริมาณน้ำอิสระนิยมใช้การวัดค่า Water Activity หรือ a_w ทั้งค่าความชื้นและ a_w นี้มีความสำคัญมากต่อการกำหนดวิธีการบรรจุและวัสดุบรรจุที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์อาหาร การหาความชื้นของอาหารสามารถทำได้หลายวิธี ที่นิยมใช้มากสำหรับการวิเคราะห์โดยปริมาณ (Proximate Analysis) คือวิธีการอบ (Oven Method) ที่อุณหภูมิคงที่ตั้งแต่ 70 ถึง 105° C สำหรับการวัดค่า a_w จะนิยมใช้เครื่องมือวัดโดยตรง (รัชนี, 2532)

การแสดงค่าความชื้น

$$1. \text{ Wet Basis} \quad MC = \frac{W_1}{W_2} \times 100$$

$$2. \text{ Dry Basis} \quad MC = \frac{W_1}{W_2 - W_1} \times 100$$

MC หมายถึง ค่าความชื้นเป็นร้อยละ

W_1 หมายถึง น้ำหนักของตัวอย่างที่สูญหายไปในการอบ

W_2 หมายถึง น้ำหนักของตัวอย่างก่อนอบ

5.3 การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น

ความชื้นมีผลต่อคุณภาพการเก็บของขนมปัง วิธีการจะขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ และสภาวะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ ส่วนใหญ่จะวัดเป็นปริมาณน้ำที่หายไประหว่างการอบแห้ง หรือวัดปริมาณของแข็งโดยใช้รีแฟรกโตมิเตอร์ หรือการไทเทรตตามวิธีของ Karl Fischer

การอบแห้ง เป็นวิธีที่ง่ายแต่ใช้เวลามาก ต้องแผ่ตัวอย่างให้กระจายในตัวกลางเฉื่อยก่อนอบ และอบโดยใช้สุญญากาศ

การใช้รีแฟรกโตมิเตอร์ เหมาะกับผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นสูงเพราะอ่านค่าได้โดยตรง

วิธีของ Karl Fischer เป็นวิธีที่ดีมาก โดยใช้เครื่องมือสำเร็จรูป KF Turbotitrator ซึ่งราคาไม่แพงนัก และสามารถตรวจวัดปริมาณน้ำได้ละเอียดตั้งแต่ 5-100 มิลลิกรัม เหมาะกับตัวอย่างที่วิเคราะห์ยาก (สุวรรณ, 2543)

6. อัตราการซึมผ่านของไอน้ำผ่านฟิล์ม (Water Vapor Transmission Rate)

อัตราการซึมของไอน้ำผ่านฟิล์ม (Water Vapor Transmission Rate) คือปริมาณไอน้ำที่ซึมผ่านจากผิวหน้าหนึ่งไปยังอีกผิวหน้าหนึ่งต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ผิวฟิล์มในระยะเวลาที่กำหนด และภายใต้สภาวะที่ควบคุม อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ มีหน่วยเป็น กรัม/ม.ก./ตารางเมตร/วินาที

วันที่อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ในการวิเคราะห์อัตราการซึมผ่านของไอน้ำผ่านฟิล์ม เมื่อคำนวณเปรียบเทียบผลต่างของความดันไอน้ำแต่ละด้านของฟิล์มที่ทดสอบ ซึ่งจะเรียกค่านี้ว่า Water Vapor Permeance ของฟิล์มเมื่อทดสอบผ่านความหนาของฟิล์ม จะเรียกค่านี้ว่า ความสามารถในการซึมผ่านของไอน้ำผ่านฟิล์ม หรือ Water Vapor Permeability (Guilbert, 1986)

$$\text{Water Vapor Transmission Rate} = \frac{\text{น้ำหนักที่เปลี่ยนไป}}{\text{เวลาที่เปลี่ยนไป} \times \text{พื้นที่}} \quad \begin{matrix} (\text{กรัม}) \\ (\text{วัน.ตารางเมตร}) \end{matrix}$$

$$\begin{aligned} \text{Water Vapor Permeability} &= \text{permeance} \times \text{ความหนา} \\ &= \frac{\text{WVTR} \times \text{ความหนา}}{S(R_1 - R_2)} \quad \begin{matrix} (\text{กรัม.มิลลิเมตร}) \\ (\text{วัน.ตารางเมตร.มิลลิเมตรปรอท}) \end{matrix} \end{aligned}$$

เมื่อ S คือค่าความดันไอน้ำอิ่มตัวที่ยังขาด ณ อุณหภูมิที่กำหนด

R_1 คือความชื้นสัมพัทธ์ ณ บรรยากาศห้องทดสอบ

R_2 คือความชื้นสัมพัทธ์ ณ บรรยากาศในถ้วยทดสอบ

หรือหาค่าได้จากการทดลองหา Water Vapor Transmission Rate โดยวิธี Dish Method (ASTM E-96)

ในกรณีของผลิตภัณฑ์ที่มีองค์ประกอบหลายส่วน โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ขนมอบที่มีไส้เป็นองค์ประกอบนั้นจะเกิดการเคลื่อนย้ายของความชื้นจากส่วนไส้ภายในมายังส่วนแบ่งที่อยู่ภายนอกตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา จากนั้นความชื้นหรือโมเลกุลของไอน้ำจะเคลื่อนที่จากผิวหน้าของอาหารสู่บรรยากาศภายในของบรรจุภัณฑ์ตลอดจนระดับ a_w และปริมาณความชื้นของผิวหน้าอาหารมีค่าสูงขึ้น ส่งผลให้คุณภาพทางด้านต่างๆ อันได้แก่ ลักษณะเนื้อสัมผัส คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงไป (Jones, 1994)

ดังนั้นแนวทางหนึ่งในการแก้ไขปัญหาที่ผ่านมานั้น อาจทำได้โดยควบคุมปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ภายในบรรจุภัณฑ์ด้วยการใช้เลือกใช้วัสดุบรรจุภัณฑ์ที่มีความสามารถยอมให้ไอน้ำซึมผ่านได้อย่างเหมาะสม ซึ่งการใช้ฟิล์มพลาสติกชนิดที่มีค่าการซึมผ่านไอน้ำสูงจะช่วยส่งเสริมให้มีการระเหยความชื้นจากภายในภาชนะบรรจุภัณฑ์ไปสู่บรรยากาศภายนอกในอัตราที่สูงขึ้นเป็นผลให้ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ภายในบรรจุภัณฑ์ตลอดจนระดับ a_w และปริมาณความชื้นที่ผิวหน้าอาหารมีค่าต่ำลง (Yang, 1998; Cavvain and Young, 2000)

การแบ่งประเภทฟิล์มพลาสติกตามความสามารถในการดูดซับความชื้น แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท

(1) Hydrophobic plastic หมายถึงพลาสติกที่ไม่ดูดซับความชื้น แม้อยู่ในสถานะที่มีความชื้นสูง เช่นสัมผัสกับอาหารเปียกหรืออยู่ในอากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูงๆ คุณสมบัติการป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำ และความแข็งแรงจะไม่เปลี่ยนแปลงตามความชื้นของสภาพแวดล้อม พลาสติกประเภทนี้เช่น พอลิโพรพิลีน พอลิเอทิลีน ฟิอีที และ พีวีดีซี

(2) Hydrophilic plastic หมายถึงพลาสติกที่ดูดซับความชื้นจากสภาพแวดล้อมได้ ทำให้การป้องกันการซึมผ่านของก๊าซ ไอน้ำและความแข็งแรงลดลง De Leiris (1986) กล่าวว่าน้ำที่พลาสติกดูดซับเข้าไปจะทำหน้าที่คล้ายพลาสติกไฮเซออร์ (Plasticizer) เป็นผลให้โมเลกุลของพลาสติกมีความยืดหยุ่นมากขึ้นและลดพลังงานก่อกัมมันต์ของการแพร่ของก๊าซผ่านฟิล์มด้วย จึงทำให้ความสามารถในการป้องกันก๊าซและไอน้ำและความแข็งแรงของพลาสติกลดลง พลาสติกประเภทนี้ที่สำคัญเช่น พอลิสไตรีน พอลิเอมาคด์ โดยเฉพาะ ไนลอน6 ไนลอน66 EVOH และเซลโลเฟน (งามพิทย์, 2538)

7. วิธีการเพิ่มอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ขนมอบ

7.1 ป้องกันการปนเปื้อนของเชื้อราหลังการอบสุก

7.1.1 บรรจุก่อนนำไปอบ วิธีนี้จะต้องใช้วัสดุบรรจุที่ทนความร้อนได้สูง และหลังจากปิดผนึกแล้วต้องไม่มีการเปิดภาชนะบรรจุจนกว่าจะถึงมือผู้บริโภค วัสดุที่ใช้ส่วนใหญ่จะต้องมีแผ่นพลาสติกเหนียวประกบติดกับฟิล์มพลาสติกพวกไนลอน หรือ PET ต้นทุนการผลิตจึงสูงมากเหมาะกับผลิตภัณฑ์พิเศษและมีราคาค่อนข้างสูง

7.1.2 บรรจุผลิตภัณฑ์ภายใต้บรรยากาศปลอดเชื้อ โดยการติดตั้งเครื่องกรองและฆ่าเชื้อในอากาศไว้ภายในห้องบรรจุผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการอบสุกมาแล้ว วิธีนี้ต้นทุนอุปกรณ์สูงมากและต้องเป็นระบบอัตโนมัติทั้งหมด เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์จากคนทำงาน

7.2 ทำลายเชื้อราที่ปนเปื้อนมากับผลิตภัณฑ์

แหล่งการปนเปื้อนของเชื้อราที่สำคัญคือวัสดุบรรจุ จึงเสนอให้มีการฆ่าเชื้อราก่อนนำมาใช้ โดยการอบด้วยความร้อนที่ 100°C ปรากฏว่าสิ้นเปลืองเวลาไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ในอุตสาหกรรม

จึงมีการทดลองทำลายเชื้อราด้วยการอบผลิตภัณฑ์ที่บรรจุเรียบร้อยแล้วในเตาไมโครเวฟ ปรากฏว่า ภาชนะจะเสียรูปเนื่องจากความร้อนและเกิดความเสียหายกับรอยปิดผนึกทำให้เกิดรอยร้าวได้ง่าย นอกจากนี้ยังเกิดหยดน้ำภายในภาชนะหลังจากผลิตภัณฑ์เย็นลงแล้วซึ่งเป็นผลเสียเช่นกัน

การอบรังสีแกมมา อัตราไวโอเลตหรืออินฟราเรด สามารถลดปัญหาความร้อนที่ทำให้เกิด การเสียรูปของภาชนะบรรจุและหยดน้ำในภาชนะได้ แต่การทำลายเชื้อราจะเกิดเฉพาะที่ผิวนอกที่ ได้รับรังสีเท่านั้น บริเวณที่ไม่ถูกรังสียังคงน่าเสียดายตามปกติ นอกจากนี้การต้นทุนเครื่องมือสูงมากทั้ง ยังต้องมีระบบป้องกันอันตรายจากรังสีให้กับผู้ปฏิบัติงานด้วย (งามทิพย์, 2538)

8. การทดสอบทางประสาทสัมผัสประเภทพรรณนารูปลักษณะ

การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสประเภทเชิงพรรณนารูปลักษณะต้องการงาน การวิเคราะห์ที่ต้องพิจารณาด้วยเช่นกัน โดยเฉพาะในส่วนของผู้ประเมินโดยผู้ประเมินจะได้รับ ความช่วยเหลือเท่าที่จำเป็นในรูปแบบเทอมปกติที่ใช้ในการอธิบายตัวอย่างภายใต้การศึกษาดังนั้น ความแตกต่างหรือความชอบที่ถูกกำหนดขึ้น ไม่เฉพาะว่าจะต้องอยู่บนพื้นฐานของปฏิกิริยาของผู้ ประเมินแต่ละคน แต่จะต้องอยู่บนฐานความเข้าใจเทอมที่ใช้อธิบายตัวอย่างด้วยเช่นกัน ประเภท ของการทดสอบนี้จะรวมถึงการพัฒนาของคำศัพท์ หรือนิยาม หรือภาษาทางประสาทสัมผัสที่ สามารถให้ความเข้าใจแก่ผู้ประเมินด้วยเช่นเดียวกับผู้บริโภคทั่วไป และเป็นที่ยอมรับว่าคำศัพท์ที่ถูก เลือกเพื่ออธิบายลักษณะต่างๆของผลิตภัณฑ์อาจจะใช้เทียบกับสารประกอบทางเคมีหรือเครื่องมือ ทางกายภาพ (ไพโรจน์, 2545)

ประเภทการทดสอบทั่วไปที่ได้รับการยอมรับได้แก่ การใช้คะแนนและสเกล (Scoring and Scaling) การสร้างเค้าโครงทางด้านกลิ่น (Flavor profile) การวิเคราะห์ประเภทการพรรณนา เชิง ปริมาณ (Quantitative descriptive analysis;QDA) การสร้างเค้าโครงทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture profile) และ การสร้างเค้าโครงในอุดมคติ (Ideal ratio profile) แต่ละวิธีนี้มีเทคนิคของมัน เอง ในการพัฒนาการใช้เป็นเครื่องมือและการวิเคราะห์ในการประเมินทางด้านประสาทสัมผัส บางครั้งต้องการผู้ประเมินที่ได้รับการฝึกฝนอย่างดีเยี่ยมในการทำงานการประเมินภายใต้สภาวะ มาตรฐาน สำหรับบางวิธีการฝึกฝนอาจจะใช้เวลาเป็นเดือนหรืออาจจะปีเพื่อให้ผู้ประเมินพัฒนา คำศัพท์ที่มีความหมายในการอธิบายสิ่งกระตุ้นทางประสาทสัมผัสอย่างเพียงพอ แต่ละวิธีควรจะ นำมาใช้เฉพาะในสภาวะหนึ่งๆ ที่เป็นเงื่อนไขจำเพาะที่ต้องการ (Pangborn, 1967)

งานการประเมินทางด้านประสาทสัมผัสพบว่าได้รับความสนใจอย่างมากจากผู้วิจัยเอกสาร รายงานได้มีการตีพิมพ์เผยแพร่มากมายในช่วง 2 ทศวรรษ นักวิทยาศาสตร์ได้ดำเนินการค้นคว้าอย่างต่อเนื่องในการทดสอบที่มากขึ้นและดีขึ้นเพื่อให้ได้ซึ่งข้อมูลที่ดีในการอธิบายลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โดยมีข้อจำกัดที่น้อยที่สุด เวลาเป็นเครื่องพิสูจน์ได้ว่าแนวความคิดทางการประเมินด้านประสาทสัมผัส มีแนวโน้มที่ดีขึ้น จากปัจจุบันได้มีการใช้ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะราย (Single expert) สำหรับการทดสอบชิมหรือผู้เชี่ยวชาญที่เป็นกลุ่ม (Group expert) นอกจากนี้มีการทดสอบในลักษณะหลายเผ่าพันธุ์ หลายเชื้อชาติเกิดขึ้นด้วย นับตั้งแต่ปี 1949 เป็นต้นมา ความมั่นใจ พื้นฐานของเจ้าของอุตสาหกรรมเกิดขึ้น เนื่องจากผู้ประเมินรายบุคคลได้ถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมที่กำลังก้าวหน้าโดยใช้ผู้ทดสอบชิมในการสร้างเค้าโครงด้านกลิ่น และตั้งแต่ปี 1958 ได้มีการประเมินที่ใช้วิธีทางสเกลเกิดขึ้น ต่อมาในปี 1974 การทดสอบทางประสาทสัมผัสในเชิงพรรณนาที่มีความละเอียดอ่อนมากขึ้นได้เป็นที่รู้จักและมีการพัฒนา ซึ่งทราบในชื่อของการวิเคราะห์ประเภทการพรรณนาเชิงปริมาณ ปัจจุบันตลาดของการแข่งขันมีการเปลี่ยนแปลงและพัฒนาผลิตภัณฑ์อย่างรวดเร็ว จากลักษณะเดี่ยวๆเป็นลักษณะที่มีความซับซ้อนมากขึ้น แนวโน้มความมั่นใจต่อผู้ประเมินรายบุคคลและการประเมินเชิงปริมาณจากผู้ประเมินนั้นๆ ก็เปลี่ยนเป็นการวัดที่มีกระบวนการชัดเจนมากขึ้น (Stone *et al.*, 1974)

9. วิธีการวิเคราะห์ประเภทการพรรณนาเชิงปริมาณ

เทคนิคการวิเคราะห์ประเภทการพรรณนาเชิงปริมาณ ถูกคิดขึ้นเพื่อความมุ่งหมายของลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ได้รับจากการประเมินทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ในเทอมของปริมาณ โดยมีความหวังในการเสนอการปรับปรุงเพิ่มขึ้นจากการทดสอบทางสเกลที่ใช้สเกลในลักษณะเป็นช่วงหรือเป็นการแบ่งขั้นที่ยึดกับค่าหนึ่งหรือนิยามหรือวลีของการพรรณนาที่กำหนด ขณะที่การวิเคราะห์การพรรณนาเชิงปริมาณได้มีการกำหนดสำหรับการอธิบายในการพัฒนาของเทอมที่ใช้ในการอธิบาย ซึ่งมีความต้องการสถานะแต่ละส่วนที่สามารถควบคุมได้อย่างเข้มงวดระหว่างการประเมินจริงของผลิตภัณฑ์ที่ทำการศึกษา นอกจากนี้ค่าในเชิงปริมาณสามารถถูกประเมินอย่างแท้จริงโดยใช้ผู้ประเมินที่สัมพันธ์กับแนวความคิดของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นผลการทดสอบจึงเป็นไปในเชิงปริมาณแม้ว่าการอธิบายลักษณะซึ่งไกลจากวัตถุประสงค์หลักในการใช้การทดสอบทางเค้าโครง ขณะที่การทดสอบนี้เป็นเครื่องมือที่เหมาะสมที่สามารถประยุกต์ในการประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ได้ ในทางปฏิบัติวิธีการทั่วไปในการใช้การวิเคราะห์ประเภทการพรรณนาเชิงปริมาณมีดังนี้ การคัดเลือกและฝึกฝนผู้ทดสอบชิม การพัฒนาภาษาที่ใช้ การประเมิน และการวิเคราะห์ผลการทดสอบและการแปลผล

9.1. การคัดเลือกและฝึกฝนผู้ทดสอบชิม

ความจำเป็นสำหรับการเลือกที่เหมาะสมของผู้ทดสอบชิมไม่สามารถถูกมองเน้นมากเกินไปในขั้นตอนนี้ เนื่องจากผู้ทดสอบชิมเป็นเสมือนเครื่องมือสำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัส ผู้ทดสอบชิมที่ถูกคัดเลือกจะต้องควบคุมคุณภาพที่จำเป็นสำหรับประสิทธิภาพในการประเมินนอกจากในส่วนของการให้ความร่วมมือความสนใจ ความสามารถ และระดับการศึกษาที่ดีแล้ว ผู้ทดสอบชิมจะต้องมีความไวหรือความแม่นยำ ดังนั้นการคัดเลือกโดยปกติจะเริ่มจากการทดสอบการรับรู้รสชาติได้เบื้องต้น (Taste threshold) สำหรับรสชาติพื้นฐาน 4 ชนิด คือความหวาน ความเปรี้ยว ความเค็ม และความขม การทดสอบที่ดีที่สุดในการคัดเลือกผู้ทดสอบชิมหรือผู้ประเมินจะเริ่มจากการคัดเลือกจากจำนวนประชากรที่ค่อนข้างมาก เช่น จำนวน 100 คนหรือมากกว่า ซึ่งสามารถจะลดลงเป็นกลุ่มที่เล็กลงบนพื้นฐานของความไวในการกำหนดของทางอุตสาหกรรมผู้ร่วมการคัดเลือกสามารถคัดเลือกได้จากผู้บริหาร ฝ่ายผลิตและสำนักงานกลาง บุคลากรจากการวิจัยและพัฒนา และการควบคุมคุณภาพจะถูกเพิ่มเติมเข้าไปเพื่อให้สอดคล้องกับเงื่อนไขสำหรับผู้ทดสอบชิม ผู้ทดสอบชิมที่ถูกคัดเลือกแล้วสามารถดำเนินการทดสอบต่อสำหรับความสามารถในการพรรณนาโดยทั่วไปจะทำการคัดเลือกโดยใช้การทดสอบแบบ Triangle test สุดท้ายผู้ทดสอบชิมจะมีคุณภาพตามที่ต้องการและความสามารถถูกเลือกเพื่อประกอบเป็นกลุ่มผู้ทดสอบชิมที่จะใช้ต่อไป โดยทั่วไปผู้ทดสอบชิม 6 คนจะมีความเพียงพอในการทดสอบแบบการวิเคราะห์ประเภทการพรรณนาเชิงปริมาณ อย่างไรก็ตามเนื่องจากความต้องการของการทดสอบนี้อาจจะเป็นการดีที่สุดที่อาจเพิ่มผู้ทดสอบชิมอีก 3 คนในขั้นตอนสุดท้ายของการคัดเลือกผู้ทดสอบชิมในการวิเคราะห์ประเภทการพรรณนาเชิงปริมาณมีความต้องการในการฝึกฝนอย่างเข้มงวด และประเมินผลิตภัณฑ์ภายใต้สภาวะที่ศึกษา ระหว่างขั้นตอนการกลั่นกรองผู้ทดสอบชิมจะได้รับเอกสารที่เกี่ยวข้องกับแนวความคิด วัตถุประสงค์ และการทดสอบสำหรับการวิเคราะห์ประเภทการพรรณนาเชิงปริมาณ และต่อมาผู้ทดสอบชิมจะทำความคุ้นเคยกับลักษณะต่างๆของผลิตภัณฑ์ โดยเน้นที่จุดที่ผู้ทดสอบชิมสามารถให้คำนิยามของผลิตภัณฑ์โดยใช้คำของเขาเองที่สังเกตเห็นขึ้นกับข้อจำกัดของเวลาการฝึกฝนสามารถดำเนินการใน 1 ชั่วโมงต่อวัน หรือ 1 ชั่วโมงโดยทำสองครั้งในหนึ่งสัปดาห์ จนกระทั่งผู้ทดสอบชิมสามารถอยู่ในสภาวะที่จะเริ่มต้นกับการพัฒนาของการพรรณนาผลิตภัณฑ์

9.2. การพัฒนาภาษาที่ใช้

เมื่อผู้ทดสอบชิมที่ใช้ในการทดสอบแบบการวิเคราะห์ประเภทการพรรณนาเชิงปริมาณมีความคุ้นเคยกับลักษณะของผลิตภัณฑ์ ผู้ทดสอบชิมจะถูกถามเพื่อแสดงรายการในทอมที่ซึ่งอธิบายลักษณะปรากฏ กลิ่น และลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีที่สุดของผลิตภัณฑ์ ผู้ประเมินจะถูกนำเสนอด้วยผลิตภัณฑ์หลากหลายเพื่อแสดงความสูงสุดในระดับคุณภาพที่ผันแปรหรือลักษณะของ

ผลิตภัณฑ์ที่กำหนด เทอมที่พัฒนาแล้วจะถูกอภิปรายโดยกลุ่มผู้ทดสอบชิมภายใต้การดำเนินการของผู้นำหรือผู้ให้แนวทางปฏิบัติโดยปราศจากการเข้าไปมีส่วนร่วมแต่อย่างใดในการประเมินผลิตภัณฑ์ สมาชิกทั้งหมดของกลุ่มถูกคาดคะเนว่าต้องเข้าไปมีส่วนร่วมในการอภิปรายและการคัดเลือกสุดท้ายของเทอมที่ใช้ในการพรรณนา กระบวนการประเมินและอภิปรายจะถูกทำซ้ำจนกระทั่งภาษาที่ใช้ในการพรรณนาถูกพัฒนาและเป็นที่ตกลงในกลุ่มภาษาที่พัฒนาแล้วจะถูกทดสอบต่อไปในขั้นตอนการประเมินผู้ทดสอบชิมเดี่ยวๆ ในขั้นตอนนี้แบบสอบถามที่ถูกเตรียมพร้อมเพื่อวัตถุประสงค์นี้จะนำมาใช้ และสภาพของห้องประเมินจะถูกควบคุมอย่างเข้มงวดตลอดจนวิธีการนำเสนอ และการสนับสนุนผู้ทดสอบชิม วัตถุประสงค์ของขั้นตอนการประเมินนี้เพื่อตรวจสอบลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่อาจจะแตกต่าง และดังนั้นอาจจะถูกจำกัดออกไป นอกจากนี้ อาจจะทำให้เกิดลักษณะที่จำเป็นที่ควรเพิ่มเติมในรายการบนพื้นฐานของการแนะนำของผู้ทดสอบชิมขั้นตอนนี้สามารถถูกนำมาใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพ และความชำนาญของผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการคัดเลือกมาแล้ว

9.3. ขั้นตอนการประเมิน

หลังจากผ่านการอภิปรายและขั้นตอนการทดสอบเบื้องต้นแล้ว แบบสอบถามอาจจะถูกพัฒนาสำหรับใช้ในการทดสอบจริง ดังภาพที่ 5 เป็นแบบสอบถามการวิเคราะห์ประเภทการพรรณนาเชิงปริมาณของผลิตภัณฑ์เบียร์

ห้องปฏิบัติการวิจัยผู้บริโภค			
การประเมินผลิตภัณฑ์เบียร์			
ผู้ทดสอบชิม.....ตัวอย่างที่.....วันที่.....			
	อ่อน	ปานกลาง	แรง
กลิ่นโดยการดม			
กลิ่นผลไม้			
กลิ่นดอกชอบ			
ความหวาน			
กลิ่น Diacetyl			
รสฝาด			
รสขม			
ความแรงของกลิ่นทางปาก			
กลิ่น Oxidized			
กลิ่นมอลต์			
การรับรู้รสชาติหลังชิม			
กลิ่นสารประกอบซัลเฟอร์			
ค่าที่เพิ่มเติมจากการแนะนำ			
สารประกอบซัลเฟอร์	สารประกอบอื่นๆ		
กลิ่นเหม็น	Phenolic		
กลิ่นซัลเฟอร์ไดออกไซด์	กลิ่นข้าว		
กลีไฮโดรเจนซัลไฟด์	กลิ่นยีสต์		

ภาพที่ 5 ตัวอย่างแบบสอบถามอย่างสมบูรณ์ที่ใช้ในการประเมินผลิตภัณฑ์เบียร์
ที่มา: ไพโรจน์ (2545)

แบบสอบถามการวิเคราะห์ประเภทการพรรณนาเชิงปริมาณของผลิตภัณฑ์เบียร์ ดังภาพที่ 5 แสดงตัวอย่างแบบสอบถามที่พัฒนาแล้ว เทอมการพรรณนาแต่ละเทอมใช้ให้สอดคล้องกับเส้นตรงยาว 6 นิ้ว ในที่จุดสูงสุดและต่ำสุดจะขยายเส้นตรงออกไปอีก 0.5 นิ้วจากปลายแต่ละข้าง ซึ่งเป็นการชี้ถึงความเข้มของเทอมที่พรรณนา นั่นคืออ่อนมากถึงแรงมาก ผู้ประเมินจะถูกคาดหวังให้ประเมินผลิตภัณฑ์โดยการเติมใส่เส้นในแนวตั้งบนสเกลเส้นตรงที่กำหนดช่วงของคะแนนสำหรับเส้นตรงทั้งเส้นจะอยู่ระหว่างค่า 0-60 ซึ่งอ้างอิงจุดต่างๆในเส้นมีคะแนนที่เท่าๆกัน การแปลความของสเกล

ที่ถูกจัดเป็นคะแนน จะถูกดำเนินการหลังเสร็จสิ้นการประเมิน เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ทางสถิติต่อไป พึงสังเกตว่าแบบสอบถามจะไม่รวมถึงคุณภาพด้านการยอมรับโดยรวม หรือลำดับความชอบ ซึ่งเป็นการเน้นให้เห็นว่าความจริงความชอบเป็นความเห็นที่ควรได้รับการทดสอบ ผู้บริโภคและไม่ควรได้รับข้อมูลด้านความชอบจากผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนมาก่อน

9.4. การวิเคราะห์ข้อมูลและการแปลความหมาย

แบบสอบถามของการทดสอบการวิเคราะห์ประเภทการพรรณนาเชิงปริมาณที่สมบูรณ์สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์ทางสถิติเพราะแต่ละเทอมของการพรรณนาสามารถแปลงเป็นเชิงปริมาณได้ เทอมที่คัดเลือกแล้วจะถูกแสดงในแต่ละลักษณะ และแสดงคะแนนของผู้ทดสอบชิมต่อการประเมิน และคะแนนของผู้ทดสอบชิมทั้งหมดจะรวมกันและคำนวณหาค่าเฉลี่ย

10. หลักการทำงานของเครื่องปรับอากาศ - เครื่องทำความเย็น

การปรับอากาศ คือ การปรับให้อากาศเย็นหรือร้อน หากเป็นการปรับอากาศให้เย็น ส่วนใหญ่แล้วจะเรียกแทนด้วยคำว่า แอร์ ซึ่งแอร์ เป็นตัวนำความร้อนจากภายในห้อง ออกไปทิ้งข้างนอก โดยกระบวนการประกอบด้วยเครื่องมือ 4 ชนิดคือ

10.1. เครื่องระเหย (Evaporator) หรือเรียกว่า คอลล์เย็น ทำหน้าที่ ดูดความร้อนจากภายในห้อง โดยมีมอเตอร์พัดลมเป็นตัวดูดเข้ามา ผ่านช่องที่เรียกว่า Return Air ซึ่งมี Filter เป็นตัวกรองฝุ่นให้ก่อน แล้วความร้อนที่ถูกดูดเข้ามานั้น จะมาสัมผัสกับคอลล์เย็นที่มีน้ำยาแอร์(ของเหลว) ซึ่งมีอุณหภูมิที่ติดลบวิ่งอยู่ในท่อนั้น จะทำให้เกิดการระเหยกลายเป็นไอ(แรงดันต่ำ)

10.2. เครื่องอัดไอ (Compressor) มีหน้าที่อัดไอ(แรงดันต่ำ) ซึ่งเกิดจากการระเหยภายในคอลล์เย็น ทำการอัดให้เป็นไอที่มีอุณหภูมิสูง(แรงดันสูง) เพื่อส่งไประบายความร้อนต่อไป

10.3. เครื่องควบแน่น (Condensor) หรือเรียกว่า คอลล์ร้อน ทำหน้าที่รับไอร้อนที่ถูก Compressor อัดจนร้อนและมีอุณหภูมิสูง เข้ามาในแผงพื้นที่ของมัน จากไอที่มีอุณหภูมิสูง เมื่อมาเจอกับอากาศภายในห้อง ซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่า ความร้อนจึงถูกถ่ายเทออกไปได้โดยไอร้อนนั้น จะควบแน่นกลายเป็นของเหลว(แรงดันสูง-อุณหภูมิสูง)แต่มีมอเตอร์พัดลมเป็นตัวช่วยระบายความร้อนออกไปให้เร็วขึ้น เมื่อเป็นของเหลวแล้วก็สามารถกลับมารับความร้อนภายในห้องได้อีก แต่

ของเหลวนั้นยังมีอุณหภูมิสูงอยู่ จึงต้องทำให้อุณหภูมินั้นลดลงก่อน

10.4. ท่อลดแรงดันหรือท่อรูเข็ม(Capillary Tube) เรียกว่า แคปทิว มีหน้าที่ ลดแรงดันของ น้ำยาแอร์(ของเหลว)จากที่ถูกระบายความร้อนแล้ว ยังมีอุณหภูมิสูง-แรงดันสูง เมื่อมาเจอท่อรูเข็ม ทำให้ของเหลวอื่น ผ่าน ได้น้อย ของเหลวนี้จึงมีอุณหภูมิลดลง น้ำยาแอร์(ของเหลว)จะ ไหลพอดีเหมาะสมกับพื้นที่ของคอยล์เย็น เพื่อที่จะมารับความร้อน ในห้องได้อีกครั้ง

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. วัตถุดิบ

เพื่อให้การทดลองในครั้งนี้มีตัวอย่างที่มีความสม่ำเสมอในเรื่องวัตถุดิบและส่วนผสม จึงใช้สูตรเพื่อทำผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ ซึ่งมีส่วนผสมดังนี้ น้ำตาล 10 % เกลือ 1.87 % เนย 10 % นมสดระเหย 5.25 % ไข่ทั้งฟอง 12.5 % น้ำเย็น 62.5 % ยีสต์ผง 1.87 % แป้งขนมปัง 100 % แป้งอเนกประสงค์ 25 % มาคาริน 40 % (จิตรนา และ อรอนงค์, 2546)

2. อุปกรณ์ในการทำผลิตภัณฑ์ครัวซองต์

ประกอบด้วยเครื่องมือในการทำผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ที่ห้องปฏิบัติการเบเกอรี่ของภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. ภาชนะในการบรรจุผลิตภัณฑ์ครัวซองต์

3.1 ถุงพลาสติกพอลิโพรพิลีน (Polypropylene; OPP) ขนาด 6 x 9 นิ้ว

3.2 ฟิล์มพลาสติกพอลิสไตรีน (Polystyrene; PS) ซึ่งตัดทำเป็นถุงที่มีขนาดเท่ากัน

4. อุปกรณ์ในการวิเคราะห์และตรวจสอบคุณภาพ

4.1 อุปกรณ์เครื่องแก้วและเคมีภัณฑ์

4.2 เครื่องวัดระดับวอเตอร์แอทมิวติ (Thermoconstanter Novasina model RTD-33)

4.3 ตู้อบวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (Hot air oven)

4.4 เครื่องชั่งชนิดหยาบและละเอียด

4.5 อุปกรณ์วัดและบันทึกอุณหภูมิแบบอัตโนมัติ (Data logger)

4.6 โถดูดความชื้น (desiccators)

4.7 หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ (auto cave)

4.8 เครื่องตีปั่นอาหาร (Stomacher)

4.9 ตู้แช่เย็น

- 4.10 อาหารเลี้ยงเชื้อพีดีเอ (PDA หรือ Potato Dextrose Agar) และ พีซีเอ (plate count agar)
- 4.11 เครื่องปิดผนึกด้วยความร้อน ชนิด Impulse sealer
- 4.12 เครื่องวัดคุณภาพทางเนื้อสัมผัส (food texture analysis; LLOYD รุ่น LRS)
- 4.13 เครื่องวัดความหนา (Thickness testing machine รุ่น model 49-72)
- 4.14 ตู้อบไฟฟ้า (Contherm รุ่น series five)

วิธีการ

1. การเตรียมผลิตภัณฑ์ครวของค์

ซึ่งส่วนผสมสำหรับทำผลิตภัณฑ์ครวของค์ตามสูตรที่ได้กำหนดไว้แล้วนำไปผสมในเครื่องผสมจนกระทั่งส่วนผสมทุกอย่างรวมเป็นเนื้อเดียวกันได้เป็นก้อนโด (dough) จากนั้น เก็บโดให้เป็นก้อนกลมๆ พร้อมกับพักโดไว้เป็นเวลาประมาณ 15 นาที แล้วจึงใช้ไม้ลูกกลิ้ง กลิ้งบนก้อนโด แผ่ออกเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า นำเพสตริมาการิน ที่มีน้ำหนัก 200 กรัม มาวางบนแผ่น dough 1 ใน 3 ส่วน แล้วพับโดเข้าหากันเพื่อห่อเพสตริมาการินไว้ให้อยู่ภายในแผ่นโดนี้ ต่อมาก็เริ่มรีดแผ่น dough แผ่นนี้แผ่ออกเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าเพื่อให้เนยเพสตริมาการินกระจายทั่วแผ่นโด แล้วพับโดแผ่นนี้เป็น 3 ทบ ซึ่งโดจะถูกพักไว้เป็นเวลาประมาณ 15 นาทีแล้วจึงรีดแผ่ออกให้เป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าเท่าเดิม แล้วพับ 3 ทบอีกครั้งเป็นครั้งที่ 2 โดยไม่ต้องใส่เนยเพิ่ม จากนั้นก็พัก โดไว้ อีก เป็นเวลา 15 นาที เท่าเดิม ค่อยๆรีดแผ่น dough ที่พับ 3 ทบ ครั้งที่ 2 นี้ ออกเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าอีกครั้ง เพื่อทำการพับ 3 ทบอีกครั้งเป็นครั้งที่ 3 แล้วพักไว้ 15 นาที ซึ่งเป็นการพับครั้งสุดท้ายก่อนที่จะรีดแผ่นโดให้เป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีขนาด 16 x 20 นิ้ววัดขนาดเพื่อแบ่งย่อยให้เป็นรูปสามเหลี่ยมที่มีพื้นที่ $\frac{1}{2} \times 4 \times 8$ นิ้ว ใช้ลูกกลิ้งใบมีดตัดแบ่งโดที่วัดขนาดเพื่อแบ่งย่อยแล้วออกจากกันให้เป็นรูปสามเหลี่ยม แล้วม้วนแป้งจากฐานสามเหลี่ยมเข้าหากัน ต่อมาดึงปลายทั้งสองข้างของแป้งที่ม้วนแล้วเข้าหากันก็จะได้รูปเขาควยตามต้องการวิธีนี้จะได้ชั้นของแป้งและเนยถึง 81 ชั้น

ก้อนโดครวของค์ที่มีน้ำหนักก้อนละ 50 กรัม ทั้งหมด 12 ก้อน ถูกจัดเรียงอยู่ในถาด แล้วนำไปหมักในตู้หมักที่มีความชื้นสัมพัทธ์ 85% เพื่อให้ก้อนโดครวของค์เกิดการเพิ่มปริมาตร เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำก้อนโดครวของค์เข้าเตาอบที่อุณหภูมิ 199°C นาน 15 นาที

2. วัดอัตราการซึมผ่านของไอน้ำของพลาสติก OPP และ PS ที่ใช้เป็นภาชนะบรรจุ ด้วยวิธีการมาตรฐาน ASTM E-96

นำฟิล์มทั้ง 2 ชนิด มาหาปริมาณไอน้ำที่ซึมผ่านพื้นผิวตามวิธีมาตรฐาน ASTM E-96 ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 65% อุณหภูมิคงที่ 27°C เป็นเวลา 7 วัน

3. การติดตามการลดลงของอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ครัวของดีในระหว่างการทำให้เย็นลง ที่ 2 สถานะได้แก่

สถานะห้องปกติ (Ambient room) อุณหภูมิโดยเฉลี่ยประมาณ 28°C และสถานะห้องปรับอากาศ (Air condition) อุณหภูมิโดยเฉลี่ยประมาณ 24°C

นำผลิตภัณฑ์ครัวของดีที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 199°C เป็นเวลาประมาณ 15 นาทีไปวางบนถาดที่วางอยู่ในสถานะห้องปกติ ติดตามวัดการลดลงของอุณหภูมิภายในผลิตภัณฑ์ครัวของดีด้วยเครื่องบันทึกอุณหภูมิอัตโนมัติ ล็อกเกอร์ ด้วยการใช้ thermocouple เสียบเข้าไปภายในผลิตภัณฑ์ครัวของดี ซึ่ละ 1 probe จำนวน 4 ซึ่ โดยการสุ่ม (random) และนำ thermocouple จำนวน 1 probe วางไว้ด้านนอกของถาด เพื่อติดตามและบันทึกอุณหภูมิที่สถานะห้องปกตินี้เป็นเวลา 1 ชั่วโมง หรือจนกว่าอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ครัวของดีจะเท่าอุณหภูมิห้องและทำการทดลองเช่นเดียวกันแต่นำผลิตภัณฑ์ครัวของดีไปวางไว้ที่ห้องปรับอากาศ

4. การติดตามการลดลงของน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ครัวของดีในระหว่างการทำให้เย็นลง (cooling) ที่ 2 สถานะได้แก่

สถานะห้องปกติ (Ambient room) อุณหภูมิโดยเฉลี่ยประมาณ 28°C สถานะห้องปรับอากาศ (Air condition) อุณหภูมิโดยเฉลี่ยประมาณ 24°C

หาอัตราการลดลงของน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ครัวของดีโดยใช้วิธีการชั่งน้ำหนัก ในขณะที่การทำให้เย็นด้วยการวางผลิตภัณฑ์ครัวของดีที่ออกมาจากเตาอบบนเครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง ที่วางอยู่ในห้องสถานะห้องปกติ เมื่อเวลาผ่านไปทุกๆ 1 นาที จดบันทึกน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ครัวของดีที่อยู่บนเครื่องชั่ง ตั้งแต่นาที ที่ 1 จนกระทั่งถึงนาทีที่ 60 และทำการทดลองเช่นเดียวกันแต่นำ

ผลิตภัณฑ์ไปหาอัตราการลดลงของน้ำหนักที่สภาวะห้องปรับอากาศ

5. ทดสอบปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ที่ในระหว่างการทำใหเย็นลง (cooling) ตามวิธีหาความชื้นของ A.O.A.C (2000)

สภาวะห้องปกติและสภาวะห้องปรับอากาศ

การหาความชื้นตามวิธี A.O.A.C (2000) ของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ ดังรายละเอียดภาคผนวก ก. โดยการสุ่มตัวอย่างแบบสุ่มที่ cooling time 5, 10, 15, 20, 25, 30 และ 35 นาที ตามลำดับ

นำค่าอุณหภูมิ, ความชื้นและน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ที่สภาวะห้องปกติและสภาวะห้องปรับอากาศไปสร้างกราฟเพื่อแสดงความสัมพันธ์กับเวลา (cooling time) เพื่อกำหนดช่วงเวลาของการทำใหเย็นซึ่งมีค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ 3 ระดับ ได้แก่ความชื้นที่ระดับสูง ระดับกลางและระดับต่ำ

แล้วนำผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ที่มีความชื้นในระดับดังกล่าวบรรจุลงในภาชนะบรรจุฟิล์มได้แก่ OPP และ PS ทั้ง 2 ชนิดตัวอย่างละ 3 ชิ้น สำหรับการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส (sensory test) การทดสอบเนื้อสัมผัส (texture analysis) และทางด้านจุลินทรีย์ (microorganism)

6. การหาผลของการใช้ภาชนะบรรจุ 2 ชนิด ในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ที่ผ่านการวางไว้ให้เย็นลง 2 วิธี และเวลาในการทำใหเย็น 3 ระดับที่มีต่อ

6.1 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์วันที่ 0 และเก็บไว้วันที่ 1, 2 และ 3

ศึกษาการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์หลังจากผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ผ่านการอบมาใหม่ๆ กับนำผลิตภัณฑ์บรรจุในถุง 2 ชนิด ที่ 2 สภาวะ การทำใหเย็น (Cooling Condition) คือ สภาวะห้องปกติและห้องปรับอากาศที่ระดับเวลาทำใหเย็น (cooling time) 3 ระดับ

การวางแผนการทดลองเป็นแบบ Factorial Experiment in Randomized Complete Block Design ขนาด $2 \times 3 \times 2$ โดยศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์

ปัจจัยที่ 1 ภาชนะที่ใช้ในการบรรจุ 2 ชนิดคือ OPP และ PS

ปัจจัยที่ 2 สภาวะก่อนการบรรจุ 2 สภาวะ (cooling condition) คือ สภาวะห้องปกติและห้องปรับอากาศ

ปัจจัยที่ 3 เวลาทำให้เย็น 3 ระดับ (cooling time) คือ 5, 17 และ 35 นาที

และผลการทดสอบที่ได้นำมาวิเคราะห์ด้วยวิธีการเปรียบเทียบความแตกต่างแบบ LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป minitab

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสประเภทการพรรณนาเชิงปริมาณ (Quantitative Descriptive Analysis; QDA) โดยใช้สเกลเส้นตรงที่มีความยาว 10 เซนติเมตร เป็นเวลา 3 วัน ตั้งแต่วันแรกของการทำผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ที่ผ่านการอบมาใหม่ๆ โดยไม่บรรจุในภาชนะบรรจุกับบรรจุในภาชนะบรรจุ OPP และ PS จากผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนมาแล้วทั้งหมด 6 คน เป็นชาย 3 คน และหญิง 3 คน โดยประเมินคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ดังนี้

ความกรอบ กำหนดคะแนนดังนี้ ระดับคะแนน 2 คะแนน กรอบน้อยที่สุด ระดับคะแนน 4 คะแนน กรอบน้อย ระดับคะแนน 6 คะแนน กรอบปานกลาง ระดับคะแนน 8 คะแนน กรอบมาก ระดับคะแนน 10 คะแนน กรอบมากที่สุด

ความเหนียว กำหนดคะแนนดังนี้ ระดับคะแนน 2 คะแนน เหนียวน้อยที่สุด ระดับคะแนน 4 คะแนน เหนียวน้อย ระดับคะแนน 6 คะแนน เหนียวปานกลาง ระดับคะแนน 8 คะแนน เหนียวมาก ระดับคะแนน 10 คะแนน เหนียวมากที่สุด

ความนุ่ม กำหนดคะแนนดังนี้ ระดับคะแนน 2 คะแนน นุ่มน้อยที่สุด ระดับคะแนน 4 คะแนน นุ่มน้อย ระดับคะแนน 6 คะแนน นุ่มปานกลาง ระดับคะแนน 8 คะแนน นุ่มมาก ระดับคะแนน 10 คะแนน นุ่มมากที่สุด

6.2 เนื้อสัมผัสเมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้เป็นเวลา 1, 2 และ 3 วัน

วัดคุณสมบัติทางด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ด้วยเครื่อง texture analysis เมื่อนำผลิตภัณฑ์ครัวซองต์บรรจุในฟิล์ม 2 ชนิดได้แก่ OPP และ PS ที่ 2 สภาวะคือ สภาวะห้องปกติและห้องปรับอากาศ และเวลาทำให้เย็น (cooling time) ที่เลือกมาจากการสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นและเวลา

ผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ที่ผ่านการอบมาแล้วถูกบรรจุอยู่ในถุงทั้ง 2 ชนิด ที่สภาวะดังกล่าว นำมาวัดคุณสมบัติทางด้านเนื้อสัมผัสโดยใช้ใบมีดชนิด Warner Bratzler Load cell ขนาด 50 นิวตัน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 20.0 mm ความเร็ว 2 mm/second โดยตัดบริเวณ แต่ละด้านที่เท่ากัน ของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ 2 ตำแหน่งให้ขาดออกจากกัน วัดเนื้อสัมผัสตั้งแต่วันที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ ดังภาพภาคผนวกค.5 และ ค.6

6.3 หาปริมาณจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ที่ cooling condition และ cooling time ดังกล่าว

นำผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ที่อยู่ในภาชนะบรรจุฟิล์มทั้ง 2 ชนิด และที่ไม่บรรจุในภาชนะบรรจุ เมื่อเวลาผ่านไป 5 วันมาหาปริมาณจุลินทรีย์แบบ Total plate count โดยใช้วิธี pour plate ด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA และ PCA นับปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เป็น CFU/g

ผลและวิจารณ์

1. ผลผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ที่เตรียมขึ้นสำหรับการทดลองนี้

ก้อนโดครัวซองต์ที่มีน้ำหนักก้อนละ 50 กรัมถูกทำขึ้นตามวิธีการต่างๆ ได้แก่การขึ้นรูปเป็นก้อนโด การพับเป็นรูปร่างของโดครัวซองต์และผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ที่ผ่านการอบแล้วดังภาพที่ 6



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพที่ 6 การทำผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ที่ใช้ในการทดลอง (ก) โดก่อนอบ (ข) โดขณะอบ (ค) ผลิตภัณฑ์ครัวซองต์หลังจากการอบ

2. อัตราการซึมผ่านของไอน้ำของพลาสติก OPP และ PS ที่ใช้เป็นภาชนะบรรจุ ด้วยวิธีการมาตรฐาน ASTM E-96

ผลจากการหาปริมาณไอน้ำที่ซึมผ่านพื้นผิวของฟิล์ม 2 ชนิดตามวิธีมาตรฐาน ASTM E-96 ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 65% อุณหภูมิคงที่ 27°C เป็นเวลา 7 วันดังตารางที่ 3

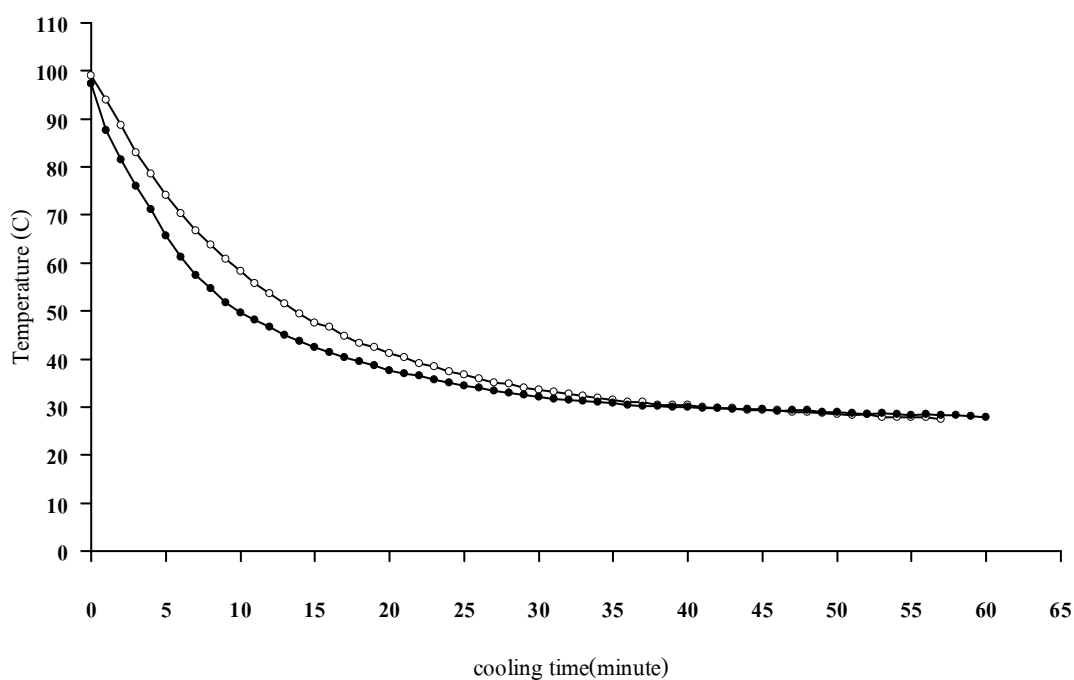
ตารางที่ 3 ค่าอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ, ความหนาของฟิล์มทั้ง 2 ชนิด ตามมาตรฐาน ASTM E96

ฟิล์ม	ค่าได้จากการทดลอง		ค่าอ้างอิง
	อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ(g/m ² .day)	ความหนา(mm)	(mm)
OPP	2.1765	0.0493	0.3-0.4
PS	8.948	0.0543	5.0

จากการวัดค่าอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ พบว่าฟิล์ม PS มีอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ $8.948 \text{ g/m}^2 \cdot \text{day}$ ซึ่งมากกว่า ฟิล์ม OPP ที่มีอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ $2.176 \text{ g/m}^2 \cdot \text{day}$ โดยที่ฟิล์มทั้ง 2 ชนิดมีความหนาที่ค่อนข้างใกล้เคียงกัน

3. ผลการติดตามการลดลงของอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ในระหว่างการทำให้เย็นลงที่ 2 สภาวะ (cooling condition) โดยใช้ Thermocouple probe วัดและทำการบันทึกอุณหภูมิโดยเครื่อง data logger

การติดตามวัดการลดลงของอุณหภูมิภายในผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ ที่สภาวะห้องปกติและสภาวะห้องปรับอากาศ แสดงดังกราฟภาพที่ 7



○ อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ที่สภาวะห้องปกติ ● อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ที่สภาวะห้องปรับอากาศ

ภาพที่ 7 การลดลงของอุณหภูมิผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ เมื่อทำให้เย็นลงที่สภาวะห้องปกติและสภาวะห้องปรับอากาศ

ผลการติดตามการลดลงของอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ที่สภาวะห้องปกติ ซึ่งวัดอุณหภูมิขณะนั้นได้ 28.6°C และความชื้นสัมพัทธ์ 70.6 % พบว่าการลดลงของอุณหภูมิผลิตภัณฑ์จาก 98.92°C ที่ cooling time 0 นาที ตั้งแต่ผลิตภัณฑ์ถูกนำออกมาจากเตา เมื่อ cooling time ผ่านไป 20 นาที ผลิตภัณฑ์นี้มีอุณหภูมิประมาณ 41.08°C และเมื่อ cooling time ผ่านไป

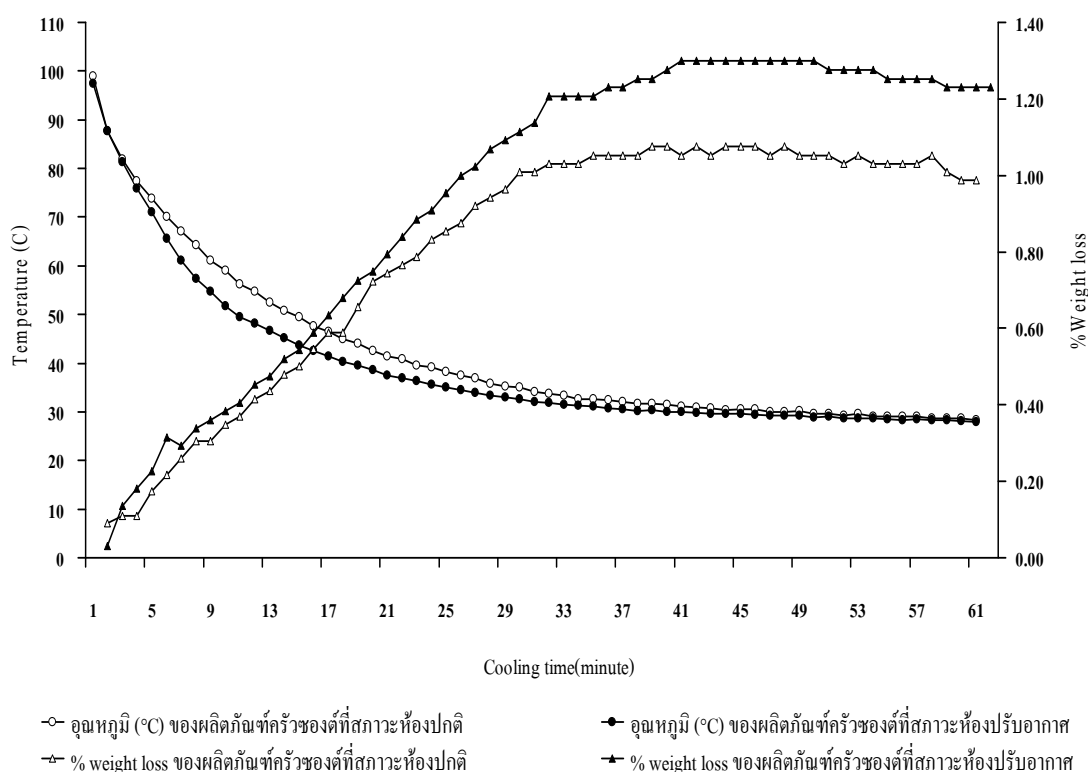
ประมาณ 35 นาที อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์เริ่มคงที่ มีอุณหภูมิประมาณ 31.5°C เมื่อ cooling time มากกว่านี้อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ที่สถานะนี้ จะมีแนวโน้มของเส้นตรงแนวนอนที่มีอุณหภูมิคงที่ ดังนั้นการลดลงของอุณหภูมิผลิตภัณฑ์ เมื่อวางไว้ให้เย็นลงที่สถานะห้องปกติ เริ่มจากการระเหยของไอน้ำปริมาณมากที่ออกมาจากเนื้อในของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ในระหว่างการวางผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ให้เย็น ซึ่งขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของห้องปกติและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศขณะนั้น ทำให้มีผลต่อการลดลงของอุณหภูมิผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ โดยเส้นกราฟการลดลงของอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ที่สถานะห้องปกติมีความชัน -0.951

ผลจากการติดตามการลดลงของอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ที่สถานะห้องปรับอากาศ ซึ่งวัดอุณหภูมิขณะนั้นได้ 24.4°C และความชื้นสัมพัทธ์ 51.7% พบว่าอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ที่ cooling time 0 นาที มีอุณหภูมิประมาณ 97.42°C หลังจาก cooling time 20 นาที ผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ มีอุณหภูมิประมาณ 37.5°C และเมื่อ cooling time เข้าสู่ 35 นาที อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ลดลงเหลือ 30.7°C เมื่อ cooling time มากขึ้น การลดลงของอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ที่สถานะนี้จะเริ่มคงที่ โดยแนวโน้มของเส้นกราฟเป็นเส้นตรงแนวนอนที่คงที่ ซึ่งที่สถานะนี้ มีความเย็นของเครื่องปรับอากาศ ที่ช่วยเป็นส่วนเสริมในการลดอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ให้เย็นเร็วขึ้นซึ่ง โดยเส้นกราฟการลดลงของอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ที่สถานะนี้ มีความชัน -0.725

เมื่อนำกราฟการติดตามการลดลงของอุณหภูมิผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ที่ cooling condition และ cooling time ข้างต้นมาเปรียบเทียบกัน เริ่มจาก cooling time ผ่านไป 5 นาที อุณหภูมิผลิตภัณฑ์ที่สถานะห้องปกติ จะลดลงช้ากว่าที่สถานะห้องปรับอากาศ ต่อมา cooling time ผ่านไป 15 นาที ผลที่ได้ยังคงเป็นเช่นเดิม จนกระทั่ง cooling time 35 นาที อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ทั้ง 2 สถานะเกือบจะใกล้เคียงกัน และมีแนวโน้มเป็นเส้นกราฟซ้อนกัน ซึ่งเส้นกราฟอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์แต่ละสถานะมีความชันต่างกัน สังเกตได้จากผลิตภัณฑ์ที่สถานะห้องปกติมีความชันน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ที่สถานะห้องปรับอากาศ แม้ว่าความแตกต่างของอุณหภูมิที่ 2 สถานะนี้จะเป็นเพียงเล็กน้อยแต่สามารถแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนด้วยเส้นกราฟ ในการทดลองนี้หากลดอุณหภูมิที่สถานะห้องปรับอากาศให้ต่ำกว่า 24.4°C จะสามารถเห็นความแตกต่างของสถานะการบรรจุที่ cooling time ได้มากกว่า

4. ผลการติดตามการลดลงของน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ครัวของค์ขณะทำให้เย็นลง

ผลจากการบันทึกน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ครัวของค์ที่อยู่บนเครื่องชั่ง ในช่วง cooling time 1 ถึง 60 นาที ที่สภาวะห้องปกติและสภาวะห้องปรับอากาศ ผลการทดลองแสดงดังกราฟภาพที่ 8



ภาพที่ 8 การสูญเสียน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ครัวของค์ จากการติดตามการลดลงของน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ที่ทำให้เย็นลง ที่สภาวะห้องปกติและสภาวะห้องปรับอากาศในช่วง cooling time 1 ถึง 60 นาที

จากการชั่งน้ำหนักผลิตภัณฑ์ ที่สภาวะห้องปกติในช่วงเวลา cooling time 1 ถึง 60 นาที เริ่มจากที่ cooling time 0 นาที ผลิตภัณฑ์มีอุณหภูมิ 98.9°C เมื่อ cooling time ที่ 5 นาที ผลิตภัณฑ์มีอุณหภูมิประมาณ 70°C จะมีการสูญเสียน้ำหนัก 0.22% เมื่อ cooling time ผ่านไป 17 นาที ผลิตภัณฑ์มีอุณหภูมิประมาณ 45°C จะมีการสูญเสียน้ำหนัก 0.59% จนกระทั่ง cooling time ผ่านไป 35 นาที อุณหภูมิผลิตภัณฑ์ลดลงมาที่ 32°C สูญเสียน้ำหนักประมาณ 1.05% และเมื่อ cooling time ที่ 60 นาที มีการสูญเสียน้ำหนักประมาณ 0.99% แสดงให้เห็นว่าเมื่อ cooling time เพิ่มขึ้น การสูญเสียน้ำหนักจะเพิ่มขึ้นเช่นกัน จากเส้นกราฟ สังเกตเห็นได้ว่า ที่ cooling time 35 นาที การสูญเสีย

น้ำหนักของผลิตภัณฑ์เริ่มมีแนวโน้มที่ค่อนข้างคงที่ อาจเนื่องมาจากผลิตภัณฑ์มีการระเหยไปของความร้อนที่มีไอน้ำอยู่ภายในเป็นเวลานาน จนกระทั่งน้ำหนักที่ชั่งได้จากเครื่องชั่งไม่มีการเปลี่ยนแปลง ทำให้การสูญเสียน้ำหนักของผลิตภัณฑ์เริ่มคงที่ ตั้งแต่ cooling time 35 ถึง 60 นาที

จากการชั่งน้ำหนักผลิตภัณฑ์ที่สภาวะห้องปรับอากาศในช่วงเวลา cooling time 1 ถึง 60 นาที จาก cooling time 0 นาที ผลิตภัณฑ์มีอุณหภูมิ 97.4°C และ cooling time ที่ 5 นาที ผลิตภัณฑ์มีอุณหภูมิประมาณ 65.6°C จะมีการสูญเสียน้ำหนัก 0.32 % เมื่อ cooling time ผ่านไป 17 นาที มีอุณหภูมิประมาณ 40.2°C จะสูญเสียน้ำหนัก 0.68% และเมื่อเวลาผ่านไปจนกระทั่ง cooling time ที่ 35 นาที อุณหภูมิผลิตภัณฑ์ลดลงมาที่ 30.7°C จะสูญเสียน้ำหนักประมาณ 1.23% และเมื่อ cooling time เพิ่มขึ้น การสูญเสียน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ จะมีแนวโน้มที่เปลี่ยนแปลงไม่มากนักและค่อนข้างคงที่จนถึง cooling time 60 นาที ซึ่งมีน้ำหนักที่สูญเสียประมาณ 1.23% การสูญเสียน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นนี้ อาจเกิดจากแทรกเข้าไปของปริมาณไอน้ำเพียงเล็กน้อยที่มีอยู่รอบๆผลิตภัณฑ์ ซึ่งเหตุผลก็เช่นเดียวกับสูญเสียน้ำหนักผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ที่สภาวะห้องปกติดังที่กล่าวมาแล้ว

เมื่อเปรียบเทียบกราฟการติดตามการลดลงของน้ำหนักผลิตภัณฑ์ จากวิธีชั่งน้ำหนักโดยตรงที่ cooling condition ในช่วงเวลา cooling time ที่ 1-60 นาที แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ที่สภาวะห้องปกติที่ cooling time 17 และ 35 นาที มี % การสูญเสียน้ำหนัก 0.59% และ 1.05% ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกับผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ที่สภาวะห้องปรับอากาศที่ cooling time เดียวกันด้วย %การสูญเสียน้ำหนัก 0.68% และ 1.23% ตามลำดับ ซึ่งค่อนข้างสอดคล้องกับ Alexandra *et al.* (2001) ที่หาการสูญเสียน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ขนมปังที่ทำให้เย็นในอุณหภูมิ 20°C สูญเสียน้ำหนักน้อยกว่า การทำให้ขนมปังเย็นอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิ 5°C โดยการทำให้เย็นที่อุณหภูมิต่ำจะมีผลทำให้เกิดการควบแน่นของไอน้ำภายในได้เปลือกมากกว่าที่อุณหภูมิสูง

จากการนำค่าอุณหภูมิและความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่สภาวะห้องปกติและสภาวะห้องปรับอากาศไปสร้างกราฟเพื่อแสดงความสัมพันธ์กับเวลา (cooling time) เพื่อเลือกระดับ cooling time 3 ระดับ ที่มีค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ความชื้นที่ระดับสูง ระดับกลางและระดับต่ำ

cooling time ที่มีค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ 3 ระดับดังนี้

สภาวะห้องปกติและห้องปรับอากาศ

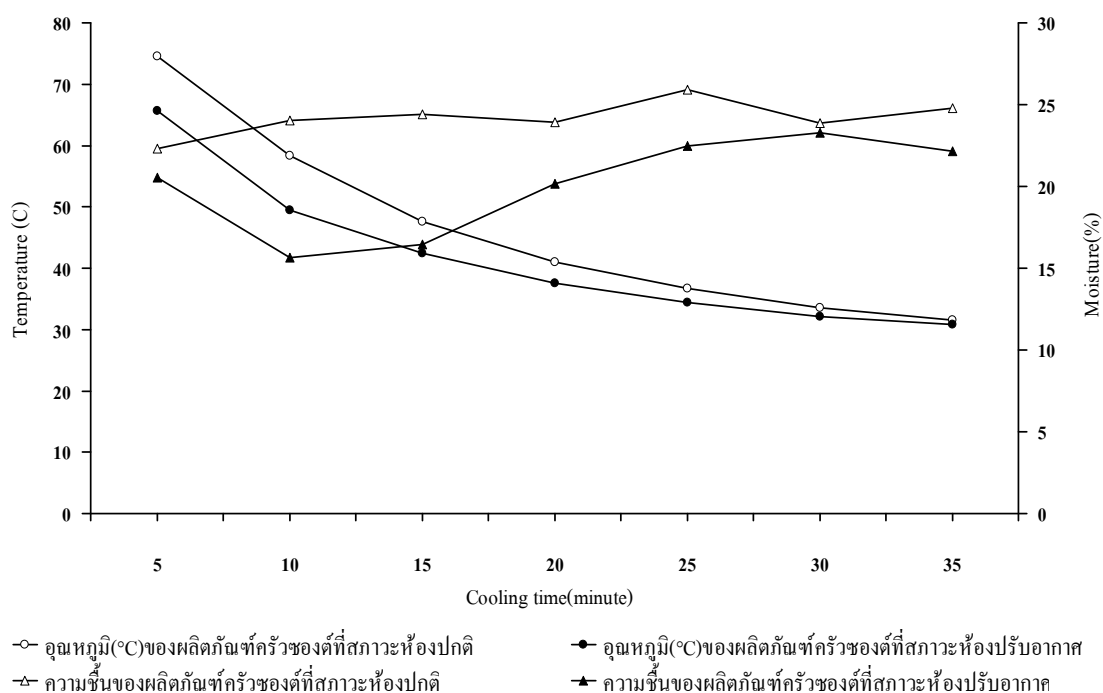
ระดับต่ำที่ cooling time 5 นาที

ระดับกลางที่ cooling time 17 นาที

ระดับสูงที่ cooling time 35 นาที

5. ผลของความชื้นที่ลดลงของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ที่ผ่านการอบมาแล้วที่ 2 สภาวะ (cooling condition) ตามวิธีหาความชื้นของ A.O.A.C (2000)

ผลของการหาความชื้นตามวิธี A.O.A.C (2000) ของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ที่สภาวะห้องปกติ และห้องปรับอากาศแสดงดังกราฟภาพที่ 9



ภาพที่ 9 ปริมาณความชื้นตามวิธี A.O.A.C (2000) ของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ที่สภาวะห้องปกติและสภาวะห้องปรับอากาศที่ cooling time 5, 10, 15, 20, 25, 30 และ 35 นาที

ผลจากการหาความชื้นตามวิธี A.O.A.C (2000) โดยเลือกช่วง cooling time ที่ต้องการทราบความชื้น ทั้งใน 2 สภาวะ เห็นได้ว่าปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่สภาวะห้องปรับอากาศมีค่าน้อยกว่าที่สภาวะห้องปกติตั้งแต่ cooling time 5, 10, 15, 20, 25, 30, และ 35 นาที ความแตกต่างที่สังเกตเห็นได้คือปริมาณความชื้นที่ cooling time 5, 10 นาที มีเส้นกราฟที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน คือ ที่สภาวะห้องปรับอากาศ อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์มีการลดลงเร็วกว่าทำให้การระเหยของไอน้ำภายในเนื้อในของผลิตภัณฑ์มากกว่า ดังนั้นปริมาณความชื้นที่ cooling time นี้จึงน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ที่สภาวะห้องปกติ เมื่อ cooling time มากขึ้น ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่สภาวะห้องปรับอากาศจะเพิ่มขึ้น จนกระทั่งมีปริมาณความชื้นที่ค่อนข้างคงที่ เนื่องจากที่สภาวะห้องปรับอากาศมีความเย็น ช่วยทำให้ผลิตภัณฑ์มีอุณหภูมิภายในได้เปลือกลดลงเร็วกว่า อีกทั้งการระเหยไปของ

ความชื้นยังเร็วกว่าที่สภาวะห้องปกติ แม้ว่าผลิตภัณฑ์ในช่วง cooling time ทั้ง 2 สภาวะดังกล่าว จะมีปริมาณความชื้นไม่แตกต่างกันมากนัก แต่จะค่อนข้างคงที่ เมื่อ cooling time เพิ่มขึ้น

6. ผลของการใช้ภาชนะบรรจุ 2 ชนิด ในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ครัวของค์ที่ผ่านการทำให้เย็นลง ที่สภาวะการลดอุณหภูมิก่อนการบรรจุ (cooling condition) 2 สภาวะ คือ ห้องปกติและห้องปรับอากาศ ที่ระดับเวลา 3 ระดับ (cooling time) เริ่มจากนาที ที่ 5, 17 และ 35 นาที

6.1 ผลคะแนนเฉลี่ยจากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ในด้านความกรอบ ความเหนียว ความนุ่ม โดยการให้คะแนน 10 คะแนนจากผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 6 คน

6.1.1 คุณลักษณะด้านความกรอบของผลิตภัณฑ์ครัวของค์ที่บรรจุในถุง OPP และ PS

6.1.1.1 ผลของการบรรจุผลิตภัณฑ์ครัวของค์ ในถุง OPP และ PS ที่มีต่อคุณลักษณะด้านความกรอบ เมื่อบรรจุหลังจากลดอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ในห้องปกติและห้องปรับอากาศ

ผลิตภัณฑ์ถูกนำมาลดอุณหภูมิก่อนการบรรจุในห้องปกติและห้องปรับอากาศแล้วบรรจุในถุง OPP และ PS ให้ผู้ประเมินให้คะแนนเฉลี่ยความกรอบของผลิตภัณฑ์ระหว่างถุงต่างชนิดกันของสภาวะลดอุณหภูมิก่อนการบรรจุเดียวกัน พบว่าผลิตภัณฑ์ในถุง OPP และ PS ที่สภาวะการลดอุณหภูมิก่อนการบรรจุที่ห้องปกติมีคะแนนเฉลี่ยความกรอบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เช่นเดียวกันกับผลิตภัณฑ์ในถุง 2 ชนิดดังกล่าวที่สภาวะการลดอุณหภูมิก่อนการบรรจุห้องปรับอากาศ ซึ่งผู้ประเมินให้คะแนนเฉลี่ยความกรอบของผลิตภัณฑ์ครัวของค์ที่บรรจุในถุง OPP 1.79 คะแนน และถุง PS 1.94 คะแนน (ตารางที่ 4)

สำหรับการลดอุณหภูมิก่อนการบรรจุผลิตภัณฑ์ที่ต่างสภาวะในถุงชนิดเดียวกัน พบว่าผู้ประเมินให้คะแนนเฉลี่ยความกรอบของผลิตภัณฑ์ที่นำมาลดอุณหภูมิที่ห้องปกติในถุง OPP แตกต่างกับคะแนนเฉลี่ยความกรอบของผลิตภัณฑ์ที่นำมาลดอุณหภูมิที่ห้องปรับอากาศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เช่นเดียวกันกับคะแนนเฉลี่ยความกรอบของผลิตภัณฑ์ที่นำมาลดอุณหภูมิก่อนการบรรจุที่ต่างสภาวะในถุง PS โดยคะแนนเฉลี่ยความกรอบของผลิตภัณฑ์ที่สภาวะลดอุณหภูมิก่อนการบรรจุห้องปรับอากาศมีคะแนน 2.12 คะแนน มากกว่าที่สภาวะการลดอุณหภูมิก่อนการบรรจุห้องปกติมีคะแนน 1.62 คะแนน (ตารางที่ 4) โดยส่วนใหญ่

แล้วผลิตภัณฑ์ครัวของดีจะมีไขมันแทรกอยู่ระหว่างชั้นของเปลือกหลังจากผ่านการอบผลิตภัณฑ์จะมีการพองตัว การลดลงของอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ที่ชั้นของเปลือกด้านบนจะมากกว่าชั้นด้านใน (Alexandra et al.(2001)) การบรรจุที่ห้องปรับอากาศช่วยให้อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ลดลง ทำให้การระเหยออกไปของไอน้ำที่อยู่ภายใต้เปลือกของผลิตภัณฑ์ยังคงมีสะสมอยู่บ้างแต่น้อยกว่าที่การบรรจุห้องปกติ ผู้ประเมินสามารถบอกความแตกต่างได้ แม้ว่าจะมีคะแนนรอบน้อยที่สุดก็ตาม

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ครัวของดีในด้านความกรอบเมื่อบรรจุในถุง 2 ชนิด ที่สภาวะการลดอุณหภูมิ ก่อนการบรรจุที่ห้องปกติและห้องปรับอากาศ

ถุงชนิด	สภาวะการบรรจุ		คะแนนเฉลี่ยของความกรอบ
	ห้องปกติ	ห้องปรับอากาศ	
OPP	1.59	2	1.79a
PS	1.64	2.24	1.94a
คะแนนเฉลี่ยของความกรอบ	1.62B	2.12A	

หมายเหตุ ตัวเลขที่กำกับด้วยอักษร ab ในแนวดิ่ง คือ คะแนนเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ของความกรอบของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง 2 ชนิด ตัวเลขที่กำกับด้วยอักษร AB ในแนวนอน คือ คะแนนเฉลี่ยที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ของสภาวะการบรรจุ ความกรอบ กำหนดคะแนนเฉลี่ยดังนี้ ระดับคะแนน 2 คะแนน กรอบน้อยที่สุด ระดับคะแนน 4 คะแนน กรอบน้อย ระดับคะแนน 6 คะแนน กรอบปานกลาง ระดับคะแนน 8 คะแนน กรอบมาก ระดับคะแนน 10 คะแนน กรอบมากที่สุด

เมื่อพิจารณาถุง 2 ชนิดที่ใช้ในการบรรจุผลิตภัณฑ์ครัวของดีร่วมกับสภาวะในการบรรจุทั้ง 2 สภาวะ พบว่าไม่มีอิทธิพลร่วมกัน คือ ถุง 2 ชนิดที่ใช้ในการบรรจุ และ สภาวะในการบรรจุทั้ง 2 สภาวะ ไม่มีผลต่อความกรอบของผลิตภัณฑ์ครัวของดี ซึ่งคะแนนของผลิตภัณฑ์อยู่ในช่วงที่กรอบน้อยที่สุด

6.1.1.2 ผลของการบรรจุผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ ในถุง OPP และ PS ที่มีต่อคุณลักษณะด้านความกรอบ ที่ระดับเวลาเวลาทำให้เย็น (cooling time) 3 ระดับ เริ่มจากนาทีที่ 5, 17 และ 35 นาที

ผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ผ่านการอบแล้วลดอุณหภูมิที่สภาวะต่างกันโดยทำให้เย็นที่เวลา 5, 17 และ 35 นาที บรรจุในถุงต่างชนิดกัน พบว่าผู้ประเมินให้คะแนนเฉลี่ยความกรอบของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง 2 ชนิดนี้ที่ระดับเวลาทำให้เย็นเดียวกันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งคะแนนเฉลี่ยความกรอบของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง OPP และถุง PS มีคะแนนเฉลี่ย 1.79 และ 1.94 คะแนนตามลำดับ (ตารางที่ 5)

ช่วงเวลาทำให้เย็น 3 ระดับดังกล่าวที่ต่างกันบรรจุผลิตภัณฑ์ในถุงชนิดเดียวกัน พบว่าผู้ประเมินให้คะแนนเฉลี่ยความกรอบของผลิตภัณฑ์ในถุง OPP ที่เวลาทำให้เย็นต่างกัน 3 ระดับดังกล่าว ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เช่นเดียวกับคะแนนเฉลี่ยความกรอบของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง PS ที่เวลาทำให้เย็นต่างกัน ซึ่งคะแนนเฉลี่ยความกรอบของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ที่บรรจุในถุง 2 ชนิดนี้ที่ระดับเวลาทำให้เย็น 3 ระดับตั้งแต่ นาทีที่ 5, 17 และ 35 นาที ได้แก่ 1.84, 1.80 และ 1.95 คะแนน ตามลำดับ (ตารางที่ 5) เนื่องจากลักษณะของผลิตภัณฑ์ชนิดนี้จะมีการขึ้นเป็นชั้นๆของเปลือกหลังจากการอบ เมื่อทำให้เย็นที่ระดับเวลาแตกต่างกันบรรจุในถุงดังกล่าว ปริมาณความชื้นที่อยู่ภายในผลิตภัณฑ์ยังคงระเหยตามชั้นต่างๆออกมาอยู่ในถุงที่ปิดผนึกไว้รวมทั้งบริเวณแกนกลางของผลิตภัณฑ์จะมีปริมาณความชื้นมากที่สุด การกระจายความชื้นจึงมีอยู่ตลอดเวลาจึงไม่มีผลต่อความกรอบที่เวลาในการทำให้เย็น

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของ
ผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ในด้านความกรอบเมื่อบรรจุในถุง 2 ชนิด ที่เวลาทำให้เย็น 3 ระดับ
เริ่มจากนาที่ที่ 5, 17 และ 35 นาที

ถุงชนิด	เวลาในการทำให้เย็น(นาที)			คะแนนเฉลี่ย ของความกรอบ
	5	17	35	
OPP	1.86	1.63	1.88	1.79a
PS	1.83	1.97	2.02	1.94a
คะแนนเฉลี่ย ของความกรอบ	1.84A	1.80A	1.95A	

หมายเหตุ ตัวเลขที่กำกับด้วยอักษร ab ในแนวนอน คือ คะแนนเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ของความกรอบของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง 2 ชนิด
ตัวเลขที่กำกับด้วยอักษร ABC ในแนวนอน คือ คะแนนเฉลี่ยที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ของเวลาในการทำให้เย็น
ความกรอบ กำหนดคะแนนเฉลี่ยดังนี้ ระดับคะแนน 2 คะแนน กรอบน้อยที่สุด ระดับคะแนน 4 คะแนน กรอบน้อย ระดับคะแนน 6 คะแนน กรอบปานกลาง ระดับคะแนน 8 คะแนน กรอบมาก ระดับคะแนน 10 คะแนน กรอบมากที่สุด

เมื่อพิจารณาถุง 2 ชนิดที่ใช้ในการบรรจุผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ร่วมกับเวลาในการทำให้เย็น 3 ระดับ พบว่าไม่มีอิทธิพลร่วมกัน คือ ถุง 2 ชนิดที่ใช้ในการบรรจุ และ เวลาในการทำให้เย็น 3 ระดับ ไม่มีผลต่อความกรอบของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์

6.1.1.3 ผลของการบรรจุผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ ในถุง OPP และ PS ที่มีต่อ
คุณลักษณะด้านความกรอบเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ไว้เป็นเวลา 3 วัน

ผลิตภัณฑ์ครัวซองต์หลังจากลดอุณหภูมิทั้ง 2 สภาวะ ที่เวลาทำให้เย็น 3 ระดับดังกล่าวแล้วใส่ถุง OPP และ PS เก็บไว้เป็นเวลา 3 วัน ผู้ประเมินให้คะแนนเฉลี่ยด้านความกรอบของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงต่างชนิดกันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความ

เชื่อมั่น 95% โดยคะแนนเฉลี่ยความกรอบของผลิตภัณฑ์ในถุง OPP และ PS มี 1.79 และ 1.94 คะแนน ตามลำดับ (ตารางที่ 6)

สำหรับวันเก็บผลิตภัณฑ์หลังการผลิตที่ต่างกัน 3 วัน ในถุงชนิดเดียวกัน ผู้ประเมินให้คะแนนเฉลี่ยความกรอบในถุง OPP ในวันที่ 1, 2 และ 3 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เช่นเดียวกันกับคะแนนเฉลี่ยความกรอบของวันเก็บผลิตภัณฑ์หลังการผลิตในถุง PS โดยคะแนนเฉลี่ยความกรอบของผลิตภัณฑ์ในวันที่ 1 มี 2.23 คะแนนมากกว่าวันที่ 2 และ 3 มีคะแนนเฉลี่ย 1.84 และ 1.52 ตามลำดับ (ตารางที่ 6) ผลิตภัณฑ์บรรจุในถุงดังกล่าวนำมาประเมินทุกวัน ความกรอบลดลงตามลำดับ เมื่อพิจารณาระหว่างถุงต่างชนิดกัน วันแรกการระเหยของไอน้ำของผลิตภัณฑ์ในถุง PS มากกว่าถุง OPP เนื่องจากอัตราการซึมผ่านไอน้ำในถุง PS มากกว่าถุง OPP คะแนนความกรอบจึงต่างกันเพียงเล็กน้อย แต่ความชื้นของผลิตภัณฑ์ในถุง PS ระเหยออกมาตลอดเวลาและซึมผ่านสู่ภายนอกถุงจึงทำให้มีคะแนนวันต่อมามากกว่าผลิตภัณฑ์ในถุง OPP เพียงเล็กน้อย สิ่งนี้อาจเป็นเพราะความชื้นที่ระเหยออกมาทำให้ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง PS มีความแห้งกรอบมากกว่าในถุง OPP

ตารางที่ 6 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของ
ผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ในด้านความกรอบเมื่อบรรจุในถุง 2 ชนิดเป็นเวลา 3 วัน

ถุงชนิด	วันหลังการผลิต			คะแนนเฉลี่ย ของความกรอบ
	1	2	3	
OPP	2.33	1.69	1.36	1.79a
PS	2.13	2	1.69	1.94a
คะแนนเฉลี่ย ของความกรอบ	2.23A	1.84B	1.52C	

หมายเหตุ ตัวเลขที่กำกับด้วยอักษร ab ในแนวนอน คือ คะแนนเฉลี่ยที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ของความกรอบของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง 2 ชนิด
ตัวเลขที่กำกับด้วยอักษร ABC ในแนวนอน คือ คะแนนเฉลี่ยที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ของวันหลังการผลิต
ความกรอบ กำหนดคะแนนเฉลี่ยดังนี้ ระดับคะแนน 2 คะแนน กรอบน้อยที่สุด ระดับคะแนน 4 คะแนน กรอบน้อย ระดับคะแนน 6 คะแนน กรอบปานกลาง ระดับคะแนน 8 คะแนน กรอบมาก ระดับคะแนน 10 คะแนน กรอบมากที่สุด

เมื่อพิจารณาถุง 2 ชนิดที่ใช้ในการบรรจุผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ร่วมกับวันหลังการผลิต พบว่าไม่มีอิทธิพลร่วมกัน คือ ถุง 2 ชนิดที่ใช้ในการบรรจุ และ วันหลังการผลิต ไม่มีผลต่อความกรอบของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์

6.1.2 คุณลักษณะด้านความเหนียวของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ที่บรรจุในถุง OPP และ PS

6.1.2.1 ผลของการบรรจุผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ ในถุง OPP และ PS ที่มีต่อคุณลักษณะด้านความเหนียว เมื่อบรรจุหลังจากลดอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ในห้องปกติและห้องปรับอากาศ

ผลิตภัณฑ์ถูกนำมาลดอุณหภูมิก่อนบรรจุในห้องปกติและห้องปรับอากาศ แล้วบรรจุในถุง OPP และ PS ให้ผู้ประเมินให้คะแนนเฉลี่ยความเหนียวของผลิตภัณฑ์ระหว่างถุงต่างชนิดกันของสภาวะการลดอุณหภูมิก่อนบรรจุเดียวกัน พบว่าผลิตภัณฑ์ในถุง OPP และ PS ที่สภาวะการลดอุณหภูมิก่อนการบรรจุที่ห้องปกติมีคะแนนเฉลี่ยความเหนียว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เช่นเดียวกันกับผลิตภัณฑ์ในถุง 2 ชนิดดังกล่าวที่สภาวะการลดอุณหภูมิก่อนการบรรจุห้องปรับอากาศ ซึ่งผู้ประเมินให้คะแนนเฉลี่ยความเหนียวของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ที่บรรจุในถุง OPP 3.02 คะแนน น้อยกว่าในถุง PS 4.47 คะแนน (ตารางที่ 7) สำหรับการลดอุณหภูมิก่อนการบรรจุผลิตภัณฑ์ที่ต่างสภาวะในถุงชนิดเดียวกัน พบว่าผู้ประเมินให้คะแนนเฉลี่ยความเหนียวของผลิตภัณฑ์ที่นำมาลดอุณหภูมิก่อนการบรรจุห้องปกติในถุง OPP ไม่แตกต่างกับคะแนนเฉลี่ยความเหนียวของผลิตภัณฑ์ที่นำมาลดอุณหภูมิห้องปรับอากาศในถุงชนิดเดียวกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เช่นเดียวกันกับคะแนนเฉลี่ยความเหนียวของผลิตภัณฑ์ที่นำมาลดอุณหภูมิก่อนการบรรจุที่ต่างสภาวะกันในถุง PS โดยคะแนนเฉลี่ยความเหนียวของผลิตภัณฑ์ที่สภาวะลดอุณหภูมิก่อนการบรรจุห้องปกติและห้องปรับอากาศมีคะแนน 3.74 และ 3.94 คะแนนตามลำดับ (ตารางที่ 7) โดยเป็นระดับคะแนนที่เหนียวน้อย ซึ่ง กราฟการติดตามการลดลงของอุณหภูมิในระหว่างทำให้เย็นที่ 2 สภาวะ (ภาพที่ 7) ช่วงเวลา 0-5 นาที พบว่ากราฟการลดอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ห้องปรับอากาศมีความชันมากกว่าการลดอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ที่ห้องปกติ เมื่อบรรจุในถุงจะมีการสะสมของความชื้นในบรรยากาศที่ล้อมรอบอาหาร (Robertson, 1993) ผู้ประเมินให้คะแนนความเหนียวเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 7 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ในด้านความเหนียวเมื่อบรรจุในถุง 2 ชนิด ที่สภาวะการลดอุณหภูมิ ก่อนการบรรจุที่ห้องปกติและห้องปรับอากาศ

ถุงชนิด	สภาวะการบรรจุ		คะแนนเฉลี่ยของความเหนียว
	ห้องปกติ	ห้องปรับอากาศ	
OPP	3.37	3.03	3.20b
PS	4.11	4.83	4.47a
คะแนนเฉลี่ยของความเหนียว	3.74A	3.94A	

หมายเหตุ ตัวเลขที่กำกับด้วยอักษร ab ในแนวนอน คือ คะแนนเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ของความเหนียวของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง 2 ชนิด ตัวเลขที่กำกับด้วยอักษร AB ในแนวนอน คือ คะแนนเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ของสภาวะการบรรจุ ความเหนียว กำหนดคะแนนเฉลี่ยดังนี้ ระดับคะแนน 2 คะแนน เหนียวน้อยที่สุด ระดับคะแนน 4 คะแนน เหนียวน้อย ระดับคะแนน 6 คะแนน เหนียวปานกลาง ระดับคะแนน 8 คะแนน เหนียวมาก ระดับคะแนน 10 คะแนน เหนียวมากที่สุด

เมื่อพิจารณาถุง 2 ชนิดที่ใช้ในการบรรจุผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ร่วมกับสภาวะในการบรรจุทั้ง 2 สภาวะ พบว่าไม่มีอิทธิพลร่วมกัน คือ ถุง 2 ชนิดที่ใช้ในการบรรจุ และ สภาวะในการบรรจุทั้ง 2 สภาวะ ไม่มีผลต่อความเหนียวของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์

6.1.2.2 ผลของการบรรจุผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ ในถุง OPP และ PS ที่มีต่อคุณลักษณะด้านความเหนียวที่ระดับเวลา 3 ระดับ (cooling time) เริ่มจากนาที ที่ 5, 17 และ 35 นาที

ผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ผ่านการอบแล้วลดอุณหภูมิที่สภาวะต่างกันโดยทำให้เย็นที่เวลา 5,17 และ 35 นาที บรรจุในถุงต่างชนิดกัน พบว่าผู้ประเมินให้คะแนนเฉลี่ยความเหนียวของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง 2 ชนิดนี้ที่ระดับเวลาทำให้เย็นเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งคะแนนเฉลี่ยความเหนียวของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุใน

ถุง OPP มีคะแนนเฉลี่ย 3.20 คะแนน น้อยกว่าในถุง PS มีคะแนนเฉลี่ย 4.47 คะแนน (ตารางที่ 8) ซึ่งการลดลงของอุณหภูมิที่เวลาทำให้เย็น 5 นาทีก่อนการบรรจุทั้ง 2 สภาวะ พบความแตกต่างของความชื้นอย่างเห็นได้ชัด (ภาพที่ 7) ดังนั้นเมื่อบรรจุผลิตภัณฑ์ลงในถุงที่มีอัตราการซึมผ่านของน้ำแตกต่างกัน ปริมาณของน้ำที่ระเหยออกมาจากชั้นของเปลือกผลิตภัณฑ์ครัวของดีแล้วมาสะสมภายในถุงต่างกัน ถุง OPP จะมีไอระเหยของน้ำที่อยู่สะสมภายในมากกว่าเนื่องจากมีอัตราการซึมผ่านของน้ำได้น้อยกว่าในถุง PS (Yang, 1998; Cavvain and Young, 2000)

ช่วงเวลาทำให้เย็น 3 ระดับดังกล่าวที่ต่างกันบรรจุผลิตภัณฑ์ในถุงชนิดเดียวกัน พบว่าผู้ประเมินให้คะแนนเฉลี่ยความเหนียวของผลิตภัณฑ์ในถุง OPP ที่เวลาทำให้เย็นต่างกัน 3 ระดับดังกล่าว ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เช่นเดียวกับคะแนนเฉลี่ยความเหนียวของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง PS ที่เวลาทำให้เย็นต่างกัน ซึ่งคะแนนเฉลี่ยความเหนียวของผลิตภัณฑ์ครัวของดีที่บรรจุในถุง 2 ชนิดนี้ที่ระดับเวลาทำให้เย็น 3 ระดับตั้งแต่เวลาที่ 5, 17 และ 35 นาที ได้แก่ 3.74, 3.79 และ 3.97 คะแนน ตามลำดับ (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของ
ผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ในด้านความเหนียวเมื่อบรรจุในถุง 2 ชนิด ที่เวลาทำให้เย็น 3 ระดับ
เริ่มจากนาที ที่ 5, 17 และ 35 นาที

ถุงชนิด	เวลาในการทำให้เย็น(นาที)			คะแนนเฉลี่ย ของความเหนียว
	5	17	35	
OPP	3.13	3.11	3.36	3.20a
PS	4.36	4.47	4.58	4.47b
คะแนนเฉลี่ย ของความเหนียว	3.74A	3.79A	3.97A	

หมายเหตุ ตัวเลขที่กำกับด้วยอักษร ab ในแนวนอน คือ คะแนนเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ของความเหนียวของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง 2 ชนิด
ตัวเลขที่กำกับด้วยอักษร ABC ในแนวนอน คือ คะแนนเฉลี่ยที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ของเวลาในการทำให้เย็น
ความเหนียว กำหนดคะแนนเฉลี่ยดังนี้ ระดับคะแนน 2 คะแนน เหนียวน้อยที่สุด ระดับคะแนน 4 คะแนน เหนียวน้อย ระดับคะแนน 6 คะแนน เหนียวปานกลาง ระดับคะแนน 8 คะแนน เหนียวมาก ระดับคะแนน 10 คะแนน เหนียวมากที่สุด

เมื่อพิจารณาถุง 2 ชนิดที่ใช้ในการบรรจุผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ร่วมกับเวลาในการทำให้เย็น 3 ระดับ พบว่าไม่มีอิทธิพลร่วมกัน คือ ถุง 2 ชนิดที่ใช้ในการบรรจุ และ เวลาในการทำให้เย็น 3 ระดับ ไม่มีผลต่อความเหนียวของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์

6.1.2.3 ผลของการบรรจุผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ในถุง OPP และ PS ที่มีต่อ
คุณลักษณะด้านความเหนียว เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ไว้เป็นเวลา 3 วัน

ผลิตภัณฑ์ครัวซองต์หลังจากลดอุณหภูมิทั้ง 2 สภาวะ ที่เวลาทำให้เย็น 3 ระดับดังกล่าวแล้วใส่ถุง OPP และ PS เก็บไว้เป็นเวลา 3 วัน ผู้ประเมินให้คะแนนเฉลี่ยด้านความเหนียวของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงต่างชนิดกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความ

เชื่อมั่น 95% โดยคะแนนเฉลี่ยความเหนียวของผลิตภัณฑ์ในถุง OPP 3.20 คะแนนน้อยกว่าในถุง PS 4.47 คะแนน ตามลำดับ (ตารางที่ 9)

สำหรับวันเก็บผลิตภัณฑ์หลังการผลิตที่ต่างกัน 3 วัน ในถุงชนิดเดียวกัน ผู้ประเมินให้คะแนนเฉลี่ยความเหนียวในถุง OPP ในวันที่ 1, 2 และ 3 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เช่นเดียวกันกับคะแนนเฉลี่ยความเหนียวของวันเก็บผลิตภัณฑ์หลังการผลิตในถุง PS โดยคะแนนเฉลี่ยความเหนียวของผลิตภัณฑ์ในวันที่ 1 มี 4.22 คะแนนมากกว่าวันที่ 2 และ 3 มีคะแนนเฉลี่ย 3.59 และ 3.69 ตามลำดับ (ตารางที่ 9) ซึ่งสังเกตได้ว่าวันแรกผู้ประเมินให้คะแนนความเหนียวของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง 2 ชนิดเดียวกันนี้มากที่สุด และ 2 วันต่อมามีคะแนนลดลง เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่เก็บในวันแรกจะมีความชื้นมาก วันต่อมาความชื้นที่อยู่ภายในผลิตภัณฑ์น้อยลง แต่สำหรับผลิตภัณฑ์ที่บรรจุอยู่ในถุง PS ซึ่งเป็นพลาสติกที่ดูดซับความชื้นจากสภาพแวดล้อมได้การป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำน้อยกว่าพลาสติก OPP (De Leiris (1996)) ผู้ประเมินให้คะแนนความเหนียวมากกว่า เนื่องจากมีความชื้นที่ผ่านเข้าออกอยู่ภายในถุง PS สู่วัตถุผลิตภัณฑ์มากกว่าในถุง OPP

ตารางที่ 9 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของ
ผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ในด้านความเหนียว เมื่อบรรจุในถุง 2 ชนิดเป็นเวลา 3 วัน

ถุงชนิด	วันหลังการผลิต			คะแนนเฉลี่ย ของความเหนียว
	1	2	3	
OPP	4.27	2.66	2.66	3.20a
PS	4.16	4.52	4.72	4.47b
คะแนนเฉลี่ย ของความเหนียว	4.22A	3.59B	3.69B	

หมายเหตุ ตัวเลขที่กำกับด้วยอักษร ab ในแนวนอน คือ คะแนนเฉลี่ยที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ของความเหนียวของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง 2 ชนิด
ตัวเลขที่กำกับด้วยอักษร ABC ในแนวนอน คือ คะแนนเฉลี่ยที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ของวันหลังการผลิต
ความเหนียว กำหนดคะแนนเฉลี่ยดังนี้ ระดับคะแนน 2 คะแนน เหนียวน้อยที่สุด ระดับคะแนน 4 คะแนน เหนียวน้อย ระดับคะแนน 6 คะแนน เหนียวปานกลาง ระดับคะแนน 8 คะแนน เหนียวมาก ระดับคะแนน 10 คะแนน เหนียวมากที่สุด

เมื่อพิจารณาถุง 2 ชนิดที่ใช้ในการบรรจุผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ร่วมกับวันหลังการผลิต พบว่ามีอิทธิพลร่วมกัน คือ ถุง 2 ชนิดที่ใช้ในการบรรจุ และ วันหลังการผลิต มีผลต่อความเหนียวของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ โดยความเหนียวของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ที่บรรจุในถุง OPP เมื่อเวลาผ่านไปแต่ละวันมีความเหนียวลดลง ขณะที่ความเหนียวของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ที่บรรจุในถุง PS เพิ่มขึ้น

6.1.3 คุณลักษณะด้านความนุ่มของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ที่บรรจุในถุง OPP และ PS

6.1.3.1 ผลของการบรรจุผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ในถุง OPP และ PS ที่มีต่อคุณลักษณะด้านความนุ่ม เมื่อบรรจุหลังจากลดอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ที่ห้องปกติและห้องปรับอากาศ

ผลิตภัณฑ์ถูกนำมลดอุณหภูมิก่อนการบรรจุในห้องปกติและห้องปรับอากาศแล้วบรรจุในถุง OPP และ PS ให้ผู้ประเมินให้คะแนนเฉลี่ยความนุ่มของผลิตภัณฑ์

ระหว่างถุงต่างชนิดกันของสภาวะการลดอุณหภูมิก่อนการบรรจุเดียวกัน พบว่าผลิตภัณฑ์ในถุง OPP และ PS ที่สภาวะการลดอุณหภูมิก่อนการบรรจุที่ห้องปกติมีคะแนนเฉลี่ยความนุ่มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เช่นเดียวกันกับผลิตภัณฑ์ในถุง 2 ชนิดดังกล่าวที่สภาวะการลดอุณหภูมิก่อนการบรรจุในห้องปรับอากาศ ซึ่งผู้ประเมินให้คะแนนเฉลี่ยความนุ่มของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ที่บรรจุในถุง OPP 1.81 คะแนน น้อยกว่าในถุง PS 4.19 คะแนน (ตารางที่ 10) ซึ่งคะแนนความนุ่มของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง PS นี้ ผู้ประเมินให้คะแนนสอดคล้องกับความเหนียว เพราะความชื้นที่มีอยู่ภายในเนื้อผลิตภัณฑ์ ขณะที่สภาวะการลดอุณหภูมิก่อนการบรรจุต่างสภาวะความชื้นสัมพัทธ์จะต่างกันด้วย จึงผลต่อเนื่องสัมพันธ์ด้วยเช่นกัน (Zabik et.al.(1979))

สำหรับการลดอุณหภูมิก่อนการบรรจุผลิตภัณฑ์ที่ต่างสภาวะในถุงชนิดเดียวกัน พบว่าผู้ประเมินให้คะแนนเฉลี่ยความนุ่มของผลิตภัณฑ์ที่นำมาลดอุณหภูมิก่อนการบรรจุห้องปกติในถุง OPP ไม่แตกต่างกับคะแนนเฉลี่ยความนุ่มของผลิตภัณฑ์ที่นำมาลดอุณหภูมิห้องปรับอากาศในถุงชนิดเดียวกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เช่นเดียวกันกับคะแนนเฉลี่ยความนุ่มของผลิตภัณฑ์ที่นำมาลดอุณหภูมิก่อนการบรรจุที่ต่างสภาวะกันในถุง PS โดยคะแนนเฉลี่ยความนุ่มของผลิตภัณฑ์ที่สภาวะลดอุณหภูมิก่อนการบรรจุห้องปกติและห้องปรับอากาศมีคะแนน 2.87 และ 3.13 คะแนนตามลำดับ (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 10 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ในด้านความนุ่มเมื่อบรรจุในถุง 2 ชนิด ที่สภาวะการลดอุณหภูมิ ก่อนการบรรจุที่ห้องปกติและห้องปรับอากาศ

ถุงชนิด	สภาวะการบรรจุ		คะแนนเฉลี่ย ของความนุ่ม
	ห้องปกติ	ห้องปรับอากาศ	
OPP	1.59	2.03	1.81b
PS	4.16	4.22	4.19a
คะแนนเฉลี่ย ของความนุ่ม	2.87A	3.13A	

หมายเหตุ ตัวเลขที่กำกับด้วยอักษร ab ในแนวนั่ง คือ คะแนนเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ของความนุ่มของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง 2 ชนิด
ตัวเลขที่กำกับด้วยอักษร AB ในแนวนอน คือ คะแนนเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ของสภาวะการบรรจุ
ความนุ่ม กำหนดคะแนนเฉลี่ยดังนี้ ระดับคะแนน 2 คะแนน นุ่ม น้อยที่สุด ระดับคะแนน 4 คะแนน นุ่มน้อย ระดับคะแนน 6 คะแนน นุ่มปานกลาง ระดับคะแนน 8 คะแนน นุ่มมาก ระดับคะแนน 10 คะแนน นุ่มมากที่สุด

เมื่อพิจารณาถุง 2 ชนิดที่ใช้ในการบรรจุผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ร่วมกับสภาวะในการบรรจุทั้ง 2 สภาวะ พบว่าไม่มีอิทธิพลร่วมกัน คือ ถุง 2 ชนิดที่ใช้ในการบรรจุ และสภาวะในการบรรจุทั้ง 2 สภาวะไม่มีผลต่อความนุ่มของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์

6.1.3.2 ผลของการบรรจุผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ ในถุง OPP และ PS ที่มีต่อคุณลักษณะด้าน ความนุ่มที่ระดับเวลา 3 ระดับ (cooling time) เริ่มจากนาที ที่ 5, 17 และ 35 นาที

ผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ผ่านการอบแล้วลดอุณหภูมิที่สภาวะต่างกัน โดยทำให้เย็นที่เวลา 5,17 และ 35 นาที บรรจุในถุงต่างชนิดกัน พบว่าผู้ประเมินให้คะแนนเฉลี่ยความนุ่มของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง 2 ชนิดนี้ที่ระดับเวลาทำให้เย็นเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งคะแนนเฉลี่ยความนุ่มของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง OPP มี

คะแนนเฉลี่ย 1.81 คะแนน น้อยกว่าในถุง PS มีคะแนนเฉลี่ย 4.19 คะแนน (ตารางที่ 11) เนื่องจากเวลาที่ทำให้เย็น 5 นาที มีสภาวะการลดลงของอุณหภูมิทั้ง 2 สภาวะแตกต่างกันดังที่กล่าวมาแล้ว ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงที่มีคุณสมบัติการซึมผ่านของไอน้ำต่างกัน จะมีผลต่อความนุ่มแตกต่างกันด้วย ดังที่กล่าวมาแล้ว

ช่วงเวลาทำให้เย็น 3 ระดับดังกล่าวที่ต่างกันบรรจุผลิตภัณฑ์ในถุงชนิดเดียวกัน พบว่าผู้ประเมินให้คะแนนเฉลี่ยความนุ่มของผลิตภัณฑ์ในถุง OPP ที่เวลาทำให้เย็นต่างกัน 3 ระดับดังกล่าว ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เช่นเดียวกับคะแนนเฉลี่ยความนุ่มของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง PS ที่เวลาทำให้เย็นต่างกัน ซึ่งคะแนนเฉลี่ยความนุ่มของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ที่บรรจุในถุง 2 ชนิดนี้ที่ระดับเวลาทำให้เย็น 3 ระดับ ตั้งแต่ 5, 17 และ 35 นาที ได้แก่ 2.88, 3.08 และ 3.04 คะแนน ตามลำดับ (ตารางที่ 11)

ตารางที่ 11 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของ
ผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ในด้านความนุ่มเมื่อบรรจุในถุง 2 ชนิด ที่เวลาทำให้เย็น 3 ระดับ
เริ่มจากนาฬิกาที่ 5, 17 และ 35 นาที

ถุงชนิด	เวลาในการทำให้เย็น(นาที)			คะแนนเฉลี่ย ของความนุ่ม
	5	17	35	
OPP	1.94	1.63	1.86	1.81b
PS	3.83	4.52	4.22	4.19a
คะแนนเฉลี่ย ของความนุ่ม	2.88A	3.08A	3.04A	

หมายเหตุ ตัวเลขที่กำกับด้วยอักษร ab ในแนวนอน คือ คะแนนเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ของความนุ่มของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง 2 ชนิด
ตัวเลขที่กำกับด้วยอักษร ABC ในแนวนอน คือ คะแนนเฉลี่ยที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ของเวลาในการทำให้เย็น
ความนุ่ม กำหนดคะแนนเฉลี่ยดังนี้ ระดับคะแนน 2 คะแนน นุ่มน้อยที่สุด ระดับคะแนน 4 คะแนน นุ่มน้อย ระดับคะแนน 6 คะแนน นุ่มปานกลาง ระดับคะแนน 8 คะแนน นุ่มมาก ระดับคะแนน 10 คะแนน นุ่มมากที่สุด

เมื่อพิจารณาถุง 2 ชนิดที่ใช้ในการบรรจุผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ร่วมกับเวลาในการทำให้เย็น 3 ระดับ พบว่าไม่มีอิทธิพลร่วมกัน คือ ถุง 2 ชนิดที่ใช้ในการบรรจุ และ เวลาในการทำให้เย็น 3 ระดับ ไม่มีผลต่อความนุ่มของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์

6.1.3.3 ผลของการบรรจุผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ในถุง OPP และ PS ที่มีต่อ
คุณลักษณะด้านความนุ่ม เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ไว้เป็นเวลา 3 วัน

ผลิตภัณฑ์ครัวซองต์หลังจากลดอุณหภูมิทั้ง 2 สภาวะ ที่เวลาทำให้เย็น 3 ระดับดังกล่าวแล้วใส่ถุง OPP และ PS เก็บไว้เป็นเวลา 3 วัน ผู้ประเมินให้คะแนนเฉลี่ยด้านความนุ่มของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงต่างชนิดกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น

95% โดยคะแนนเฉลี่ยความนุ่มของผลิตภัณฑ์ในถุง OPP 1.81 คะแนนน้อยกว่าในถุง PS 4.19 คะแนน ตามลำดับ (ตารางที่ 12)

สำหรับวันเก็บผลิตภัณฑ์หลังการผลิตที่ต่างกัน 3 วัน ในถุงชนิดเดียวกัน ผู้ประเมินให้คะแนนเฉลี่ยความนุ่มในถุง OPP ในวันที่ 1, 2 และ 3 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เช่นเดียวกันกับคะแนนเฉลี่ยความนุ่มของวันเก็บผลิตภัณฑ์หลังการผลิตในถุง PS โดยคะแนนเฉลี่ยความนุ่มของผลิตภัณฑ์ในวันที่ 1 มี 3.51 คะแนนมากกว่าวันที่ 2 และ 3 มีคะแนนเฉลี่ย 3.02 และ 2.47 ตามลำดับ (ตารางที่ 12) เหตุผลของการประเมินคุณลักษณะด้านความนุ่มของวันเก็บผลิตภัณฑ์หลังการผลิตมีเหตุผลเช่นเดียวกันกับคุณลักษณะด้านความเหนียวซึ่งกล่าวมาก่อนหน้านี้

ตารางที่ 12 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ครัวของดีในด้านความนุ่ม เมื่อบรรจุในถุง 2 ชนิดเป็นเวลา 3 วัน

ถุงชนิด	วันหลังการผลิต			คะแนนเฉลี่ย ของความนุ่ม
	1	2	3	
OPP	2.38	1.75	1.3	1.81b
PS	4.63	4.3	3.63	4.19a
คะแนนเฉลี่ย ของความนุ่ม	3.51A	3.02B	2.47C	

หมายเหตุ ตัวเลขที่กำกับด้วยอักษร ab ในแนวนอน คือ คะแนนเฉลี่ยที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ของความนุ่มของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง 2 ชนิด ตัวเลขที่กำกับด้วยอักษร ABC ในแนวนอน คือ คะแนนเฉลี่ยที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ของวันหลังการผลิต ความนุ่ม กำหนดคะแนนเฉลี่ยดังนี้ ระดับคะแนน 2 คะแนน นุ่มน้อยที่สุด ระดับคะแนน 4 คะแนน นุ่มน้อย ระดับคะแนน 6 คะแนน นุ่มปานกลาง ระดับคะแนน 8 คะแนน นุ่มมาก ระดับคะแนน 10 คะแนน นุ่มมากที่สุด

เมื่อพิจารณาถ่วง 2 ชนิดที่ใช้ในการบรรจุผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ร่วมกับวันหลังการผลิต พบว่ามีอิทธิพลร่วมกัน คือ ถ่วง 2 ชนิดที่ใช้ในการบรรจุ และ วันหลังการผลิต มีผลต่อความนุ่มของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ โดยความนุ่มของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ที่บรรจุในถ่วง OPP เมื่อเวลาผ่านไปแต่ละวันมีความนุ่มลดลง เช่นเดียวกับความนุ่มของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ที่บรรจุในถ่วง PS

6.2 ผลจากการวัดเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง texture analysis เมื่อนำผลิตภัณฑ์ครัวซองต์จากทั้ง 2 สภาวะที่ระดับเวลาทำให้เย็น 3 ระดับคือ ที่ระดับ 5, 17 และ 35 นาที

6.2.1 ผลของการบรรจุผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ในถ่วง OPP และ PS ที่มีต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ เมื่อบรรจุหลังจากลดอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ในห้องปกติและห้องปรับอากาศที่ระดับทำให้เย็น 5, 17 และ 35 นาที

ผลิตภัณฑ์ครัวซองต์นำมาลดอุณหภูมิก่อนการบรรจุทั้ง 2 สภาวะที่เวลาทำให้เย็น 3 ระดับ แล้วนำผลิตภัณฑ์ใส่ถ่วง OPP และ PS วัดคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ โดยใช้เครื่อง texture analyzer วัดค่าแรงเนียนของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ที่บรรจุในถ่วงต่างชนิดกันที่สภาวะการลดอุณหภูมิก่อนการบรรจุและเวลาทำให้เย็น 3 ระดับเดียวกัน พบว่าค่าแรงเนียนของผลิตภัณฑ์ในถ่วง 2 ชนิดนี้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ที่บรรจุในถ่วง OPP มีค่าแรงเนียน 21.42 นิวตัน น้อยกว่าในถ่วง PS 26.01 นิวตัน (ตารางที่ 13) การวัดเนื้อสัมผัส เป็นสิ่งแสดงให้เห็นถึงความเหนียวและความนุ่มของผลิตภัณฑ์ ซึ่งพบว่าผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ที่บรรจุในถ่วง PS มีค่าแรงเนียนมากกว่าในถ่วง OPP เพราะว่าผลิตภัณฑ์ในถ่วงต่างชนิดกันที่สภาวะการทำให้เย็นก่อนการบรรจุที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่างกัน แล้วบรรจุในถ่วงต่างชนิดที่มีอัตราการซึมผ่านของน้ำแตกต่างกันจึงทำให้เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างอย่างเห็นได้ชัดดังกล่าว

สำหรับเวลาในการทำให้เย็น 3 ระดับที่สภาวะการลดอุณหภูมิก่อนการบรรจุ ทั้ง 2 สภาวะที่ต่างกันของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ในถ่วงชนิดเดียวกัน พบว่าค่าแรงเนียนของผลิตภัณฑ์ที่สภาวะก่อนการบรรจุหลังจากลดอุณหภูมิห้องปกติที่เวลาทำให้เย็น 17 นาที มีค่าแรงเนียน 25.65 นิวตัน แตกต่างกับสภาวะก่อนการบรรจุหลังจากลดอุณหภูมิห้องปรับอากาศที่เวลาทำให้เย็น 5 และ 35 นาที มีค่าแรงเนียน 22.56 และ 22.78 นิวตัน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (ตารางที่ 13) ซึ่งเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์มีค่าแรงเนียนสอดคล้องกับการประเมินคุณภาพทาง

ประสาทสัมผัสในด้านความเหนียวและความนุ่มที่เวลาทำให้เย็นเดียวกันของสภาวะการลดอุณหภูมิ ก่อนการบรรจุผลิตภัณฑ์ในถุงต่างชนิดกัน

ตารางที่ 13 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแรงเฉือนของคุณสมบัติด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ เมื่อบรรจุในถุง OPP และ PS ที่สภาวะการลดอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ก่อนการบรรจุ ที่ ห้องปกติและห้องปรับอากาศ ที่เวลาในการทำให้เย็น 3 ระดับเริ่มจากนาทิตี่ 5, 17 และ 35 นาที

(หน่วย: นิวตัน)

ถุงชนิด	สภาวะการบรรจุ						ค่าเฉลี่ย แรงเฉือน
	ห้องปกติ			ห้องปรับอากาศ			
	เวลาในการทำให้เย็น(นาที)			เวลาในการทำให้เย็น(นาที)			
	5	17	35	5	17	35	
OPP	23.11	22.68	20.78	18.78	22.23	20.96	21.42a
PS	23.85	28.63	26.58	26.34	26.03	24.61	26.01b
ค่าเฉลี่ย							
แรงเฉือน	23.48AB	25.65A	23.68AB	22.56B	24.13AB	22.78B	

หมายเหตุ ตัวเลขที่กำกับด้วยอักษร ab ในแนวดิ่ง คือ ค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ของเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง 2 ชนิด ตัวเลขที่กำกับด้วยอักษร ABC ในแนวนอน คือ ค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ของเวลาการทำให้เย็นที่สภาวะการบรรจุ 2 สภาวะ

เมื่อพิจารณาถุง 2 ชนิดที่ใช้ในการบรรจุผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ร่วมกับสภาวะการบรรจุ และเวลาในการทำให้เย็น 3 ระดับ พบว่ามีอิทธิพลร่วมกัน คือ ถุง 2 ชนิดที่ใช้ในการบรรจุ สภาวะการบรรจุ และเวลาในการทำให้เย็น 3 ระดับ มีผลต่อค่าแรงเฉือนของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์

6.2.2 ผลของการบรรจุผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ในถุง OPP และ PS ที่มีต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ไว้เป็นเวลา 3 วัน

ผลิตภัณฑ์ครัวของดิบบรรจุในถุงต่างชนิดกันเก็บไว้เป็นเวลา 3 วัน แล้ววัดเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงดังกล่าวในแต่ละวัน พบว่าผลิตภัณฑ์บรรจุระหว่างถุงต่างชนิดนี้มีค่าแรงเฉือนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยผลิตภัณฑ์ในถุง OPP มีค่าแรงเฉือน 21.42 นิวตัน น้อยกว่าในถุง PS 26.01 นิวตัน (ตารางที่ 14) คุณสมบัติด้านเนื้อสัมผัส ซึ่งวัดค่าแรงเฉือนในวันเก็บผลิตภัณฑ์หลังการผลิตสอดคล้องกับการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความเหนียวและความนุ่ม ซึ่งผู้ประเมินให้คะแนนผลิตภัณฑ์ในถุง PS มากกว่าถุง OPP ต่างชนิดกัน

สำหรับวันเก็บผลิตภัณฑ์หลังการผลิตที่ต่างกัน 3 วันในถุงชนิดเดียวกัน วัดคุณสมบัติด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ในแต่ละวัน พบว่าผลิตภัณฑ์ในถุง OPP มีค่าแรงเฉือนในวันที่ 1, 2 และ 3 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เช่นเดียวกันกับค่าแรงเฉือนของวันเก็บผลิตภัณฑ์หลังการผลิตในถุง PS ในวันที่ 1, 2 และ 3 โดยผลิตภัณฑ์มีค่าแรงเฉือนในวันที่ 1 น้อยกว่าวันที่ 2 และ 3 คือ 21.82, 25.29 และ 24.02 นิวตัน ตามลำดับ (ตารางที่ 14)

ตารางที่ 14 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแรงเฉือนของคุณสมบัติด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ครัวของดิบเมื่อบรรจุในถุง 2 ชนิดเป็นเวลา 3 วัน

				(หน่วย: นิวตัน)
ถุงชนิด	วันหลังการผลิต			ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	แรงเฉือน
OPP	21.25	23.38	19.64	21.42a
PS	22.4	27.21	28.41	26.01b
ค่าเฉลี่ย				
แรงเฉือน	21.82A	25.29B	24.02B	

หมายเหตุ ตัวเลขที่กำกับด้วยอักษร ab ในแนวนอน คือ ค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ของเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง 2 ชนิด

ตัวเลขที่กำกับด้วยอักษร ABC ในแนวตั้ง คือ ค่าเฉลี่ยที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ของวันหลังการผลิต

เมื่อพิจารณาถุง 2 ชนิดที่ใช้ในการบรรจุผลิตภัณฑ์ครัวของค์ร่วมกับวันหลังการผลิต พบว่ามีอิทธิพลร่วมกัน คือ ถุง 2 ชนิดที่ใช้ในการบรรจุ และ วันหลังการผลิต มีผลต่อเนื้อสัมผัสของ ผลิตภัณฑ์ครัวของค์ โดยค่าแรงเนียนของผลิตภัณฑ์ครัวของค์ที่บรรจุในถุง OPP เมื่อเวลาผ่านไปแต่ละวันมีค่าแรงเนียนเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับค่าแรงเนียนของผลิตภัณฑ์ครัวของค์ที่บรรจุในถุง PS

6.3 ปริมาณจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ครัวของค์ที่ cooling time และ cooling condition

นำผลิตภัณฑ์ครัวของค์ที่อยู่ในภาชนะบรรจุฟิล์มทั้ง 2 ชนิด และที่ไม่บรรจุในภาชนะบรรจุ เมื่อเวลาผ่านไป 5 วัน มาหาปริมาณจุลินทรีย์โดยใช้วิธี pour plate ด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA และ PCA นับปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เป็น CFU/g ดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่เวลา 5 วันในผลิตภัณฑ์ครัวของค์ที่ cooling condition และ cooling time

ถุง	อุณหภูมิห้องปกติ			อุณหภูมิห้องปรับอากาศ		
	cooling time			cooling time		
	5	17	35	5	17	35
OPP	< 30 CFU/g	< 30 CFU/g	< 30 CFU/g	< 30 CFU/g	< 30 CFU/g	< 30 CFU/g
PS	< 30 CFU/g	< 30 CFU/g	< 30 CFU/g	< 30 CFU/g	< 30 CFU/g	< 30 CFU/g

ผลจากการวัดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ครัวของค์เมื่อเวลาผ่านไป 5 วัน ที่สภาวะการบรรจุทั้ง 2 สภาวะ พบว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในภาชนะถุง OPP และถุง PS มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ต่ำกว่า 30 CFU/g แสดงว่าที่สภาวะการบรรจุดังกล่าวผลิตภัณฑ์นี้ยังคงปลอดภัยต่อการบริโภค อาจเนื่องมาจากสุขลักษณะในการทำอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการผลิต สำหรับการทดลองนี้ไม่มีการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. การติดตามการลดลงของอุณหภูมิผลิตภัณฑ์ครัวของดีโดยใช้วิธีการบันทึกอุณหภูมิจากเครื่องดาต้าล็อกเกอร์ เมื่อผลิตภัณฑ์ออกจากเตาอบทันที ที่ 2 สภาวะ (cooling condition) การลดลงของอุณหภูมิผลิตภัณฑ์ที่สภาวะอุณหภูมิห้องปกติลดลงช้ากว่าที่สภาวะอุณหภูมิห้องปรับอากาศ

สำหรับการหาความชื้นของผลิตภัณฑ์ครัวของดีตามวิธี A.O.A.C (2000) พบว่า ผลิตภัณฑ์ครัวของดีที่สภาวะอุณหภูมิห้องปรับอากาศมีค่าน้อยกว่าที่สภาวะอุณหภูมิห้องปกติตั้งแต่ cooling time 5 ถึง 35 นาที

ขณะที่การติดตามการลดลงของน้ำหนักผลิตภัณฑ์โดยวิธีการชั่งน้ำหนักโดยตรงในช่วงเวลา cooling time ตั้งแต่นาที ที่ 1 ถึงนาทีที่ 60 ที่สภาวะอุณหภูมิห้องปกติสูญเสียน้ำหนักประมาณ 0.99% ซึ่งน้อยกว่าที่สภาวะอุณหภูมิห้องปรับอากาศ ที่สูญเสียน้ำหนักประมาณ 1.23%

2. จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในคุณลักษณะด้านความกรอบ ความเหนียว ความนุ่ม ที่สภาวะการบรรจุ 2 สภาวะ

2.1 เมื่อมีการบรรจุผลิตภัณฑ์ครัวของดีโดยใช้ภาชนะบรรจุที่ทำจากวัสดุต่างกันคือ OPP และ PS ที่มีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านความกรอบ ความเหนียวและความนุ่ม

2.1.1 สภาวะการลดอุณหภูมิก่อนการบรรจุ(cooling condition)

คุณสมบัติด้านความกรอบของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงต่างชนิดกันที่สภาวะการลดอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ที่สภาวะการลดอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ต่างกันบรรจุในถุงชนิดเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คุณสมบัติด้านความเหนียวของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงต่างชนิดกันที่สภาวะการลดอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์เดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ที่สภาวะการลดอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ต่างกันบรรจุในถุงชนิดเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คุณสมบัติด้านความนุ่มของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงต่างชนิดกันที่สภาวะการลดอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์เดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ที่สภาวะการลดอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ต่างกันบรรจุในถุงชนิดเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2.1.2 เวลาในการทำให้เย็น (cooling time)

คุณภาพด้านความกรอบของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ที่บรรจุในถุงต่างชนิดกันที่ระดับเวลาทำให้เย็นเดียวกัน 3 ระดับ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และถุงชนิดเดียวกันบรรจุที่ระดับเวลาต่างกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คุณสมบัติด้านความเหนียวของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ที่บรรจุในถุงต่างชนิดกันที่ระดับเวลาทำให้เย็นเดียวกัน 3 ระดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และถุงชนิดเดียวกันบรรจุที่ระดับเวลาต่างกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คุณสมบัติด้านความนุ่มของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ที่บรรจุในถุงต่างชนิดกันที่ระดับเวลาทำให้เย็นเดียวกัน 3 ระดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และถุงชนิดเดียวกันบรรจุที่ระดับเวลาต่างกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2.1.3 วันเก็บผลิตภัณฑ์หลังการผลิตเป็นเวลา 3 วัน

คุณสมบัติด้านความกรอบของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ที่เก็บในถุงต่างชนิดกันเป็นเวลา 3 วัน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ในถุงชนิดเดียวกันเมื่อเวลาผ่านไป 3 วัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คุณสมบัติด้านความเหนียวของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ที่เก็บในถุงต่างชนิดกันเป็นเวลา 3 วัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และในถุงชนิดเดียวกันเมื่อเวลาผ่านไป 3 วัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คุณสมบัติด้านความนุ่มของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ที่เก็บในถุงต่างชนิดกันเป็นเวลา 3 วัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และในถุงชนิดเดียวกันเมื่อเวลาผ่านไป 3 วัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

3. คุณสมบัติด้านเนื้อสัมผัส

3.1 เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ที่บรรจุในถุงต่างชนิดกันที่ระดับเวลาทำให้เย็น 3 ระดับของสถานะการลดอุณหภูมิก่อนการบรรจุเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและระดับเวลาทำให้เย็น 3 ระดับของสถานะการลดอุณหภูมิก่อนการบรรจุต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ที่บรรจุในถุงต่างชนิดกัน ที่สถานะลดอุณหภูมิก่อนการบรรจุผลิตภัณฑ์หึ่งปกติที่เวลาทำให้เย็น 17 นาที มีความแตกต่างกับสถานะการลดอุณหภูมิก่อนการบรรจุผลิตภัณฑ์หึ่งปรับอากาศที่เวลาทำให้เย็น 5 และ 35 นาทีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

3.2 เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์บรรจุในถุงชนิดเดียวกันและต่างชนิดกัน เมื่อเวลาผ่านไป 3 วัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4. ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ครัวซองต์เมื่อเวลาผ่านไป 5 วัน ที่สภาวะการบรรจุทั้ง 2 สภาวะ ที่บรรจุในถุง OPP และ ถุง PS มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ต่ำกว่า 30 CFU/g ซึ่งมีความปลอดภัยสำหรับการบริโภค เนื่องมาจากสภาวะลักษณะในการทำอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ครัวซองต์สำหรับการทดลองนี้ไม่มีการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์

ข้อเสนอแนะ

การติดตามการลดลงของอุณหภูมิผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ที่สภาวะห้องปกติและห้องปรับอากาศ ซึ่งสภาวะทั้ง 2 มีอุณหภูมิที่ต่างกัน โดยอุณหภูมิที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นสภาวะของห้องปกติและห้องปรับอากาศทั่วไปที่เกิดจากการหาความแตกต่างของอุณหภูมิของสภาวะทั้ง 2 มาก่อนหน้านี้ เมื่อใช้ภาชนะบรรจุที่แตกต่างกันในการบรรจุผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ เป็นผลให้ผลิตภัณฑ์ครัวซองต์เกิดความแตกต่างทางด้านการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส และเนื้อสัมผัส (Texture analysis) ถ้าสภาวะอุณหภูมิของห้องปรับอากาศต่ำกว่าที่ใช้ในการทดลองนี้ น่าจะได้ผลที่ชัดเจนทั้งด้านคุณภาพทางประสาทสัมผัสและเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ที่ผลิตขึ้นจากสูตรเฉพาะสำหรับการทดลองนี้

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- จิตรนา แจ่มเมฆ และ อรอนงค์ นัยวิกุล. 2546. **เบเกอรี่เทคโนโลยีเบื้องต้น**. สำนักพิมพ์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- งามทิพย์ ภู่วโรดม. 2537. **ก๊าซกับการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหาร**. โรงพิมพ์สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- _____ 2545. **คู่มือปฏิบัติการวิชาการบรรจุในอุตสาหกรรมอาหาร**. คณะอุตสาหกรรม เกษตร,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- _____ ม.ป.ป. **การฝึกอบรม**. คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
- ปริศนา สุวรรณภรณ์. 2546 **ชัยพืช ผลิตภัณฑ์และการตรวจสอบ**. เอกสารประกอบการเรียนวิชา
เทคโนโลยีเบเกอรี่เบื้องต้น มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. หน้า 50-75
- ปุ่น คงเจริญเกียรติ และ สมพร คงเจริญเกียรติ 2541 **บรรจุภัณฑ์อาหาร**. บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น,
กรุงเทพฯ
- ไพโรจน์ วิริยาริ. 2545 **การประเมินทางประสาทสัมผัส** คณะอุตสาหกรรมเกษตร
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- รุ่งนภา วิสิษฐุตรการ. 2540. **การประเมินอายุการเก็บของอาหาร**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,
กรุงเทพฯ.
- รัชณี ตันตะพานิชกุล. 2532. **เคมีอาหาร** ภาควิชาเคมี. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
กรุงเทพฯ
- สุวรรณ สุภิมารส. 2543. **เทคโนโลยีการผลิตลูกกวาดและช็อกโกแลต**. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ

- Arslan, N., and H.Togrul., 2004. Modelling of water sorption isotherm of macaroniated in **J of Food Engineer**. Article in press.
- Bradshaw, W. 1976. Modulated vacuum cooling for bakery products. **Baker Digest**, 50, 26-31.
- Baik, M.Y. and. Chinachoti, P. 2000. Moisture redistribution and phase transitions during bread staling. **J. Cereal Chem.** 77(4):484-488.
- Bedrosian, K. and R.F. Schiffmann. 1983. **Controlled atmosphere produce package**. US Patent. 4,423,080.
- Brockway, B. 1989. Application to confectionery products, pp. 305-324. *In* T.M.Hardman ed. **Water and Food Quality**. Elsevier Applied Science, New York.
- Cauvin, S.P. and L.S. Young. 2000. Bakery Food Manufacture and Quality : **Water Control and Effects**. Blackwell Science , Ltd.,UK.
- Chinachoti, P. 1998. Water migration and food storage stability, pp. 245-267. *In* I.A. Taub and R.P. Singh eds. **Food Storage Stability**. CRC Press LLC, USA.
- Everington, D.W. 1993. Vacuum technology for food processing, pp 71-74. *In* A. Turner, ed. **Food Technology International Europe**. London: Sterling Publications Ltd.
- De Leiris, J.P. 1986, Water Activity and Permeability, pp. 213-234 *In* M.Mathlouthi, ed. **Food Packaging: Theory and Practice**. Elsevier Applied Science Publishers, New York
- Gerrard, J.A., Newberry, M.P., Ross, M., Wilson A.J., Fayle, S.E., Kavale, S. 2000. Pastry lift and croissant volume as affected by microbial transglutaminase. **J. Food Sci.** 65: 312-314.
- Grenier, A., M. Jean-Yves., A. Bail and H Murielle. 2001. Effect of external condition on the rate of post-baking chilling of break. **J.Food Engineering** 55 (2002):19-24

Hozova, B., I Kukurova, R Turicova and L Dodok.2002.Sensory Quality of Stored Croissant-Type Bakery Products. **Czech J.Food Sci.** 66(3):105-112

hyper-trade, 2548. **Farm House VS Gardenia Breakfast Rival Available Source**

<http://www.hypertrade.net/data/news/en/> August 20,2005

Kapsalis, J.G. 1975. The influence of textural parameters in food at intermediate moisture Level, pp. 627-637. *In* R.B. Duckworth ed. **Water Relation of Foods.** Academic Press, New York.

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

Keshri, G., .P.Voysey, and N.Magan, Early detection of spoilage moulds in bread using volatile production patterns and quantitative enzyme assay, **J. App.Microbial.** 92 (2002) 165-172.

Labuza, T.P. and C.R.Hyman. 1989. Moisture migration and control in multi-domain foods. **Trend in Food Sci. & Tech.** 9: 47-55.

Leistner, L. and W. Rodel. 1976. The stability of intermediate moisture foods with respect To micro-organism, pp. 120-137. *In* R.Davies, G.G. Birch and K.J. Parker, eds. **Intermediate Moisture Foods.** Applied Science Publishers, Ltd., London.

Leister, L. 1992. Food preservation by combined methods. **Food Res.Int.** 25: 151-158

Marston, P.E. 1983. Moisture content and migration in bread incorporating dried fruit. **Food Tech.** in Australia. 35: 463-465.

Pangborn, R.M. 1967. **Use and misuse of sensory measurement.** **Food Quality.** 15: 7-12.

Parry, R. T. 1993. **Principles and applications of modified atmosphere packaging of food.**

London : Blackie. pp.1-18.

Peleg, M. 1994. A mathematical model of crunchiness / crispness loss in breakfast cereals.

J. Texture Stud. 25: 403-410.

Piazza, L. and P.Masi. 1995. Moisture redistribution throughout the bread loaf during staling and its effects on mechanical properties. **Cereal Chem.** 72(3): 320-325.

Quast, D.G. and M. Karel. 1972. Effect of environmental factors on the oxidation of Potato chips. **J. Food Sci.** 37:584-588

Rasiah, I.A. K.H. Sutton, F.L. Low, H.M. Lin and J.A. Gerrard. 2005 Crosslinking of wheat proteins by glucose oxidase and the resulting effects on bread and croissants. **Food chemistry.** 89(2005): 325-332

Roberton, G.L. 1993. **Food Packaging: Principle and Practice.** Marcel Dekker, Inc., New York.

Rooney, M.L. 1997. Active packaging, pp.2-8 *In* A.L. Brody and K.S.Marsh, eds.

The Wiley Encyclopedia of Packaging Technology. John Wiley & Son, Inc., USA.

Seiler, D. 1988 Microbiological problems associated with cereal based foods. **Food Sci. Technol Today** 2, 37-41

Sloan, R. 1996. **Cooling baked products. Trends in Food Science & Technol.** 7, 339.

- Silva, A.S, J.L. Hernandez, and P.P.Losada. 2004. **Modified atmosphere packaging and temperature effect on potato crisp oxidation during storage.** *Analytical chimika Acta.* Article in press
- Siriker, J.H.R.P. Eliott, A.C. Baivd Parker, F.L.Bryan, J.H.B Christain .D.S. Clook, J.C.Olan and T.A.Robertseds. 1980. *Microbial Ecology of Foods Vol.1. Factors Affecting Life and Death of Microorganisms.* Academic Press.London.
- Smith, J.P.,and B.K. Simpson. 1995. Modified atmosphere packing of bakery and pasta product , pp. 207-242 .*In* K.L.Dodds and J.Faber, eds. **Principles of modified-atmosphere and sousvide product packing.Technology** Publishing Company , Lancaster asgow.
- Stone, H. and Sidel, J. L., Oliver, S.Woolsey, A. and Singleton, R.S. 1974. **Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis.** *Food Technol.*, 28(11):24-34.
- Troller, J.A. 1989. Water Activity and food quality. *In*: T.M.Hardman, ed. **Water and Food Quality.** Elsevier Applied Science, NY.
- Williams, J.C. 1976. Chemical and non-enzymic changes in intermediate moisture food. *In* :R.Davies, .G.G. Birch and K. J. Parker, eds. **Intermediate Moisture Foods Applied Science** Publisher, Ltd., London. 306p.
- Yang, T.C.S. 1998. Ambient storage. *In*: I.A. Taub and R.P.Singh, eds. **Food Storage Stability.** CRC Press LLC, USA.
- Zabik, M.E., S.G. Fierke and D.K.Bristol. 1979. Humidity effects on textural characteristics Of sugar snap cookies. **Cereal Chem.** 56: 29-33.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ตารางผนวกที่ ก1. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสภาวะและเวลาในการลดอุณหภูมิก่อนการบรรจุผลิตภัณฑ์ครีวของค์ ทางด้านประสาทสัมผัสในด้านความกรอบ จากผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนมาแล้วทั้งหมด 6 คน เป็นเวลา 3 วัน

Source of Variance	df	Sum Square	Mean Square	F	sig
panel	5	105.537	21.107	25.16	0.000
day	2	18.120	9.060	10.80	0.000
time	2	0.898	0.449	0.54	0.586
condition	1	13.500	13.500	16.09*	0.000
film	1	1.185	1.185	1.41	0.236
day* condition	2	8.361	4.180	4.98*	0.008
day* time	4	1.685	0.421	0.50	0.734
day*film	2	3.175	1.588	1.89	0.154
condition*film	1	0.463	0.463	0.55	0.459
time* condition	2	0.027	0.013	0.02	0.984
time*film	2	1.175	0.588	0.70	0.498
day*condition *film	2	1.564	0.782	0.93	0.395
day*time* condition	4	2.111	0.527	0.63	0.642
day*time*film	4	2.296	0.574	0.68	0.604
time*condition*film	2	0.231	0.115	0.14	0.871
day* time* condition*film	4	1.240	0.310	0.37	0.830
Error	175	146.796	0.838		
Total	215	308.370			

ตารางผนวกที่ ก2. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสภาวะและเวลาในการลดอุณหภูมิก่อนการบรรจุผลิตภัณฑ์ร้วของค์ ทางด้านประสาทสัมผัสในด้านความเหนียว จากผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนมาแล้วทั้งหมด 6 คน เป็นเวลา 3 วัน

Source of Variance	df	Sum Square	Mean Square	F	sig
panel	5	52.245	10.449	4.34*	0.001
day	2	16.287	8.144	3.38*	0.036
time	2	2.009	1.005	0.42	0.659
condition	1	2.042	2.042	0.85	0.358
film	1	86.894	86.894	36.10*	0.000
day*condition	2	45.194	22.597	9.39	0.000
day*time	4	22.324	0.581	0.24	0.915
day*film	2	51.731	25.866	10.75*	0.000
condition*film	1	15.042	15.042	6.25*	0.013
time*condition	2	2.528	1.264	0.53	0.592
time*film	2	0.231	0.116	0.05	0.953
day*condition*film	2	4.528	2.264	0.94	0.392
day*time*condition	4	3.028	0.757	0.31	0.868
day*time*film	4	2.102	0.525	0.22	0.928
time*condition*film	2	6.194	3.097	1.29	0.279
day*time*condition*film	4	1.694	0.424	0.18	0.951
Error	175	421.255	2.407		
Total	215	715.329			

ตารางผนวกที่ ก3. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสภาวะและเวลาในการลดอุณหภูมิก่อนการบรรจุผลิตภัณฑ์ร้วของค์ ทางด้านประสาทสัมผัสในด้านความนุ่ม จากผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนมาแล้วทั้งหมด 6 คน เป็นเวลา 3 วัน

Source of Variance	df	Sum Square	Mean Square	F	sig
panel	5	21.245	4.249	2.69*	0.023
day	2	39.120	19.560	12.39*	0.000
time	2	1.509	0.755	0.48	0.621
condition	1	3.375	3.375	2.14	0.145
film	1	305.782	305.782	193.7*	0.000
day*condition	2	23.083	11.542	7.31*	0.001
day*time	4	7.324	1.831	1.16	0.330
day*film	2	0.898	0.449	0.28	0.753
condition*film	1	2.042	2.042	1.29	0.257
cooling time*condition	2	6.028	3.014	1.91	0.151
cooling time*film	2	9.009	4.505	2.85	0.060
day*condition*film	2	4.083	2.042	1.29	0.277
day*time* condition	4	7.472	1.868	1.18	0.320
day*time*film	4	0.435	0.109	0.07	0.991
time*condition*film	2	4.528	2.264	1.43	0.241
day*time*condition*film	4	0.806	0.201	0.13	0.972
Error	175	276.255	1.579		
Total	215				

ตารางผนวกที่ ก4. การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) จากการวัดด้วยเครื่องวัดTexture analysis ที่สภาวะห้องปกติและห้องปรับอากาศที่cooling time 5,17 และ35 นาที ก่อนการบรรจุผลิตภัณฑ์ครัวของค์

Source of Variance	df	Sum Square	Mean Square	F	sig
condition	1	22.29	22.29	1.97	0.169
day	2	147.63	73.81	6.53*	0.004
film	1	378.12	378.13	33.44*	0.000
time	2	50.45	25.22	2.23	0.122
condition *day	2	170.67	85.33	7.55*	0.002
condition *film	1	3.16	3.16	0.28	0.600
condition*time	2	1.48	0.74	0.07	0.937
day*film	2	178.92	89.46	7.91*	0.001
day* time	4	83.40	20.85	1.84	0.142
film* time	2	1.74	0.87	0.08	0.926
condition*day*film	2	221.68	110.84	9.80*	0.000
condition*day*time	4	125.47	31.37	2.77*	0.042
day * film *time	4	53.35	13.34	1.18	0.336
condition * film *time	2	80.30	40.15	3.55*	0.039
condition*day*film*time	4	76.82	19.20	1.70	0.172
Error	36	407.13	11.31		
Total	71	2002.59			

ภาคผนวก ข
วิธีการวิเคราะห์

วิธีการวิเคราะห์

1. การวิเคราะห์ความชื้นโดยใช้ตู้อบไฟฟ้า (AOAC.,2000)

1.1 อบกระป๋องอบความชื้นพร้อมฝาด้วยตู้อบไฟฟ้า ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นานา 30 นาที ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น นาน 30 นาที ชั่งน้ำหนัก (W1)

1.2 ชั่งตัวอย่างประมาณ 5 กรัม ให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอน (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) ใส่ในกระป๋องอบความชื้นที่อบแล้วชั่งน้ำหนักไว้เรียบร้อยแล้ว

1.3 นำกระป๋องอบความชื้นที่มีตัวอย่างพร้อมฝาโดยเปิดฝาทิ้งไปอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง นำกระป๋องอบความชื้นออกจากตู้อบโดยปิดฝาทันทีและทำให้เย็นในโถดูดความชื้นนาน 30 นาที ชั่งน้ำหนักที่แน่นอน

1.4 นำไปอบต่ออีก 1 ชั่วโมงจนได้น้ำหนักคงที่ โดยผลต่างระหว่างน้ำหนักที่ชั่งทั้งสองครั้ง ติดต่อกันไม่เกิน 1 มิลลิกรัม(W3)ทั้งหมด

$$\text{ปริมาณความชื้นร้อยละของน้ำหนักรวบรวม} = \frac{W2-W3}{W2-W1} \times 100$$

เมื่อ

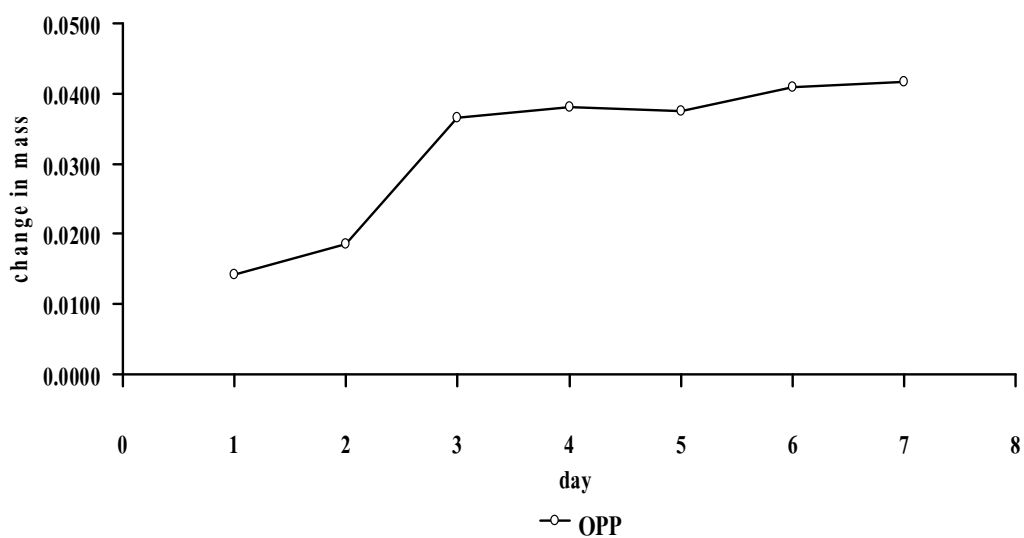
W1 = น้ำหนักของกระป๋องอบความชื้นเป็นกรัม

W2 = น้ำหนักของกระป๋องอบความชื้นและตัวอย่างก่อนอบ เป็นกรัม

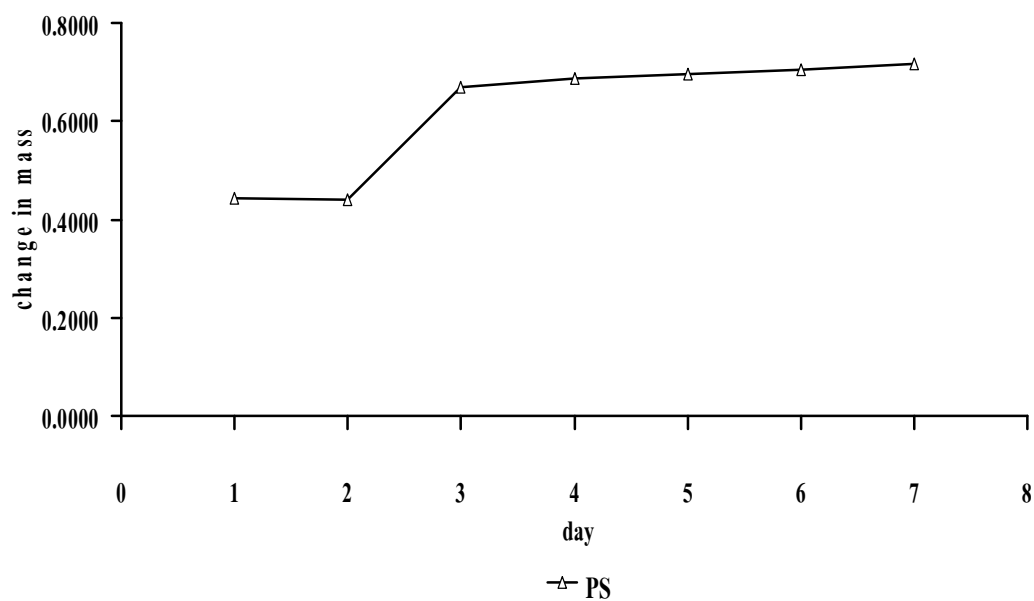
W3 = น้ำหนักของกระป๋องอบความชื้นและตัวอย่างหลังอบ เป็นกรัม

2. วิธีการวัดอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ

- 2.1 อบ Desiccant method ให้แห้งที่ 200°C ก่อนนำมาใช้
- 2.2 ตวง Desiccant ใส่ลงในถ้วยหา WVTR ให้มีความสูง ของ Desiccant ในถ้วยประมาณ $\frac{1}{2}$ นิ้ว
- 2.3 วัดความหนาของแผ่นฟิล์มตัวอย่างที่ต้องการหา
- 2.4 ตัดฟิล์มตัวอย่างให้มีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับปากถ้วย ระวังให้ขอบฟิล์มเรียบสม่ำเสมอ และผิวหน้าไม่เกิดรอยเสียหาย
- 2.5 ปิดปากถ้วยด้วยฟิล์มตัวอย่าง แล้ววางวางแหวงโลหะทับบนฟิล์มอีกที
- 2.6 บรรจุเทเทียนไขเหลวลงบนของบนฟิล์มตัวอย่าง(นอกวงแหวนโลหะ)เพื่อปิดผนึกแผ่นฟิล์มตัวอย่างเข้ากับถ้วยระวังไม่ให้เทียนไขเปื้อนถูกผิวหน้าตอนกลางของแผ่นฟิล์ม
- 2.7 ยกขอบโลหะออก
- 2.8 เก็บตัวอย่างไว้ที่ตู้อบอุณหภูมิ 27°C ความชื้นสัมพัทธ์ 65
- 2.9 ชั่งน้ำหนักพร้อมบันทึกไว้เป็นเวลาประมาณ 7 วัน



ภาพผนวกที่ ข1. กราฟการวัดอัตราการซึมผ่านของไอน้ำของฟิล์ม OPP ค่า WVTR ของOPP = $2.1765 \text{ g/m}^2 \cdot \text{day}$



ภาพผนวกที่ ข2. กราฟการวัดอัตราการซึมผ่านของไอน้ำของฟิล์ม PS ค่า WVTR ของฟิล์ม PS = $8.9480 \text{ g/m}^2 \cdot \text{day}$



(ก)



(ข)



(ค)

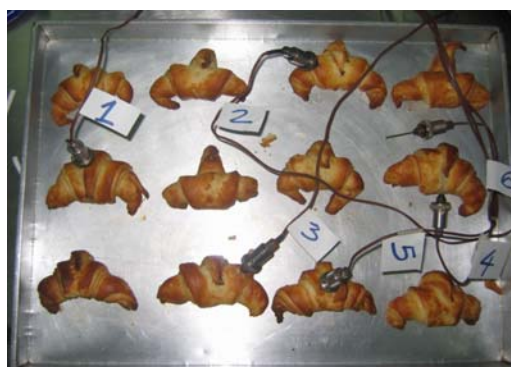


(ง)

ภาพผนวกที่ ข3 การทำผลิตภัณฑ์ครัวซองต์(ก) การรีดโด (ข) การพับโด (ค) การม้วนโด และ (ง) การอบโด

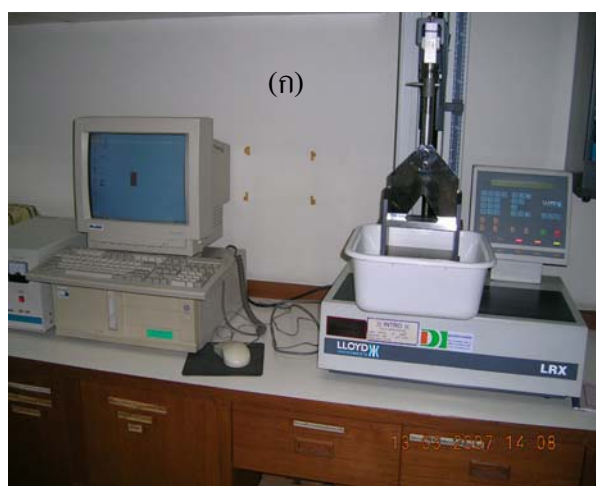


(ก)



(ข)

ภาพผนวกที่ ข4. การติดตามการลดลงของอุณหภูมิผลิตภัณฑ์ครัวซองต์วัดจากเครื่อง
 ด้าด้าล็อกเกอร์ (Data logger) (ก) วิธีการวัดผลิตภัณฑ์โดยเครื่องด้าด้าล็อกเกอร์
 (Data logger) (ข) ตำแหน่งการติดตามการลด อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ครัว



(ก)



(ข)

ภาพผนวกที่ ข5. (ก) เครื่อง texture analyzer ที่ใช้วัดเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์
(ข) วิธีการวัดเนื้อสัมผัสผลิตภัณฑ์ครัวซองต์

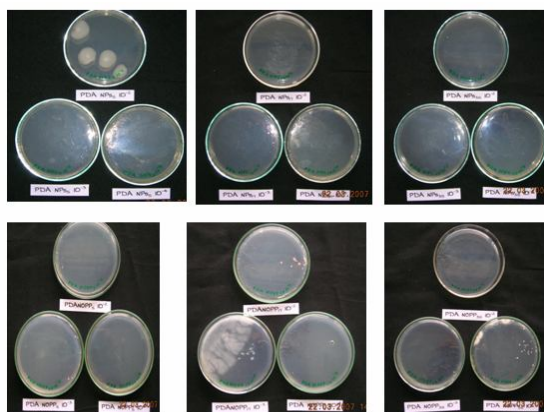


(ก)

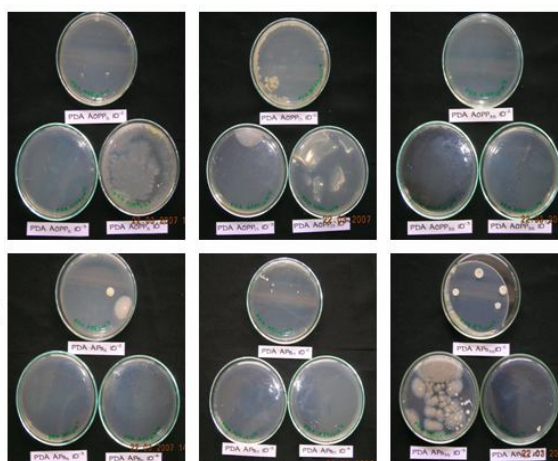


(ข)

ภาพผนวกที่ ข6. (ก) และ (ข) แสดงผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ที่ผ่านการวัดเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง texture analyzer



(ก)



(ข)

ภาพผนวกที่ ข7. ให้เย็น 5, 17 และ 35 นาที ในถุง OPP และ Pการวัดเชื้อจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์
ครัวซองต์(ก) สภาวะห้องปกติที่ระดับเวลาทำS และ(ข)ห้องปรับอากาศที่ระดับ
เวลาทำให้เย็น 5, 17 และ 35 นาที ในถุง OPP และ PS และ

วิธีการทดสอบการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

1. ใช้ผู้ทดสอบชิมที่มีความสามารถและเต็มใจในการมีส่วนร่วมในกิจกรรมการประเมิน 6 คน
2. ทำการคัดเลือกผู้ทดสอบเพื่อประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยใช้ตัวผลิตภัณฑ์ครัวของดีที่ผลิตขึ้นเองในห้องทดลอง โดยใช้วิธีการทดสอบแบบ Triangle test ระหว่างผลิตภัณฑ์ครัวของดีที่ทำให้เย็นที่สภาวะอุณหภูมิห้องปกติและอุณหภูมิห้องปรับอากาศ เพื่อเลือกผู้ทดสอบที่สามารถประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ครัวของดีระหว่าง 2 สภาวะที่แตกต่างกันได้ โดยใช้แบบทดสอบการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสดังนี้

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

Triangle Test Difference Analysis

วันที่.....ผู้ทดสอบชิม.....

ผลิตภัณฑ์.....ชุดที่.....

คำแนะนำ: ต่อไปนี้จะมีตัวอย่าง 3 ตัวอย่างให้ทดสอบ 2 ใน 3 ตัวอย่างจะเหมือนกัน แยกตัวอย่างที่มีความแตกต่างออกจากตัวอย่างที่เหมือนกัน

1

2

ตัวอย่าง

ตรวจสอบตัวอย่างที่มีความแตกต่าง

235

.....

149

.....

751

.....

แสดงระดับของความแตกต่างระหว่างตัวอย่างที่เหมือนกัน 2 ตัวอย่าง กับตัวอย่างที่ แตกต่างกัน

เล็กน้อย

.....

ปานกลาง

.....

มาก

.....

มากที่สุด

.....

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ขอบคุณ

3. นำผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนแล้วมาทั้งหมด 6 คน เป็นชาย 3 คน และหญิง 3 คน ทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสประเภทการพรรณนาเชิงปริมาณ (Quantitative Descriptive Analysis; QDA) โดยใช้สเกลเส้นตรงที่มีความยาว 10 เซนติเมตร เป็นเวลา 3 วัน ทดสอบผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ที่บรรจุในภาชนะบรรจุ OPP และ PS โดยประเมินคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ครัวซองต์ดังนี้

ความกรอบ กำหนดคะแนนดังนี้ ระดับคะแนน 2 คะแนน กรอบน้อยที่สุด ระดับคะแนน 4 คะแนน กรอบน้อย ระดับคะแนน 6 คะแนน กรอบปานกลาง ระดับคะแนน 8 คะแนน กรอบมาก ระดับคะแนน 10 คะแนน กรอบมากที่สุด

ความเหนียว กำหนดคะแนนดังนี้ ระดับคะแนน 2 คะแนน เหนียวน้อยที่สุด ระดับคะแนน 4 คะแนน เหนียวน้อย ระดับคะแนน 6 คะแนน เหนียวปานกลาง ระดับคะแนน 8 คะแนน เหนียวมาก ระดับคะแนน 10 คะแนน เหนียวมากที่สุด

ความนุ่ม กำหนดคะแนนดังนี้ ระดับคะแนน 2 คะแนน นุ่มน้อยที่สุด ระดับคะแนน 4 คะแนน นุ่มน้อย ระดับคะแนน 6 คะแนน นุ่มปานกลาง ระดับคะแนน 8 คะแนน นุ่มมาก ระดับคะแนน 10 คะแนน นุ่มมากที่สุด

โดยใช้แบบทดสอบการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสดังนี้

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

DESCRIPTIVE ANALYSIS WITH QDA

ชื่อ.....วันที่.....

ผลิตภัณฑ์.....ชุดที่.....

คำชี้แจง โปรดทำการทดสอบผลิตภัณฑ์ครัวของค์ซึ่งเป็นตัวอย่างเริ่มต้นดังในรายละเอียดต่อไปนี้
โดยวงกลมให้คะแนนตั้งแต่ 1-10 คะแนนในคุณลักษณะดังกล่าว ตามที่ท่านคิดว่าเหมาะสมที่สุด
สำหรับหมายเลขดังนี้

234

563

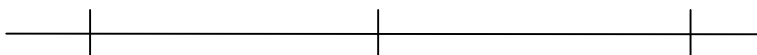
621

เนื้อสัมผัส

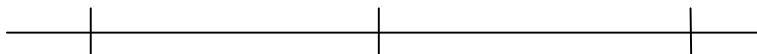
ความกรอบ



ความเหนียว



ความนุ่ม



ข้อเสนอแนะ

.....

ขอบคุณ

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวพนีย์ โหมดเอี่ยม
วัน เดือน ปี ที่เกิด	7 ธันวาคม พ.ศ. 2513
สถานที่เกิด	สมุทรสาคร
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต(เทคโนโลยีวัสดุ) มหาวิทยาลัยรามคำแหง
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-