

การยืดอายุการเก็บรักษาขนมเปี๊ยะกุหลาบโดยใช้สารควบคุมความชื้น
และบรรจุภัณฑ์

SHELF LIFE EXTENSION OF CHINESE ROSE PIE
(KHA NOM PIE KULAB) BY USING HUMECTANT AND PACKAGING



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของงานที่จัดทำตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนาการ

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2555

KMITL-2012-AF-M-055-142

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การยืดอายุการเก็บรักษาขนมเปียะกุหลาบโดยใช้สารควบคุมความชื้น
และบรรจุภัณฑ์

SHELF LIFE EXTENSION OF CHINESE ROSE PIE
(KHA NOM PIE KULARB) BY USING HUMECTANT AND PACKAGING



T122978

วโรดม ฐววิโรจน์

WARODOM THUWAVIROJ

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....122978
วันเดือนปี.....10 ต.ค. 2555

b.....
i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการและบริการอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2555

KMITL-2012-AI-M-055-142

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**SHELF LIFE EXTENSION OF CHINESE ROSE PIE
(KHA NOM PIE KULARB) BY USING HUMECTANT AND PACKAGING**



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN FOOD CATERING TECHNOLOGY
FACULTY OF AGRO INDUSTRY
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

2012

KMITL-2012-AI-M-055-142

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2012

FACULTY OF AGRO-INDUSTRY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การยืดอายุการเก็บรักษาขนมเปี๊ยะกุหลาบโดยใช้สารควบคุมความชื้น
และบรรจุภัณฑ์
Shelf Life Extension of Chinese Rose Pie (*Kha Nom Pia Kularb*)
By Using Humectant and Packaging

นักศึกษา นายวโรดม ชูวิโรจน์

รหัสประจำตัว 50068608

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขา เทคโนโลยีการจัดและบริการอาหาร

พ.ศ. 2555

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร. กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์

บทคัดย่อ

ผลการลดค่า a_w ของขนมเปี๊ยะกุหลาบโดยการแทนที่ด้วยซอร์บิทอล และกลีเซอรอลที่ระดับการทดแทน 20, 40 และ 60% พบว่ากลีเซอรอลสามารถลดค่า a_w ได้ดีกว่าซอร์บิทอลโดยในซอร์บิทอลสามารถลดค่า a_w ในส่วนไส้ของตัวอย่างควบคุมในวันแรกจาก 0.963 เป็น 0.902, 0.907 และ 0.905 ตามลำดับ ในขณะที่กลีเซอรอลสามารถลดค่า a_w จาก 0.963 เป็น 0.901, 0.897 และ 0.891 แต่เมื่อนำไปทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวม พบว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับการทดแทนด้วยซอร์บิทอลที่ระดับการทดแทน 20% ดังนั้นจึงเลือกการทดแทนด้วยซอร์บิทอลที่ระดับ 20% เป็นสูตรมาตรฐานในการศึกษาหาความสามารถในการลดค่า a_w ของบรรจุภัณฑ์พลาสติก PP, PE และ OPP ซึ่งพบว่าถุงพลาสติก PP ให้ค่า a_w ต่ำกว่าถุงพลาสติก PE และ OPP ตามลำดับ และทำให้ผู้ทดสอบให้การยอมรับมากขึ้นซึ่งจะสอดคล้องกับการลดลงของค่า a_w ในการทดแทนด้วยสารซอร์บิทอล และกลีเซอรอล

Thesis Title	Shelf Life Extension of Chinese Rose Pie (<i>Kha Nom Pia Kularb</i>) By Using Humectant and Packaging
Student	Mister Warodom Thuwaviroj
Student ID.	50068608
Degree	Master of Science
Program	Food Catering Technology
Year	2012
Thesis Advisor	Associate Professor Dr. Kittiphong Huangrak

ABSTRACT

The result of decreased a_w of Kha Nom Pia Kularb by used sorbitol and glycerol to reduce sugar in filling at level 20, 40 and 60% that show glycerol is better than sorbitol to decreased a_w at the filling of standard sample at the first day from 0.962, 0.907 and 0.905 respectively. But glycerol can decreased a_w from 0.963 to 0.901, 0.879 and 0.891. The sensory test of overall show the examiner acceptance the sample by used sorbitol 20% is the most. Then choose sorbitol 20% to be standard product of study to decreased a_w by using plastic PP, PE and OPP to packing the sample. The result show plastic PP is better than PE and OPP to decreased a_w respectively that consistent the result of decreased a_w by used sorbitol and glycerol to reduce sugar in filling of Kha Nom Pia Kularb.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาโทของสาขาเทคโนโลยีการจัดและบริการอาหาร ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร ผู้จัดทำขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์ ที่ได้ให้คำปรึกษาและข้อมูลต่างๆ ระหว่างการทำงานวิจัยให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร. ระติพร หาเรือนกิจ ผศ .ดร. พอใจ ถาமாகร และ ดร.ระจิตร์ สุวพาณิชย์ อาจารย์ประจำ คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้ให้เกียรติเป็นคณะกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ อีกทั้งยังช่วยตรวจสอบแก้ไข รวมทั้งให้คำแนะนำงานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกคน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้กับข้าพเจ้า

ขอบคุณ พี่ศิริพร แทนแก้ว ที่ช่วยเหลือในการดำเนินเรื่องการขอสอบและเรื่องเอกสารต่างๆ จนวิทยานิพนธ์นี้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์ เจ้าหน้าที่ช่างเทคนิค และเจ้าหน้าที่ของภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตรทุกท่านที่ได้ช่วยเหลืองานวิจัยนี้

ขอขอบคุณเพื่อนๆ นักศึกษาปริญญาโท สาขาเทคโนโลยีการจัดและบริการอาหาร ทุกคน ที่ช่วยเหลือในด้านต่างๆ และคอยให้กำลังใจในการทำวิจัยครั้งนี้

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่งที่เป็นกำลังใจ และให้การสนับสนุนและช่วยเหลือในทุกด้านตลอดมา ทำให้ข้าพเจ้าสามารถทำวิทยานิพนธ์นี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์นี้ ข้าพเจ้าขอบอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

วโรคม ฐววิโรจน์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญภาพ.....	XI
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการทำวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 ขนมเปียะ.....	3
2.2 อิทธิพลของระดับวอเตอร์แอกติวิตีต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของอาหาร.....	5
2.3 สารควบคุมความชื้น.....	7
2.4 วอเตอร์แอกติวิตี (Water Activity).....	9
2.5 ภาชนะบรรจุและการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหาร.....	11
2.6 งานวิจัยเกี่ยวกับการใช้สารควบคุมความชื้นและบรรจุภัณฑ์.....	12
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง.....	15
3.1 วัสดุและอุปกรณ์.....	15
3.2 วิธีการทดลอง.....	16
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์.....	19
4.1 การลดค่าวอเตอร์แอกติวิตีในขนมเปียะ โดยใช้สารควบคุมความชื้น.....	19
4.2 การลดค่าวอเตอร์แอกติวิตีในขนมเปียะ โดยใช้บรรจุภัณฑ์พลาสติกชนิดต่างๆ.....	33

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	41
บรรณานุกรม.....	42
ภาคผนวก.....	44
ก การวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี.....	45
ข การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส.....	46
ค แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติ.....	48
ง กระบวนการผลิตตัวอย่างในการทดสอบ.....	73
ประวัติผู้เขียน.....	76

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ระดับวอเตอร์แอกติวิตี้ในอาหารชนิดต่างๆ และการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์.....	6
4.1 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยที่ทำการศึกษาและอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยที่มีผลต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ส่วนเปียกของขนมเปียะกุหลาบที่มีการทดแทนด้วยสารซอร์บิทอลในระดับต่างๆ นาน 7 วัน.....	19
4.2 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของแป้งในระดับการทดแทนของซอร์บิทอลที่ทดแทนในไส้ขนมเปียะที่มีผลต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ของแป้งขนมเปียะกุหลาบที่มีระดับต่างๆ นาน 7 วัน.....	20
4.3 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของแป้งในแต่ละวันในระดับการทดแทนของซอร์บิทอลที่ทดแทนในไส้ขนมเปียะปัจจัยที่มีผลต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ส่วนเปียกของขนมเปียะกุหลาบที่มีระดับต่างๆ นาน 7 วัน.....	20
4.4 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยที่ทำการศึกษาและอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยที่มีผลต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ส่วน ใส้ของขนมเปียะกุหลาบที่มีการทดแทนด้วยสารซอร์บิทอลในระดับต่างๆ นาน 7 วัน.....	21
4.5 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของ ใส้ในระดับการทดแทนของซอร์บิทอลที่ทดแทนในไส้ขนมเปียะปัจจัยที่มีผลต่อ นาน 7 วัน.....	22
4.6 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของ ใส้ในแต่ละวันในระดับการทดแทนของซอร์บิทอลที่ทดแทนในไส้ขนมเปียะปัจจัยที่มีผลต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ของแป้งขนมเปียะกุหลาบที่มีระดับต่างๆ นาน 7 วัน.....	22
4.7 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความแห้งของแป้งของขนมเปียะกุหลาบที่ทดแทนน้ำตาลในไส้ด้วยซอร์บิทอลในปริมาณต่างกัน.....	24
4.8 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความนุ่มเหนียวของ ใส้ของขนมเปียะกุหลาบที่ทดแทนน้ำตาลในไส้ด้วยซอร์บิทอลในปริมาณต่างกัน.....	25
4.9 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมของ ใส้ของขนมเปียะกุหลาบที่ทดแทนน้ำตาลในไส้ด้วยซอร์บิทอลในปริมาณต่างกัน.....	25
4.10 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยที่ทำการศึกษาและอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยที่มีผลต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ส่วนเปียกของขนมเปียะกุหลาบที่มีการทดแทนด้วยสารกลีเซอรอลในระดับต่างๆ นาน 7 วัน.....	26

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.11 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของแป้งในระดับการทดแทนของกลีเซอรอล ที่ทดแทนใน ไล์ขนมเปียะที่มีผลต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ของแป้งขนมเปียะกุหลาบ ที่มีระดับต่างๆ นาน 7 วัน.....	27
4.12 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของแป้งในแต่ละวันในระดับการทดแทนของ กลีเซอรอลที่ทดแทนใน ไล์ขนมเปียะปัจจัยที่มีผลต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ส่วนแป้ง ของขนมเปียะกุหลาบที่มีระดับต่างๆ นาน 7 วัน.....	27
4.13 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยที่ทำการศึกษาและอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยที่มี ผลต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ส่วน ไล์ของขนมเปียะกุหลาบที่มีการทดแทนด้วยสาร กลีเซอรอลในระดับต่างๆ นาน 7 วัน.....	29
4.14 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของ ไล์ในระดับการทดแทนของกลีเซอรอล ที่ทดแทนใน ไล์ขนมเปียะที่มีผลต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ของแป้งขนมเปียะกุหลาบที่มี ระดับต่างๆ นาน 7 วัน.....	29
4.15 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของ ไล์ในแต่ละวันในระดับการทดแทนของ กลีเซอรอลที่ทดแทนใน ไล์ขนมเปียะที่มีผลต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ของ ไล์ขนมเปียะ กุหลาบที่มีระดับต่างๆ นาน 7 วัน.....	30
4.16 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความแห้งของแป้งของขนมเปียะ กุหลาบที่ทดแทนน้ำตาลใน ไล์ด้วยกลีเซอรอลในปริมาณต่างกัน.....	31
4.17 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความนุ่มเหนียวของ ไล์ของขนมเปียะ กุหลาบที่ทดแทนน้ำตาลใน ไล์ด้วยกลีเซอรอลในปริมาณต่างกัน.....	32
4.18 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบ โดยรวมของ ไล์ของขนมเปียะ กุหลาบที่ทดแทนน้ำตาลใน ไล์ด้วยกลีเซอรอลในปริมาณต่างกัน.....	32
4.19 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยที่ทำการศึกษาและอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยที่ มีผลต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ส่วนแป้งของขนมเปียะกุหลาบในบรรจุภัณฑ์ต่าง ๆ นาน 7 วัน..	34
4.20 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของบรรจุภัณฑ์ต่างๆที่มีผลต่อค่า วอเตอร์แอกติวิตี้ของแป้งขนมเปียะกุหลาบที่นาน 7 วัน.....	34
4.21 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของแป้งในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ที่มี ผลต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ส่วนแป้งของขนมเปียะกุหลาบนาน 7 วัน.....	35

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.22 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยที่ทำการศึกษาและอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยที่มีผลต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตีส่วนใหญ่ของขนมเปียะกุหลาบในบรรจุภัณฑ์ต่างๆ นาน 7 วัน.....	36
4.23 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของบรรจุภัณฑ์ต่างๆที่มีผลต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตีของแป้งขนมเปียะกุหลาบที่นาน 7 วัน.....	36
4.24 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของไส้ในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ที่มีผลต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตีส่วนใหญ่ของขนมเปียะกุหลาบนาน 7 วัน.....	37
4.25 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความแห้งของแป้งของขนมเปียะกุหลาบในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ.....	38
4.26 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความนุ่มเหนียวของไส้ของขนมเปียะกุหลาบในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ.....	39
4.27 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบ โดยรวมของขนมเปียะกุหลาบในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ.....	40
ค.1 การวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยที่ทำการศึกษาและอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยที่มีผลต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตีส่วนใหญ่ของขนมเปียะกุหลาบที่มีการทดแทนด้วยสารซอร์บิทอลในระดับต่างๆนาน 7 วัน.....	49
ค.2 การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของแป้งในระดับการทดแทนของซอร์บิทอลที่ทดแทนในไส้ขนมเปียะที่มีผลต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตีของแป้งขนมเปียะกุหลาบที่มีระดับต่างๆนาน 7 วัน.....	50
ค.3 การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของแป้งในแต่ละวันในระดับการทดแทนของซอร์บิทอลที่ทดแทนในไส้ขนมเปียะปัจจัยที่มีผลต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตีส่วนใหญ่ของขนมเปียะกุหลาบที่มีระดับต่างๆ นาน 7 วัน.....	51
ค.4 การวิเคราะห์อิทธิพลของซอร์บิทอลที่มีต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตีของส่วนแป้ง.....	52
ค.5 การวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยที่ทำการศึกษาและอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยที่มีผลต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตีส่วนใหญ่ของขนมเปียะกุหลาบที่มีการทดแทนด้วยสารซอร์บิทอลในระดับต่างๆ นาน 7 วัน.....	53
ค.6 การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของแป้งในระดับการทดแทนของซอร์บิทอลที่ทดแทนในไส้ขนมเปียะที่มีผลต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตีของแป้งขนมเปียะกุหลาบที่มีระดับต่างๆ นาน 7 วัน.....	54

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ค.7 การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของไส้ในแต่ละวันในระดับการทดแทนของซอร์บิทอลที่ทดแทนใน ไส้ขนมเปียะบั้งจี้ที่มีผลต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ส่วนแบ่งของขนมเปียะกุหลาบที่มีระดับต่างๆ นาน 7 วัน.....	55
ค.8 การวิเคราะห์อิทธิพลของซอร์บิทอลที่มีต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ของส่วน ไส้.....	56
ค.9 การวิเคราะห์ทางสถิติของบั้งจี้ที่ทำการศึกษาและอิทธิพลร่วมระหว่างบั้งจี้ที่มีผลต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ส่วนแบ่งของขนมเปียะกุหลาบที่มีการทดแทนด้วยสารกลีเซอรอลในระดับต่างๆ นาน 7 วัน.....	57
ค.10 การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของแบ่งในระดับการทดแทนของกลีเซอรอลที่ทดแทนใน ไส้ขนมเปียะที่มีผลต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ของแบ่งขนมเปียะกุหลาบที่มีระดับต่างๆ นาน 7 วัน.....	58
ค.11 การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของแบ่งในแต่ละวันในระดับการทดแทนของกลีเซอรอลที่ทดแทนใน ไส้ขนมเปียะบั้งจี้ที่มีผลต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ส่วนแบ่งของขนมเปียะกุหลาบที่มีระดับต่างๆ นาน 7 วัน.....	59
ค.12 การวิเคราะห์อิทธิพลของกลีเซอรอลมีต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ของส่วนแบ่ง.....	60
ค.13 การวิเคราะห์ทางสถิติของบั้งจี้ที่ทำการศึกษาและอิทธิพลร่วมระหว่างบั้งจี้ที่มีผลต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ส่วน ไส้ของขนมเปียะกุหลาบที่มีการทดแทนด้วยสารกลีเซอรอลในระดับต่างๆ นาน 7 วัน.....	61
ค.14 การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของไส้ในระดับการทดแทนของกลีเซอรอลที่ทดแทนใน ไส้ขนมเปียะที่มีผลต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ของแบ่งขนมเปียะกุหลาบที่มีระดับต่างๆ นาน 7 วัน.....	62
ค.15 การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของไส้ในแต่ละวันในระดับการทดแทนของกลีเซอรอลที่ทดแทนใน ไส้ขนมเปียะบั้งจี้ที่มีผลต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ส่วนแบ่งของขนมเปียะกุหลาบที่มีระดับต่างๆ นาน 7 วัน.....	63
ค.16 การวิเคราะห์อิทธิพลของกลีเซอรอลที่มีต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ของส่วน ไส้.....	64
ค.17 การวิเคราะห์ทางสถิติของบั้งจี้ที่ทำการศึกษาและอิทธิพลร่วมระหว่างบั้งจี้ที่มีผลต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ส่วนแบ่งของขนมเปียะกุหลาบในบรรจุภัณฑ์ต่างๆ นาน 7 วัน..	65
ค.18 การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของบรรจุภัณฑ์ต่างๆที่มีผลต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ของแบ่งขนมเปียะกุหลาบที่นาน 7 วัน.....	66

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ก.19 การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของแป้งในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆที่มีผลต่อค่า วอเตอร์แอกติวิตีส่วนแป้งของขนมเปียะกุหลาบนาน 7 วัน.....	67
ก.20 การวิเคราะห์อิทธิพลของบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆที่มีต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตีของส่วนแป้ง....	68
ก.21 การวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยที่ทำการศึกษาและอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยที่มีผล ต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตีส่วนไส้ของขนมเปียะกุหลาบในบรรจุภัณฑ์ต่างๆ นาน 7 วัน.....	69
ก.22 การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของบรรจุภัณฑ์ต่างๆที่มีผลต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตี ของไส้ขนมเปียะกุหลาบที่นาน 7 วัน.....	70
ก.23 การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของไส้ในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆที่มีผลต่อค่า วอเตอร์แอกติวิตีส่วนแป้งของขนมเปียะกุหลาบนาน 7 วัน.....	71
ก.24 การวิเคราะห์อิทธิพลของบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆที่มีต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตีของส่วนไส้.....	72

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ภาพแสดงสภาวะของอาหาร.....	5
2.2 ความสัมพันธ์ของอัตราการเกิดปฏิกิริยาต่างๆ กับค่า a_w ของอาหาร (พฤติกรรมโดยทั่วไปที่อุณหภูมิ 20°C).....	10
3.1 กระบวนการผลิตเปียะกุหลาบ.....	17
4.1 อิทธิพลของซอร์บิทอลที่มีต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตีของส่วนแป้ง.....	21
4.2 อิทธิพลของซอร์บิทอลที่มีต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตีของส่วนไส้.....	23
4.3 อิทธิพลของกลีเซอรอลที่มีต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตีของส่วนแป้ง.....	28
4.4 อิทธิพลของกลีเซอรอลที่มีต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตีของส่วนไส้.....	30
4.5 อิทธิพลของบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆที่มีต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตีของส่วนแป้ง.....	35
4.6 อิทธิพลของบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆที่มีต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตีของส่วนไส้.....	37
ก 1 เครื่องวัดวอเตอร์แอกติวิตีและดลัปพลาสติก.....	45
ง 1 การเตรียมตัวอย่างในการทดสอบ.....	74
ง 2 วิธีการขึ้นรูปตัวอย่าง.....	75

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ขนมเปียะจัดเป็นผลิตภัณฑ์ขนมอบพื้นบ้านที่ได้รับความนิยมในหมู่ผู้บริโภคมาเป็นเวลานาน ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวประกอบด้วยส่วนแป้ง (crust) ที่อยู่ภายนอก และส่วนไส้ (filling) ภายในซึ่งมีอยู่หลายชนิด ได้แก่ ไส้ถั่วกวน ไส้ทุเรียนกวน ไส้ฟักเชื่อม เป็นต้น การผลิตขนมเปียะแต่เดิมนั้นเป็นอุตสาหกรรมในครัวเรือนซึ่งมีกำลังการผลิตต่ำ แต่ในปัจจุบันมีการพัฒนาการผลิตเป็นอุตสาหกรรมขนาดย่อมและขนาดกลางซึ่งมีกำลังการผลิตมากขึ้น

ในการผลิตขนมเปียะระดับอุตสาหกรรมครอบครัวนั้นจะมีปัญหาเกี่ยวกับการเก็บรักษาเนื่องจากเทคโนโลยีในการผลิตนั้นยังต่ำ ในขณะที่การผลิตระดับอุตสาหกรรมขนาดย่อมและขนาดกลางนั้นได้มีการพัฒนาทางด้านการผลิตและบรรจุภัณฑ์ให้มีอายุการเก็บรักษาตัวผลิตภัณฑ์ให้ยาวนานกว่าอุตสาหกรรมแบบครัวเรือน โดยทั่วไปขนมเปียะแบบครัวเรือนนั้นจะมีอายุการเก็บรักษาประมาณ 1 สัปดาห์ ในขณะที่ขนมเปียะในระดับอุตสาหกรรมนั้นจะมีอายุการเก็บรักษาประมาณ 2 - 4 สัปดาห์เมื่อเก็บรักษาและวางจำหน่ายที่สภาวะอุณหภูมิห้อง ทั้งนี้อายุการเก็บรักษาดังกล่าวขึ้นอยู่กับขนาดและชนิดของไส้ที่อยู่ภายใน โดยลักษณะการเสื่อมเสียที่สำคัญคือการเจริญของเชื้อราบนผลิตภัณฑ์ อย่างไรก็ตามเนื่องจากอายุการเก็บรักษาที่ค่อนข้างสั้นจึงมีผลให้ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวยังคงมีการจัดจำหน่ายและรักษาผลิตภัณฑ์ในวงแคบอยู่ ดังนั้นการยืดอายุการเก็บรักษาจึงมีผลดีต่อการจัดจำหน่ายและเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ ทำให้เป้าหมายทางการตลาดของผลิตภัณฑ์กว้างขึ้น

สาเหตุหนึ่งของการเสื่อมเสียในขนมเปียะที่กล่าวมาแล้วนั้นเกิดจากการเคลื่อนย้ายของความชื้นจากส่วนไส้มายังส่วนแป้งในระหว่างการเก็บรักษาซึ่งการเคลื่อนย้ายที่เกิดขึ้นนี้เป็นปัญหาที่สำคัญประการหนึ่งของผลิตภัณฑ์อาหารที่มีองค์ประกอบหลายส่วน (multidomain foods) และองค์ประกอบเหล่านั้นมีระดับค่าวอเตอร์แอกติวิตีแตกต่างกัน ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของน้ำจากส่วนไส้ที่มีระดับวอเตอร์แอกติวิตีสูง ไปยังส่วนแป้งที่มีระดับวอเตอร์แอกติวิตีต่ำอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งระดับวอเตอร์แอกติวิตีของส่วนแป้งนั้นเพิ่มขึ้นจนมีค่าใกล้เคียงกับระดับวอเตอร์แอกติวิตีของส่วนไส้ นอกจากนี้โมเลกุลของน้ำยังมีการเคลื่อนที่ต่อไปสู่สภาวะแวดล้อมเพื่อให้เกิดสมดุลของระดับวอเตอร์แอกติวิตีระหว่างอาหารและสภาวะแวดล้อมเช่นกัน (Brockway, 1989) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงระดับวอเตอร์แอกติวิตีดังกล่าวมีผลให้คุณภาพด้านต่างๆ ของอาหารเปลี่ยนไป คุณภาพเหล่านั้นได้แก่ ความคงตัวทางด้านจุลินทรีย์ สมบัติทางกายภาพและประสาทสัมผัส ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากคุณภาพดังกล่าวของอาหารนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้นและระดับวอเตอร์แอกติวิตีขององค์ประกอบต่างๆ ในอาหารเป็นอย่างมาก (Troller, 1989)

ในงานวิจัยนี้ศึกษาการใช้สารควบคุมความชื้น (humectants) ลดระดับวอเตอร์แอกติวิตีของไส้ถั่วกวน อันจะมีผลให้ระดับวอเตอร์แอกติวิตีที่สถานะสมดุลของผลิตภัณฑ์ภายหลังจากการเคลื่อนย้ายความชื้นจากส่วนไส้ถั่วกวนมายังส่วนแป้งในระหว่างการเก็บรักษามีค่าลดลง ซึ่งจะเป็นผลในการลดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้แล้วการพิจารณาถึงปัจจัยของบรรจุภัณฑ์นั้นก็ถือเป็นสิ่งที่สำคัญ เนื่องจากปัจจัยดังกล่าวเป็นปัจจัยหลักที่สำคัญอย่างหนึ่งที่มีผลในการยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงศึกษาถึงอิทธิพลของบรรจุภัณฑ์ที่มีผลต่อการยืดอายุการเก็บรักษาขนมเปียะร่วมกับการใช้สารลดความชื้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการทำวิจัย

1.2.1 ศึกษาปริมาณและชนิดที่เหมาะสมของสารควบคุมความชื้น ได้แก่ กลีเซอรอล และ ซอร์บิทอล ในการลดค่าวอเตอร์แอกติวิตีของขนมเปียะกุหลาบ โดยผู้บริโภครับ

1.2.2 ศึกษาชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการลดค่าวอเตอร์แอกติวิตีของขนมเปียะกุหลาบ ได้แก่ ถุงพลาสติกโพลีโพรพิลีน (PP), โพลีโพรพิลีนที่มีการจัดเรียงโมเลกุลอย่างเป็นระเบียบ (OPP) และ โพลีเอทิลีน (PE) โดยผู้บริโภครับ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยนี้จะศึกษาชนิดของสารควบคุมความชื้น 2 ชนิด คือ กลีเซอรอล และ ซอร์บิทอล ในปริมาณร้อยละ 20, 40, 60 ของสารควบคุมความชื้นที่เหมาะสมต่อการรักษาคุณภาพของขนมเปียะกุหลาบและชนิดของบรรจุภัณฑ์ คือ ถุงพลาสติกชนิด โพลีโพรพิลีน (PP) ถุงพลาสติกชนิด โพลีโพรพิลีนที่มีการจัดเรียงโมเลกุลอย่างเป็นระเบียบ (OPP) และถุงพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีน (PE) ในการลดค่าวอเตอร์แอกติวิตีในผลิตภัณฑ์เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย

1.4.1 สามารถยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ขนมเปียะที่ขายในท้องตลาด

1.4.2 สามารถเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ได้อย่างเหมาะสมในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมเปียะ

บทที่ 2

ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 ขนมอบีเยะ

ขนมอบีเยะ เป็นขนมที่มักใช้ประกอบในเทศกาลขนมไหว้พระจันทร์ของชาวจีน ซึ่งความหมายของขนมอบีเยะในเทศกาลนี้คือ เป็นขนมแห่งความเป็นสิริมงคล สื่อถึงความปรารถนาดีระหว่างผู้รับกับผู้ให้ พร้อมทั้งยังเป็นขนมที่แสดงถึงความสามัคคีกัน เพราะเทศกาลไหว้พระจันทร์ชาวจีนส่วนใหญ่มักอยู่พร้อมหน้ากันทั้งครอบครัวเพื่อชมพระจันทร์พร้อมทั้งกินขนมอบีเยะไปด้วย

ขนมอบีเยะจัดเป็นผลิตภัณฑ์พื้นบ้านที่ได้รับความนิยมในหมู่บริโคมมาเป็นเวลานาน ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวประกอบด้วยแป้ง (crust) ที่อยู่ภายนอก และส่วนไส้ (filling) ภายในซึ่งมีอยู่หลายชนิด อันได้แก่ ไส้ถั่วกวน ไส้ทุเรียนกวน ไส้ฟักเชื่อม เป็นต้น (อังคณา อนุรักษไทย, 2545)

2.1.1 วัตถุดิบที่เป็นส่วนประกอบในการทำขนมอบีเยะ

2.1.1.1 แป้งสาลี

แป้งสาลีเป็นแป้งที่ใช้ทำเบเกอรี่ทุกชนิด ทั้งนี้เพราะแป้งสาลีมีโปรตีนสองชนิดที่รวมกันอยู่ในสัดส่วนที่เหมาะสม คือ กลูเตนินและไกลอะดลิน ซึ่งเมื่อนำแป้งสาลีมาผสมกับน้ำในอัตราส่วนที่เหมาะสมจะทำให้เกิดสารชนิดหนึ่งเรียกว่า กลูเตน มีลักษณะเป็นยางเหนียว ยืดหยุ่นได้ กลูเตนนี้จะเป็นตัวเก็บก๊าซไว้ให้เกิดโครงสร้างที่จำเป็นของผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ (จิตรณา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิภูต, 2546)

2.1.1.2 ถั่วเขียว

ถั่วเขียวเป็นพืชตระกูลถั่วเช่นเดียวกับถั่วเหลือง ถั่วลิสง ถั่วแระ และถั่วพู ผลของพืชตระกูลนี้มีลักษณะเฉพาะ เรียกว่า ฟักแบบถั่ว ถั่วเขียวมีถิ่นกำเนิดแถบอินเดีย เมียนมาร์ และไทย ซึ่งพบว่ามีกรปลูกถั่วเขียวกันมานานแล้ว การเก็บเมล็ดถั่วเขียว นิยมเก็บทั้งฝักด้วยมือ แล้วตากแดดให้แห้ง จากนั้นจึงสีเอาเมล็ดออกจากฝักด้วยเครื่องหรือเขย่าผ่านรูตะแกรง นอกจากนำเมล็ดถั่วเขียวแห้งไปปรุงอาหารแล้ว ที่นิยมนำมาก คือ เพาะเมล็ดถั่วเขียวเป็น ถั่วงอก กินเป็นผัก ถั่วงอกมีวิตามินซีสูงกว่าเมล็ดถั่ว ดังนั้นการกินถั่วงอกกับอาหารพวกถั่วและธัญชาติจึงช่วยเสริมวิตามินซีที่ขาดไปในอาหารดังกล่าวได้เป็นอย่างดี (วิกิ วิทยาศาสตร์, 2009)

2.1.1.3 น้ำตาลทราย

น้ำตาล เป็นส่วนผสมที่สำคัญ น้ำตาลให้ความชุ่มชื้น ความนุ่ม และให้รสหวานแก่ผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ยังช่วยในการตีครีม และตีไข่ให้มีความคงตัวและขึ้นฟู ช่วยเก็บความชื้นและทำให้ผลิตภัณฑ์มีความชุ่มชื้นอยู่ได้นาน ทำให้เปลือกนอกของผลิตภัณฑ์มีสีที่ดีและเพิ่มคุณค่าทางอาหารแก่ตัวผลิตภัณฑ์ (จิตรนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล, 2546)

2.1.1.4 น้ำมันพืช

น้ำมันพืช เป็นน้ำมันพืชที่ได้จากเมล็ดแห้งของพืชให้น้ำมัน นำมาผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ ขจัดสีและสิ่งแปลกปลอมออกไป แล้วสีของน้ำมันก็จะต่างกันไปตามชนิดของวัตถุดิบที่นำมาใช้ เช่น น้ำมันที่ได้จากถั่วลิสง และจากเมล็ดฝ้ายจะไม่มีสี ในขณะที่น้ำมันจากข้าวโพดและถั่วเหลือง มีลักษณะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง และมีไขมันอยู่ 100 เปอร์เซ็นต์ (จิตรนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล, 2546)

2.1.1.5 เนยขาว

เนยขาว (shortening) จะมีสีขาว ไม่มีรสชาติ และจะแข็งตัวในอุณหภูมิห้อง มีจุดเกิดควันต่ำ เมื่อนำมาตีจะขึ้นดี (จิตรนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล, 2546)

2.1.1.6 น้ำมันหมู

น้ำมันหมู (lard) ได้จากเนื้อเยื่อไขมันของหมู ผ่านการแยกน้ำมันออก ถ้าเป็นมันเปลวจากรอบได้ทองถือว่ามีคุณภาพดีที่สุด เพราะมีจุดเกิดควันสูง จุดหลอมเหลวต่ำ เจียวน้ำมันได้มากกว่ามันแข็ง หรือมันหมูส่วนอื่นๆ ซึ่งคุณภาพต่ำกว่า (อุจิตชญา จิตรวิมล)

2.1.1.7 ไข่เค็ม

ไข่เค็มเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการถนอมอาหาร โดยไข่เกลือ เพื่อให้ไข่เก็บไว้ได้นานขึ้นและยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับไข่ ไข่เค็มเป็นอาหารที่คนไทยนิยมรับประทาน เนื่องจากมีวิธีการทำง่ายและนำมารับประทานง่าย ไข่ประกอบอาหารอื่นได้มาก ลักษณะภายในเมื่อเป็นไข่ดิบไข่แดงจะเป็นก้อนกลมแข็ง มีความหนืดสูง และมีสีแดงเข้ม (เสาวภา ชูวสุโข, 2538)

2.1.1.8 แบนแซ หรือ กอโคสไซรัป

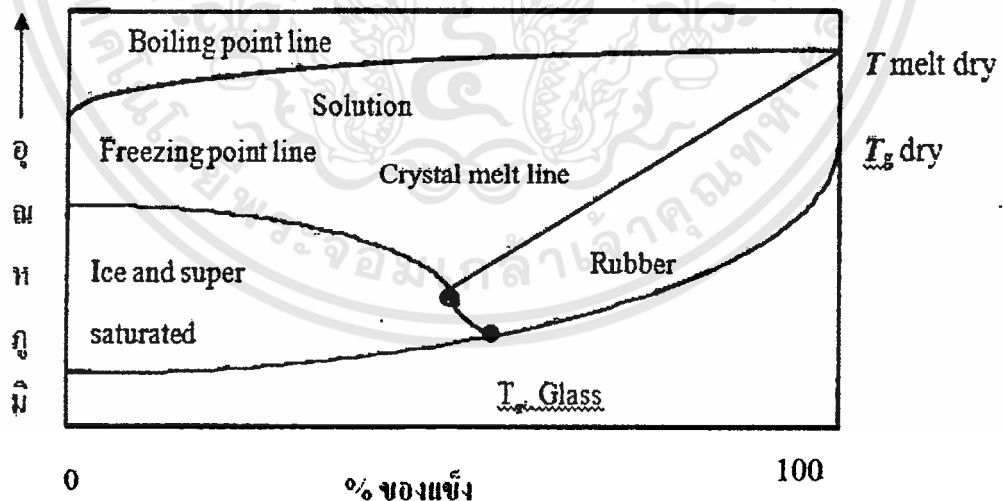
กอโคสไซรัปหรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า คอร์นไซรัป (corn syrup) เนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้เตรียมในระยะแรกคือข้าวโพด แบนแซที่ขายมากในเมืองไทยได้มาจากการย่อยแป้งมันสำปะหลังกับแป้งข้าวโพด แบนแซจึงเป็นสารที่ให้ความหวานซึ่งเกิดจากแป้งล้วนๆ ให้รสหอมหวาน นิยมใช้ในครัวจีน อย่างเช่น ขนมเปียะ จีนจะขาดแบนแซเสียมิได้ อีกทั้งยังใช้เป็นส่วนหนึ่งในการปรุงยาจีนเพื่อทดแทนความหวานจากน้ำตาล นอกจากนี้ช่วยเพิ่มความหวานให้กับอาหารแล้ว แบนแซยังช่วยให้น้ำตาลรัศตัวเร็วขึ้น แก้ปัญหาการตกทรายหรือน้ำตาลตกผลึกได้ดี นิยมนำมาทำกระยาสารท ทำน้ำราดข้าวหมูแดง หรือเพิ่มความเหนียวข้นให้กับน้ำจิ้ม

2.2 อิทธิพลของระดับวอเตอร์แอกติวิตีต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของอาหาร

2.2.1 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ

การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นหรือระดับวอเตอร์แอกติวิตีของอาหารอันเป็นผลเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาวะของอาหารมีผลอย่างมากต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของอาหารนั้น ซึ่งรายละเอียดเกี่ยวกับอิทธิพลของสภาวะการเปลี่ยนแปลงที่มีต่อคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์สามารถอธิบายได้ดังนี้

อาหารที่มีลักษณะเป็นของแข็งนั้นจะอยู่ในสภาวะต่างๆ อันได้แก่สถานะผลึก (crystalline state) ซึ่งเป็นสภาวะที่สารมีความคงตัวมากที่สุด และสถานะอสัณฐาน (amorphous state) อันเป็นสภาวะที่สารไม่มีความคงตัวอย่างแท้จริง ซึ่งอาหารส่วนใหญ่อยู่ในสภาวะนี้ โดยสถานะอสัณฐานนั้นแบ่งออกเป็นสถานะที่เป็นแก้ว (glassy state) และสถานะที่เป็นยาง (rubbery state) ผลิตภัณฑ์อาหารสามารถเปลี่ยนสภาวะได้ไปมาระหว่าง 2 สภาวะดังกล่าวนี้ผ่าน อุณหภูมิกลาสส์ทรานซิชัน (glass transition temperature: T_g) อันเป็นระดับอุณหภูมิที่มีส่วนในการกำหนดสภาวะของอาหารถ้าอุณหภูมิในการเก็บรักษามีค่าสูงกว่า T_g อาหารนั้นจะอยู่ในสภาวะ สถานะที่เป็นยาง ซึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านต่างๆ เกิดขึ้นมากเนื่องจากการเคลื่อนที่ของ โมเลกุลในอาหาร สถานะนี้ทำให้ปฏิกิริยาต่างๆ เกิดขึ้นได้อย่างอิสระ ในขณะที่เมื่อรักษาอุณหภูมิให้อยู่ต่ำกว่าค่า T_g อาหารจะอยู่ในสภาวะ สถานะที่เป็นแก้ว ซึ่งเป็นสภาวะที่มีการเคลื่อนที่ของ โมเลกุลอาหารน้อยมาก เป็นผลให้อาหารมีความคงตัวสูง สภาวะดังกล่าวแสดงในภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 สภาวะของอาหาร

ที่มา: Labuza and Hyman (1998)

สภาวะของอาหารนี้มีอิทธิพลต่อสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์อาหารเป็นอย่างมาก การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพที่สำคัญเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาวะของอาหาร ได้แก่ การตกผลึก การจับเป็นก้อน ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะของเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะตีพิมพ์หรือดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านจุลินทรีย์

การเพิ่มขึ้นของปริมาณความชื้นและระดับวอเตอร์แอกติวิตี ณ ตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่งของอาหารอาจทำให้มีการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ตำแหน่งนั้นเมื่อระดับวอเตอร์แอกติวิตีที่เพิ่มขึ้นดังกล่าวมีค่าสูงกว่าระดับวอเตอร์แอกติวิตีต่ำสุดสำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ระดับวอเตอร์แอกติวิตีในอาหารชนิดต่างๆ และการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

ค่า a_w	ชนิดของจุลินทรีย์	ชนิดของอาหาร
1.00 - 0.95	ยีสต์บางชนิด จุลินทรีย์แกรมลบรูปแท่ง สปอร์ของแบคทีเรีย	อาหารที่มีส่วนประกอบของ ซูโครส 40% หรือเกลือ 7% (อาหารกระป๋อง ไข่กรอก ขนหมูบึ่ง ฯลฯ)
0.95 - 0.91	Cocci ส่วนมาก lactobacilli เซลล์ของ Bacilli ราวบางชนิด	อาหารที่มีส่วนประกอบของ ซูโครส 50% หรือเกลือ 12% (มายองเนส เบคอน เนยแข็งชนิดแข็งบางชนิด แฮมสด แฮมเกลือ รี่ดำ ฯลฯ)
0.94	การเจริญเติบโตและสร้างสปอร์พิษของ <i>Clostridium botulinum</i> ทุกชนิด	อาหารที่มีส่วนประกอบของ ซูโครส 44-59% หรือเกลือ 8 - 14% (เนยแข็ง ผลิตภัณฑ์ขนมอบ แฮม)
0.91 - 0.86	ยีสต์ส่วนใหญ่	อาหารที่มีส่วนประกอบของ ซูโครส 65% หรือเกลือ 15% (แฮมแห้ง แยมผลไม้ น้ำผลไม้เจือจาง เนยแข็งชนิดแข็งบางชนิด ฯลฯ)
0.86	การเจริญของ <i>Staphylococcus aureus</i> ในช่วงที่ใช้ ออกซิเจน (Aerobic growth of <i>Staphylococcus aureus</i>)	อาหารที่มีส่วนประกอบของ ซูโครส 59% หรือเกลือ 14 - 19% (นมข้นหวาน แยม และลูกกวาด)
0.86 - 0.80	ราส่วนใหญ่	อาหารที่มีส่วนประกอบของน้ำ 15 - 20% (เค้กผลไม้ ลูกพรุนที่มีความชื้นสูง นมข้นหวาน ฯลฯ)
0.80 - 0.75	ฮาโลฟิลิกแบคทีเรียส่วนใหญ่ (most halophilic bacteria)	อาหารที่มีส่วนประกอบของเกลือ 26% หรือ อาหารที่มีน้ำตาลสูง (ปลาเค็ม กากน้ำตาล ลูกพรุน ฯลฯ)
0.80	การสร้างสปอร์พิษของจุลินทรีย์	อาหารที่มีส่วนประกอบของ เกลือ 19% ขึ้นไป (ปลาเค็ม หรือปลาแห้ง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ระดับวอเตอร์แอกติวิตี้ในอาหารชนิดต่างๆ และการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (ต่อ)

0.75 - 0.65	ซีโรฟิลิก โมลด์ (Xerophilic moulds)	อาหารที่ประกอบด้วยน้ำต่ำกว่า 10% (อินทผลัม มะเคื่อ ผลไม้แห้งเปลือกแข็ง ข้าวโอ๊ตอบแห้ง ฯลฯ)
0.68	ระดับที่นิยมใช้ขยับยั้งรา (practical limit for fungi)	ผลไม้แห้ง และ ไซร่าป
0.65 - 0.60	ออสโมฟิลิกยีสต์ (osmophilic yeasts)	ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ ผลไม้แห้งที่มีน้ำ 15 - 20% น้ำผึ้ง
ต่ำกว่า 0.60	ไม่มีการเจริญของจุลินทรีย์	นมผง กาแฟพร้อมดื่ม ไข่ผง เครื่องเทศ แป้ง ฯลฯ

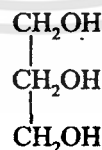
ที่มา: Troller and Christian (1978)

ตารางที่ 2.1 จะแสดงช่วงของค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ที่สามารถยับยั้งจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียในผลิตภัณฑ์ขนมเปี๊ยะ การเสื่อมเสียทางจุลินทรีย์จะเกิดจากราเป็นส่วนใหญ่ ถ้าควบคุมช่วงค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ให้อยู่ในระดับที่เราไม่สามารถเจริญเติบโตได้ จะสามารถลดการเสื่อมเสียทางจุลินทรีย์

2.3 สารควบคุมความชื้น

2.3.1 กลีเซอรอล

กลีเซอรอลเป็นสารประกอบที่มีลักษณะเป็นของเหลวใส ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น มีความหวานประมาณ 0.6 - 0.7 เท่าของน้ำตาลซูโครส จัดเป็นสารประกอบประเภทไตรไฮดริคแอลกอฮอล์ (trihydric alcohol) มีสูตรโครงสร้างดังนี้



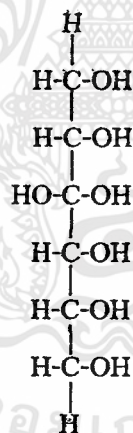
กระบวนการผลิตกลีเซอรอลนั้นทำได้หลายวิธี อันได้แก่ การสกัดกลีเซอรอลจากน้ำมันพืช หรือไขมันสัตว์ การผลิตกลีเซอรอลจากกระบวนการหมัก (fermentation) ของน้ำตาล การผลิตกลีเซอรอลจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของไขมัน และกระบวนการผลิตสบู่ด้วยปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสไขมันและน้ำมันด้วยเบส เป็นปฏิกิริยาที่เกิดจากไขมันและน้ำมันกับด่าง (saponification) ซึ่งจะได้กลีเซอรอลเป็นผลผลิตพลอยได้ (by product) สมบัติที่สำคัญของกลีเซอรอลได้แก่ ความสามารถในการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำมาใช้เพื่อประโยชน์อื่นใดโดยไม่ได้รับอนุญาตให้เผยแพร่หรือใช้ซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การดูดความชื้น (humectancy) ความสามารถป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ โดยการลดค่าออสโมติกแอคทิวิตีของอาหาร การให้ความหนืด ความสามารถในการเป็นตัวทำละลายที่ดี นอกจากนี้กลีเซอรอลจัดเป็นสารที่ไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ ดังนั้นจึงมีการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและยาอย่างแพร่หลาย เช่น ใช้กลีเซอรอลในผลิตภัณฑ์ขมอมบเพื่อช่วยกักเก็บความชื้นมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสนุ่มและชุ่มชื้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมนั้นกลีเซอรอลจะช่วยปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์และลดจุดเยือกแข็งในไอศกรีม การใช้กลีเซอรอลในการผลิตเนยขาว (shortenings) เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมขมอมบ การใช้กลีเซอรอลในผลิตภัณฑ์นมเพื่อป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ การใช้กลีเซอรอลในผลิตภัณฑ์ลูกกวาดเพื่อช่วยในการเก็บความชื้นและป้องกันการตกผลึกของน้ำตาล เป็นต้น (Leffingwall and Lesser, 1945)

2.3.2 ซอร์บิทอล

ซอร์บิทอลเป็นสารประกอบที่จัดอยู่ในพวกโพลีออล (polyol) หรือโพลีไฮดรอลิกแอลกอฮอล์ (polyhydric alcohol) หรือน้ำตาลแอลกอฮอล์ มีความหวานประมาณ 0.5-0.6 เท่าของน้ำตาลซูโครส มีสูตรโครงสร้างดังนี้



ดังนั้นซอร์บิทอลจึงมีชื่อเรียกอีกชื่อว่า D \-glucitol ตามสูตรโครงสร้าง และเมื่อพิจารณาเมตาบอลิซึมของน้ำตาล โดยเมตาบอลิซึมของซอร์บิทอลจะเกิดขึ้นที่ตับและถูกดูดซึมผ่านเซลล์เยื่อบุลำไส้ด้วยวิธี passive diffusion การดูดซึมจะดำเนินไปอย่างช้าๆ ดังนั้นร่างกายได้รับซอร์บิทอลจำนวนมากจะไม่สามารถเมตาบอลิซึมได้หมด ส่วนที่ไม่ถูกดูดซึมจะผ่านไปทีลำไส้ใหญ่และเป็นสาเหตุของโรค osmotic diarrhea ระดับซอร์บิทอลที่เหมาะสมในการบริโภค คือ 15 - 20 กรัมต่อวัน ซึ่งเป็นระดับที่สามารถเมตาบอลิซึมได้หมด ไม่ถูกขับถ่ายออกมา (Emodi, 1982)

ซอร์บิทอลนั้นสามารถสกัดได้จากผลของ mountain ash ซึ่งมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Sorbus aucuparia* ในทางการคั้นซอร์บิทอลผลิตขึ้นโดยการไฮโดรจีเนทหรือการรีดิวซ์กลูโคส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

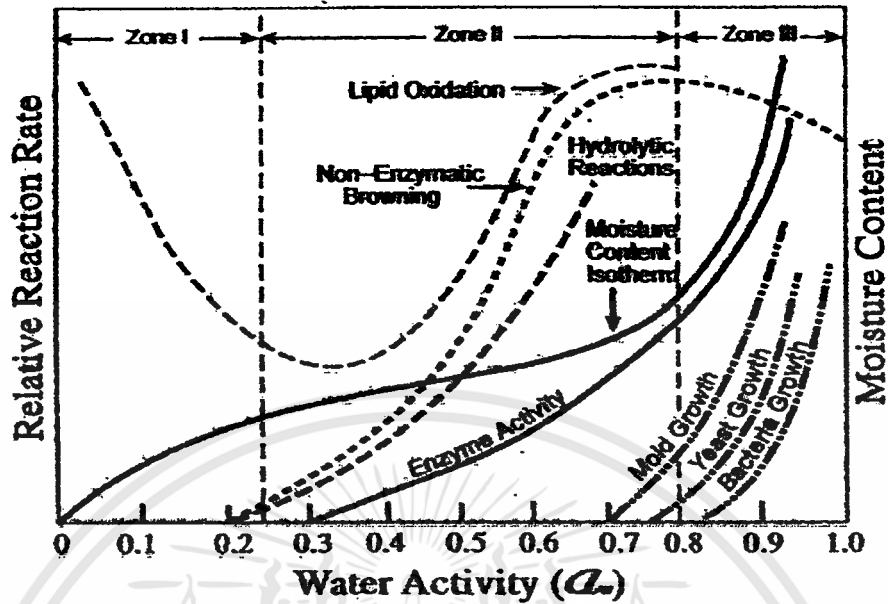
ซอร์บิทอลนั้นสามารถเป็นออกเป็น 2 ชนิด คือ ชนิดแรกซึ่งมีลักษณะเป็นผลึกปริซึมรูปเข็มขนาดเล็กและชนิดที่สองมีลักษณะเป็นแผ่นผลึก สมบัติที่สำคัญของซอร์บิทอล ได้แก่ ความสามารถในการละลายน้ำ ความสามารถในการดูดความชื้น มีความคงตัวต่ออนุมูลอิสระ นอกจากนี้ซอร์บิทอลจัดอยู่ในรายชื่ออาหาร GRAS (Generally Recognized As Safe) ดังนั้นจึงมีการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอย่างแพร่หลาย เช่น การนำมาใช้ในอาหารสำหรับผู้ป่วยเป็นโรคเบาหวานเนื่องจากซอร์บิทอลมีความหวานน้อยกว่าน้ำตาลและถูกดูดซึมในร่างกายได้ช้า การนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมอบเพื่อช่วยในการเก็บรักษาความชื้นให้ผลิตภัณฑ์มีความชุ่มชื้นตลอดการเก็บรักษา ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไอศกรีม การนำไปใช้ในอาหารสุนัขเพื่อลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือดเป็นผลให้มีการป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (Emodi, 1982)

2.4 วอเตอร์แอกทิวิตี (Water Activity)

วอเตอร์แอกทิวิตี (water activity: a_w) คือปริมาณน้ำอิสระที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และปฏิกิริยาเคมีต่างๆ ค่า a_w สามารถนิยามได้ว่าเป็นความชื้นสัมพัทธ์สมดุล (equilibrium relative humidity: ERH) ณ จุดที่อาหารไม่มีการดูดซับหรือสูญเสียน้ำ (Mohsenin, 1996) ค่า a_w สามารถหาได้จากอัตราส่วนของความดันไอที่อาหารมีได้สูงสุด (P) ต่อความดันไอของน้ำ (P_0) ณ อุณหภูมิเดียวกัน ดังสมการ

$$a_w \times 100 = \%ERH = P/P_0 \times 100$$

เนื่องจากค่า a_w ของน้ำบริสุทธิ์ ณ อุณหภูมิใดๆ เหนือจุดเยือกแข็งมีค่าเท่ากับ 1.00 ดังนั้นค่า a_w ของอาหารจึงมีค่าอยู่ในช่วง 0 - 1.00 ยกตัวอย่างเช่น อาหารความชื้นสูง เช่น ผัก ผลไม้ เนื้อ ฯลฯ จะมีค่า a_w สูงกว่า 0.97 สำหรับอาหารความชื้นปานกลางจะมีค่า a_w อยู่ระหว่าง 0.6-0.9 สำหรับอาหารแห้ง เช่น ขนมปังแผ่น นมผง กาแฟสำเร็จรูป ค่า a_w จะต่ำกว่า 0.6 เป็นต้น



ภาพที่ 2.2 ความสัมพันธ์ของอัตราการเกิดปฏิกิริยาต่างๆ กับค่า a_w ของอาหาร
(พฤติกรรม โดยทั่วไปที่อุณหภูมิ 20°C)

ที่มา: Labuza and Hyman

2.4.1 การวัดค่า a_w

ไม่มีเครื่องมือใดๆ ที่จะสามารถวัดค่า a_w ของอาหาร ได้โดยตรง การวัดค่า a_w จะทำโดยการวัดค่าความชื้นของอากาศแวดล้อมในภาชนะปิดที่สภาวะความชื้นสมดุลของอาหารและของอากาศแวดล้อม วิธีการวัดทำได้ 2 แบบ คือ วิธีแบบสถิตย์ (static) และแบบพลวัต (dynamic) สำหรับวิธีการวัดแบบสถิตย์นั้น อาหารจะถูกทำให้อยู่ในสภาวะสมดุลด้วยอากาศชื้นนิ่ง อาหารตัวอย่างซึ่งทำให้เหลือแต่มวลแห้ง (dry matter) โดยผ่านการอบแห้งมาก่อนจะถูกวางอยู่ในภาชนะปิดซึ่งมีสารละลายเกลืออิ่มตัวบรรจุอยู่ สารละลายอิ่มตัวนี้สามารถใช้ได้หลายสารเพื่อกำหนดช่วงค่าของ a_w เมื่ออาหารถูกบรรจุในภาชนะปิดแล้ว จะมีการถ่ายเทความชื้นระหว่างอาหารกับบรรยากาศแวดล้อมที่อิ่มตัวแล้วจนถึงสมดุลความชื้น ในการเข้าสู่สมดุลความชื้นอาจใช้เวลาเป็นสัปดาห์หรือมากกว่านั้น เมื่ออาหารอยู่ในสภาวะสมดุลความชื้นแล้ว จึงนำอาหารมาหาค่าความชื้นอีกครั้ง ค่า a_w สามารถหาได้จากสมการ GAB ดังนี้ (Williams, 1976)

$$X = \frac{X_m Cka_m}{(1 - ka_m)(1 - ka_m + Cka_m)}$$

- เมื่อ a_m = ค่า a_m ของสารละลายเกลืออิ่มตัว
 C, k, X_m = ค่าคงที่ของโมเดล GAB หาได้จากการทำ Regression Analysis
 X = เปรอร์เซ็นต์ความชื้นมาตรฐานแห้ง $[(W3 - W2)/(W2 - W1) * 100]$
 $W1$ = น้ำหนักของภาชนะเปล่า
 $W2$ = น้ำหนักของอาหารตัวอย่างแห้งบวกน้ำหนักภาชนะเปล่า
 $W3$ = น้ำหนักของอาหารตัวอย่างที่สมดุลความชื้นบวกน้ำหนักภาชนะเปล่า

2.5 ภาชนะบรรจุและการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหาร

2.5.1 คุณสมบัติพื้นฐานของวัสดุบรรจุ

สมบัติสำคัญของภาชนะบรรจุที่จะต้องนำมาพิจารณา มีดังนี้ คือ (งามทิพย์ ภู่วโรดม, 2537)

2.5.1.1 การซึมผ่านของก๊าซ (gas permeability)

การกำหนดค่าอัตราการซึมผ่านของก๊าซเพื่อเลือกชนิดของภาชนะบรรจุที่จะนำมาใช้ขึ้นกับปัจจัยหลายประการคือ ชนิดของผลิตภัณฑ์ อายุการเก็บรักษาและสภาวะการเก็บรักษา โดยทั่วไปเมื่อต้องการใช้ภาชนะบรรจุที่ป้องกันก๊าซได้ดีมากควรเลือกภาชนะบรรจุที่ทำมาจากวัสดุที่มีค่าอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนไม่เกิน 2 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อ 1 ตารางเมตรต่อ 1 บรรยากาศต่อ 24 ชั่วโมง

2.5.1.2 อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (Water Vapor Transmission Rate, WVTR)

กรณีที่ต้องการภาชนะบรรจุที่ป้องกันไอน้ำได้ดีควรพิจารณาภาชนะบรรจุที่มีค่า WVTR ไม่เกิน 4 - 6 กรัม ต่อ 1 ตารางเมตรต่อ 24 ชั่วโมง

2.5.1.3 การปิดผนึกด้วยความร้อน (heat sealability)

ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุโดยระบบการแลกเปลี่ยนก๊าซ (gas exchange packaging) นิยมใช้ภาชนะบรรจุที่สามารถปิดผนึกได้ด้วยความร้อนมากที่สุด สาเหตุที่การปิดผนึกด้วยความร้อนได้รับความนิยมมากที่สุดเนื่องจากการปิดผนึกสนิทแน่นดีมากป้องกันการผ่านเข้าออกของกลิ่น ก๊าซ ไอน้ำและจุลินทรีย์ได้ดีมาก การปิดผนึกทำได้สะดวก เครื่องมือที่ใช้ราคาไม่สูงมาก และระยะเวลาที่ใช้ในการปิดผนึกสั้นมาก ดังนั้นวัสดุบรรจุที่นิยมใช้กับการบรรจุแบบการแลกเปลี่ยนก๊าซจึงเป็นฟิล์มหลายชั้นโดยแต่ละชั้นจะทำหน้าที่แตกต่างกันออกไป เช่น ป้องกันการซึมผ่านของกลิ่นก๊าซและไอน้ำ ป้องกันแสงหรือเป็นชั้นสำหรับการพิมพ์ เป็นต้น ฟิล์มชั้นในสุด (ชั้นที่สัมผัสกับผลิตภัณฑ์) จะทำหน้าที่เป็นตัวกลางสำหรับการปิดผนึกภาชนะบรรจุด้วยความร้อน ฟิล์ม

พลาสติกที่นิยมใช้มาก เช่น ฝูงพอลิเอทิลีนที่มีความหนาแน่นต่ำ (Low Density Polyethylene, LDPE) หรือฝูงโพลิโพรพิลีน (polypropylene, PP) เป็นต้น

2.5.1.4 การป้องกันการซึมผ่านของไขมัน (grease and oil resistance)

สมบัตินี้มีความสำคัญมากสำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันมาก พลาสติกชั้นในสุดนั้น นอกจากทำหน้าที่ปิดผนึกด้วยความร้อนแล้วยังต้องป้องกัน ไขมันจากผลิตภัณฑ์ไม่ให้ซึมผ่านมาที่ฟิล์มชั้นถัดออกมาหรือจนกระทั่งออกมาภายนอกภาชนะบรรจุซึ่งจะทำให้เกิดผลเสียคือ ทำให้ฟิล์มหลายชั้นลอกออกจากกันได้ไขมันที่ซึมออกมาภายนอกจะถูกออกซิไดส์ได้ง่ายทำให้ผลิตภัณฑ์เหม็นหืนและลักษณะปรากฏไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคเนื่องจากเข้าใจว่าเป็นผลิตภัณฑ์เก่า พลาสติกชั้นในสุดที่นิยมใช้ในกรณีนี้ เช่น ฝูงคาสติงพอลิโพรพิลีน (Casting Polypropylene, CPP) ฝูงไอโอโนเมอร์ (Ionomer) เป็นต้น ส่วนฟิล์มที่เป็นโครงสร้างหลักของฟิล์มหลายชั้นนิยมใช้ฟิล์มไนลอน (nylon) ฟิล์มพอลิเอทิลีนเทเรพทาเลต (Polyethylene Terephthalate, PET) พอลิไวนิลคลอไรด์ (Polyvinyl Chloride, PVC) เป็นต้น

2.5.1.5 การป้องกันแสง (Opacity)

สมบัตินี้เป็นสมบัติรองจะมีความจำเป็นกับผลิตภัณฑ์ที่ไวต่อแสงหรือผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันมากเท่านั้น วัสดุทึบแสงอาจเลือกใช้วัสดุหลายชั้นที่มีแผ่นอลูมิเนียมรวมอยู่ด้วย

2.5.1.6 ความเหมาะสมกับเครื่องบรรจุอัตโนมัติ (machinability)

สมบัตินี้สำคัญมากสำหรับการผลิตในอุตสาหกรรมขนาดใหญ่เพราะการบรรจุจะใช้ เครื่องจักรอัตโนมัติทั้งสิ้น วัสดุที่นำมาใช้จะต้องไม่ก่อปัญหา เช่น เกาะติดกับผิวโลหะ ค้างออกจากม้วนฟิล์มยาก เป็นต้น การเลือกวัสดุบรรจุที่เหมาะสมจึงต้องพิจารณาความเหมาะสมกับทั้งผลิตภัณฑ์และเครื่องบรรจุไปพร้อมกัน

2.5.1.7 ลักษณะปรากฏและอำนวยความสะดวกให้ผู้บริโภค

ปัจจุบันการออกแบบภาชนะบรรจุผลิตภัณฑ์อาหารและผลิตภัณฑ์อื่นจะต้องนึกถึงผลทางด้านการตลาดด้วย ภาชนะบรรจุต้องช่วยส่งเสริมการจำหน่ายได้ การออกแบบภาชนะบรรจุจึงต้องคำนึงถึงความสวยงามและสื่อความหมายให้ผู้บริโภคทราบถึงลักษณะของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ต้องอำนวยความสะดวกในการนำผลิตภัณฑ์มาใช้ เช่น เปิด - ปิดได้ง่าย ใช้สำหรับการอุ่นหรือปรุงสุกได้ เป็นต้น

2.6 งานวิจัยเกี่ยวกับการใช้สารควบคุมความชื้นและบรรจุภัณฑ์

Muguruma *et al.* (1987) ศึกษาอิทธิพลของสารลดค่าแอกติวิตีชนิดต่างๆ ต่อสมบัติของผลิตภัณฑ์เนื้อกึ่งแข็งที่มีเกลือเป็นองค์ประกอบหลัก โดยทดลองใช้สารลดค่าแอกติวิตีคือ กลีเซอรอล 10% โพรพิลีนไกลคอล 5% และซอร์บิทอล 4% ร่วมกับการใช้เกลือในการผลิตเนื้อวัว และเนื้อหมูอบแห้ง พบว่าการเติมโพรพิลีนไกลคอลและซอร์บิทอลมีผลทำให้ปริมาณความชื้นและ

ค่าวอเตอร์แอคทีวิตีของผลิตภัณฑ์เนื้อหมอบแห้งลดลง โดยโพพพิลีนไกลคอลมีประสิทธิภาพในการลดระดับวอเตอร์แอคทีวิตีดีกว่าซอร์บิทอล การใช้กลีเซอรอลนั้นจะต้องใช้ในปริมาณที่มากกว่าการใช้โพพพิลีนไกลคอลจึงจะมีผลในการลดค่าวอเตอร์แอคทีวิตี

Roy *et al.* (1995) ศึกษาการใช้ซอร์บิทอลเพื่อทำหน้าที่เป็นสารดูดความชื้นในการควบคุมปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์ที่บรรจุเห็ดสด ในบรรจุภัณฑ์ประกอบด้วยถาดโพลีไธรีนซึ่งบรรจุอยู่ในฟิล์มพลาสติกโพลีไวนิลคลอไรด์ ในการทดลองมีการใส่ซอร์บิทอลปริมาณต่างๆ ลงในบรรจุภัณฑ์ พบว่าการใส่ซอร์บิทอลมีผลทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์ตลอดจนความชื้นที่บริเวณผิวหน้าของเห็ดสดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่งผลให้ปริมาณจุลินทรีย์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติด้วยเช่นกัน นอกจากนี้คุณภาพด้านสีของเห็ดจะดีขึ้นเนื่องจากอัตราการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลโดยเอนไซม์และอัตราการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์มีค่าลดลง

Geeson *et al.* (1985) ศึกษาอิทธิพลของชนิดของฟิล์มพลาสติกต่อความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์ที่ใช้บรรจุมะเขือเทศสด ทดลองบรรจุมะเขือเทศสดในบรรจุภัณฑ์ที่ทำจากฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ ที่มีความสามารถในการยอมให้อิอน้ำซึมผ่านได้แตกต่างกัน พบว่าบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์ที่ทำจากฟิล์มพลาสติกชนิดที่มีความสามารถในการยอมให้อิอน้ำผ่านได้ดีจะมีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์สูงเป็นผลให้มะเขือเทศเกิดการเน่าเสียได้ง่ายเนื่องจากการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ในขณะที่ฟิล์มพลาสติกชนิดที่มีความสามารถในการยอมให้อิอน้ำซึมผ่านได้สูง ส่งผลให้บรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์มีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ทำให้การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เกิดขึ้นได้ยาก ดังนั้น โอกาสที่มะเขือเทศจะเน่าเสียจึงลดลง

Prabhakar and Ramamurthi (1990) ศึกษาการผลิตเนื้อควายกึ่งแห้ง โดยนำเนื้อควายแช่ในสารละลายที่ประกอบด้วยกลีเซอรอล 20% โซเดียมคลอไรด์ 10% ไตรโซเดียมซิเตรท 2% และโซเดียมเบนโซเอท 0.2% เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำตัวอย่างเนื้อไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 °C นาน 1 ชั่วโมง บรรจุภัณฑ์เนื้อกึ่งแห้งที่ได้ในถุงโพลีโพพพิลีน เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 เดือน ผลการทดลองพบว่าผลิตภัณฑ์เนื้อกึ่งแห้งที่ได้จากกระบวนการผลิตนี้มีความคงตัวทางด้านจุลินทรีย์ที่ดีมากตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา นอกจากนี้เมื่อทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบด้านความนุ่ม (tenderness) และความชุ่มน้ำ (juiciness) ของผลิตภัณฑ์ค่อนข้างสูง

Roy *et al.* (1996) ศึกษาการใช้ซอร์บิทอลและโซเดียมคลอไรด์ในการควบคุมปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในบรรจุภัณฑ์ปรับสภาพอากาศ (modified atmosphere package ; MAP) ที่บรรจุเห็ดสด โดยทดลองใส่ซอร์บิทอลและโซเดียมคลอไรด์ที่ระดับต่างกันคือ 5, 10 และ 15 กรัม ลงในบรรจุภัณฑ์ปรับสภาพบรรยากาศ จากนั้นเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12°C ผลการทดลองพบว่าการใช้ซอร์บิทอลและโซเดียมคลอไรด์มีผลให้ปริมาณความชื้นผิวหน้า (surface moisture) ของเห็ดและ

ความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยไซเดียมกลอไรด์ มีประสิทธิภาพดีกว่าซอร์บิทอล อย่างไรก็ตามการใช้สารดูดความชื้นดังกล่าวไม่มีผลต่ออัตราการบานและปริมาณจุลินทรีย์ของเห็ดสดในบรรจุภัณฑ์ปรับสภาพบรรยากาศแต่อย่างใด

Labuza and Breene (1989) รายงานการใช้วัสดุบรรจุภัณฑ์ชนิดพิเศษที่มีสมบัติในการลดระดับออกซิเจนแอคทีวิตีที่ผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ ตลอดจนการควบคุมปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์อันเป็นผลให้ผลิตภัณฑ์อาหารมีโอกาสที่จะเสื่อมเสียจากการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์น้อยลง วัสดุดังกล่าวถูกคิดค้นขึ้น โดยบริษัท Showa Denko จำกัด มีลักษณะเป็นแผ่นบางซึ่งประกอบด้วยฟิล์มพลาสติกโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ (polyvinyl alcohol ; PVA) 2 ชั้นประกบสารประกอบโพรพิลีนไกลคอล (propylene glycol) ดังนั้นเมื่อบรรจุอาหารในบรรจุภัณฑ์ที่ทำจากวัสดุดังกล่าว ความชื้นจากผิวหน้าของอาหารจะถ่ายเทไปที่โพรพิลีนไกลคอลในวัสดุบรรจุภัณฑ์ เนื่องจากความแตกต่างของระดับออกซิเจนแอคทีวิตีตลอดระยะเวลาการเก็บรักษามีผลให้ปริมาณความชื้นที่ผิวหน้าของอาหารมีค่าต่ำซึ่งไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

Dymsha and Silverman (1979) ศึกษาถึงการผลิตเนื่อปลากิ่งแห้งด้วยการแช่เนื่อปลาในสารละลายที่ประกอบด้วยกลีเซอรอล 40% ไซเดียมอะซิเตด 10% ไซเดียมกลอไรด์ 7% น้ำ 43% ในขณะที่มีการให้ความร้อนแก่สารละลายควบคู่กันไปด้วยเป็นเวลา 20 นาที ผลการทดลองพบว่าผลิตภัณฑ์เนื่อปลากิ่งแห้งที่ได้มีระดับออกซิเจนแอคทีวิตี 0.82 ซึ่งมีค่าเพียงพอที่จะยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียส่วนใหญ่ได้ นอกจากนี้หลังจากเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 87 วัน พบว่าผลิตภัณฑ์มีความคงตัวต่อการเจริญของจุลินทรีย์ต่างๆ ที่ดีมาก อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์ที่ได้ดังกล่าวมีรสชาติไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคเท่าที่ควร จึงมีการทดลองนำผลิตภัณฑ์มาผ่านกระบวนการกำจัดตัวถูกละลายบางส่วนออกไปโดยการต้มตัวอย่างเนื่อปลากิ่งแห้งในน้ำเดือดเป็นเวลา 15 นาที พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์มากขึ้น

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

3.1.1 วัสดุดิบ

- 3.1.1.1 ถั่วเขียวเลาะเปลือก ตราไรท์พีช บริษัท ไรท์พีช จำกัด
- 3.1.1.2 น้ำมันพืช คราองุ่น บริษัท น้ำมันพืชไทย จำกัด
- 3.1.1.3 น้ำมันหมู ตราธารทอง บริษัท ธารทองน้ำมันพืช จำกัด
- 3.1.1.4 น้ำตาลทราย ตราวังขนาย บริษัท น้ำตาลวังขนาย จำกัด
- 3.1.1.5 ไข่แดงของไข่เต็ม ตราไซยา บริษัท บีบี เฟรชฟู้ดส์ จำกัด
- 3.1.1.6 แป้งสาลี บริษัท ยูเอฟเอ็มฟู้ดเซ็นเตอร์ จำกัด
- 3.1.1.7 แป้งข้าวเหนียว ตรา ช้างทะเล บริษัท สกสิ่ง ไรซ์ฟราว
- 3.1.1.8 เนยขาว บริษัท เกตุวานิชอุตสาหกรรม จำกัด
- 3.1.1.9 แบนแซ ตราช. ช้างของบริษัทเซฟสตอร์ (DE เท่ากับ 42)
- 3.1.1.10 กลิเซอรอล จากบริษัท วิโรฒวิททยาภัณฑ์
- 3.1.1.11 ซอร์บิทอล จากบริษัท เจริญถาวรทรัพย์หลาย
- 3.1.1.12 ถุงพลาสติกชนิด โพลีโพรพิลีน (PP) ขนาด 3x6 นิ้ว หนา 40 ไมครอน
ตรา เป็นซ์จรวด มีค่าการซึมผ่านไอน้ำ 0.99 กรัม/เมตร²/วัน
- 3.1.1.13 ถุงพลาสติกชนิด โพลีโพรพิลีนที่มีการจัดเรียง โมเลกุลอย่างเป็นระเบียบ
(OPP) ขนาด 3x6 นิ้ว หนา 50 ไมครอน ตรา เป็นซ์ จรวดมีค่าการซึมผ่าน
ไอน้ำ 0.30 กรัม/เมตร²/วัน
- 3.1.1.14 ถุงพลาสติกชนิด โพลีเอธิลีน (PE) ขนาด 3x6 นิ้ว หนา 40 ไมครอน
ตรา เป็นซ์จรวด มีค่าการซึมผ่านไอน้ำ 1.2 กรัม/เมตร²/วัน

3.1.2 อุปกรณ์ในการเตรียมขนมเปียะ

- 3.1.2.1 เครื่องผสมไฟฟ้า ยี่ห้อ Kitchen Aid รุ่น K 5 SS
- 3.1.2.2 เตาอบแก๊ส ยี่ห้อ กล้วยน้ำไท
- 3.1.2.3 เครื่องชั่งตวงวัด 2 ตำแหน่ง
- 3.1.2.4 อ่างผสม
- 3.1.2.5 ที่ร่อนแป้ง
- 3.1.2.6 หม้อ
- 3.1.2.7 กระทะกวน
- 3.1.2.8 ไม้กึ่งทำขนม

3.1.3 เครื่องมือวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์

- 3.1.3.1 เครื่องวัดคอเคอร์แอคทีวิตี (Aqua Lab: CX3TE, model series 3, serial S36092, USA)

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 กระบวนการผลิตขนมเปียะกุหลาบ

สูตรมาตรฐานของเปียะกุหลาบที่ใช้ในการทดลองจะคัดแปลงมาจาก วิชาวัน จุลยา และ รุ่งทิภา วงศ์ไพศาลฤทธิ์ (2549) โดยมีรายละเอียดดังนี้

แป้งชั้นนอก ประกอบด้วย

แป้งสาลี	350 กรัม	น้ำ	120 กรัม
น้ำมันหมู	120 กรัม	น้ำตาลทราย	15 กรัม

โดยร่อนแป้ง 1 ครั้ง ใต้น้ำตาลและน้ำมันหมูเคล้าให้เข้ากันจากนั้นเติมน้ำ ผสมจนส่วนผสมให้เข้ากันและจับตัวเป็นก้อน คลุมด้วยผ้าพักไว้ 15 นาที แบ่งเป็นก้อนเล็กขนาด 20 กรัม

แป้งชั้นใน ประกอบด้วย

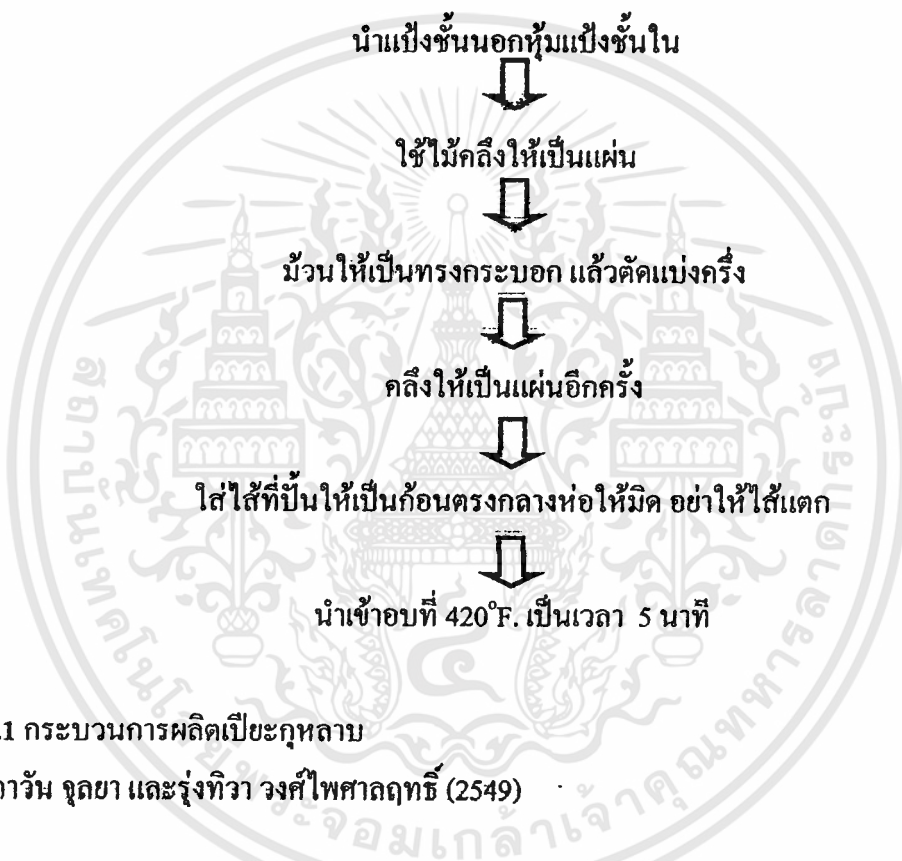
แป้งสาลี	250 กรัม	เนยขาว	100 กรัม
----------	----------	--------	----------

โดยร่อนแป้ง 1 ครั้ง แล้วนวดกับเนยขาวให้เกาะกันเป็นก้อน จากนั้นแบ่งเป็นก้อนเล็กขนาด 13 กรัม

ไส้ถั่วกวน ประกอบด้วย

ถั่วเขียวเลาะเปลือก	500 กรัม	น้ำตาลทราย	550 กรัม
น้ำมันพืช	100 กรัม	น้ำมันหมู	50 กรัม
แบนแซ	15 กรัม	แป้งข้าวเหนียว	50 กรัม

โดยใส่ถั่วเขียวในน้ำเดือด ทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง ล้างให้สะอาด หนึ่งให้สุกแล้วบดละเอียด กวนผสมกับน้ำตาลทราย น้ำมันพืช น้ำมันหมู จนขึ้น เดิมส่วนผสมที่เหลือ กวนจนเป็นเนื้อเดียวกัน ประมาณ 30 นาที หลังจากนั้นนำส่วนผสมทั้งหมดมาขึ้นรูป ดังรายละเอียดในภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 กระบวนการผลิตเบียร์กุหลาบ

ที่มา : วิจารณ์ จุลยา และรุ่งทิรา วงศ์ไพศาลฤทธิ์ (2549)

3.2.2 ศึกษาการลดค่าวอเตอร์แอกติวิตีในขนมเบียร์โดยใช้ซอร์บิทอล

ทำขนมเบียร์ตามวิธีในข้อ 3.2.1 โดยในไส้ถั่วกวนจะเติมซอร์บิทอลทดแทนน้ำตาลทรายในปริมาณร้อยละ 0, 20, 40 และ 60 เก็บตัวอย่างขนมเบียร์ที่ได้ในถุงพลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีน ปิดถุงให้สนิทโดยเครื่องผนึกด้วยความร้อน เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน นำตัวอย่างมาทดสอบทุกวัน โดยเปรียบเทียบกับขนมเบียร์ตัวอย่างควบคุม ดังนี้

3.2.2.1 วัดค่าวอเตอร์แอกติวิตีของส่วนแป้งและไส้ด้วยเครื่องวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี

122978

3.2.2.2 ทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยใช้วิธีทดสอบแบบ hedonic 7-point scale ในด้านความแห้งร่วนของแป้ง ความนุ่มเหนียวของไส้ และความชอบโดยรวม ให้คะแนน 7 ระดับ ใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกจำนวน 20 คน

ทดลอง 2 ซ้ำ วิเคราะห์ผลการตรวจสอบด้านกายภาพ โดยใช้แผนการทดลองแบบ split-plot design โดยการทดแทนด้วยสารควบคุมความชื้นเป็น main plot และระยะเวลาการเก็บเป็น sub plot ผลการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสใช้แผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS เพื่อเลือกระดับการทดแทนที่น้อยที่สุดที่ทำให้ขนมเปียะที่ได้มีค่าคอแอดคิวิตีต่ำกว่า 0.86

3.2.3 ศึกษาการลดค่าคอแอดคิวิตีในขนมเปียะโดยใช้กลีเซอรอล

ทำขนมเปียะตามวิธีในข้อ 3.2.1 โดยในไส้ตัวกวนจะเติมกลีเซอรอลทดแทนน้ำตาลทรายในปริมาณร้อยละ 0, 20, 40 และ 60 เก็บตัวอย่างขนมเปียะที่ได้ในถุงพลาสติกชนิด โพลีโพรพิลีน ปิดถุงให้สนิทโดยเครื่องผนึกด้วยความร้อน เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน นำตัวอย่างมาทดสอบทุกวัน โดยเปรียบเทียบกับขนมเปียะตัวอย่างควบคุม โดยการวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ และเปรียบเทียบผลทางสถิติเช่นเดียวกับข้อ 3.2.2.1 และ 3.2.2.2 เพื่อเลือกระดับการทดแทนที่น้อยที่สุดที่ทำให้ขนมเปียะที่ได้มีค่าคอแอดคิวิตีต่ำกว่า 0.86

3.2.4 ศึกษาผลของบรรจุภัณฑ์พลาสติกต่ออายุเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

ทดลองทำขนมเปียะกุหลาบ โดยใช้ปริมาณสารควบคุมความชื้นทดแทนน้ำตาลทรายในส่วนของไส้ขนมตามชนิดและปริมาณที่เลือกจากข้อ 3.2.2 และ 3.2.3 เก็บตัวอย่างในถุงพลาสติก 3 ชนิด คือ โพลีโพรพิลีน (PP) โพลีโพรพิลีนที่มีการจัดเรียงโมเลกุลอย่างเป็นระเบียบ (OPP) และ โพลีเอทิลีน (PE) บรรจุถุงละ 1 ชิ้น ปิดถุงให้สนิทโดยเครื่องผนึกด้วยความร้อน เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน

3.2.4.1 วัดค่าคอแอดคิวิตีของส่วนแป้งและไส้ด้วยเครื่องวัดค่าคอแอดคิวิตี

3.2.4.2 ทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยใช้วิธีทดสอบแบบ hedonic 7-point scale ในด้านความแห้งร่วนของแป้ง ความนุ่มเหนียวของไส้ และความชอบโดยรวม ให้คะแนน 7 ระดับ ใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกจำนวน 20 คน

ทดลอง 2 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของข้อ 3.2.4.1 ตามแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (CRD) ผลการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสใช้แผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS เพื่อเลือกบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการลดค่าคอแอดคิวิตี

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 การลดค่าออกเตอร์แอกติวิตีในขนมเปียะโดยใช้สารควบคุมความชื้น

4.1.1 ค่าออกเตอร์แอกติวิตีในแป้งของขนมเปียะโดยใช้สารควบคุมความชื้นซอร์บิทอล

ผลการศึกษาปัจจัย และอิทธิพลร่วมต่อการเปลี่ยนแปลงค่าออกเตอร์แอกติวิตีในสภาวะที่แตกต่างกัน 4 สภาวะ คือ สภาวะปกติ สภาวะการทดแทนน้ำตาลทรายด้วยซอร์บิทอลในใส่ที่ระดับร้อยละ 20, 40 และ 60 เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 32 - 38 °C) เป็นระยะเวลา 7 วัน และนำไปวิเคราะห์ผลทางสถิติแบบ split plot จะให้ผลดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยที่ทำการศึกษาและอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยที่มีผลต่อค่าออกเตอร์แอกติวิตีส่วนแป้งของขนมเปียะกู่หลานที่มีการทดแทนด้วยสารซอร์บิทอลในระดับต่างๆ นาน 7 วัน

ปัจจัยที่ทำการศึกษา	ค่า p (p value)
การทดแทนด้วยสารซอร์บิทอล	0.001*
ระยะเวลาเก็บ	0.000*
การทดแทนด้วยสารซอร์บิทอล X ระยะเวลาเก็บ	0.001*

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.1 พบว่าการทดแทนด้วยสารซอร์บิทอล (main plot) มีผลทำให้ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนระยะเวลาในการเก็บรักษา (sub plot) ค่าออกเตอร์แอกติวิตี ($p < 0.05$) และอิทธิพลร่วม (interaction) ของทั้งสองปัจจัยนี้มีผลต่อค่าออกเตอร์แอกติวิตี ($p < 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4.1 เมื่อนำไปวิเคราะห์ปัจจัยการทดแทนด้วยสารซอร์บิทอลที่แตกต่างจะแสดงผลดังตารางที่ 4.2

**ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของแป้งในระดับการทดแทนของซอร์บิทอลที่
ทดแทนในไส้ขนมเปียะที่มีผลต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ของแป้งขนมเปียะกุหลาบ
ที่มีระดับต่างๆ นาน 7 วัน**

ตัวอย่างควบคุม	ซอร์บิทอล		
	20%	40%	60%
0.826 ^c	0.798 ^b	0.788 ^a	0.789 ^a

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความ
เชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)

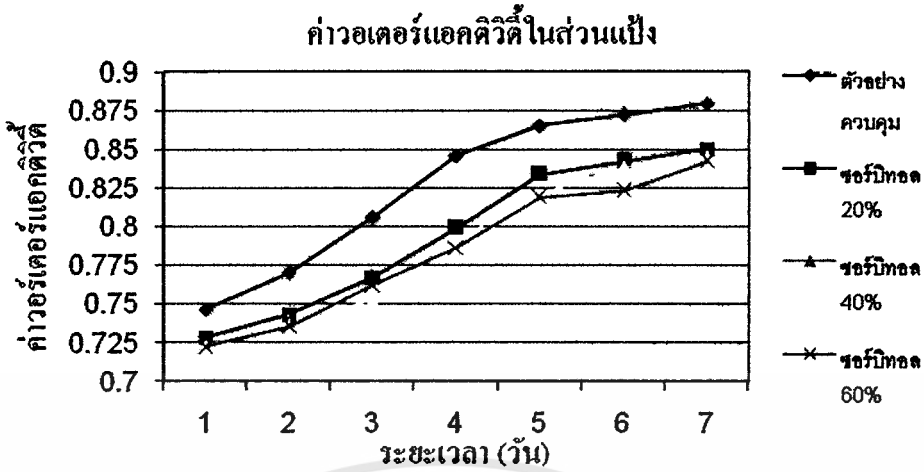
จากตารางที่ 4.2 พบว่าการทดแทนสารซอร์บิทอลที่ระดับต่างๆ มีความแตกต่างกับตัวอย่าง
ควบคุมที่ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และการทดแทนที่ระดับ 40 และ 60%
ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \geq 0.05$) และเมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของวันที่เก็บรักษาจะ
ให้ผลดังตารางที่ 4.3

**ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของแป้งในแต่ละวันในระดับการทดแทนของ
ซอร์บิทอลที่ทดแทนในไส้ขนมเปียะปัจจัยที่มีผลต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ส่วนแป้งของ
ขนมเปียะกุหลาบที่มีระดับต่างๆ นาน 7 วัน**

		วันที่						
		1	2	3	4	5	6	7
		0.730 ^a	0.746 ^b	0.772 ^c	0.807 ^d	0.835 ^e	0.850 ^f	0.862 ^g

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความ
เชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.3 จะแสดงถึงค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ในแต่ละวันมีความแตกต่างกันอย่างมี
นัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และเมื่อพิจารณาถึงอิทธิพลร่วมของการทดแทนด้วยสารซอร์บิทอล
ร่วมกับระยะเวลาเก็บ แสดงดังภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 อิทธิพลของซอร์บิทอลที่มีต่อค่าวอเตอร์แอคทีวิตีของส่วนแบ่ง

เมื่อพิจารณาค่าวอเตอร์แอคทีวิตีของแบ่งในภาพที่ 4.1 จะเห็นว่าเมื่อระยะเวลาเก็บเพิ่มขึ้น ค่าวอเตอร์แอคทีวิตีจะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งในตัวอย่างควบคุมและตัวอย่างที่มีการทดแทนด้วยซอร์บิทอลใน ($p=0.001$) ทั้งนี้เนื่องจากความชื้นในไส้เคลื่อนที่ออกมาอยู่ในส่วนของแบ่งโดยจะเห็นได้จากการลดลงของค่าวอเตอร์แอคทีวิตีในไส้ดังภาพที่ 4.2 ในขณะที่เดียวกันค่าวอเตอร์แอคทีวิตีของส่วนแบ่งจะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งในตัวอย่างควบคุมและตัวอย่างที่มีการทดแทนด้วยซอร์บิทอล ($p=0.001$)

4.1.2 ค่าวอเตอร์แอคทีวิตีในไส้ของขนมเปียะโดยใช้สารควบคุมความชื้นซอร์บิทอล

ผลการศึกษาร้อยละ และอิทธิพลร่วมต่อการเปลี่ยนแปลงค่าวอเตอร์แอคทีวิตีในสภาวะที่แตกต่างกัน 4 สภาวะ คือ สภาวะบรรยากาศปกติ สภาวะการทดแทนน้ำตาลทรายด้วยซอร์บิทอลในไส้ที่ระดับร้อยละ 20 40 และ 60 เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 32-38 °C) เป็นระยะเวลา 7 วัน และนำไปวิเคราะห์ผลทางสถิติแบบ split plot จะให้ผลดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยที่ทำการศึกษาและอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยที่มีผลต่อค่าวอเตอร์แอคทีวิตีส่วนไส้ของขนมเปียะกุหลาบที่มีการทดแทนด้วยสารซอร์บิทอลในระดับต่างๆ นาน 7 วัน

ปัจจัยที่ทำการศึกษา	ค่า p (p value) ค่าวอเตอร์แอคทีวิตี
การทดแทนด้วยสารซอร์บิทอล	0.001*
ระยะเวลาเก็บ	0.000*
การทดแทนด้วยสารซอร์บิทอล X ระยะเวลาเก็บ	0.001*

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความ

เชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.4 พบว่าการทดแทนด้วยสารซอร์บิทอล (main plot) มีผลทำให้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนระยะเวลาในการเก็บรักษา (sub plot) ค่าวอเตอร์แอกติวิตี ($p < 0.05$) และอิทธิพลร่วม (interaction) ของทั้งสองปัจจัยนี้มีผลต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตี ($p < 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4.4 เมื่อนำไปวิเคราะห์ปัจจัยการทดแทนด้วยสารซอร์บิทอลที่แตกต่างจะแสดงผลดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของไส้ในระดับการทดแทนของซอร์บิทอลที่ทดแทนในไส้ขนมเปียะปัจจัยที่มีผลต่ออายุ 7 วัน

ตัวอย่างควบคุม	ซอร์บิทอล		
	20%	40%	60%
0.864 ^a	0.870 ^b	0.874 ^c	0.874 ^c

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.5 พบว่าการทดแทนสารซอร์บิทอลที่ระดับต่างๆ มีความแตกต่างกับตัวอย่างควบคุมที่ความแตกต่างทางสถิติ ($p < 0.05$) และการทดแทนที่ระดับ 40 และ 60% ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \geq 0.05$) และเมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของวันที่เก็บรักษาจะให้ผลดังตารางที่ 4.6

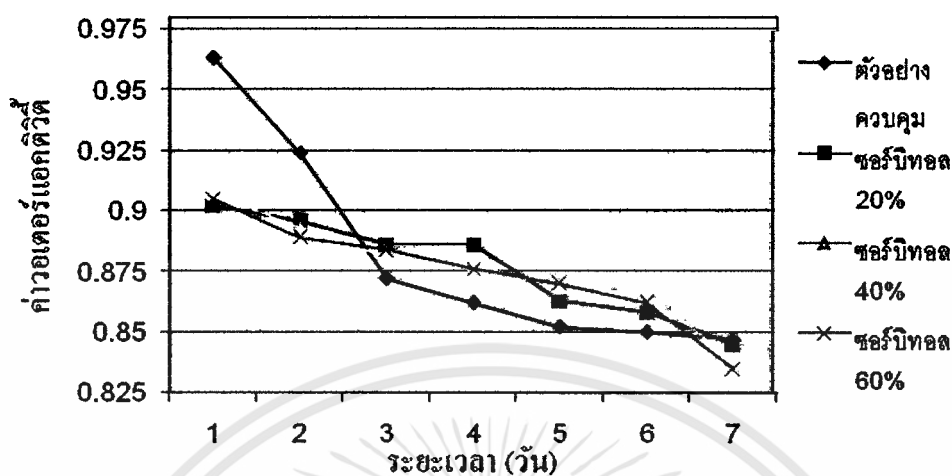
ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของไส้ในแต่ละวันในระดับการทดแทนของซอร์บิทอลที่ทดแทนในไส้ขนมเปียะปัจจัยที่มีผลต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตีของแป้งขนมเปียะกุหลาบที่มีระดับต่างๆ นาน 7 วัน

		วันที่						
		1	2	3	4	5	6	7
		0.904 ^c	0.877 ^d	0.873 ^c	0.863 ^b	0.858 ^a	0.857 ^a	0.858 ^a

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.6 จะแสดงถึงค่าวอเตอร์แอกติวิตีในแต่ละวันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และวันที่ 5 6 และ 7 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \geq 0.05$) เมื่อพิจารณาถึงความแตกต่างของอิทธิพลร่วมของการทดแทนด้วยสารซอร์บิทอลร่วมกับระยะเวลาเก็บจะได้ผลดังภาพที่ 4.2

ค่าวอเตอร์แอกติวิตีในส่วนไส้



ภาพที่ 4.2 อิทธิพลของซอร์บิทอลที่มีต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตีของส่วนไส้

เมื่อพิจารณาค่าวอเตอร์แอกติวิตีของแป้งในภาพที่ 4.2 จะเห็นว่าเมื่อระยะเวลาเก็บเพิ่มขึ้น ค่าวอเตอร์แอกติวิตีจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยลดลงจาก 0.963 เป็น 0.872 ในตัวอย่าง ควบคุมและตัวอย่างที่มีการทดแทนด้วยซอร์บิทอล ($p=0.001$) ทั้งนี้เนื่องจากความชื้นในไส้ เกิดขึ้นที่ออกมาอยู่ในส่วนแป้งโดยจะเห็นได้จากการลดลงของค่าวอเตอร์แอกติวิตีในไส้ดังภาพที่ 4.1 ในขณะที่เดียวกันค่าวอเตอร์แอกติวิตีของส่วนไส้จะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งในตัวอย่าง ควบคุมและตัวอย่างที่มีการทดแทนด้วยซอร์บิทอล ($p=0.001$)

จากภาพที่ 4.1 และ 4.2 จะพบว่าเมื่อเพิ่มระดับของการทดแทนน้ำตาลในไส้ด้วยสาร ซอร์บิทอลจะพบว่าค่าวอเตอร์แอกติวิตีในส่วนของไส้จะมีค่าลดลงมากขึ้นตามระดับการทดแทนดัง ภาพที่ 4.2 เนื่องจากสารควบคุมความชื้นนั้นมีประสิทธิภาพในการลดค่าวอเตอร์แอกติวิตีของอาหาร ได้ดีกว่าน้ำตาลซูโครส โดยสารลดควบคุมความชื้นต่างๆ มีความสามารถในการจับ โมเลกุลของน้ำ ได้ดีกว่าน้ำตาลซูโครส (Cauvain and Young, 2000) นอกจากนี้เมื่อระดับการทดแทนน้ำตาลด้วย สารควบคุมความชื้นที่เพิ่มขึ้นค่าวอเตอร์แอกติวิตีของไส้ด้วยก็จะมีค่าต่ำลง เนื่องจากระดับความ เข้มข้นของตัวถูกทำลาย (Solute) นั้นมีผลต่อระดับวอเตอร์แอกติวิตีของระบบเป็นอย่างมาก (Chen, 1987) ซึ่งระดับความเข้มข้นของน้ำตาลที่ลดลงนั้นมีผลต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตีของไส้ด้ว การณ์เมื่อถูกทดแทนด้วยสารลดค่าวอเตอร์แอกติวิตีต่างๆมีผลทำให้ค่าวอเตอร์แอกติวิตีที่ถูกถ่ายเทมา ส่วนแป้งมีการลดลงตามดังภาพที่ 4.1

4.1.3 คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของขนมเปียะกุหลาบที่ทดแทนน้ำตาลในได้ด้วย ซอร์บิทอลในปริมาณต่างกัน

เมื่อนำตัวอย่างไปทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความแห้งของแป้ง ความนุ่มเหนียวของ
ไส้ และความชอบโดยรวมจากผู้ทดสอบที่ไม่ได้ผ่านการฝึกจำนวน 20 คนจะได้ผลดังนี้

ตารางที่ 4.7 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความแห้งของแป้งของขนมเปียะกุหลาบที่
ทดแทนน้ำตาลในได้ด้วยซอร์บิทอลในปริมาณต่างกัน

วันที่	ตัวอย่างควบคุม	ซอร์บิทอล		
		20%	40%	60%
1	3.934 ^a	4.994 ^b	5.202 ^c	5.586 ^d
2	3.894 ^a	4.794 ^b	4.952 ^c	5.240 ^d
3	2.176 ^a	3.684 ^b	3.998 ^c	3.946 ^c
4	1.900 ^a	3.632 ^b	3.616 ^b	4.444 ^c
5	1.559 ^a	3.460 ^c	3.363 ^b	4.172 ^d
6	1.293 ^a	3.122 ^b	3.196 ^b	3.988 ^c
7	1.292 ^a	2.758 ^b	3.042 ^c	3.964 ^d

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความ
เชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.7 จะพบว่า การทดแทนน้ำตาลด้วยซอร์บิทอลในระดับต่างกันมีผลต่อการให้
คะแนนของผู้ทดสอบในด้านความแห้งของแป้ง โดยตัวอย่างที่มีการเพิ่มขึ้นของค่าอวเคอร์แอคทีวิตี
ในส่วนของแป้งน้อยจะทำให้ผู้ทดสอบให้คะแนนในส่วนความแห้งของแป้งมาก ซึ่งสอดคล้องกับ
การเปลี่ยนแปลงของค่าอวเคอร์แอคทีวิตีในส่วนของแป้งดังภาพที่ 4.1

ตารางที่ 4.8 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความนุ่มเหนียวของไส้ของ
ขนมเปียะกุหลาบที่ทดแทนน้ำตาลในไส้ด้วยซอร์บิทอลในปริมาณต่างกัน

วันที่	ตัวอย่างควบคุม	ซอร์บิทอล		
		20%	40%	60%
1	4.762 ^c	5.176 ^d	4.592 ^b	4.310 ^a
2	4.678 ^c	5.156 ^d	4.358 ^b	4.060 ^a
3	4.672 ^c	5.114 ^d	4.334 ^b	3.946 ^a
4	4.424 ^c	5.012 ^d	4.318 ^b	3.924 ^a
5	3.948 ^b	4.934 ^d	4.190 ^c	3.492 ^a
6	3.076 ^a	4.910 ^d	4.180 ^c	3.488 ^b
7	2.958 ^a	4.516 ^d	3.748 ^c	3.438 ^b

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความ
เชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)

ด้านคะแนนความนุ่มเหนียวของไส้ในตารางที่ 4.8 พบว่าคะแนนที่ได้จะเป็นไปในทิศทาง
เกี่ยวกับการลดลงของค่าวอเตอร์แอกติวิตีในส่วนไส้ดังภาพที่ 4.2 เมื่อค่าวอเตอร์แอกติวิตีมีการ
ลดลงมากจะส่งผลต่อคะแนนด้านความนุ่มเหนียวของไส้ที่ลดลงตาม

ตารางที่ 4.9 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมของไส้ของ
ขนมเปียะกุหลาบที่ทดแทนน้ำตาลในไส้ด้วยซอร์บิทอลในปริมาณต่างกัน

วันที่	ตัวอย่างควบคุม	ซอร์บิทอล		
		20%	40%	60%
1	5.823 ^b	6.098 ^c	5.428 ^a	5.420 ^a
2	5.472 ^a	5.810 ^b	5.434 ^a	5.428 ^a
3	5.272 ^c	5.794 ^d	4.770 ^b	3.474 ^a
4	5.176 ^c	5.508 ^d	4.508 ^b	3.164 ^a
5	5.160 ^c	5.504 ^d	4.434 ^b	3.154 ^a
6	4.138 ^c	5.116 ^d	3.952 ^b	3.118 ^a
7	3.705 ^b	5.060 ^d	3.804 ^c	3.056 ^a

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความ
เชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.9 เมื่อพิจารณาคะแนนในส่วนนี้จะพบว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับขนมเปียะที่มีการทดแทนด้วยซอร์บิทอลในระดับ 20% เนื่องจากผู้ทดสอบให้คะแนนมากที่สุด และเมื่อพิจารณาในตารางที่ 4.7 และ 4.8 จะพบว่าความแห้งของแป้ง ระยะเวลาเก็บรักษาของไส้มีผลต่อความชอบโดยรวม ซึ่งจะสอดคล้องกับการลดลงของค่าวอเตอร์แอกติวิตีในส่วนของแป้งและไส้ ดังภาพที่ 4.1 และ 4.2

4.1.4 ค่าวอเตอร์แอกติวิตีของขนมเปียะโดยใช้สารควบคุมความชื้นกลีเซอรอล

ผลการศึกษาปัจจัย และอิทธิพลร่วมต่อการเปลี่ยนแปลงค่าวอเตอร์แอกติวิตีในสภาวะที่แตกต่างกัน 4 สภาวะ คือ สภาวะปกติ สภาวะการทดแทนน้ำตาลทรายด้วยกลีเซอรอลในไส้ที่ระดับร้อยละ 20, 40 และ 60 เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 32-38 °C) เป็นระยะเวลา 7 วัน และนำไปวิเคราะห์ผลทางสถิติแบบ split plot จะให้ผลดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยที่ทำการศึกษาและอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยที่มีผลต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตีส่วนแป้งของขนมเปียะกุหลาบที่มีการทดแทนด้วยสารกลีเซอรอลในระดับต่างๆ นาน 7 วัน

ปัจจัยที่ทำการศึกษา	ค่า p (p value)
	ค่าวอเตอร์แอกติวิตี
การทดแทนด้วยสารกลีเซอรอล	0.001*
ระยะเวลาเก็บ	0.001*
การทดแทนด้วยสารกลีเซอรอล X ระยะเวลาเก็บ	0.001*

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.10 พบว่าการทดแทนด้วยสารกลีเซอรอล (main plot) มีผลทำให้มีผลทำให้ค่าวอเตอร์แอกติวิตีในส่วนแป้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนระยะเวลาในการเก็บรักษา (sub plot) ค่าวอเตอร์แอกติวิตี ($p < 0.05$) และอิทธิพลร่วม (interaction) ของทั้งสองปัจจัยนี้มีผลต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตี ($p < 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4.10 เมื่อนำไปวิเคราะห์ปัจจัยการทดแทนด้วยสารกลีเซอรอลที่ระดับแตกต่างกันจะแสดงผลดังตารางที่ 4.11

**ตารางที่ 4.11 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของแป้งในระดับการทดแทนของกลีเซอรอล
ที่ทดแทนในไส้ขนมเปียะที่มีผลต่อค่าอวอเตอร์แอกติวิตีของแป้งขนมเปียะกุหลาบ
ที่มีระดับต่างๆ นาน 7 วัน**

ตัวอย่างควบคุม	กลีเซอรอล		
	20%	40%	60%
0.826 ^a	0.789 ^b	0.790 ^b	0.785 ^a

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความ
เชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)

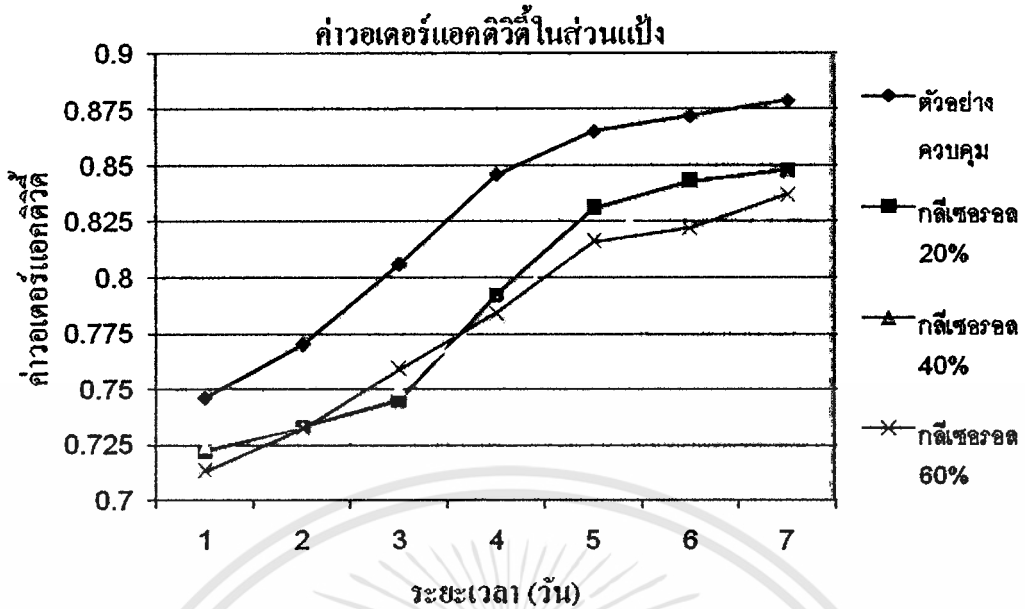
จากตารางที่ 4.11 พบว่าการทดแทนด้วยสารกลีเซอรอลที่ระดับต่างๆ มีความแตกต่างกับ
ตัวอย่างควบคุมที่ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และการทดแทนที่ระดับ 20
และ 40% ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \geq 0.05$) และเมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของวันที่เก็บ
รักษาจะให้ผลดังตารางที่ 4.12

**ตารางที่ 4.12 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของแป้งในแต่ละวันในระดับการทดแทนของ
กลีเซอรอลที่ทดแทนในไส้ขนมเปียะปัจจัยที่มีผลต่อค่าอวอเตอร์แอกติวิตีส่วนแป้ง
ของขนมเปียะกุหลาบที่มีระดับต่างๆ นาน 7 วัน**

วันที่						
1	2	3	4	5	6	7
0.730 ^a	0.746 ^b	0.772 ^c	0.807 ^d	0.835 ^e	0.850 ^f	0.862 ^g

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความ
เชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.12 จะแสดงถึงค่าอวอเตอร์แอกติวิตีในแต่ละวันมีความแตกต่างกันอย่างมี
นัยสำคัญทางสถิติทางสถิติ ($p < 0.05$) และเมื่อพิจารณาถึงความแตกต่างของอิทธิพลร่วมของการ
ทดแทนด้วยสารกลีเซอรอลร่วมกับระยะเวลาเก็บ จะได้ผลดังภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 อิทธิพลของกลีเซอรอลที่มีต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตีของส่วนแบ่ง

เมื่อพิจารณาค่าวอเตอร์แอกติวิตีของแบ่งในภาพที่ 4.3 จะพบว่าเมื่อระยะเวลาเก็บเพิ่มขึ้นค่าวอเตอร์แอกติวิตีจะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งในตัวอย่างควบคุมและตัวอย่างที่มีการทดแทนด้วยซอร์บิทอลใน ($p=0.001$) ทั้งนี้เนื่องจากความชื้นในไส้ได้เคลื่อนที่ออกมาอยู่ในส่วนของแบ่งตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาโดยจะเห็นได้จากการลดลงของค่าวอเตอร์แอกติวิตีในไส้ดังภาพที่ 4.4 ในขณะที่เดียวกันค่าวอเตอร์แอกติวิตีของไส้จะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งในตัวอย่างควบคุมและตัวอย่างที่มีการทดแทนด้วยกลีเซอรอล ($p=0.001$)

4.1.5 ค่าวอเตอร์แอกติวิตีในไส้ของขนมเปียะโดยใช้สารควบคุมความชื้นกลีเซอรอล

ผลการศึกษาปัจจัย และอิทธิพลร่วมต่อการเปลี่ยนแปลงค่าวอเตอร์แอกติวิตีในสถานะที่แตกต่างกัน 4 สถานะ คือ สถานะปกติ สถานะการทดแทนน้ำตาลทรายด้วยกลีเซอรอลในไส้ที่ระดับร้อยละ 20, 40 และ 60 เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 32 - 38 °C) เป็นระยะเวลา 7 วัน และนำไปวิเคราะห์ผลทางสถิติแบบ split plot จะให้ผลดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยที่ทำการศึกษาและอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยที่มีผลต่อค่าวอเตอร์แอคทีวิตีส่วน ใส้ของขนมเปียะกุหลาบที่มีการทดแทนด้วยสารกลีเซอรอลในระดับต่างๆ นาน 7 วัน

ปัจจัยที่ทำการศึกษา	ค่า p (p value)
	ค่าวอเตอร์แอคทีวิตี
การทดแทนด้วยสารกลีเซอรอล	0.001*
ระยะเวลาเก็บ	0.001*
การทดแทนด้วยสารกลีเซอรอล X ระยะเวลาเก็บ	0.001*

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.13 พบว่าการทดแทนด้วยสารกลีเซอรอล (main plot) มีผลทำให้ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนระยะเวลาในการเก็บรักษา (sub plot) ค่าวอเตอร์แอคทีวิตี ($p < 0.05$) และอิทธิพลร่วม (interaction) ของทั้งสองปัจจัยนี้มีผลต่อค่าวอเตอร์แอคทีวิตี ($p < 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4.13 เมื่อนำไปวิเคราะห์ปัจจัยการทดแทนด้วยสารกลีเซอรอลที่แตกต่างจะแสดงผลดังตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของใส้ในระดับการทดแทนของกลีเซอรอลที่ทดแทนในใส้ขนมเปียะที่มีผลต่อค่าวอเตอร์แอคทีวิตีของแป้งขนมเปียะกุหลาบที่มีระดับต่างๆ นาน 7 วัน

ตัวอย่างควบคุม	กลีเซอรอล		
	20%	40%	60%
0.864 ^a	0.871 ^{bc}	0.869 ^b	0.872 ^c

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)

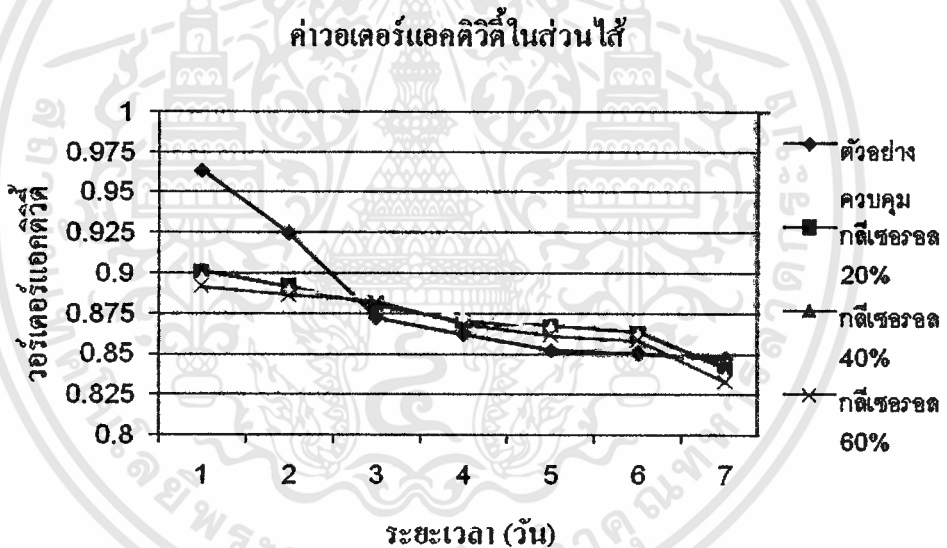
จากตารางที่ 4.14 พบว่าการทดแทนสารกลีเซอรอลที่ระดับต่างๆ มีความแตกต่างกับตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และการทดแทนที่ระดับ 40 และ 60% ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \geq 0.05$) และเมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของวันที่เก็บรักษาจะให้ผลดังตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของไส้ในแต่ละวันในระดับการทดแทนของ กลีเซอรอลที่ทดแทนในไส้ขนมเปียะที่มีผลต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตีของไส้ขนมเปียะ กุหลาบที่มีระดับต่างๆ นาน 7 วัน

วันที่						
1	2	3	4	5	6	7
0.902 ^c	0.877 ^d	0.870 ^c	0.861 ^b	0.858 ^a	0.856 ^a	0.858 ^a

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.15 จะแสดงถึงค่าวอเตอร์แอกติวิตีในแต่ละวันมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) และวันที่ 5 6 และ 7 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \geq 0.05$) เมื่อพิจารณาถึงอิทธิพลร่วมของการทดแทนด้วยสารกลีเซอรอลร่วมกับระยะเวลาเก็บ จะได้ผลดังภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.4 อิทธิพลของกลีเซอรอลที่มีต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตีของส่วนไส้

เมื่อพิจารณาค่าวอเตอร์แอกติวิตีของไส้ในภาพที่ 4.4 จะเห็นว่าเมื่อระยะเวลาเก็บเพิ่มขึ้น ค่าวอเตอร์แอกติวิตีจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งในตัวอย่างควบคุมและตัวอย่างที่มีการทดแทนด้วยซอร์บิทอลใน ($p=0.001$) ทั้งนี้เนื่องจากความชื้นในไส้เคลื่อนที่ออกมาอยู่ในส่วนแป้ง โดยจะเห็นได้จากกราฟการลดลงของค่าวอเตอร์แอกติวิตีในไส้ดังภาพที่ 4.3 ในขณะที่เดียวกันค่าวอเตอร์แอกติวิตีของส่วนไส้จะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งในตัวอย่างควบคุมและตัวอย่างที่มีการทดแทนด้วยซอร์บิทอล ($p=0.001$)

จากผลที่ได้สามารถอธิบายได้ว่าความสามารถในการจับกับโมเลกุลน้ำนั้นมีผลต่อประสิทธิภาพในการลดค่าวอเตอร์แอกติวิตีของสารประกอบใดๆ ขึ้นอยู่กับธรรมชาติ ละคุณสมบัติต่างๆ ของสารประกอบนั้น อันได้แก่ อัตราการกระจายตัวของโมเลกุลของสารประกอบและโมเลกุลของน้ำ น้ำหนักโมเลกุล และความสามารถในการละลายของสารประกอบในระบบ (Solubility) (Sloan and Labuza, 1976)

4.1.6 คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

เมื่อนำตัวอย่างไปทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความแห้งของแป้ง ความนุ่มเหนียวของไส้ และความชอบ โดยรวมจากผู้ทดสอบที่ไม่ได้ผ่านการฝึกจำนวน 20 คนจะ ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 4.16 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความแห้งของแป้งของขนมเปียะ
กุหลาบที่ทดแทนน้ำตาลในไส้ด้วยกลีเซอรอลในปริมาณต่างกัน

วันที่	ตัวอย่างควบคุม	กลีเซอรอล		
		20%	40%	60%
1	3.934 ^a	5.116 ^b	6.136 ^c	6.095 ^c
2	3.894 ^a	4.898 ^b	5.248 ^c	5.715 ^d
3	2.176 ^a	4.146 ^b	4.552 ^d	5.367 ^c
4	1.900 ^a	3.936 ^b	4.390 ^c	5.028 ^d
5	1.559 ^a	3.230 ^b	4.310 ^c	5.000 ^d
6	1.293 ^a	3.102 ^b	4.226 ^c	4.828 ^d
7	1.292 ^a	2.844 ^b	4.080 ^c	4.477 ^d

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.16 จะพบว่า การทดแทนน้ำตาลด้วยกลีเซอรอลและในระดับต่างกันมีผลต่อการให้คะแนนของผู้ทดสอบในด้านความแห้งของแป้ง โดยตัวอย่างที่มีการเพิ่มขึ้นของค่าวอเตอร์แอกติวิตีในส่วนของแป้งน้อยจะทำให้ผู้ทดสอบให้คะแนนในส่วนความแห้งของแป้งมาก ซึ่งสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของค่าวอเตอร์แอกติวิตีในส่วนของแป้งดังภาพที่ 4.3

ตารางที่ 4.17 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความนุ่มเหนียวของไส้ของขนมเปียะ
 กลุ่มที่ทดแทนน้ำตาลในไส้ด้วยกลีเซอรอลในปริมาณต่างกัน

วันที่	ตัวอย่างควบคุม	กลีเซอรอล		
		20%	40%	60%
1	4.762 ^a	4.964 ^{bc}	5.530 ^c	4.870 ^b
2	4.678 ^c	4.958 ^d	4.316 ^b	3.980 ^a
3	4.672 ^c	4.636 ^c	4.200 ^b	3.972 ^a
4	4.424 ^c	4.534 ^d	4.178 ^b	3.954 ^a
5	3.948 ^b	4.412 ^d	4.084 ^c	3.492 ^a
6	3.076 ^a	4.386 ^d	3.764 ^c	3.194 ^b
7	2.958 ^a	4.232 ^c	3.700 ^b	3.006 ^a

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความ
 เชื่อมัน 95% ($p \leq 0.05$)

ด้านคะแนนความนุ่มเหนียวของไส้ในตารางที่ 4.17 จะพบว่าคะแนนที่ได้จะเป็นไปใน
 ทิศทางเดียวกับคะแนนการให้คะแนนในส่วนของความแข็งของแป้งโดยเมื่อคะแนนในส่วนของ
 ความแข็งของแป้งเพิ่มขึ้นคะแนนความนุ่มเหนียวจะเพิ่มขึ้นตามดังตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.18 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมของไส้ของขนมเปียะ
 กลุ่มที่ทดแทนน้ำตาลในไส้ด้วยกลีเซอรอลในปริมาณต่างกัน

วันที่	ตัวอย่างควบคุม	กลีเซอรอล		
		20%	40%	60%
1	5.823 ^c	5.472 ^b	5.386 ^b	4.926 ^a
2	5.472 ^c	5.978 ^d	5.252 ^b	2.825 ^a
3	5.272 ^d	5.024 ^c	3.707 ^b	2.380 ^a
4	5.176 ^c	4.988 ^b	3.492 ^b	2.172 ^a
5	5.160 ^d	4.470 ^c	3.422 ^b	2.114 ^a
6	4.138 ^c	4.114 ^c	3.106 ^b	2.056 ^a
7	3.705 ^c	4.108 ^d	2.874 ^b	1.970 ^a

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความ
 เชื่อมัน 95% ($p \leq 0.05$)

ด้านความชอบโดยรวมจากตารางที่ 4.18 คะแนนที่ได้จะสอดคล้องกับคะแนนด้านความแห้งของแป้ง และความนุ่มเหนียวของไส้ เพราะว่าการใช้สารควบคุมความชื้นนั้นจะสามารถลดลักษณะเนื้อสัมผัสทางด้านความแห้งของแป้ง และความนุ่มเหนียวของไส้

จากผลการทดลองที่ได้จะพบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบโดยรวมของซอร์บิทอลมากกว่ากลีเซอรอลเนื่องจากกลีเซอรอลนั้นมีกลิ่นรสเฉพาะตัวซึ่งผู้ทดสอบบางคนสามารถสัมผัสได้โดยยังทดแทนในปริมาณที่มากขึ้นผู้ทดสอบก็จะสามารถรับรู้ได้ไวขึ้น(สิวาพร, 2529) และสารควบคุมความชื้นนั้นเป็นสารประกอบโพลีไฮดรอกซีแอลกอฮอล์ ที่มีขนาดโมเลกุลเล็ก ทำให้มีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำหรือเก็บความชื้น ได้ดีตลอดระยะเวลาเก็บรักษา ดังนั้นการที่กลีเซอรอล และซอร์บิทอลนั้นมีประสิทธิภาพในการลดค่าวอเตอร์แอกติวิตีไคดีกว่าน้ำตาล เนื่องจากสารทั้ง 2 ชนิดเป็นสารประเภท polyhydroxy alcohol ซึ่งเป็นสารประกอบที่มีหมู่ไฮดรอกซิลในโมเลกุลเป็นจำนวนมาก ซึ่งมีผลทำให้เกิดการสร้างพันธะไฮโดรเจนกับโมเลกุลของน้ำในไส้ถั่วกวนได้เป็นอย่างดี (Chirfe and Ferro Fontan, 1980) จึงทำให้การเพิ่มค่าวอเตอร์แอกติวิตีจากไส้สุ่งแป้งจากสูตรที่มีการใช้สารฮิวเมกเตนที่มีการเพิ่มขึ้นน้อยเมื่อเทียบกับสูตรที่ไม่ได้มีการใช้สารควบคุมความชื้น

จากผลการทดลองที่ได้จึงเลือกการทดแทนน้ำตาลด้วยซอร์บิทอลในไส้ที่ระดับการทดแทน 20% เป็นตัวอย่างควบคุมในการทดลองต่อไปเนื่องจากสามารถลดค่าวอเตอร์แอกติวิตีได้จากตัวอย่างควบคุม และผู้ทดสอบให้การยอมรับด้านความชอบโดยรวมมากที่สุด

4.2 การลดค่าวอเตอร์แอกติวิตีในขนมเปียะโดยใช้บรรจุภัณฑ์พลาสติกชนิดต่างๆ

4.2.1 ค่าวอเตอร์แอกติวิตีในแป้งของขนมเปียะในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ

ผลการศึกษาปัจจัยและอิทธิพลร่วมต่อการเปลี่ยนแปลงค่าวอเตอร์แอกติวิตีในสถานะที่แตกต่างกัน 3 สถานะ คือ สถานะการบรรจุผลิตภัณฑ์ในถุงพลาสติก PP PE และ OPP เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 32-38 °C) เป็นระยะเวลา 7 วัน และนำไปวิเคราะห์ผลทางสถิติแบบ split plot จะให้ผลดังตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.19 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยที่ทำการศึกษาและอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยที่มีผลต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตีในส่วนแบ่งของขนมเปียะกุหลาบในบรรจุภัณฑ์ต่าง ๆ นาน 7 วัน

ปัจจัยที่ทำการศึกษา	ค่า p (p value)
	ค่าวอเตอร์แอกติวิตี
บรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ	0.001*
ระยะเวลาเก็บ	0.000*
บรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ X ระยะเวลาเก็บ	0.001*

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.19 พบว่าการบรรจุในบรรจุภัณฑ์พลาสติกต่างชนิด (main plot) มีผลทำให้มีผลทำให้ค่าวอเตอร์แอกติวิตีในส่วนแบ่งแป้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนระยะเวลาในการเก็บรักษา (sub plot) ค่าวอเตอร์แอกติวิตี ($p < 0.05$) และอิทธิพลร่วม (interaction) ของทั้งสองปัจจัยนี้มีผลต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตี ($p < 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4.19 เมื่อนำไปวิเคราะห์ปัจจัยของชนิดของบรรจุภัณฑ์ต่างๆจะแสดงผลดังตารางที่ 4.20

ตารางที่ 4.20 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของบรรจุภัณฑ์ต่างๆที่มีผลต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตีของแป้งขนมเปียะกุหลาบที่นาน 7 วัน

ชนิดของบรรจุภัณฑ์พลาสติก		
PP	PE	OPP
0.799 ^a	0.809 ^b	0.813 ^c

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)

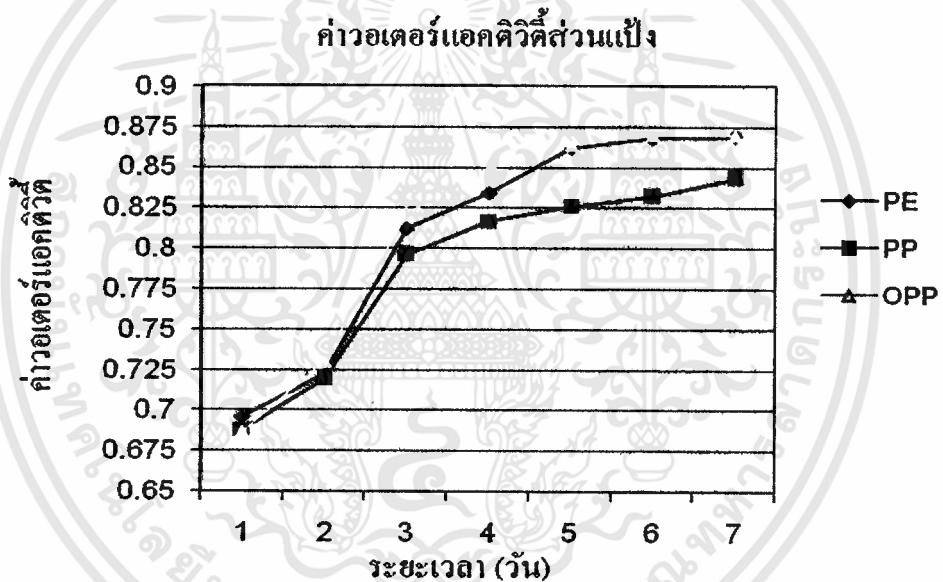
จากตารางที่ 4.20 พบว่าบรรจุภัณฑ์พลาสติกชนิดต่างๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และเมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของวันที่เก็บรักษาจะให้ผลดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.21 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของแป้งในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ที่มีผลต่อค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ส่วนของขนมเปียะกุหลาบนาน 7 วัน

วันที่						
1	2	3	4	5	6	7
0.692 ^a	0.724 ^b	0.813 ^c	0.840 ^d	0.854 ^e	0.864 ^f	0.864 ^f

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.21 จะแสดงถึงค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ในแต่ละวันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ในวันที่ 6 และ 7 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \geq 0.05$) เมื่อพิจารณาถึงความอิทธิพลร่วมของบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ร่วมกับระยะเวลาเก็บ จะได้ผลดังภาพที่ 4.5



ภาพที่ 4.5 อิทธิพลของบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ที่มีต่อค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ของส่วนแป้ง

เมื่อพิจารณาค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ของแป้งในภาพที่ 4.5 จะพบว่าเมื่อระยะเวลาเก็บเพิ่มขึ้นค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้จะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.001$) โดยที่ถุงพลาสติก PP มีการเพิ่มขึ้นของค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ที่น้อยที่สุดเมื่อเทียบกับบรรจุภัณฑ์อีก 2 ชนิด

4.2.2 ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ในไส้ของขนมเปียะในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ

ผลการศึกษาปัจจัยและอิทธิพลร่วมต่อการเปลี่ยนแปลงค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ในสถานะที่แตกต่างกัน 3 สถานะ คือ สถานะการบรรจุผลิตภัณฑ์ในถุงพลาสติก PP, PE และ OPP เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 32 - 38 °C) เป็นระยะเวลา 7 วัน และนำไปวิเคราะห์ผลทางสถิติแบบ split plot จะให้ผลดังตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.22 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยที่ทำการศึกษาและอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยที่มีผลต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตีในส่วนไส้ของขนมเปียะกุหลาบในบรรจุภัณฑ์ต่างๆ นาน 7 วัน

ปัจจัยที่ทำการศึกษา	ค่า p (p value)
	ค่าวอเตอร์แอกติวิตี
บรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ	0.001*
ระยะเวลาเก็บ	0.001*
บรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ X ระยะเวลาเก็บ	0.001*

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.22 พบว่าการบรรจุในบรรจุภัณฑ์พลาสติกต่างชนิด (main plot) มีผลทำให้ค่าวอเตอร์แอกติวิตีในส่วนของไส้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนระยะเวลาในการเก็บรักษา (sub plot) ค่าวอเตอร์แอกติวิตี ($p < 0.05$) และอิทธิพลร่วม (interaction) ของทั้งสองปัจจัยนี้มีผลต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตี ($p < 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4.22 เมื่อนำไปวิเคราะห์ปัจจัยของชนิดของบรรจุภัณฑ์ต่างๆจะแสดงผลดังตารางที่ 4.23

ตารางที่ 4.23 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของบรรจุภัณฑ์ต่างๆที่มีผลต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตีของแป้งขนมเปียะกุหลาบที่นาน 7 วัน

ชนิดของบรรจุภัณฑ์พลาสติก		
PP	PE	OPP
0.885 ^b	0.886 ^b	0.882 ^a

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)

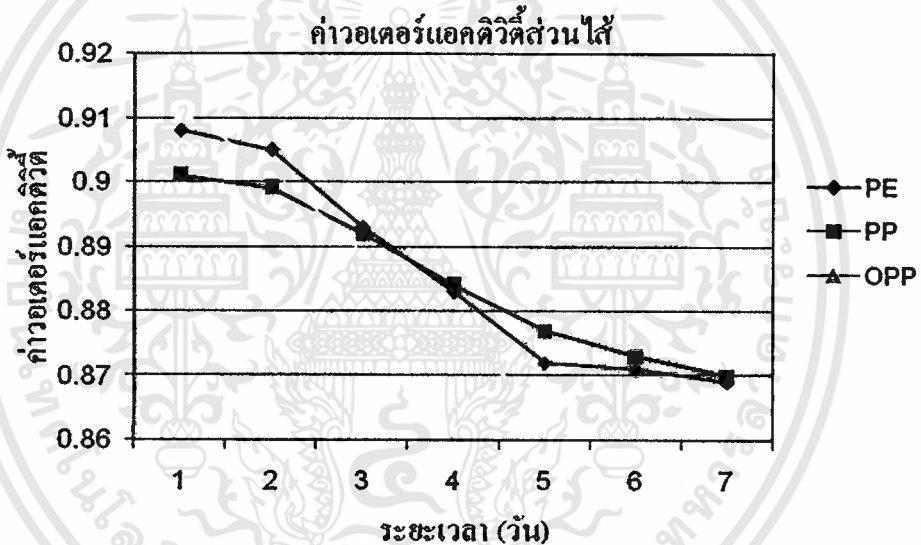
จากตารางที่ 4.23 พบว่าบรรจุภัณฑ์พลาสติกชนิดต่างๆมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่บรรจุภัณฑ์พลาสติก PP และ PE ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \geq 0.05$) และเมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของวันที่เก็บรักษาจะให้ผลดังตารางที่ 4.24

ตารางที่ 4.24 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของค่าไอโนบรروجันซ์ชนิดต่างๆ ที่มีผลต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตีส่วนแบ่งของขนมเปียะกุหลาบนาน 7 วัน

วันที่						
1	2	3	4	5	6	7
0.973 ^a	0.903 ^b	0.891 ^c	0.880 ^d	0.872 ^e	0.870 ^{ef}	0.868 ^f

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกัน ในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.21 จะแสดงถึงค่าวอเตอร์แอกติวิตีในแต่ละวันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ในวันที่ 5 กับ 6 และ 6 กับ 7 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \geq 0.05$) เมื่อพิจารณาถึงอิทธิพลร่วมของบรروجันซ์ชนิดต่างๆ ร่วมกับระยะเวลาเก็บ จะได้ผลดังภาพที่ 4.6



ภาพที่ 4.6 อิทธิพลของบรروجันซ์ชนิดต่างๆ ที่มีต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตีของส่วนได้

เมื่อพิจารณาค่าวอเตอร์แอกติวิตีของแป้งในภาพที่ 4.6 จะพบว่าเมื่อระยะเวลาเก็บเพิ่มขึ้นค่าวอเตอร์แอกติวิตีจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.001$) โดยที่ถุงพลาสติก OPP มีการลดลงของค่าวอเตอร์แอกติวิตีน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับบรروجันซ์อีก 2 ชนิด เมื่อเปรียบเทียบกับภาพที่ 4.5 จะพบว่าการลดลงของค่าวอเตอร์แอกติวิตีในส่วนของไส้จะมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของค่าวอเตอร์แอกติวิตีในส่วนของแป้ง โดยที่การเพิ่มขึ้นของค่าวอเตอร์แอกติวิตีในส่วนของแป้งอาจจะมาจากการถ่ายเทความชื้นจากภายนอกบรروجันซ์เขาไปถึงตัวผลิตภัณฑ์เนื่องจากถุงทั้ง 3 ชนิดมีการซึมผ่านไอน้ำในแต่ละวันไม่เท่ากันจึงเป็นผลทำให้การถ่ายเทความชื้นจากภายนอกไปยังตัวผลิตภัณฑ์เพื่อให้เกิดจุดสมดุลที่แตกต่างกัน (Anon, 1991)

4.2.3 คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

เมื่อนำตัวอย่าง ไปทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความแห้งของแป้ง ความนุ่มเหนียวของไส้ และความชอบ โดยรวมจากผู้ทดสอบที่ไม่ได้ผ่านการฝึกจำนวน 20 คนจะ ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 4.25 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความแห้งของแป้งของขนมเปี๊ยะ
หลากหลายในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ

วันที่	ชนิดของบรรจุภัณฑ์พลาสติก		
	PP	PE	OPP
1	3.894±0.307 ^b	3.420±0.132 ^a	3.458±0.161 ^a
2	4.394±0.223 ^b	4.330±0.100 ^b	4.198±0.094 ^a
3	2.33±0.156 ^b	2.190±0.097 ^a	2.186±0.074 ^a
4	2.460±0.096 ^c	2.374±0.098 ^b	2.262±0.980 ^a
5	2.632±0.177 ^c	2.490±0.096 ^b	2.348±0.088 ^a
6	2.689±0.683 ^b	2.306±0.103 ^a	2.224±0.094 ^a
7	2.258±0.127 ^c	2.190±0.083 ^b	2.114±0.081 ^a

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.25 จะผู้ทดสอบให้คะแนนถุง PP มากที่สุด เนื่องมาจากตัวอย่างที่มีการเพิ่มขึ้นของค่าอวอเตอร์แอกติวิตีในส่วนของแป้งน้อยจะทำให้ผู้ทดสอบให้คะแนนในส่วนความแห้งของแป้งมาก ซึ่งสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของค่าอวอเตอร์แอกติวิตีในส่วนของแป้งดังภาพที่ 4.5

ตารางที่ 4.26 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความนุ่มเหนียวของไส้ของ
ขนมเป็ญะกุหลาบในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ

วันที่	ชนิดของบรรจุภัณฑ์พลาสติก		
	PP	PE	OPP
1	4.910±0.213 ^b	4.773±0.137 ^a	4.764±0.134 ^a
2	4.934±0.142 ^b	4.812±0.065 ^a	4.942±0.166 ^b
3	3.948±0.136 ^b	3.832±0.065 ^a	3.928±0.092 ^b
4	4.424±0.108 ^b	4.326±0.099 ^a	4.294±0.117 ^a
5	4.672±0.142 ^c	4.536±0.075 ^b	4.422±0.114 ^a
6	4.678±0.099 ^b	4.384±0.071 ^a	4.368±0.063 ^a
7	4.762±0.119 ^b	4.618±0.088 ^a	4.696±0.118 ^b

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความ
เชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)

ด้านคะแนนความนุ่มเหนียวของไส้ในตารางที่ 4.26 จะพบว่าคะแนนที่ได้จะเป็นไปใน
ทิศทางเดียวกับคะแนนการให้คะแนนในส่วนของความแข็งของแป้ง โดยเมื่อคะแนนในส่วนของ
ความแข็งของแป้งเพิ่มขึ้นคะแนนความนุ่มเหนียวจะเพิ่มขึ้นตามดังตารางที่ 4.25 ทั้งนี้จะสอดคล้อง
กับการลดค่าวอเตอร์แอกติวิตีในส่วนของแป้งดังภาพที่ 4.6 โดยผู้ทดสอบให้คะแนนถุง PP มาก
ที่สุด

ตารางที่ 4.27 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบ โดยรวมของขนมเป็ยาะ
 กุหลาบในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ

วันที่	ชนิดของบรรจุภัณฑ์พลาสติก		
	PP	PE	OPP
1	5.810±0.371 ^a	5.737±0.116 ^b	5.342±0.193 ^b
2	6.090±0.163 ^b	5.950±0.087 ^a	5.890±0.128 ^a
3	5.060±0.018 ^b	4.794±0.107 ^a	4.848±0.079 ^a
4	5.794±0.116 ^c	5.474±0.080 ^b	5.334±0.110 ^a
5	5.504±0.133 ^c	5.282±0.100 ^a	5.254±0.087 ^a
6	5.508±0.090 ^b	5.326±0.108 ^a	5.380±0.104 ^a
7	5.116±0.0115 ^c	4.838±0.084 ^b	4.596±0.118 ^a

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความ
 เชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.27 เมื่อพิจารณาจะเห็นได้ว่าผู้ทดสอบยอมรับผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง PP มากที่สุด โดยวันจากคะแนนในแต่ละวันเมื่อเปรียบเทียบกับบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่น จากผลที่ได้จึงเลือก ถุง PP เป็นบรรจุภัณฑ์เมื่อพิจารณาจากความสามารถในการลดค่าออกซิเจนแอกติวิตี้ในส่วนองแป้ง และใส่ดั่งภาพที่ 4.5 และ 4.6 รวมทั้งการทดสอบด้านประสาทสัมผัสด้านความชอบ โดยรวม โดยผู้ ทดสอบให้การยอมรับมากที่สุด

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 การใช้ซอร์บิทอล และกลีเซอรอลทดแทนน้ำตาลในไส้ของขนมเปียะกุหลาบ ทำให้ค่าวอเตอร์แอกติวิตีในส่วนของแป้งและไส้ลดลง

5.1.2 กลีเซอรอลให้ผลในการลดค่าวอเตอร์แอกติวิตีได้ดีกว่าซอร์บิทอล แต่ผู้ทดสอบให้การยอมรับซอร์บิทอลมากกว่าโดยยอมรับการใช้ซอร์บิทอลทดแทนน้ำตาลในไส้ที่ระดับ 20% มากที่สุด

5.1.3 บรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆมีความสามารถในการลดค่าวอเตอร์แอกติวิตีแตกต่างกัน โดยถุง PP มีความสามารถในการลดค่าวอเตอร์แอกติวิตีได้ดีกว่าถุง PE และ OPP

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ในการวิจัยครั้งนี้ใช้ซอร์บิทอล และกลีเซอรอลในการทดแทนน้ำตาลทรายในไส้ ซึ่งถ้าทดแทนในแป้งจะสามารถลดค่าวอเตอร์แอกติวิตีได้เพิ่มขึ้น

5.2.2 ควรมีการศึกษาหาความชื้นในขนมเปียะควบคู่กับการหาค่าวอเตอร์แอกติวิตี

5.2.3 ควรมีการศึกษาหาความหวานในผลิตภัณฑ์เนื่องจาก ซอร์บิทอลและกลีเซอรอลมีความหวานน้อยกว่าน้ำตาล 0.60 เท่า

บรรณานุกรม

- งามทิพย์ ภู่วโรดม. 2537. **ก๊าซกับการบรรจุภัณฑ์อาหาร**. ภาควิชาเทคโนโลยีการบรรจุ. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- จิตรณา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล. 2546. **เบเกอรี่เทคโนโลยีเบื้องต้น**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วิกิ วิทยาศาสตร์. 2552. **ถั่วเขียว**. เข้าถึงได้จาก <http://www.sc.mahidol.ac.th/wiki/doku.php?id=ถั่วเขียว>
- วิภาวัน จุลยา และรุ่งทิวา วงศ์ไพศาลฤทธิ์. 2549. **ขนมเปียะ&ขนมไหว้พระจันทร์**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แม่บ้าน.
- ศิวพร ศิวเวช. 2529. **วัตถุดิบอาหาร เล่ม 2**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 159.
- เสาวภา บัววาท โธ. 2538. **การพัฒนาดินสำหรับรูปในการผลิตไข่เค็ม**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์ บัณฑิต สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- อุจิตชญา จิตรวิมล. **เอกสารประกอบการเรียนการสอน วิชาหลักการประกอบอาหาร**. ภาควิชาอาหารและโภชนาการ คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล รัตนบุรี.
- อังคณา อนุรักษ์ไทย. 2545. **รวบรวมขนมไทย**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์หอมเทียน. หน้า 59.
- Anon. 1991. **Packaging of Food Products**. **Indian Institute of Packaging**. Bombay.
- Brockway, B. 1989. **Application to confectionery product**. **Water and Food Quality**. 305 - 324
- Brody , A.L. 1994. **"Internal package gas scavengers and emitters"**. **Institute of Packaging Professionals In : A.L. Brody (ed.) , Modified Atmosphere Food Packaging., USA**
- Cauvain, S.P. and L.S. Young. 2000. **"Bakery Food" Manufacture and Quality: Water Control and Effects**.UK. Blackwell Science, Ltd.
- Chen, C.S. 1987. **"Relationship between water activity and freezing point depression of food systems."****J. Food sci.** no.52: 433-435.
- Chife, J., C. Ferro Fontan and E.A. Benmergui. 1980. **"The prediction of water activity in aqueous solutions in connection with intermediate moisture food IV : a_w prediction in aqueous non electrolyte solutions."** **J. Food Technol.** no.15: 59-70.
- Dymysz, H.A. and G. Silverman. 1979. **"Improving the acceptability of intermediate moisture fish."** **Food Technol.** No. 33 (10): 52 – 53.

- Emodi, A. 1982. "Polyols : chemistry and application". **Food Carbohydrates**. 49-61.
- Greeson, J. O. , K.M. Browne , K. Maddison , J. Shepherd and F. Guaraldi. 1985. "Modified atmosphere packaging to extend the shelf-life of tomatoes". **J.Food Technol**. 20:339-349.
- Labuza, T.P, and W.M. Breene. 1989. "Application of active packaging for improvement of shelf-life and nutritional quality of fresh and extended shelf-life foods". **J.Food Proc. & Preserv**. 13:1-69.
- Labuza, T.P. and C.R. Hyman. 1998. "Moisture migration and control in multi-domain foods." **Trends in Food Sci. & Tech**. 9: 47-55
- Liffingwell, G. and M. Lesser. 1945. "Glycerin : Its Industrial and Commercial Applications." **Chemical Publishing Co., Inc., New York**.
- Muguruma, M., Nishimura, T., Umetsu, R., Goto, I. and Yamaguchi M. 1987 . "Humectants improve myosin extractability and water activity of raw, cured intermediate moisture meats." **Meat Sci**. no.20: 179-194.
- Roy, S. , Anantheswaran, R.C. and Beelman, R.B. 1995. "Sorbitol increase shelf-life of Fresh mushrooms stored in conventional packages." **J. Food Sci**. no.60:1254-1259.
- Roy, S.,R.C. Anantheswaran and R.B. Beelman. 1996. "Modified atmosphere and Modified humidity packaging of fresh mushrooms." **J. Food Sci**. no.61: 391 – 397.
- Geeson, J.O., Browne, K.M., Maddison, K., Shepherd, J. and Guaraldi, F. 1985. "Modified atmosphere packaging to extend the shelf life of tomatoes." **J. Food Technol**. no.20: 339-349.
- Prabhakar, K. and R. Ramurthi. 1990. "A study on the preparation of intermediate moisture meat." **Food Sci. & Technol**. 27: 162 – 164.
- Sloam, A.E. and T.P. Labuza. 1976. "Prediction of water activity lowering ability of food humectants at high a_w ." **J. Food Sci**, no,41:532-540.
- Troller, J.A. and J.H.B. Christian. 1978. "Water Activity and Food". **Academic Press, Inc., USA**. 235p.
- Troller, J.A. 1989. "Water activity and food quality". **Elsevier Applied Science, NY**. 370p.
- Williams, J.C. 1976, "Chemical and non – enzymic changes in intermediate moisture food." **Intermediate Moisture Foods**.



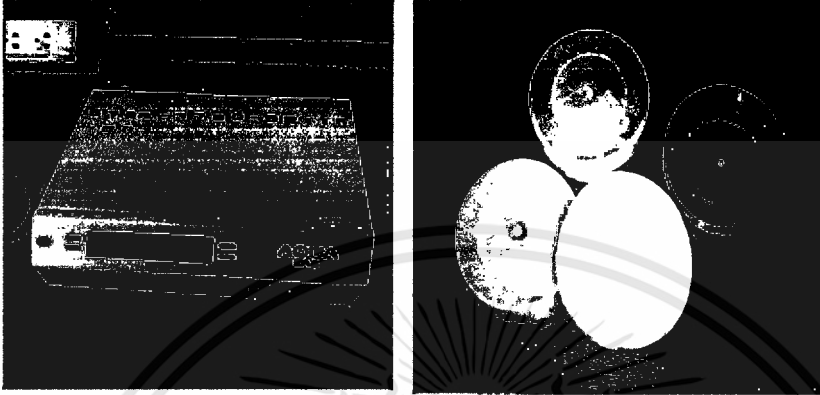
ภาคผนวก ก
การวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวัดระดับวอเตอร์เตอร์แอกติวิตี

เครื่องมือ

เครื่องวัดวอเตอร์เตอร์แอกติวิตี (Aqua Lab: CX3TE, model series 3, serial S36092, USA)



ภาพที่ ก 1 เครื่องวัดวอเตอร์เตอร์แอกติวิตีและตลับพลาสติก

วิธีการ

เตรียมตัวอย่างให้ชิ้นเล็กๆ ใส่ลงในตลับพลาสติกสำหรับวัดค่า a_w

นำไปใส่ในช่องใส่ตัวอย่างในเครื่องวัด a_w

แล้วรอเวลาจนเครื่องอ่าน a_w ของตัวอย่างให้คงที่

จึงอ่านค่า a_w



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

ผลิตภัณฑ์ ขนมเป็ยะกุหลาบ

ชื่อ.....วันที่.....

คำแนะนำ กรุณาทดสอบตัวอย่างที่เสนอจากทางซ้ายไปขวา แล้วขีดเส้นตั้งฉากกับเส้นคะแนนของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ตามความเข้มที่ตรงตามความรู้สึกของท่าน พร้อมระบุรหัสตัวอย่างเหนือเส้น

รหัสตัวอย่าง _____

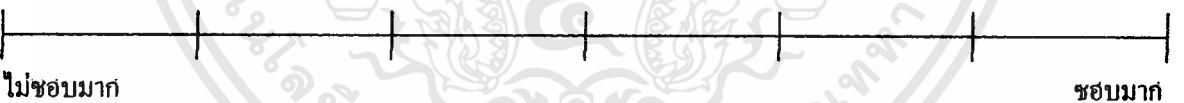
1. ลักษณะของแป้ง



2. ลักษณะของไส้



3. ความชอบโดยรวม



ข้อเสนอแนะ.....

.....



ภาคผนวก ค

แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ค.1 การวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยที่ทำการศึกษาและอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยที่มีผลต่อ
ค่าออกฤทธิ์แอสตีรติดีส่วนแบ่งของขนมเปียะกุหลาบที่มีการทดแทนด้วยสารซอร์บิทอล
ในระดับต่าง ๆ นาน 7 วัน**

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:

aw

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	
					6.364E-	
Intercept	Hypothesis	53.83842858	1	53.83842858	2048201.1	.23
	Error	0.000210286	8	2.62857E-05		
trt	Hypothesis	0.020056702	3	0.006685567	254.34224	0.001*
	Error	0.000210286	8	2.62857E-05		
day	Hypothesis	0.196696	6	0.032782667	1672.1449	0.000*
	Error	0.000941048	48	1.96052E-05		
trt * day	Hypothesis	0.002040381	18	0.000113354	5.7818709	0.001*
	Error	0.000941048	48	1.96052E-05		
trt * rep	Hypothesis	0.000210286	8	2.62857E-05	1.340755	0.246868
	Error	0.000941048	48	1.96052E-05		
a	MS(trt * rep)					
b	MS(Error)					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.2 การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของแป้งในระดับการทดแทนของซอร์บิทอลที่
ทดแทนในไส้ขนมเปียะที่มีผลต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ของแป้งขนมเปียะกุหลาบที่มี
ระดับต่าง ๆ นาน 7 วัน

Aw

Duncan

Trt	N	Subset		
		2	3	1
F.sor40%	21	0.788619048		
F.sor60%	21	0,789047619		
F.sor20%	21		0.7981	
F.control	21			0.82652381
Sig.		0.755152767	1	1

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 1.96E-005.

A Uses Harmonic Mean Sample Size = 21.000.

B Alpha = .05.

ตารางที่ ค.3 การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของแป้งในแต่ละวันในระดับการทดแทนของ
 ซอร์บิทอลที่ทดแทนใน ไซ้ขนมเปียะปัจจัยที่มีผลต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ส่วนแป้ง
 ของขนมเปียะกุหลาบที่มีระดับต่างๆ นาน 7 วัน

Aw		Duncan						
Day	N	Subset						
		1	2	3	4	5	6	7
1	12	0.73						
2	12		0.746					
3	12			0.722				
4	12				0.807			
5	12					0.835		
6	12						0.85	
7	12							0.862
Sig.		1	1	1	1	1	1	1

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 1.96E-005.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 12.000.

b Alpha = .05.

ตารางที่ ค.4 การวิเคราะห์อิทธิพลของซอร์บิทอลที่มีต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ของส่วนแบ่ง

วันที่	ตัวอย่าง ควบคุม	ซอร์บิทอล		
		20%	40%	60%
1	0.746±0.004 ^f	0.728±0.004 ^g	0.723±0.009 ^g	0.722±0.007 ^g
2	0.770±0.001 ^e	0.743±0.001 ^f	0.736±0.002 ^f	0.735±0.003 ^f
3	0.806±0.002 ^d	0.767±0.002 ^e	0.753±0.005 ^e	0.762±0.001 ^e
4	0.846±0.001 ^c	0.799±0.002 ^d	0.791±0.001 ^d	0.786±0.002 ^d
5	0.865±0.002 ^b	0.834±0.001 ^c	0.821±0.001 ^c	0.819±0.001 ^c
6	0.872±0.001 ^a	0.842±0.001 ^b	0.839±0.002 ^b	0.823±0.001 ^b
7	0.879±0.002 ^a	0.850±0.001 ^a	0.846±0.002 ^a	0.842±0.001 ^a

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกัน ในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.5 การวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยที่ทำการศึกษาและอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยที่มีผลต่อ
ค่าวอเตอร์แอคทิวิตีที่ส่วน ใต้ของขนมเป็ยะกุหลาบที่มีการทดแทนด้วยสารซอร์บิทอล
ในระดับต่างๆ นาน 7 วัน

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:

aw

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	
Intercept	Hypothesis	63,657576	1	63.657576	6485901,2	1,542E-07
	Error	1.963E-05	2	9.815E-06		
trt	Hypothesis	0.0012514	3	0.0004171	29,314395	0.001*
	Error	0.0007684	54	1.423E-05		
day	Hypothesis	0.0211522	6	0,0035254	247,74915	0.000*
	Error	0.0007684	54	1.423E-05		
rep	Hypothesis	1.963E-05	2	9.815E-06	0.6897438	0.5060697
	Error	0.0007684	54	1.423E-05		
trt * day	Hypothesis	0,0012895	18	7.164E-05	5,0346324	0.001*
	Error	0.0007684	54	1.423E-05		
a	MS(rep)					
b	MS(Error)					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.6 การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของแป้งในระดับการทดแทนของซอร์บิทอลที่
ทดแทนในไส้ขนมเปียะที่มีผลต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ของแป้งขนมเปียะกุหลาบที่มี
ระดับต่างๆ นาน 7 วัน

aw

Duncan

trt	N	Subset		
		2	3	1
C.control	21	0.864		
C.sor20%	21		0.87	
C.sor60%	21			0.874
C.sor40%	21			0.874
Sig.		1	1	0.9286268

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 1.42E-005.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 21.000.

b Alpha = .05,

ตารางที่ ค.7 การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของไส้ในแต่ละวันในระดับการทดแทนของ
ซอร์บิทอลที่ทดแทนในไส้ขนมเปียะปัจจัยที่มีผลต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตีที่ส่วนแบ่ง
ของขนมเปียะกุหลาบที่มีระดับต่างๆ นาน 7 วัน

Aw

Duncan

Day	N	Subset				
		1	2	3	4	5
6	12	0.857				
5	12	0.858				
7	12	0.858				
4	12		0.863			
3	12			0.873		
2	12				0.877	
1	12					0.904
Sig.		0.481	1	1	1	1

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 1.42E-005.

A Uses Harmonic Mean Sample Size = 12.000.

Alpha =

B .05.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.8 การวิเคราะห์อิทธิพลของชอร์บิทอลที่มีต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตีของส่วนไส้

วันที่	ตัวอย่าง ควบคุม	ชอร์บิทอล		
		20%	40%	60%
1	0.963±0.001 ^a	0.902±0.001 ^a	0.907±0.001 ^a	0.905±0.001 ^a
2	0.924±0.001 ^b	0.896±0.001 ^a	0.893±0.001 ^a	0.889±0.001 ^a
3	0.872±0.001 ^c	0.886±0.001 ^b	0.881±0.001 ^b	0.884±0.001 ^b
4	0.862±0.001 ^d	0.866±0.007 ^c	0.878±0.001 ^b	0.876±0.001 ^c
5	0.852±0.001 ^e	0.863±0.003 ^c	0.869±0.003 ^c	0.870±0.001 ^d
6	0.850±0.001 ^e	0.858±0.002 ^c	0.866±0.002 ^c	0.862±0.001 ^c
7	0.847±0.001 ^f	0.845±0.001 ^d	0.838±0.001 ^d	0.835±0.001 ^f

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวดิ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)



ตารางที่ ค.9 การวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยที่ทำการศึกษาและอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยที่มีผลต่อ
ค่าอเวอเจอร์แอกติวิตีที่ส่วนแบ่งของขนมเปียะกุหลาบที่มีการทดแทนด้วยสารกลีเซอรอล
ในระดับต่างๆ นาน 7 วัน

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:

aw

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	53.494728	1	53.494728	8793653.9	1.137E-07
	Error	1.217E-05	2	6.083E-06		
trt	Hypothesis	0.0230964	3	0.0076988	525.47173	0.001*
	Error	0.0007912	54	1.465E-05		
day	Hypothesis	0.2157818	6	0.0359636	2454.6485	0.000*
	Error	0.0007912	54	1.465E-05		
rep	Hypothesis	1.217E-05	2	6.083E-06	0.4152096	0.001*
	Error	0.0007912	54	1.465E-05		
trt * day	Hypothesis	0.0052124	18	0.0002896	19.764754	1.368E-17
	Error	0.0007912	54	1.465E-05		
a	MS(rep)					
b	MS(Error)					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.10 การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของแป้งในระดับการทดแทนของกลีเซอรอลที่
ทดแทนในไส้ขนมเปียะที่มีผลต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตีของแป้งขนมเปียะกุหลาบที่มี
ระดับต่างๆ นาน 7 วัน

aw

Duncan

trt	N	Subset		
	1	2	3	1
F.ge60%	21	0.785		
F.ge20%	21		0.789	
F.ge40%	21		0.79	
F.control	21			0.826
Sig.		1	0.6305205	1

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 1.47E-005.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 21.000.

b Alpha = .05.

ตารางที่ ค.11 การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของแป้งในแต่ละวันในระดับการทดแทนของ
กลีเซอรอลที่ทดแทนในไส้ขนมเปียะปัจจัยที่มีผลต่อค่าอเวอเจอร์แอคติวิตีส่วนแป้ง
ของขนมเปียะกุหลาบที่มีระดับต่างๆ นาน 7 วัน

aw

Duncan

day	N	Subset						
		1	2	3	4	5	6	7
1	12	0.73						
2	12		0.746					
3	12			0.772				
4	12				0.807			
5	12					0.835		
6	12						0.85	
7	12							0.862
Sig.		1	1	1	1	1	1	1

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 1.47E-005.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 12,000.

b Alpha = .05.

ตารางที่ ค.12 การวิเคราะห์อิทธิพลของกลีเซอรอลมีต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตีของส่วนแบ่ง

วันที่	ตัวอย่าง ควบคุม	กลีเซอรอล		
		20%	40%	60%
1	0.746±0.004 ^f	0.722±0.005 ^e	0.724±0.001 ^e	0.713±0.001 ^e
2	0.770±0.001 ^c	0.733±0.002 ^f	0.733±0.001 ^f	0.732±0.001 ^f
3	0.806±0.002 ^d	0.745±0.002 ^c	0.750±0.001 ^c	0.759±0.001 ^c
4	0.846±0.001 ^c	0.792±0.001 ^d	0.787±0.002 ^d	0.784±0.003 ^d
5	0.865±0.002 ^b	0.831±0.001 ^c	0.819±0.002 ^c	0.816±0.002 ^c
6	0.872±0.001 ^a	0.843±0.001 ^b	0.836±0.001 ^b	0.822±0.002 ^b
7	0.879±0.002 ^a	0.848±0.002 ^a	0.843±0.002 ^a	0.837±0.001 ^a

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวดิ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (p≤0.05)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.13 การวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยที่ทำการศึกษและอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยที่มีผล
ต่อค่าอเวอเจอร์แอกติวิตีส่วน ใส้ของขนมเปียะกุหลายที่มีการทดแทนด้วยสาร
กลีเซอรอลในระดับต่างๆ นาน 7 วัน

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: aw

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	63.494369	1	63.494369	6144616.3	1.627E-07
	Error	2.067E-05	2	1.033E-05		
trt	Hypothesis	0.0007931	3	0.0002644	15.394141	0,001*
	Error	0.0009273	54	1.717E-05		
day	Hypothesis	0.0196485	6	0.0032748	190.69357	0.001*
	Error	0.0009273	54	1.717E-05		
trt * day	Hypothesis	0.0010368	18	5.76E-05	3.3542416	0,001*
	Error	0.0009273	54	1.717E-05		
rep	Hypothesis	2.067E-05	2	1.033E-05	0.6017254	0.5514973
	Error	0.0009273	54	1.717E-05		

a MS(rep)

b MS(Error)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.14 การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของไข่ในระดัับการทดแทนของกลีเซอรอลที่
ทดแทนในไข่ขนมเปียะที่มีผลต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตีของแป้งขนมเปียะกุหลาบที่มี
ระดับต่างๆ นาน 7 วัน

aw

Duncan

trt	N	Subset		
		1	2	3
C.control	21	0.864		
C.ge60%	21			0.872
C.ge20%	21			0.871
C.ge40%	21			0.869
Sig.		1	0.0535687	0.882155

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 1.72E-005.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 21.000.

b Alpha = .05.

ตารางที่ ค.15 การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของไส้ในแต่ละวันในระดับการทดแทนของ
กลีเซอรอลที่ทดแทนในไส้ขนมเปียะปัจจัยที่มีผลต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตีส่วนแบ่ง
ของขนมเปียะกุหลาบที่มีระดับต่างๆ นาน 7 วัน

aw

Duncan

day	N	Subset				
		1	2	3	4	5
6	12	0.856				
5	12	0.858				
7	12	0.858				
4	12		0.861			
3	12			0.87		
2	12				0.877	
1	12					0.902
Sig.		0.4092322	1	1	1	1

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 1.72E-005.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 12.000.

b Alpha = .05.

ตารางที่ ค.16 การวิเคราะห์อิทธิพลของกลีเซอรอลที่มีต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตีของส่วนไส้

วันที่	ตัวอย่างควบคุม	กลีเซอรอล		
		20%	40%	60%
1	0.963±0.001 ^a	0.901±0.001 ^a	0.897±0.001 ^a	0.891±0.001 ^a
2	0.924±0.001 ^b	0.891±0.001 ^b	0.889±0.001 ^b	0.886±0.001 ^b
3	0.872±0.001 ^c	0.880±0.001 ^c	0.884±0.002 ^b	0.882±0.001 ^b
4	0.862±0.001 ^d	0.870±0.003 ^d	0.873±0.001 ^c	0.868±0.003 ^c
5	0.852±0.001 ^c	0.867±0.002 ^{de}	0.866±0.002 ^d	0.861±0.001 ^{cd}
6	0.850±0.001 ^c	0.863±0.003 ^e	0.862±0.001 ^d	0.858±0.005 ^d
7	0.847±0.001 ^f	0.841±0.001 ^f	0.836±0.002 ^e	0.833±0.001 ^e

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)



ตารางที่ ค.17 การวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยที่ทำการศึกษาและอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยที่มีผล
ต่อค่าอเวอเจอร์แอกติวิตีส่วนแบ่งของขนมเปียะกุหลาบในบรรจุภัณฑ์ต่างๆ นาน 7 วัน

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: aw

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	40.598387	1	40.598387	9608861.7	1.028E-07
	Error	8.457E-06	2.0016093	4.225E-06		
treatment	Hypothesis	0.0021813	2	0.0010906	93.190064	0.001*
	Error	0.0004681	40	1.17E-05		
day	Hypothesis	0.2668004	6	0.0444667	3799.4765	0.000*
	Error	0.0004681	40	1.17E-05		
rep	Hypothesis	8.448E-06	2	4.224E-06	0.3609224	0.6992797
	Error	0.0004681	40	1.17E-05		
treatment * day	Hypothesis	0.001604	12	0.0001337	11.420864	0.001*
	Error	0.0004681	40	1.17E-05		
a	1.000 MS(rep) + .000 MS(Error)					
b	MS(Error)					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.18 การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของบรรจุภัณฑ์ต่างๆที่มีผลต่อค่า
วอเตอร์แอกติวิตี้ของแป้งขนมเปียะกุหลาบที่นาน 7 วัน

aw

Duncan

treatment	N	Subset		
		1	2	3
pp	21		0.799	
pe	21			0.809
opp	21			0.813
Sig.		1	1	1

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 1.17E-005.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 21.000,

b Alpha = .05.

ตารางที่ ค.19 การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของแป้งในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆที่มีผลต่อค่า
วอเตอร์แอกติวิตีส่วนแป้งของขนมเปียะกุหลาบนาน 7 วัน

aw

Duncan

an

day	N	Subset					
		1	2	3	4	5	6
1	9	0.692					
2	9		0.724				
3	9			0.813			
4	9				0.84		
5	9					0.854	
6	9						0.864
7	9						0.864
Sig.		1	1	1	1	1	0.7327395

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 1.17E-005.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 8.968.

The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error

b levels are not guaranteed.

c Alpha = .05.

ตารางที่ ค.20 การวิเคราะห์อิทธิพลของบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆที่มีต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตี
ของส่วนแป้ง

วันที่	แป้ง		
	PE	PP	OPP
1	0.696±0.002 ^f	0.688±0.002 ^f	0.687±0.002 ^b
2	0.722±0.001 ^c	0.719±0.001 ^c	0.730±0.001 ^d
3	0.812±0.001 ^d	0.796±0.002 ^d	0.822±0.002 ^c
4	0.834±0.001 ^c	0.817±0.001 ^c	0.849±0.001 ^b
5	0.862±0.001 ^b	0.826±0.001 ^b	0.864±0.002 ^a
6	0.868±0.001 ^a	0.832±0.001 ^a	0.870±0.001 ^a
7	0.869±0.001 ^a	0.843±0.001 ^a	0.870±0.001 ^a

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
($p \leq 0.05$)

**ตารางที่ ค.21 การวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยที่ทำการศึกษาและอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยที่มีผล
ต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตีส่วน ใส้ของขนมเปียะกุหลาบในบรรจุภัณฑ์ต่างๆ นาน 7 วัน**

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: aw

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	0.014684717	20	0.0007342	120.13521	1.063E-30
Intercept	49.32760023	1	49.3276	8070950.6	1.35E-112
treatment	0.000201677	2	0.0001008	16.499169	0.001*
day	0.013921775	6	0.0023203	379.64534	0.001*
treatment * day	0.000561265	12	4.677E-05	7.6528153	0.001*
Error	0.000256693	42	6.112E-06		
Total	49.34254164	63			
Corrected Total	0.014941411	62			

a R Squared = .983 (Adjusted R Squared = .975)

ตารางที่ ค.23 การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของไส้ในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆที่มีผลต่อค่า
วอเตอร์แอกติวิตีส่วนแบ่งของขนมเปียะกุลานานาน 7 วัน

aw

Duncan

day	N	Subset					
		6	5	4	3	2	1
7	9	0.868					
6	9	0.87	0.87				
5	9		0.872				
4	9			0.88			
3	9				0.891		
2	9					0.903	
1	9						0.973
Sig.		0.2590628	0.077221	1	1	1	1

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 6.11E-006.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 9.000.

b Alpha = .05.

ตารางที่ ค.24 การวิเคราะห์ห่อหุ้มผลของบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆที่มีต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตีของส่วน ไข่

วันที่	ไข่		
	PE	PP	OPP
1	0.908±0.001 ^a	0.901±0.001 ^a	0.911±0.001 ^a
2	0.905±0.002 ^a	0.899±0.001 ^a	0.902±0.001 ^b
3	0.893±0.002 ^b	0.892±0.001 ^b	0.889±0.001 ^c
4	0.883±0.001 ^c	0.884±0.001 ^c	0.874±0.001 ^d
5	0.872±0.001 ^d	0.877±0.001 ^d	0.867±0.001 ^e
6	0.871±0.001 ^d	0.873±0.001 ^e	0.865±0.001 ^e
7	0.869±0.002 ^d	0.870±0.001 ^e	0.866±0.001 ^e

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)



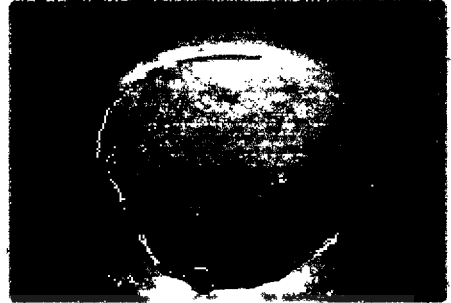


ภาคผนวก ง

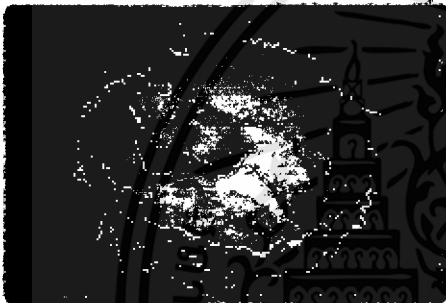
ภาพกระบวนการผลิตตัวอย่างในการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

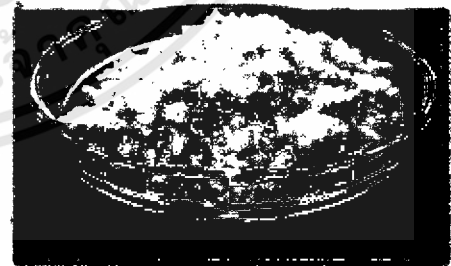
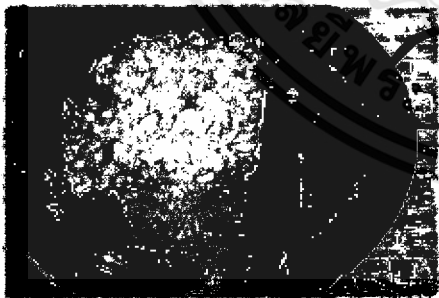
แป้งชั้นนอก



แป้งชั้นใน

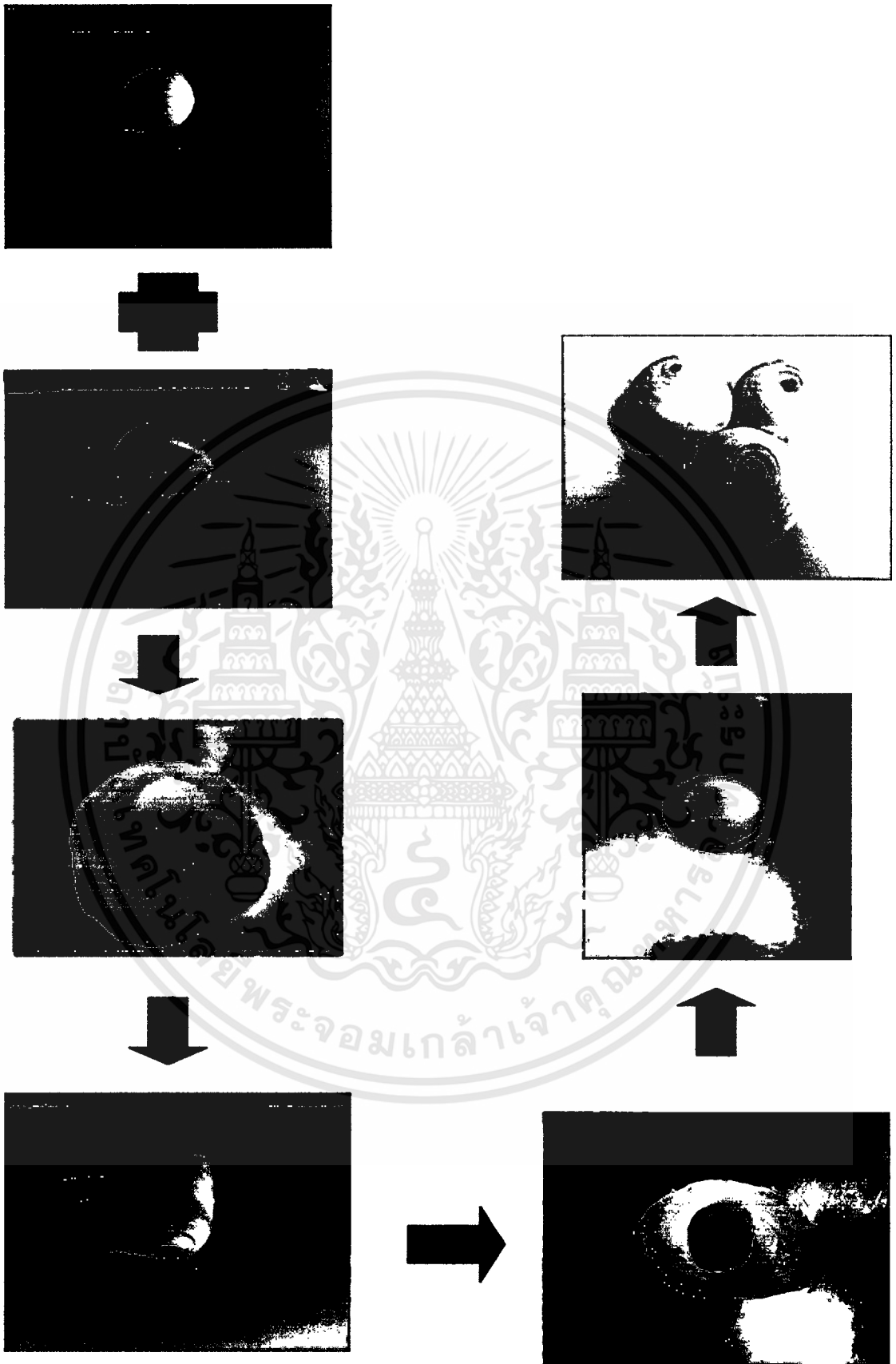


ไข่ถ้วยกวน



ภาพที่ ๑1 การเตรียมตัวอย่างในการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ๒ วิธีการขึ้นรูปตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นาย วโรดม ชูวิโรจน์ เกิดวันเสาร์ที่ 21 มกราคม พุทธศักราช 2527 ที่จังหวัด กรุงเทพฯ สำเร็จ การศึกษาระดับปริญญาตรี คณะวิทยาศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์อาหาร จากมหาวิทยาลัย สยาม ในปี การศึกษา 2549 และศึกษาต่อในระดับปริญญาโท ในสาขาเทคโนโลยีการจัดและบริการอาหาร สถาบัน เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และจบการศึกษาในปีพุทธศักราช 2555



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้