

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การพัฒนาบราวนี่แป้งข้าวกล้องลดไขมัน

DEVELOPMENT OF REDUCED FAT BROWN RICE BROWNIE



นริศรา อุไทย
NARISSARA UTHAI

จพ.
๙ ๒๕๖๓
๒๕๖๓

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 87886
วัน,เดือน,ปี 19 ส.ค. 2552

b. 120๙๕๐๖1
i.....

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการและบริการอาหาร
คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KMITL-2008-AI-M-055-032

DEVELOPMENT OF REDUCED FAT BROWN RICE BROWNIE



**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**

2008

KMITL-2008-AI-M-055-032

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2008

KINGMONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การพัฒนาบราวนี่แป้งข้าวกล้องลดไขมัน

Development of reduced fat brown rice brownie

นักศึกษา

นางสาวนริศรา อุไทย

รหัสประจำตัว

49068613

ปริญญา

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขา

เทคโนโลยีการจัดการและบริการอาหาร

พ.ศ.

2551

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

รศ.ดร. ระติพร หาเรือนกิจ

บทคัดย่อ

แป้งข้าวกล้องพันธุ์จากข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีปริมาณความชื้นร้อยละ 10.29 โปรตีนร้อยละ 6.35 ไขมันร้อยละ 2.40 และมีใยอาหาร (dietary fiber) ร้อยละ 3.33 เมื่อนำแป้งข้าวกล้องพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 มาทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์บราวนี่ พบว่าสามารถใช้ทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์บราวนี่ได้ถึงร้อยละ 80 โดยผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบในด้านต่างๆ ไม่แตกต่างจากสูตรมาตรฐาน เมื่อศึกษาปริมาณสารทดแทนไขมันในกลุ่มอนุพันธ์ของแป้ง 3 ชนิด คือ มอลโตเด็คซ์ตริน อินนูลิน และโพลีเด็คซ์โตส ที่ใช้ทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์บราวนี่แป้งข้าวกล้อง พบว่าสามารถใช้สารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์บราวนี่แป้งข้าวกล้องได้ถึงร้อยละ 60 40 และ 40 ตามลำดับ โดยผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบในด้านต่างๆ ไม่แตกต่างจากสูตรมาตรฐาน และผลิตภัณฑ์บราวนี่แป้งข้าวกล้องที่ใช้สารละลายมอลโตเด็คซ์ตริน สารละลายอินนูลิน และโพลีเด็คซ์โตส ทดแทนไขมัน พบว่า สามารถลดพลังงานลงได้ถึง ร้อยละ 53.33 35.55 และ 35.55 ตามลำดับ

Thesis Title	Development of Reduced Fat Brown Rice Brownie
Student	Miss Narissara Uthai
Student ID.	49068613
Degree	Master of science
Program	Food Catering Technology
Year	2008
Thesis Advisor	Associate Professor Dr.Ratiporn Haruenkit

ABSTRACT

Chemical compositions of brown rice flour (Jasmine variety 105) were 10.29% moisture, 6.35% protein, 2.40% fat and 3.33% dietary fiber. Brown rice flour could be used to substitute wheat flour up to 80% with non significantly preference scores from panelists to the control brownie. According to there are three derivatives of starch, which are maltodextrin, inulin and polydextrose, could be used to substitute fat up to 60% 40% and 40% with non significantly preference scores from panelists to the control brown rice flour brownie. Brown rice flour brownie product with solution of maltodextrin, solution of inulin and polydextrose reduced energy from fat up to 53.33% 35.55% and 35.55 respectively.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดี ทางผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.ระติพร หาเรือนกิจ ซึ่งช่วยกรุณาให้คำแนะนำต่างๆ พร้อมทั้งให้คำปรึกษาแนะนำ ตรวจสอบและแก้ไขรูปเล่มวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.ประพันธ์ ปิ่นศิโรตม์ ผศ.ดร. พอใจ งามากร และรศ.ดร.ประกาศรี เทพรักษาที่ได้ให้เกียรติเป็นคณะกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ อีกทั้งช่วยตรวจสอบแก้ไขรวมทั้งให้คำแนะนำจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณ คุณจิรพรรณ สอนองสุข บริษัท เบอรี่ยุคเกอร์ จำกัด และ คุณอุบลวรรณ บริษัท เสมม์ มหาบุญ จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์สารพัดแทนใจมัน โพลีเด็กซ์โตส และอินนูลิน เพื่อใช้ในการทดลองในวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณ คุณฉัตรทิพย์ ละออสุวรรณ คุณธงชัย พุฒทองศิริ และพี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ ร่วมสถาบันทุกท่านที่คอยเป็นกำลังใจ ให้การสนับสนุน และให้ความช่วยเหลือที่ดีเสมอมา

สุดท้ายขอรำลึกถึงพระคุณของบิดา สมชาย อุไทย มารดา สุภาวดี อุไทย และ น้องชาย จักรกฤษณ์ อุไทยที่ให้การสนับสนุนด้านการศึกษา และให้กำลังใจด้วยดีมาตลอด คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอบอบแต่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

นริศรา อุไทย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VIII
สารบัญภาพ.....	IX
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการทำวิจัย.....	1
1.3 ขอบเขตการวิจัย.....	1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 บรรานี้.....	3
2.1.1 วัตถุดิบที่เป็นส่วนประกอบในการทำผลิตภัณฑ์.....	3
1. แป้งสาลี.....	3
2. ไข่.....	3
3. ไขมัน.....	3
4. น้ำตาล.....	4
5. สารที่ช่วยให้ขึ้นฟู.....	4
6. ผงฟู.....	4
2.2 ข้าว.....	4
2.2.1 คุณสมบัติของข้าวที่แบ่งตามปริมาณอะมิโลส.....	5
2.3 ข้าวกล้อง.....	5
2.3.1 องค์ประกอบต่างๆของข้าวกล้อง.....	5
2.4 กรรมวิธีการผลิตแป้งข้าว.....	6
2.4.1 การ โม่เปลือกหรือการ โม่หน้า.....	6
2.4.2 การ โม่แห้ง.....	6
2.4.3 การ โม่แบบผสม.....	7
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวกับการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งชนิดอื่น ในผลิตภัณฑ์อาหาร.....	8
2.6 สารทดแทนไขมัน.....	9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.6.1 ชนิดของสารทดแทนไขมัน.....	9
2.6.1.1 Fat-based or lipid-based fat replacers.....	9
2.6.1.2 Protein-based fat replacers.....	9
2.6.1.3 Carbohydrate-based fat replacers.....	9
2.6.1.4 Mixed blend.....	10
2.7 มอลโตเด็คซ์ตริน.....	10
2.8 อินนูลิน.....	10
2.9 โพลีเด็คซ์โตส.....	11
2.10 งานวิจัยเกี่ยวกับการใช้สารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์อาหาร.....	11
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ.....	12
3.1 วัสดุและอุปกรณ์.....	12
3.1.1 วัสดุคิบ.....	12
3.1.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำบราวนี่.....	12
3.1.3 เครื่องมือวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์.....	12
3.2 วิธีการทดลอง.....	13
3.2.1 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวกล้องพันธุ์ข้าวคอกมะติ 105.....	13
3.2.1.1 การเตรียมแป้งข้าวกล้อง.....	13
3.2.1.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวกล้อง.....	14
3.2.2 การศึกษาปริมาณของแป้งข้าวกล้องที่เหมาะสมเพื่อใช้ทดแทนแป้งสาลี ในผลิตภัณฑ์บราวนี่.....	14
3.2.2.1 การเตรียมบราวนี่สูตรมาตรฐาน.....	14
3.2.2.2 การศึกษาปริมาณของแป้งข้าวกล้องที่เหมาะสมเพื่อใช้ทดแทนแป้งสาลี ในผลิตภัณฑ์บราวนี่.....	15
3.2.3 การศึกษาปริมาณของมอลโตเด็คซ์ตรินที่ใช้ทดแทนไขมัน ในผลิตภัณฑ์บราวนี่แป้งข้าวกล้อง.....	16
3.2.4 การศึกษาปริมาณของอินนูลินที่ใช้ทดแทนไขมัน ในผลิตภัณฑ์บราวนี่แป้งข้าวกล้อง.....	16
3.2.5 การศึกษาปริมาณของโพลีเด็คซ์โตสที่ใช้ทดแทนไขมัน ในผลิตภัณฑ์บราวนี่แป้งข้าวกล้อง.....	16

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์.....	18
4.1 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105.....	18
4.2 ปริมาณแป้งข้าวกล้องที่เหมาะสมเพื่อใช้ทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์บราวนี่.....	19
4.2.1 การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ.....	19
4.2.2 ผลการทดสอบด้านประสาทสัมผัส.....	20
4.3 ปริมาณสารละลายมอลโตเด็กซ์ตรินที่เหมาะสมเพื่อใช้ทดแทนไขมัน ในผลิตภัณฑ์บราวนี่แป้งข้าวกล้อง.....	24
4.3.1 การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ.....	24
4.3.2 ผลการทดสอบด้านประสาทสัมผัส.....	25
4.4 ปริมาณสารละลายอินนูลินที่เหมาะสมเพื่อใช้ทดแทนไขมัน ในผลิตภัณฑ์บราวนี่แป้งข้าวกล้อง.....	29
4.4.1 การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ.....	29
4.4.2 ผลการทดสอบด้านประสาทสัมผัส.....	30
4.5 ปริมาณ โพลีเด็กซ์โตสที่เหมาะสมเพื่อใช้ทดแทนไขมัน ในผลิตภัณฑ์บราวนี่แป้งข้าวกล้อง.....	34
4.5.1 การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ.....	34
4.5.2 ผลการทดสอบด้านประสาทสัมผัส.....	35
4.6 เปรียบเทียบปริมาณพลังงานจากไขมันของบราวนี่สูตรมาตรฐาน และพลังงานจากไขมันของบราวนี่ที่ใช้สารละลายมอลโตเด็กซ์ตริน สารละลายอินนูลิน และ โพลีเด็กซ์โตสเป็นสารทดแทนไขมัน.....	39
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....	41
บรรณานุกรม.....	42
ภาคผนวก ก.....	45
ภาคผนวก ข.....	53
ภาคผนวก ค.....	57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 ส่วนผสมของบรารวนี้สูตรมาตรฐาน.....	14
4.1 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105.....	18
4.2 ค่าปริมาณจำเพาะและค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์บรารวนี้ที่มีปริมาณ แป้งข้าวกล้องต่างกัน.....	19
4.3 คะแนนความชอบด้านต่างๆของผลิตภัณฑ์บรารวนี้ที่มีปริมาณแป้งข้าวกล้องต่างกัน.....	21
4.4 ค่าปริมาณจำเพาะและค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์บรารวนี้แป้งข้าวกล้องที่มีปริมาณ สารละลายมอลโตเด็กซ์ทรินต่างกัน.....	24
4.5 คะแนนความชอบทางด้านต่างๆของผลิตภัณฑ์บรารวนี้แป้งข้าวกล้องที่มีปริมาณ สารละลายมอลโตเด็กซ์ทรินต่างกัน.....	26
4.6 ค่าปริมาณจำเพาะและค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์บรารวนี้แป้งข้าวกล้องที่มีปริมาณ สารละลายอินนูลินต่างกัน.....	29
4.7 คะแนนความชอบทางด้านต่างๆของผลิตภัณฑ์บรารวนี้แป้งข้าวกล้องที่มีปริมาณ สารละลายอินนูลินต่างกัน.....	31
4.8 ค่าปริมาณจำเพาะและค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์บรารวนี้แป้งข้าวกล้องที่มีปริมาณ โพลีเด็กซ์โตสต่างกัน.....	34
4.9 คะแนนความชอบทางด้านต่างๆของผลิตภัณฑ์บรารวนี้แป้งข้าวกล้องที่มีปริมาณ โพลีเด็กซ์โตสต่างกัน.....	36
4.10 ปริมาณพลังงานของบรารวนี้แป้งข้าวกล้องสูตรมาตรฐานและบรารวนี้แป้งข้าวกล้อง ที่ใช้สารละลายมอลโตเด็กซ์ทริน สารละลายอินนูลิน และ โพลีเด็กซ์โตส เป็นสารทดแทนไขมัน.....	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
3.1 กรรมวิธีการผลิตแป้งข้าวกล้อง.....	13
3.2 กรรมวิธีการผลิตบรวนี่สูตรมาตรฐาน.....	15
4.1 ระดับความเข้มของแต่ละแต่คุณลักษณะของบรวนี่เมื่อทดแทนด้วย ปริมาณแป้งข้าวกล้องที่ต่างกัน.....	20
4.2 ระดับความเข้มของแต่ละแต่คุณลักษณะของบรวนี่ที่ใช้สารละลายมอลโตเด็กซ์ทริน ทดแทนไขมัน.....	25
4.3 ระดับความเข้มของแต่ละแต่คุณลักษณะของบรวนี่ที่ใช้สารละลายอินนูลิน ทดแทนไขมัน.....	30
4.4 ระดับความเข้มของแต่ละแต่คุณลักษณะของบรวนี่ที่ใช้โพลีเด็กซ์โตส ทดแทนไขมัน.....	35



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

บรารวนี้เป็นผลิตภัณฑ์ขนมอบชนิดหนึ่ง ที่ได้รับความนิยมอย่างกว้างขวาง ซึ่งวัตถุดิบหลักในการผลิตบรารวนี้ คือ แป้งสาลี ไขมัน ไข่ น้ำตาลและผงโกโก้ ซึ่งวัตถุดิบส่วนใหญ่เป็นวัตถุดิบที่ผลิตได้ในประเทศ ยกเว้นแป้งสาลีที่ต้องมีการนำเข้าจากต่างประเทศ และงานวิจัยในครั้งนี้จึงได้นำข้าวกล้องมาใช้เป็นทางเลือกหนึ่งในการทดแทนแป้งสาลี เพราะข้าวกล้อง คือ ข้าวที่ผ่านการขัดสีเพียงครั้งเดียว เพื่อให้เปลือกหุ้มเมล็ดหลุดออก ดังนั้นข้าวกล้องจึงมีสารอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการต่อร่างกายมากเช่น วิตามินต่างๆ ธาตุเหล็ก และใยอาหาร เป็นต้น

เนื่องด้วยบรารวนี้เป็นผลิตภัณฑ์ขนมอบที่มีส่วนประกอบของไขมันสูง ทำให้บรารวนี้เป็นอาหารที่นิยมบริโภคในกลุ่มคนบางกลุ่มเท่านั้น จึงได้มีการนำสารทดแทนไขมันมาใช้เพื่อให้พลังงานน้อยลง เพื่อที่จะทำให้ผู้บริโภคหลายกลุ่มได้หันมาบริโภคได้ และในปัจจุบันนี้อาหารเพื่อสุขภาพกำลังเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลาย เนื่องจากคนไทยหันมาให้ความสนใจในสุขภาพร่างกายตัวเองมากขึ้นจึงหันมาดูแลสุขภาพร่างกายโดยการรับประทานอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย

การทำวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องและลดปริมาณไขมัน โดยทำให้เป็นเบเกอรี่ลดปริมาณไขมันเพื่อสุขภาพ และเป็นการส่งเสริมการบริโภคผลิตภัณฑ์จากข้าวกล้อง อีกทั้งยังเป็นการส่งเสริมให้มีการบริโภควัตถุดิบทางการเกษตรที่ผลิตได้ในประเทศ เพื่อลดการนำเข้าแป้งสาลีจากต่างประเทศอีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของการทำวิจัย

1.2.1 ศึกษาปริมาณแป้งข้าวกล้องที่เหมาะสมเพื่อใช้ทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์บรารวนี้

1.2.2 ศึกษาชนิดและปริมาณสารทดแทนไขมันที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์บรารวนี้

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตการวิจัยครั้งนี้ เป็นการศึกษาปริมาณแป้งข้าวกล้องที่เหมาะสมในระดับการทดแทนที่ร้อยละ 0-100 เพื่อใช้ทดแทนแป้งสาลีเพื่อใช้ในผลิตภัณฑ์บรารวนี้และศึกษาชนิดและปริมาณสารทดแทนไขมัน 3 ชนิด คือ มอลโตเด็คซ์ทริน อินนูลิน และโพลีเด็คซ์โตสที่ใช้ในผลิตภัณฑ์บรารวนี้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย

1. เป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ
2. เพื่อส่งเสริมและสนับสนุนให้คนในประเทศหันมาบริโภคผลิตภัณฑ์จากแป้งข้าวกล้อง
3. สร้างองค์ความรู้ใหม่ในการเพิ่มมูลค่าข้าวกล้องให้แก่ผู้ประกอบการและนักวิชาการ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 บราวนี่ (Brownie)

บราวนี่เป็นผลิตภัณฑ์ขนมอบประเภทหนึ่งซึ่งอยู่ในกลุ่มของคุกกี้ มีการบริโภคอย่างแพร่หลายในต่างประเทศและในประเทศไทย ลักษณะที่เด่นชัดของบราวนี่จะมีเนื้อสัมผัสแน่น มีสีน้ำตาลเข้ม ซึ่งเกิดจากผงโกโก้ที่ใส่ลงไปในส่วนผสม ซึ่งจะให้กลิ่นและรสที่เป็นเอกลักษณ์ บราวนี่มีส่วนผสมแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะคือ ส่วนผสมที่ช่วยเป็นโครงสร้างของบราวนี่ ได้แก่ แป้ง ไข่ และส่วนที่ให้ความนุ่มแก่บราวนี่ ได้แก่ น้ำตาล ไขมัน และผงฟู นอกจากนี้ยังมีส่วนผสมอื่นที่ช่วยในการปรุงแต่งกลิ่นรสให้กับบราวนี่ เช่น ผงโกโก้ สารให้กลิ่นรสต่างๆ ถั่วต่างๆ และช็อกโกแลตชิพ เป็นต้น

2.1.1 วัตถุดิบที่เป็นส่วนประกอบในการทำบราวนี่

1. แป้งสาลี

แป้งสาลีเป็นแป้งที่ใช้ทำเบเกอรี่ทุกชนิด ทั้งนี้เพราะแป้งสาลีมีโปรตีนสองชนิดที่รวมกันอยู่ในสัดส่วนที่เหมาะสม คือ กลูเตนินและไกลอะดลิน ซึ่งเมื่อนำแป้งสาลีมาผสมกับน้ำในอัตราส่วนที่เหมาะสมจะทำให้เกิดสารชนิดหนึ่งเรียกว่า กลูเตน มีลักษณะเป็นยางเหนียว ยืดหยุ่นได้ กลูเตนนี้จะเป็นตัวเก็บก๊าซไว้ให้เกิดโครงสร้างที่จำเป็นของผลิตภัณฑ์เบเกอรี่

2. ไข่

ไข่ที่ใช้ทำผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ส่วนมากใช้ไข่ไก่ โดยปกติใช้ไข่ทั้งฟอง ไข่แดงจะช่วยสร้างโครงสร้างและเพิ่มความอ่อนนุ่มแก่ผลิตภัณฑ์ เนื่องจากไข่แดงมีไขมันสูง ไข่ขาวช่วยสร้างโครงร่างของขนมเพราะมีโปรตีนที่สามารถตีให้ขึ้นฟูได้ ทั้งไข่ขาวและไข่แดงช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีความชุ่มชื้น (วนิดา มะขมทอง, 2546) นอกจากนี้ไข่ยังช่วยให้ผลิตภัณฑ์ขึ้นฟูเนื่องจากอากาศที่เก็บไว้ในระหว่างการตี ช่วยทำให้เกิดสีเหลืองและกลิ่นรสในผลิตภัณฑ์และยังทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณค่าทางโภชนาการอีกด้วย (จิตรนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล, 2546)

3. ไขมัน

หน้าที่ของไขมันในส่วนผสมของบราวนี่ คือ ช่วยเก็บอากาศในขณะที่ตีส่วนผสม ทำให้ขึ้นฟูช่วยในการแทรกตัวระหว่างโปรตีนและสคาร์ช ทำให้เนื้อเนียนลื่น ซึ่งมีผลต่อความนุ่มของบราวนี่ และถ้าไขมันที่ใช้คุณสมบัติเป็นอิมัลซิไฟเออร์ก็จะช่วยให้ส่วนผสมที่เป็นของเหลวเข้ากับส่วนผสมอื่นได้ดี จึงทำให้บราวนี่มีความชุ่มชื้น และอ่อนตัวนุ่มมากกว่าเดิม การที่มีฟองอากาศในเนื้อเค้กขนาดเล็กและสม่ำเสมอ เป็นสิ่งที่ต้องการเพราะเนื้อเค้กจะนุ่มและมีรูอากาศที่ละเอียด(จิตรนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล, 2546)

4.น้ำตาล

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

5.สารที่ช่วยให้ขึ้นฟู

1. เบกกิ้งโซดา (Baking soda) หรือโซเดียมไบคาร์บอเนต เป็นสารเคมีที่เมื่อได้รับความร้อนจะสลายตัวให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ถ้าใช้แต่เพียงอย่างเดียวจะมีผลเสียคือสารตกค้างอยู่ในผลิตภัณฑ์ และถ้าใช้ในปริมาณมากก็จะมีสารตกค้างอยู่มาก ทำให้ผลิตภัณฑ์มีรสเฝื่อน

2. ผงฟู (Baking powder) เป็นสารที่ช่วยให้ผลิตภัณฑ์ขึ้นฟูที่ผลิตขึ้นจากการผสมของเบกกิ้งโซดาหรือไบคาร์บอเนตกับสารเคมีที่ทำหน้าที่เป็นกรด ซึ่งในการผสมจะเค็มแป้งข้าวโพดลงไปด้วยส่วนหนึ่งเพื่อป้องกันไม่ให้สารทั้งสองชนิดนี้สัมผัสกันโดยตรง ซึ่งจะทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีขึ้นได้ (จิตรนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล, 2546)

6.ผงโกโก้ (Cocoa powder)

เป็นผลิตภัณฑ์จากโกโก้ที่มีการแยกเอาโกโก้บัตเตอร์ออกไป แต่ยังมีไขมันเหลืออยู่ไม่ต่ำกว่า 20% ผงโกโก้แบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ ผงโกโก้ธรรมชาติและผงโกโก้หวาน ใช้สำหรับนำมาแต่งกลิ่นรสและให้สีน้ำตาลของผลิตภัณฑ์ขนมอบ

2.2 ข้าว

ข้าวมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Oryza sativa* Linn. วงศ์ Graminea ข้าวที่มีถิ่นกำเนิดในประเทศไทย ได้แก่ ข้าวกลุ่มอินดิกา มีลักษณะข้าวเมล็ดยาว หรือยาวปานกลางข้าวจะมีลักษณะเนื้อของเมล็ดข้าวสารใส เมื่อนำมาหุงข้างสุกจะไม่เกาะติดกัน เนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อเมล็ดข้าวที่เป็นคาร์โบไฮเดรตประเภทสตราซ์ ซึ่งประกอบด้วยอะมิโลสและอะมิโลเพกติน โดยถ้าปริมาณอะมิโลสต่ำ เช่น ร้อยละ 7-10 ข้าวจะสุกนุ่ม แต่ถ้าปริมาณอะมิโลสสูงขึ้น เช่น ร้อยละ 33 ก็จะมีความร่วน และแข็งเพิ่มขึ้น (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2547)

ข้าวดอกมะลิ 105 (Jasmine Rice 105 Variety) เป็นข้าวหอมมะลิที่มีคุณภาพดีเป็นที่ของตลาดทั้งในประเทศไทยและนอกประเทศเพราะมีความหอมรสชาติอร่อย ลักษณะข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นพันธุ์ข้าวพื้นเมือง ดันสูง มีลักษณะพิเศษ คือ เมล็ดข้าวใส ยาวเรียวยาว และมีกลิ่นหอม เป็นที่นิยมบริโภคทั่วไป ในปัจจุบัน ข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นข้าวเจ้าคุณภาพดี เนื่องจากเมื่อหุงแล้วจะบาน อ่อนนุ่มและมีกลิ่นหอมที่เกิดจากสาร 2-Acetyl-1-Pyrroline ซึ่งเป็นคุณภาพของข้าวไทย และข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสต่ำประมาณ ร้อยละ 10-20

2.2.1 คุณสมบัติของข้าวที่แบ่งตามปริมาณอะมิโลส (กัมปนาท มุขดี, 2533)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ปริมาณอะมิโลสต่ำ มีน้อยกว่าร้อยละ 10-20 เป็นพวกข้าวหอม ร้อยละ 1-2 ลักษณะข้าวสุกเหนียวมาก ปริมาณอะมิโลส ร้อยละ 2-20 ข้าวสุกเหนียวนุ่ม เช่น พันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ ข้าวญี่ปุ่น ข้าวลูกผสม กข.15
2. ปริมาณอะมิโลสปานกลาง ประมาณร้อยละ 20-25 เป็นพวกข้าวตาแห้ง ข้าวสุกมีลักษณะนุ่มก่อนข้าวเหนียว เช่น พันธุ์ปากหม้อ 148 พันธุ์ข้าวตาแห้ง 17 พันธุ์ กข. 7 พันธุ์ กข.23 พันธุ์สุพรรณบุรี 60
3. ปริมาณอะมิโลสสูง มีปริมาณอะมิโลสร้อยละ 25-34 เป็นข้าวแข็ง และหุงขึ้นหม้อ เช่น ข้าวเหลืองประทิว ปิ่นแก้ว 56 เล็บมือนาง 111 เป็นต้น

2.3 ข้าวกล้อง

ข้าวกล้อง หมายถึง ข้าวที่ได้จากการนำข้าวเปลือกมาแกะเอาเปลือกออกเท่านั้น ข้าวที่ได้จะมีสีขาวขุ่น บ้างมีน้ำตาลปนแดงมากน้อยขึ้นอยู่กับพันธุ์ข้าว (ปราณี วราสวัสดิ์, 2534)

ข้าวกล้องเป็นข้าวที่ได้จากการสีเอาเปลือกออกเพียงอย่างเดียว การสีโดยใช้เครื่องจักรเป็นการสีเพียงเพื่อให้เปลือกออกมา การสีเพียงแค่นี้เปลือกออกทำให้เมล็ดข้าวไม่ได้รับการกระทบกระเทือนมากทำให้มีเชื้อเมล็ดและส่วนที่เป็นจมูกข้าวยังคงอยู่ ซึ่งส่วนนี้จะเป็นส่วนที่มีคุณค่าทางโภชนาการและเป็นประโยชน์ต่อร่างกาย

สีของข้าวกล้อง เป็นสีที่อยู่บริเวณเยื่อหุ้มเปลือก (Pericarp) ข้าวกล้องมีสีต่างๆกัน ตั้งแต่ขาวแดง น้ำตาลเข้ม น้ำตาลเทา แต่ส่วนของเอนโดสเปิร์ม (Endosperm) ของข้าวทุกชนิดจะมีสีขาวเสมอ

2.3.1 องค์ประกอบต่างๆของข้าวกล้อง (Juliano, 1993 ; สมวงษ์ ตระกูลรุ่ง, 2548)

ก.คาร์โบไฮเดรต แบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม คือ

- 1) สตาร์ชมีปริมาณสูงสุดร้อยละ 90 ของน้ำหนัก มีปริมาณอะมิโลสร้อยละ 7-33 ของน้ำหนักแห้ง หรือร้อยละ 8-37 ของน้ำหนักเปียก
- 2) เฮมิเซลลูโลส พบมากในรำละเอียด รำข้าว และจมูกข้าว ในข้าวกล้องมีเฮมิเซลลูโลส ร้อยละ 1.43-2.08 และข้าวขาวมีร้อยละ 0.61-10.9
- 3) เซลลูโลส ส่วนใหญ่พบอยู่ในชั้นรำ รำละเอียดมีอยู่ร้อยละ 60 จมูกข้าวมีอยู่ร้อยละ 4 รำข้าวขาวมีร้อยละ 7 และข้าวขาวมีร้อยละ 27
- 4) น้ำตาลอิสระ พบมากในจมูกข้าวและเนื้อแป้ง ประกอบด้วยน้ำตาลซูโครส และน้ำตาลราฟิโนส โดยมีน้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลฟรุกโตสเล็กน้อย ข้าวกล้องมีน้ำตาลอิสระร้อยละ 0.83-1.36

ข.โปรตีน โปรตีนเป็นส่วนประกอบที่มีมากเป็นอันดับสองรองจากแป้ง ในรำข้าว

ละเอียดมีร้อยละ 14 รำข้าวขาวมีร้อยละ 3 และในข้าวขาวมีร้อยละ 83 ข้าวกล้องมีปริมาณโปรตีนประมาณร้อยละ 7-12 การขัดสีข้าวกล้องจนมีสีขาวจะทำให้สูญเสียโปรตีนไปประมาณร้อยละ 30

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้คิดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก. ไขมัน (Fat) ไขมันของข้าวกล้องมีประมาณร้อยละ 1.6-2.8 และในส่วนของไขมันมีประมาณร้อยละ 80 อยู่ในรำ ไขมันจากทุกส่วนของเมล็ดจะมีองค์ประกอบคล้ายคลึงกัน ไม่ว่าจะสกัดจากข้าวเหนียวหรือข้าวเจ้า กรดไขมันส่วนใหญ่เป็นกรดโอเลอิก(Oleic) ลิโนเลอิก(Linoleic) และพาลมิติก(Palmitic) ไขมันคิบของข้าวมีสาร Antioxidant อยู่คือ โอริซานอล (Oryzanol) และโทโคฟีรอล (Tocopherols หรือ วิตามินอี)

ง. วิตามิน (Vitamin) วิตามินต่างๆมีมากตามผิวของเมล็ด คั้นน้ันการขัดสีข้าวเป็นข้าวสารซึ่งเหลือแต่เอน โคสเปอร์มจึงทำให้สูญเสียวิตามินไปทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระดับการสี ข้าวสารที่สีจนเป็นเมล็ดขาวสวยจึงมีวิตามินเหลืออยู่เพียงเล็กน้อย ในระหว่างการเก็บวิตามินบีบาง ส่วนจะสูญเสียไปโดยเฉพาะการเก็บข้าวสารในอุณหภูมิสูงจะสูญเสียวิตามินมากกว่าการเก็บในสภาพข้าวเปลือกหรือที่อุณหภูมิต่ำ

2.4 กรรมวิธีการผลิตแป้งข้าว

การผลิตแป้งข้าวทำได้ 3 วิธี (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2547)

2.4.1 การไม่เปียกหรือการไม่น้ำ

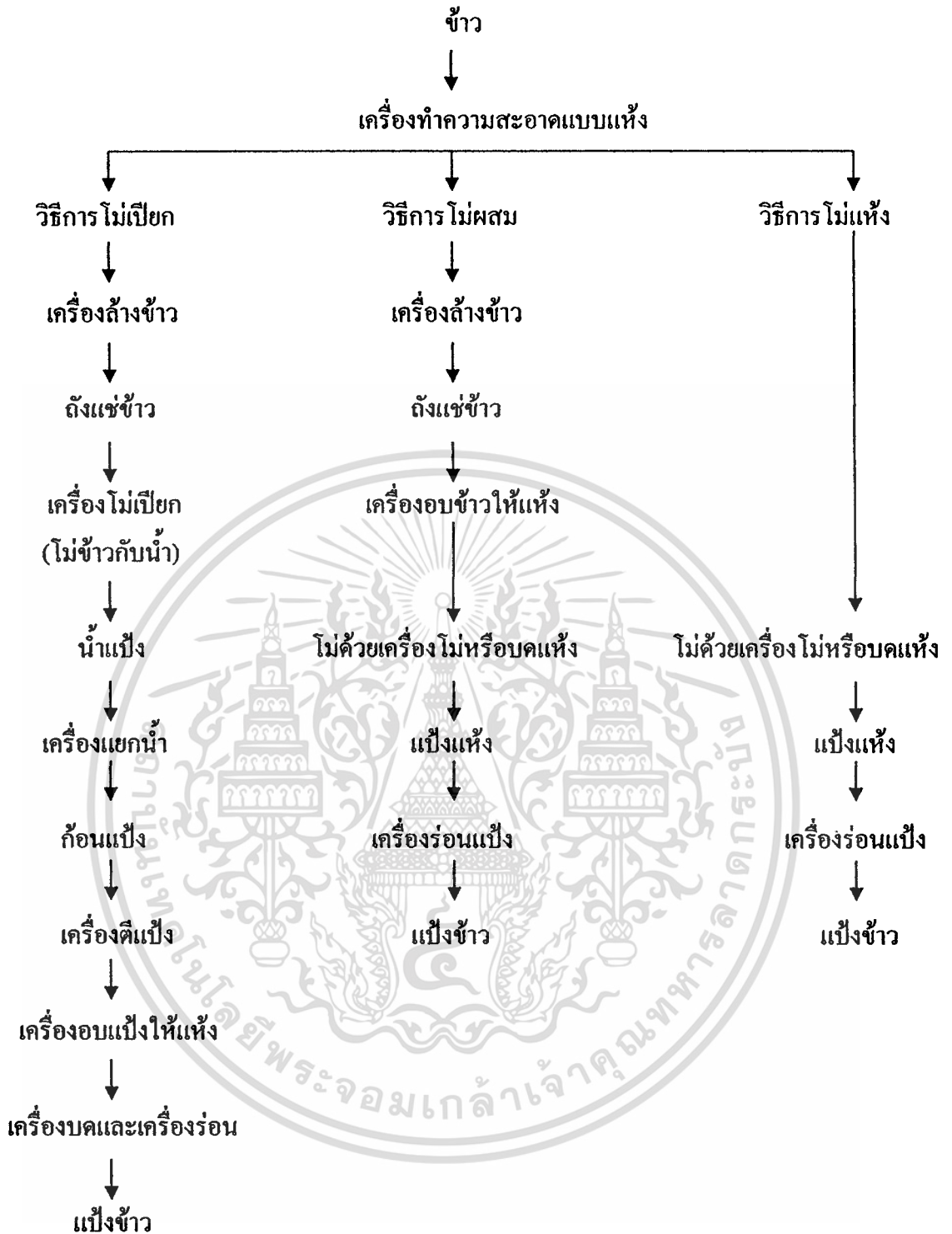
เป็นวิธีที่ใช้ในการผลิตแป้งข้าวเป็นส่วนใหญ่ในประเทศไทย เนื่องจากข้าวยังมีสิ่งเจือปนมาก จึงต้องทำความสะอาดในระบบแห้ง ด้วยเครื่องแยกชนิดต่างๆ แล้วยังต้องล้างด้วยน้ำให้สะอาด จากนั้นแช่ข้าวจนนุ่ม แล้วทำการ โม่ด้วยเครื่องแบบหินจาน

2.4.2 การไม่แห้ง

เป็นการนำข้าวที่ผ่านระบบการทำความสะอาดแบบแห้งมาผ่านกระบวนการผลิตแป้งโดยใช้เครื่อง โม่หรือบดแป้งเป็นผง

2.4.3 การไม่แบบผสม

มีขั้นตอนการ โม่คล้ายกับวิธี โม่เปียกในช่วงการล้างข้าว และแช่ข้าวจนนุ่ม ต่อจากนั้นนำข้าวไปอบในเครื่องอบแห้งให้ข้าวแห้งในระดับหนึ่ง อาจจะประมาณ 15-17% จึงนำข้าวมาบดหรือ โม่แบบแห้ง กรรมวิธีการ โม่จะผสมระหว่างโม่เปียกกับโม่แห้งเข้าด้วยกัน จึงเรียกว่าการ โม่แบบผสม กรรมวิธีการ ผลิตแป้งข้าวทั้ง 3 วิธี แสดงดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 กรรมวิธีการผลิตแป้งข้าว

ที่มา : อรอนงค์ นัยวิกุล (2547)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 งานวิจัยเกี่ยวกับการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งชนิดอื่นในผลิตภัณฑ์อาหาร

พรวิมล ปันทยา(2545) ได้พัฒนาขนมปังจากแป้งสาลีผสมแป้งข้าวหอมมะลิ โดยผสมแป้งสาลีและแป้งข้าวหอมมะลิในอัตราส่วน 100:0, 80:20, 70:30, และ 60:40 พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมในการพัฒนาขนมปังคือ อัตราส่วน 70:30 และพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งข้าวหอมมะลิปริมาตรของขนมปังลดลง เมื่อนำขนมปังมาวัดค่าคุณภาพ พบว่า ขนมปังมีค่าความแข็ง 6.92 นิวตัน ปริมาตรจำเพาะ 3.30 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกรัม จุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราในขนมปังน้อยกว่า 100 CFU/กรัม

มาลี ชิมศรีสกุล และ กมลทิพย์ สัจจาอนันกุล(2546) ศึกษาการใช้แป้งมันสำปะหลังทดแทนแป้งสาลีบางส่วนในผลิตภัณฑ์เค้กชิฟฟอน ปริมาณการทดแทนที่ระดับ ร้อยละ 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 และ 40 พบว่าค่าความถ่วงจำเพาะและค่าความชื้นหนืดของบัตเตอร์ ปริมาตรเค้กลักษณะเซลล์ภายในมีความสัมพันธ์กับระดับการทดแทนแป้งสำปะหลัง โดยเค้กที่ผลิตได้ระดับการทดแทนที่ร้อยละ 35 ยังมีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ที่พอใจ

ศิริจันทร์ ผาติบัณฑิต และ วรชนิ ยิ่งเจริญ(2540) ศึกษาการนำแป้งได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวโพด แป้งข้าวเจ้า เพื่อใช้ทดแทนในผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้ก พบว่าแป้งทั้ง 3 ชนิด สามารถทดแทนแป้งสาลีได้สูงสุดถึงร้อยละ 50 โดยยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค อายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กที่ได้จากการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งสามชนิดในอัตราส่วนร้อยละ 50 พบว่าที่อุณหภูมิห้องสามารถเก็บได้เพียง 2 วัน ในขณะที่อุณหภูมิเย็น(4 °C) สามารถเก็บได้นานกว่า 1 เดือน

สิรินาถ ตัณฑเกษม(2540) ศึกษาการนำแป้งเผือกมาทดแทนแป้งสาลีบางส่วนในผลิตภัณฑ์เค้กเนยและเค้กชิฟฟอน โดยแปรปริมาณการทดแทนเป็น 4 ระดับคือ ร้อยละ 20 40 60 และ 80 โดยน้ำหนักแป้งพบว่าสามารถใช้แป้งเผือกทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์เค้กเนยและเค้กชิฟฟอน ได้ในปริมาณร้อยละ 40

อรอนงค์ นัยวิกุล และคณะ(2544) ได้พัฒนาผลิตภัณฑ์ซาลาเปาจากแป้งข้าวทดแทนแป้งสาลีโดยการใช้แป้งข้าวเหลือง 11 แป้งข้าวกล้องเหลือง 11 และแป้งข้าวหอมนิล จากการทดลองพบว่าเมื่อปริมาณแป้งข้าวเพิ่มขึ้นทำให้ซาลาเปามีปริมาตรจำเพาะลดลงและมีค่าความแข็งเพิ่มมากขึ้น ซึ่งระดับการทดแทนแป้งข้าวทั้ง 3 ชนิดที่เหมาะสมคือ 40%

2.6 สารทดแทนไขมัน (Fat replacers)

สารทดแทนไขมันเป็นสารที่ผสมอาหารที่ใช้ทดแทนไขมัน มีพลังงานน้อยกว่าไขมันหรือไม่ให้พลังงานเพราะไม่สามารถย่อยได้ในทางเดินอาหารจึงไม่ถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกายซึ่งจะมีคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีคล้ายกับไขมัน เช่น ความลื่น (Lubricity) ความมัน (Creamyness) ความนุ่ม (Tenderness) การทาติดอาหาร (Spreadability) ให้กรดไขมันจำเป็นช่วยในการยึดอายุในการเก็บรักษา เป็นต้น โดยสารทดแทนไขมันจะต้องไม่มีกลิ่นรส หรือถ้ามีต้องไม่ทำให้อาหารมีกลิ่นรสหรือเนื้อสัมผัสไม่เป็นที่ยอมรับ

2.6.1 ชนิดของสารทดแทนไขมัน สามารถแบ่งตามโครงสร้างได้ 4 กลุ่มคือ

2.6.1.1 Fat-based or lipid-based fat replacers เป็นสารทดแทนไขมันที่มีโครงสร้างคล้ายไขมันหรือไตรกลีเซอไรด์ คือมีกรดไขมัน แต่อาจจะจับกับสารอื่นที่ไม่ใช่กลีเซอรอลเหมือนไตรกลีเซอไรด์ ซึ่งจากกระบวนการทางเคมีทำให้ร่างกายไม่สามารถย่อยและดูดซึมได้ จึงไม่ให้พลังงาน ตัวอย่างสารทดแทนไขมันในกลุ่มนี้ได้แก่ Caprenin, Olestra, Salatrim เป็นต้น (มลศิริ วัชรโรทัย, 2545 ; Jones, 1996)

2.6.1.2 Protein-based fat replacers เป็นสารทดแทนไขมันที่ทำมาจากโปรตีนนม, ไข่, ถั่วเหลือง, ข้าวสาลี ที่ผ่านให้ความร้อนเพื่อให้โปรตีนตกตะกอน และผ่านการบดผสม เพื่อทำให้โปรตีนเป็นเม็ดเล็กๆ กลม ผิวเรียบ ขนาดเล็กมากทำให้ลิ้นไม่สามารถรู้สึกได้ว่าเป็นอนุภาคขนาดเล็ก แต่จะให้ความรู้สึกว่าเป็นของเหลวลื่นเหมือนครีม มีความสามารถในการรวมตัวกับน้ำ และทำให้คุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัสและความรู้สึกในปากคล้ายไขมัน (มลศิริ วัชรโรทัย, 2545; Khan, 1993) ตัวอย่างสารทดแทนไขมันในกลุ่มนี้ได้แก่ Whey protein Isolate, Soy protein Isolate เป็นต้น (Jones, 1996)

2.6.1.3 Carbohydrate-based fat replacers เป็นสารทดแทนไขมันที่ทำมาจากสารจำพวกแป้ง และคาร์โบไฮเดรตมี ประมาณ 40 ชนิด ซึ่งสารจะมีคุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัส หรือความรู้สึกภายในปากคล้ายกับไขมัน เหมาะสำหรับใช้ในผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบอยู่มาก หรือผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นสูง เช่น เค้ก, มัฟฟิน เป็นต้น เพราะมีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำหรือรวมตัวกับน้ำได้ดี และก่อให้เกิดลักษณะเป็นเจลคล้ายไขมัน สารทดแทนไขมันที่ดีมักจะประกอบด้วยแป้งตัดแปรต่างๆ และไฮโดรคอลลอยด์ (Gums) (Alexander, 1995; Kamel and Stauffer, 1993; Khan, 1993; Yackle and Cox, 1992) ได้แก่ Maltodextrin, Oatrim, Starch, Inulin, Z-trim, Gums เป็นต้น

2.6.1.4 Mixed blend เนื่องจากสารทดแทนไขมันในปัจจุบันยังไม่มีสารตัวใดที่มีคุณสมบัติคล้ายไขมันทุกประการ ดังนั้นในทางปฏิบัติจึงนิยมใช้สารทดแทนหลายชนิดผสมกันเพื่อให้ได้คุณสมบัติตามต้องการ เพราะเมื่อนำไขมันออกจากอาหารจะต้องใช้สารทดแทนไขมันเพื่อทดแทนทั้งมวลและหน้าที่ทั้งหมดของไขมัน ตัวอย่างสารทดแทนไขมันในกลุ่มนี้มีชื่อทางการค้า เช่น Prolestra, Optamate, Novagel BK213 เป็นต้น (มลศิริ วัชรโรทัย, 2545)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 มอลโตเด็คซ์ตริน (Maltodextrin)

มอลโตเด็คซ์ตริน คือ ผลิตภัณฑ์แปรรูปที่ได้จากการไฮโดไลซ์แป้งด้วยกรดและ/หรือเอนไซม์แอลฟา - อะไมเลส เป็นสารที่ไม่มีรสหวาน เป็นสารโพลีเมอร์ของน้ำตาลที่ประกอบไปด้วย D-Glucose Unit เชื่อมด้วยพันธะ α -1,4 มีค่า Dextrose Equivalent (DE) ต่ำกว่า 20

มอลโตเด็คซ์ตรินเวลาที่จะนำมาใช้จะเตรียมในรูปของเจล หรือสารละลาย โดยมีอัตราส่วนน้ำต่อมอลโตเด็คซ์ตริน (3:1) โดยปกติมอลโตเด็คซ์ตรินจะให้พลังงาน 4 กิโลแคลอรี ต่อ 1 กรัม และถ้านำมาทำให้อยู่ในรูปของเจล หรือ สารละลายจะให้พลังงานต่ำเพียง 1 กิโลแคลอรี ต่อ 1 กรัม (Frye and Setser, 1993)

มอลโตเด็คซ์ตรินที่ DE ต่ำ ที่ระดับร้อยละ 20-25 จะให้เนื้อสัมผัสที่คล้ายกับไขมันในผลิตภัณฑ์เค้ก มัฟฟิน และชีสเค้ก (เกอกลู ปิยะจอมขวัญ, 2546) ผลิตภัณฑ์มอลโตเด็คซ์ตริน มีค่า DE ต่ำกว่า 20 สามารถนำมาประยุกต์ใช้สำหรับผลิตภัณฑ์ไขมันต่ำ

หน้าที่ของ Maltodextrin คือ จับน้ำ ดูดความชื้น ทำให้เกิดความเหนียวและมีความสามารถในการเป็น Bulking Agent ทำให้เกิดความมันลื่น ซึ่งสามารถใช้ได้ในผลิตภัณฑ์ขนมอบ เช่น เค้ก มัฟฟิน และ Soft cookies (Nanaka, 1997)

2.8 อินนูลิน (Inulin)

อินนูลิน คือ สาร โพลีแซคคาไรด์ (Polysaccharide) ที่พืชเก็บไว้เป็นอาหาร พบในพืชมากกว่า 36000 ชนิด เช่น ชิโครี (Chicory root), หัวหอม, กลัวย, กระเทียม เป็นต้น (มลศิริ วัชโรทัย, 2545) ซึ่งปัจจุบัน อินนูลินที่ใช้ในทางการค้าจะทำมาจาก Chicory root มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Cicorium intybus*

โครงสร้างทางเคมีของอินนูลิน คือ พอลิเมอร์ของฟรุกโตสที่เชื่อมต่อกันเป็นเส้นตรงที่ตำแหน่งเบต้า 2,1 (β -2,1 linked polyfructan) ซึ่งไม่สามารถย่อยได้ด้วยน้ำย่อยในร่างกายมนุษย์และสัตว์ชั้นสูง โดยปลายด้านหนึ่ง คือกลูโคสที่เชื่อมต่อกับฟรุกโตสในลักษณะการเชื่อมของซูโครส มีโครงสร้างเป็น GF_n (G=กลูโคส, F=ฟรุกโตส, n=จำนวนโมเลกุลของฟรุกโตส) (Gibson, 1999; Niness, 1999) จำนวนหน่วยของฟรุกโตสที่เชื่อมซึ่งกันและกัน ในอินนูลินที่มีอยู่ระหว่าง 2 และมากกว่า 60 โดยประมาณ 70% ของโมเลกุลอินนูลินของชิโครีจะมีค่า Degree of polymerization (DP) > 10

คุณสมบัติของอินนูลินเมื่อผสมกับน้ำจะมีลักษณะคล้ายตาข่าย และเกิดลักษณะเป็นเจลที่มีโครงสร้างเป็นคริมสีขาวสามารถใช้ทดแทนไขมันได้ในปริมาณมาก ซึ่งโครงสร้างตาข่ายนี้จะเกิดเป็นแบบ 3 มิติ โดยน้ำปริมาณมากจะถูกตรึงอยู่ในโครงสร้างดังกล่าว ทำให้เกิดความคงตัวทางกายภาพ และผลึกจะไม่แตกแยกออกจากกันสามารถรวมตัวกันทำให้เกิดเนื้อสัมผัสเป็นคริมเนียนคล้ายไขมันมาก โดยพบว่าอินนูลินที่มีค่า DP ต่ำสามารถใช้เป็นสารทดแทนไขมันและปรับปรุงเนื้อสัมผัสในผลิตภัณฑ์ได้มากมาย เช่น ผลิตภัณฑ์ขนมอบ ไล้ขนมต่างๆ ผลิตภัณฑ์นม เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 โพลีเด็คซ์โตส (Polydextrose)

โพลีเด็คซ์โตสประกอบด้วย กลูโคส โพลีเมอร์ ซอบิทอล และ กรดซิตริก ในอัตราส่วน 89:10:1 โพลีเด็คซ์โตส มี 4 รูปแบบคือ ผงหยาบ ผงละเอียด รูปสารละลาย และเป็นฝุ่นผงละเอียดมาก โพลีเด็คซ์โตส มีลักษณะเป็นผงสีขาว- สีน้ำตาลอ่อน ละลายน้ำได้ดี และให้สารละลายที่มีความข้นหนืด ไม่ให้รสหวาน หากใช้ในปริมาณสูงจะให้รสขม มี pH 2.5-3.5 สามารถใช้แทนไขมันบางส่วนในผลิตภัณฑ์อาหาร จะช่วยให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะเนื้อสัมผัส ความรู้สึกเมื่อรับประทาน (mouthfeel) เพิ่มขึ้น รวมทั้งช่วยลดความชื้น และช่วยชะลอการเกิดสเตลลิงในผลิตภัณฑ์ขนมอบ โพลีเด็คซ์โตส จะถูกย่อยได้เพียงบางส่วนในร่างกายให้พลังงาน 1 kcal/g (4.2 kJ/g) ดังนั้นจะช่วยลดพลังงานจากไขมันได้ร้อยละ 11 นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมอบ เช่น เค้ก ขนมปัง โดนัท และลูกกวาด ไอศกรีม น้ำสลัด โยเกิร์ต เป็นต้น (Setser and Racette, 1992)

2.10 งานวิจัยเกี่ยวกับการใช้สารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์อาหาร

Frye and Setser (1991) ได้ประเมินการใช้ Bulking Agent 6 ชนิดได้แก่ Sorbital, Hydrogenated Starch , Hydrolysate mixer, Lysitol, Isomalt 18 DE Maltodextrin และ Polydextrose แทนที่ไขมันใน Yellow Cake เพื่อลดพลังงานพบว่าถ้าสำหรับ Maltodextrin และ Polydextrose จะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้เปลือกนุ่ม

มัชฌิมาพร จันทวุฒิ และ อังคณา โภคะกุล (2539) ได้ทดลองใส่สารทดแทนไขมัน Maltodextrin และ Polydextrose แทนที่ Shortening ในเค้กช็อกโกแลตที่ระดับร้อยละ 50 และร้อยละ 70 จากการทดลองพบว่าการใช้สารทดแทนไขมัน Maltodextrin ที่ระดับร้อยละ 50 จะให้เค้กมีคุณภาพใกล้เคียงกับเค้กที่มีไขมันเต็มมากที่สุด

เพ็ญศรี วงศ์จันทร์เพ็ญ (2541) ได้ศึกษาสารทดแทนไขมันที่มีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบ 3 ชนิดคือ โพลีเด็คซ์โตส มอลโตเด็คซ์ตริน และ N-Lite B[®] โดยแทนที่ไขมันในสูตรที่ระดับ 20, 40, 60, 80 และร้อยละ 100 โดยน้ำหนักไขมันในผลิตภัณฑ์บัตเตอร์เค้ก ผลการทดลองพบว่า การแทนที่ไขมันด้วยสารทดแทนไขมันทำให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ลดลงเมื่อระดับการแทนที่เพิ่มขึ้นและสามารถทดแทนมอลโตเด็คซ์ตรินร้อยละ 60 โดยน้ำหนักไขมัน โดยมีปริมาณและการยอมรับรวมสูงกว่าสารทดแทนไขมันชนิดอื่นๆ คือโพลีเด็คซ์โตส และ N-Lite B[®]

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

3.1.1 วัตถุดิบ

- 3.1.1.1 แป้งสาลีเอนกประสงค์ ตราว่าว
- 3.1.1.2 ข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105
- 3.1.1.3 น้ำตาลทราย ตรามิตรผล
- 3.1.1.4 ไข่ไก่เบอร์สอง ฟองละ 60 กรัม
- 3.1.1.5 เนยสด ตราออร์คิด
- 3.1.1.6 ผงฟูตรา อิมพีเรียล
- 3.1.1.7 กลิ่นวานิลลา ตราวินเนอร์
- 3.1.1.8 มอลโตเด็กซ์ตริน ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท เกรน โพรเซสซิง จำกัด
- 3.1.1.9 อินนูลิน ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท เฮมม์ มหานคร จำกัด
- 3.1.1.10 โพลีเด็กซ์โตส ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท เบอริชุกเกอร์ จำกัด
- 3.1.1.11 ฟิล์มพลาสติกชนิด OPP (oriented polypropylene) ขนาด 6×9 นิ้ว ความหนา 45 ไมครอน ของบริษัทควอลิตี้ แพคพรีนติ้ง 2000 จำกัด

3.1.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำบราวนี่

- 3.1.2.1 เครื่องผสมไฟฟ้า ยี่ห้อ Kitchen aid รุ่น Hobart Cooperation
- 3.1.2.2 เตาอบไฟฟ้า
- 3.1.2.3 เครื่องชั่ง
- 3.1.2.4 อ่างผสม
- 3.1.2.5 ที่ร่อนแป้ง
- 3.1.2.6 ถาดสี่เหลี่ยมสำหรับอบบราวนี่ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9×11 นิ้ว
- 3.1.2.7 พายยาง
- 3.1.2.8 กระดาษไข

3.1.3 เครื่องมือวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์

- 3.1.3.1 เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Metter Toledo AJ100, Switzerland)
- 3.1.3.2 ตู้อบลมร้อน (Memmert ,รุ่น 854, Germany)

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
3.1.3.3 เครื่องวัดความชื้น (HR-73, Metter Toledo, Switzerland) นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

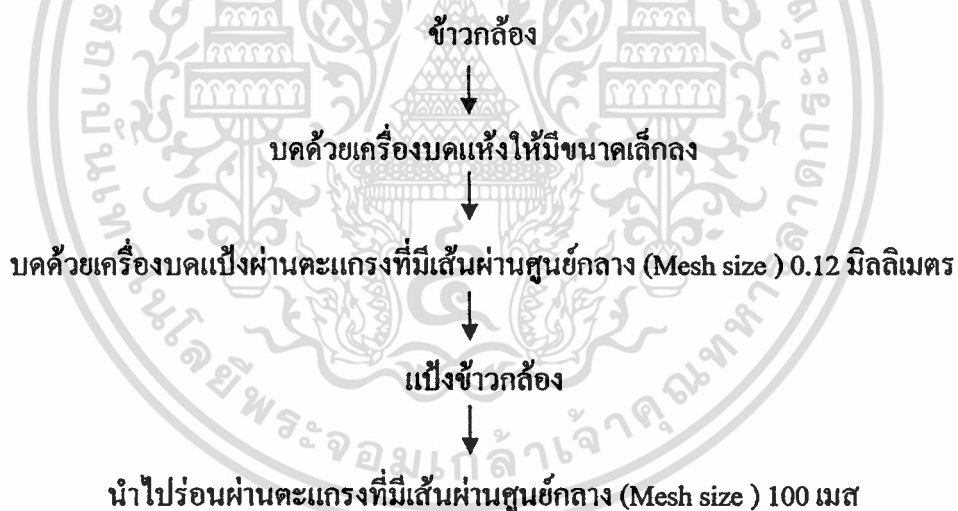
- 3.1.3.4 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (texture analyzer, TA-XT2i,England)
- 3.1.3.5 เครื่องวิเคราะห์ใยอาหาร(dietary fiber) (Velp รุ่น CSF6, Italy)
- 3.1.3.6 เครื่องสกัดไขมัน (Buchi 810,Germany)
- 3.1.3.7 เครื่องสกัดโปรตีน (Buchi Distillation Unit B-316,Germany)
- 3.1.3.8 เครื่องบดแป้ง (Restsch ZM 1000, Germany)

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวกล้องพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105

3.2.1.1 การเตรียมแป้งข้าวกล้อง

โดยการนำข้าวกล้องพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 มาผ่านกระบวนการผลิตแป้งโดยเป็นวิธีผลิตแบบไม่แห้ง ดังภาพที่ 3.1 จากนั้นนำไปบรรจุในถุงโพลีโพรพิลีนชนิดหนา ขนาด 6×9 นิ้ว ถุงละ 100 กรัม ปิดผนึกภายใต้สุญญากาศด้วยเครื่อง vacuum package เก็บรักษาไว้ในตู้เย็นเพื่อใช้ในการทดลองต่อไป



ภาพที่ 3.1 กรรมวิธีการผลิตแป้งข้าวกล้อง

ที่มา: อรอนงค์ นัยวิกุล (2547)

3.2.1.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวกล้อง

- 1) ปริมาณความชื้น (A.O.A.C. 2000)
- 2) ปริมาณโปรตีน (A.O.A.C. 2000)
- 3) ปริมาณไขมัน (A.O.A.C. 2000)
- 4) ปริมาณใยอาหาร (A.O.A.C. 2000)

3.2.2 การศึกษาปริมาณของแป้งข้าวกล้องที่เหมาะสมเพื่อใช้ทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์บราวนี่

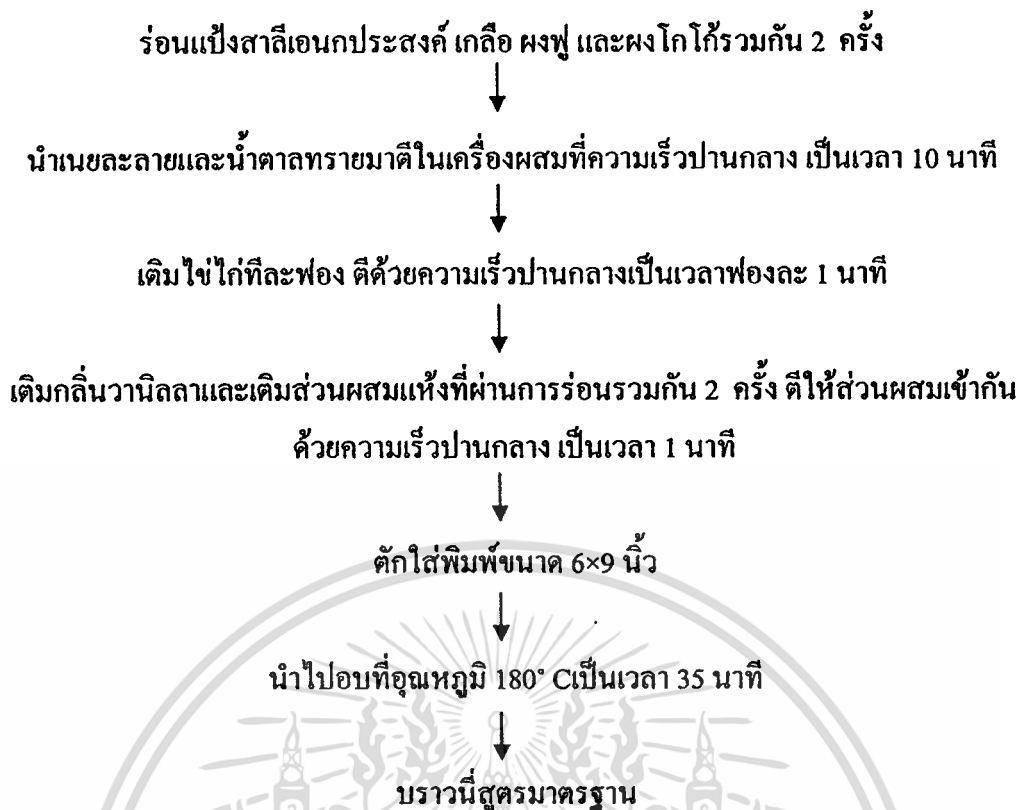
3.2.2.1 การเตรียมบราวนี่สูตรมาตรฐาน

บราวนี่สูตรมาตรฐานมีส่วนผสมดังตารางที่ 3.1 และกรรมวิธีการผลิตบราวนี่แสดง
 ค้างภาพที่ 3.2

ตารางที่ 3.1 ส่วนผสมของบราวนี่สูตรมาตรฐาน

ส่วนผสม	ปริมาณ (กรัม)	ปริมาณ(ร้อยละ)
แป้งสาลีเอนกประสงค์	120	100
น้ำตาลทราย	280	233.33
ไข่ไก่	300	250
เนยสด	300	250
ผงโกโก้	60	50
ผงฟู	5	4.16
เกลือ	2.5	2.13
กลิ่นวานิลลา	10	8.32

ที่มา : Stephen (2007)



ภาพที่ 3.2 กรรมวิธีการผลิตบรวมนี้อุณหภูมิมาตรฐาน
ที่มา : Stephen (2007)

3.2.2.2 การศึกษาปริมาณของแป้งข้าวกล้องที่เหมาะสมเพื่อใช้ทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์บรวมนี้อ

ศึกษาปริมาณแป้งข้าวกล้องที่สามารถทดแทนแป้งสาลีได้ในปริมาณมากที่สุด โดยที่ผลิตภัณฑ์ยังคงเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค โดยใช้อัตราส่วนของแป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีดังนี้ ร้อยละ 0 (สูตรมาตรฐาน) 40 60 80 และ 100 ตามลำดับ นำไปผ่านกรรมวิธีการผลิตบรวมนี้อ ดังภาพที่ 3.2 นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ และทางประสาทสัมผัส ดังนี้

- 1) ปริมาตรจำเพาะ โดยใช้วิธีแทนที่ปริมาตรด้วยเมล็ดงาคั่ว (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2524)
- 2) การวัดเนื้อสัมผัส โดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส Texture Analyzer(TA-XT2i, England) โดยใช้หัววัดรูปทรงกระบอก (P25) ขนาด 25 มิลลิเมตร วัดคุณภาพในด้านค่า firmness ค่าความแข็งในการบดเคี้ยว
- 3) ทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อทดสอบระดับความเข้มข้นของแต่ละลักษณะทางด้านความเข้มข้น ความอ่อนนุ่มของเนื้อสัมผัส ลักษณะปรากฏโดยประเมินจากการขึ้นฟูของบรวมนี้อ ความแน่นเนื้อโดยให้คะแนน 5 ระดับ และทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อประเมินความชอบ (hedonic scale) ทดสอบความชอบด้านกลิ่น ความนุ่ม และลักษณะปรากฏของบรวมนี้อด้านการขึ้นฟู

และความแน่นของบรานั้น และความชอบรวมโดยให้คะแนน 5 ระดับ ใช้ผู้ทดสอบ 20 คน ซึ่งผู้ทดสอบเป็นนักศึกษาระดับปริญญาโท คณะอุตสาหกรรมเกษตร

ทำการทดลอง 2 ซ้ำ นำข้อมูลมาวิเคราะห์ทางสถิติแบบ ANOVA (analysis of variance) โดยข้อ 1) และข้อ 2) ใช้แผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design ส่วนข้อ 3) ใช้แผนการทดลอง Randomized Complete Block Design โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป เปรียบเทียบความแตกต่างด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range test นำผลการวิเคราะห์ที่ได้จากข้อ 1) ข้อ 2) และข้อ 3) มาพิจารณาเพื่อหาปริมาณแ่งข้าวกล้องที่เหมาะสมในการทำบรานั้น

3.2.3 การศึกษาปริมาณของสารละลายมอลโตเด็กซ์ทรินที่ใช้ทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์บรานั้นแ่งข้าวกล้อง

โดยนำบรานั้นแ่งข้าวกล้องตามสูตรที่เหมาะสมที่ได้ผลการทดลองจากข้อ 3.2.2 มาศึกษาการทดแทนไขมันด้วยสารละลายมอลโตเด็กซ์ทรินในปริมาณมากที่สุด โดยที่ผลิตภัณฑ์ยังคงเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ซึ่งอัตราส่วนสารละลายมอลโตเด็กซ์ทริน ที่ใช้ทดแทนไขมันมีดังนี้ร้อยละ 0 (สูตรมาตรฐานบรานั้นแ่งข้าวกล้อง) 20 40 60 80 และ 100 ตามลำดับ ใช้ทดแทนโดยน้ำหนักไขมันทำได้โดยการเตรียมสารละลายมอลโตเด็กซ์ทรินในรูปของเจลหรือสารละลายโดยมีอัตราส่วนน้ำ : สารละลายมอลโตเด็กซ์ทริน (3:1) (Frye and Setser, 1993) ใช้ทดแทนโดยน้ำหนักไขมัน (เนยสด) และนำไปผ่านกรรมวิธีการผลิตบรานั้นแ่งข้าวกล้อง และนำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ทางประสาทสัมผัส และทำการวิเคราะห์ผลเช่นเดียวกับข้อ 3.2.2.2

3.2.4 การศึกษาปริมาณของสารละลายอินนูลินที่ใช้ทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์บรานั้นแ่งข้าวกล้อง

โดยนำบรานั้นแ่งข้าวกล้องตามสูตรที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองจากข้อ 3.2.2 มาศึกษาการทดแทนไขมันด้วยสารละลายอินนูลินในปริมาณมากที่สุด โดยที่ผลิตภัณฑ์ยังคงเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ซึ่งอัตราส่วนสารละลายอินนูลินที่ใช้ทดแทนไขมันมีดังนี้ร้อยละ 0 (สูตรมาตรฐาน บรานั้นแ่งข้าวกล้อง) 20 40 60 80 และ 100 ตามลำดับ ใช้ทดแทนโดยน้ำหนักไขมัน (เนยสด) โดยการเตรียมสารละลายอินนูลินในรูปของเจลหรือสารละลายโดยมีอัตราส่วนน้ำ : สารละลายอินนูลิน (1:1) (Silva, 1996) นำไปใช้ทดแทนไขมันและนำไปผ่านกรรมวิธีการผลิตบรานั้นแ่งข้าวกล้อง และนำบรานั้นแ่งข้าวกล้องที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ทางประสาทสัมผัส และทำการวิเคราะห์ผลเช่นเดียวกับข้อ 3.2.2.2

3.2.5 การศึกษาปริมาณของ โพลีเด็กซ์โตส ที่ใช้ทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์บรานั้นแ่งข้าวกล้อง

โดยนำบรานั้นแ่งข้าวกล้องตามสูตรที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองจากข้อ 3.2.2 มาศึกษาการทดแทนไขมันด้วยโพลีเด็กซ์โตส ในปริมาณมากที่สุด โดยที่ผลิตภัณฑ์ยังคงเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ซึ่งอัตราส่วนโพลีเด็กซ์โตส ที่ใช้ทดแทนไขมัน (เนยสด) มีดังนี้ร้อยละ 0 (สูตรมาตรฐาน

บราวน์แป็งข้าวกล้อง) 20 40 และ 60 ตามลำดับ ใช้ทดแทนโดยน้ำหนักไขมัน การศึกษาระดับการทดแทนไขมันด้วยโพลีเต็กซ์โตสใช้การทดแทนมากที่สุดได้ที่ระดับ ร้อยละ 60 เนื่องจากถ้ามีการทดแทนเกินร้อยละ 60 ผลึกไขมันที่ได้จะมีรสขม (Frye and Setser, 1993) นำไปใช้ทดแทนไขมันและนำไปผ่านกรรมวิธีการผลิตบราวน์แป็งข้าวกล้อง และนำบราวน์แป็งข้าวกล้องที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ทางประสาทสัมผัส และทำการวิเคราะห์ผลเช่นเดียวกับข้อ 3.2.2.2



87886

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวกล้องพันธุ์ข้าวหอมมะลิ 105

จากการนำข้าวกล้องพันธุ์ข้าวหอมมะลิ 105 มาผ่านกระบวนการผลิตแป้งโดยวิธีการโม่แห้ง และนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวกล้องพันธุ์ข้าวหอมมะลิ 105 แสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวกล้องพันธุ์ข้าวหอมมะลิ 105

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณ(ร้อยละ)
ความชื้น	10.29±0.63
โปรตีน	6.35±0.46
ไขมัน	2.40±0.41
ใยอาหาร(dietary fiber)	3.33±0.02

จากตารางที่ 4.1 พบว่าแป้งข้าวกล้องพันธุ์ข้าวหอมมะลิ 105 มีปริมาณความชื้นร้อยละ 10.29 โปรตีนร้อยละ 6.35 ไขมันร้อยละ 2.40 และใยอาหาร(dietary fiber) ร้อยละ 3.33(ใยอาหารวิเคราะห์โดย สถาบันค้นคว้าและวิจัยผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์) ส่วนประกอบของแป้งสาลี มีความชื้นร้อยละ 15 โปรตีนร้อยละ 6.7 ไขมันร้อยละ 0.8(จิตรนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล, 2546) และใยอาหารร้อยละ 2.7(Cho and Dreher, 2001) ดังนั้นจึงนำแป้งข้าวกล้องมาใช้ทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์บราวนี่ เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการต่อไป

4.2 ปริมาณแป้งข้าวกล้องที่เหมาะสมเพื่อใช้ทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์บราวนี่

4.2.1 การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ

ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์บราวนี่ที่ใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีในปริมาณต่างๆ แสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่าปริมาตรจำเพาะและค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์บราวนี่ที่มีปริมาณแป้งข้าวกล้องต่างกัน

ปริมาณแป้งข้าวกล้อง ที่ใช้ทดแทน (ร้อยละ)	ค่าปริมาตรจำเพาะ (ลูกบาศก์เซนติเมตร/กรัม)	ค่าความแข็ง(กรัม)
0	2.30 ± 0.06 ^a	651.17 ± 24.10 ^d
40	2.20 ± 0.03 ^b	708.16 ± 53.88 ^d
60	2.18 ± 0.02 ^b	810.97 ± 59.46 ^c
80	2.16 ± 0.01 ^b	1140.81 ± 48.62 ^b
100	1.83 ± 0.05 ^c	1269.55 ± 57.81 ^a

หมายเหตุ ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแนวตั้งต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

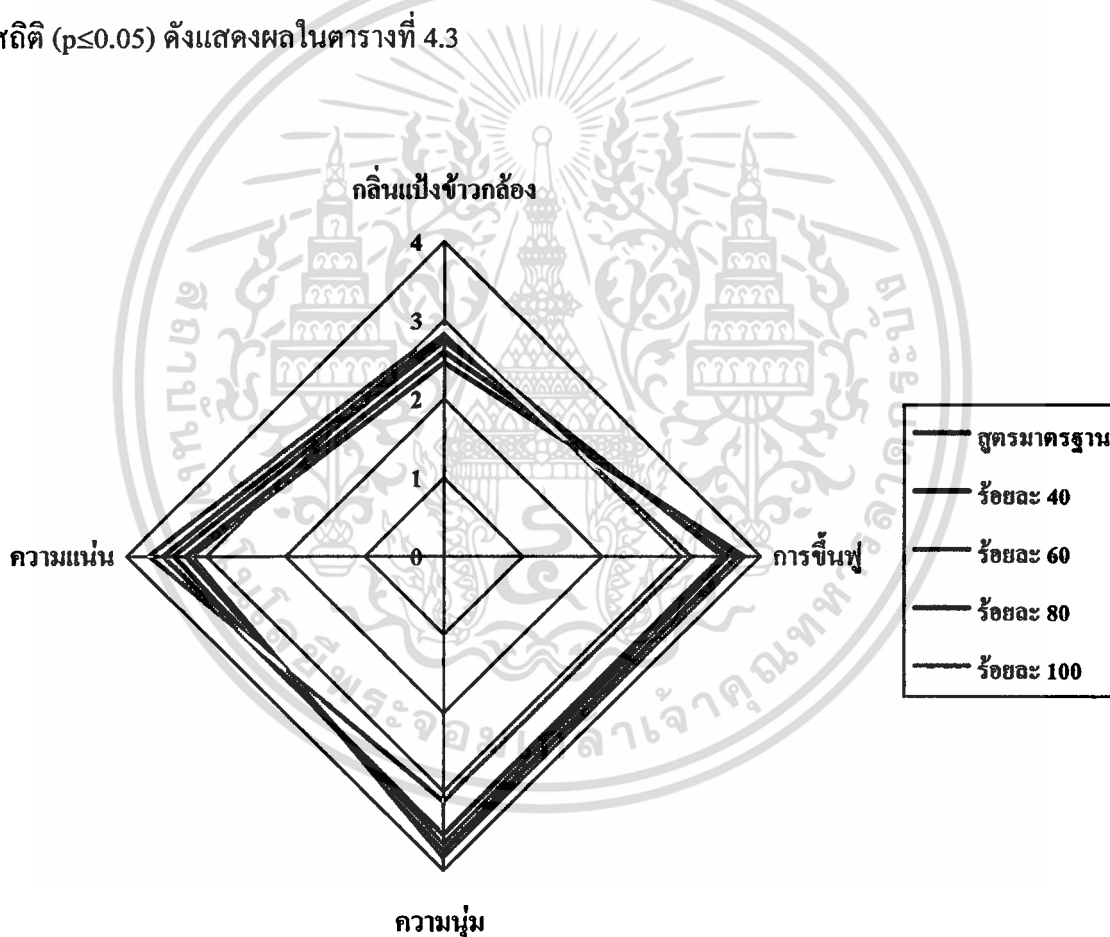
จากตารางที่ 4.2 พบว่าการใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีตั้งแต่ร้อยละ 40 60 80 และ 100 ในผลิตภัณฑ์บราวนี่มีผลทำให้ปริมาตรจำเพาะและค่าความแข็ง (firmness) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อปริมาณแป้งข้าวกล้องเพิ่มขึ้นปริมาตรจำเพาะจะมีแนวโน้มลดลงเนื่องจากแป้งข้าวกล้องไม่มีโปรตีนกลูเตนินและไกลอะดิน ที่ทำให้เกิดโครงสร้างแบบร่างแหเพื่อกักเก็บก๊าซไว้ภายในส่วนผสม จึงทำให้ก้ำกึ่งในการอุ้มก๊าซในส่วน ผสมน้อยลง (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2546) ทำให้บราวนี่ที่ใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีมีปริมาตรจำเพาะลดลง ส่วนค่าความแข็งของบราวนี่เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งข้าวกล้องเพิ่มขึ้นค่าความแข็งก็จะเพิ่มขึ้น และค่าความแข็งที่เพิ่มขึ้นสอดคล้องกับการวัดปริมาตรจำเพาะที่ลดลงด้วยเหตุผลที่อธิบายข้างต้น

4.2.2 ผลการทดสอบด้านประสาทสัมผัส แบ่งการนำเสนอเป็น 2 ส่วน

1. ผลการทดสอบระดับความเข้มในด้านต่างๆ
2. ผลการทดสอบระดับความชอบด้านต่างๆ

ผลการทดสอบด้านประสาทสัมผัสของบราวนี่ที่ใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีในระดับต่างๆ พบว่าเมื่อใช้ปริมาณแป้งข้าวกล้องต่างกันค่าคะแนนด้านความเข้มของกลิ่นแป้งข้าวกล้อง การขึ้นฟู ความนุ่มของเนื้อสัมผัส และความแน่นของเนื้อสัมผัสมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งแสดงผลดังภาพที่ 4.1

ส่วนคะแนนด้านความชอบด้านต่างๆ คือ ความชอบด้านกลิ่นแป้งข้าวกล้อง ความชอบด้านความนุ่มของเนื้อสัมผัส ความแน่นของเนื้อสัมผัส และความชอบรวมไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) มีเพียงความชอบด้านการขึ้นฟู ที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงผลในตารางที่ 4.3



ภาพที่ 4.1 ระดับความเข้มของแต่ละคุณลักษณะของบราวนี่เมื่อทดแทนด้วยปริมาณแป้งข้าวกล้องที่ต่างกัน

ตารางที่ 4.3 คะแนนความชอบด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์บราวนี่ที่มีปริมาณแป้งข้าวกล้องต่างกัน

ปริมาณแป้งข้าวกล้อง ที่ใช้ทดแทน(ร้อยละ)	กลิ่น ^{ms}	การขึ้นฟู	ความนุ่ม ^{ms}	คะแนนความชอบด้านประสาทสัมผัส	
				ความแน่นเนื้อ ^{ms}	ความชอบโดยรวม ^{ms}
0	3.97±0.50	3.88±0.49 ^a	4.01±0.60	3.71±0.52	3.74±0.60
40	3.90±0.57	3.93±0.68 ^a	3.93±0.73	3.75±0.54	3.69±0.51
60	3.86±0.51	3.58±0.54 ^b	3.86±0.55	3.77±0.61	3.56±0.55
80	3.85±0.54	3.49±0.49 ^b	3.88±0.62	3.86±0.60	3.54±0.49
100	3.78±0.34	3.12±0.52 ^c	3.81±0.63	3.50±0.54	3.45±0.40

หมายเหตุ ms หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแนวตั้งต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ความเข้มข้นและความชอบด้านกลิ่นแป้งข้าวกล้อง พบว่าเมื่อมีการใช้แป้งข้าวกล้องในระดับต่างกันผู้ทดสอบให้คะแนน ด้านความเข้มข้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์บรานี้จะมีกลิ่นของแป้งข้าวกล้องเพิ่มขึ้นตามปริมาณของแป้งข้าวกล้องที่เพิ่มขึ้น แต่ปริมาณแป้งข้าวกล้องไม่มีผลต่อคะแนนความชอบด้านกลิ่น ($p > 0.05$) ผู้ทดสอบให้คะแนนความเข้มข้นแป้งข้าวกล้องอยู่ในช่วงกลิ่นปานกลางถึงกลิ่นน้อย

การขึ้นฟูและความชอบด้านการขึ้นฟู ผู้ทดสอบให้คะแนนด้านการขึ้นฟูลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อใช้ปริมาณแป้งข้าวกล้องมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการวัดปริมาตรจำเพาะของบรานี้โดยเมื่อมีการทดแทนแป้งข้าวกล้องในปริมาณที่เพิ่มขึ้น (ดังตารางที่ 4.2) การขึ้นฟูของบรานี้จึงเกิดจากปฏิกิริยาของสารที่ทำให้ขึ้นฟูเพียงอย่างเดียว ซึ่งใช้ในปริมาณที่เท่ากันแต่เนื่องจากความสามารถในการอุ้มน้ำ และการสร้างโครงสร้างแบบร่างแหลดลงในสูตรที่ใช้แป้งข้าวกล้องเพิ่มขึ้น ซึ่งส่งผลให้บรานี้ไม่ขึ้นฟูเท่ากับสูตรมาตรฐาน บรานี้จึงมีการขึ้นฟูได้น้อยลงตามปริมาณแป้งข้าวกล้องที่เพิ่มขึ้น และผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบการขึ้นฟูของบรานี้ที่ใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 100 น้อยที่สุด และให้คะแนนความชอบด้านการขึ้นฟูน้อยกว่าบรานี้ที่ใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีในปริมาณต่างๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่อย่างไรก็ตามผู้บริโภคให้คะแนนความชอบอยู่ในช่วงค่อนข้างชอบถึงชอบมาก

ความนุ่มและความชอบด้านความนุ่ม ผู้ทดสอบให้คะแนนด้านความนุ่มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งข้าวกล้อง ซึ่งสอดคล้องกับการวัดปริมาตรจำเพาะ เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งข้าวกล้อง ปริมาตรจำเพาะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนคะแนนด้านความชอบด้านความนุ่ม ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เนื่องจากผู้ทดสอบทราบถึงลักษณะเฉพาะตัวของบรานี้ที่จะมีความนุ่มไม่มาก ซึ่งเป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัวของผลิตภัณฑ์ โดยผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบอยู่ในช่วงค่อนข้างชอบถึงชอบมาก

ความแน่นและความชอบด้านความแน่น ผู้ทดสอบให้คะแนนด้านความแน่นของบรานี้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งแสดงว่าบรานี้มีความแน่นเพิ่มขึ้นและสอดคล้องกับการวัดค่าความแข็ง (firmness) โดยเมื่อปริมาณแป้งข้าวกล้องเพิ่มขึ้น ค่าความแข็งก็จะมีค่าเพิ่มขึ้น และเมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องร้อยละ 100 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับบรานี้สูตรมาตรฐานและบรานี้ที่ใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีที่ระดับร้อยละ 40 60 และ 80 ส่วนคะแนนความชอบ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เนื่องจากผู้ทดสอบทราบถึงลักษณะเฉพาะตัวของบรานี้ ที่มีความแน่นเป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัวของผลิตภัณฑ์ และโดยผู้ทดสอบให้คะแนนด้านความชอบด้านความแน่นของบรานี้ที่ใช้แป้งข้าวกล้องในปริมาณต่างๆ อยู่ในช่วงค่อนข้างชอบถึงชอบมาก

ความชอบโดยรวม เมื่อปริมาณแป้งข้าวกล้องเพิ่มขึ้น ผู้ทดสอบให้คะแนนด้านความชอบรวม ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับคะแนนความชอบด้านต่างๆที่ โดยส่วนมากที่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) มีแต่ความชอบด้านการขึ้นฟูเพียงอย่างเดียวที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) โดยผู้ทดสอบให้คะแนนด้านความชอบโดยรวมของบราวนี่ที่ใช้แป้งข้าวกล้องในปริมาณต่าง อยู่ในช่วงค่อนข้างชอบถึงชอบมาก

เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ทางกายภาพ และผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า สามารถใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์บราวนี่ได้ในระดับไม่เกินร้อยละ 80



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ปริมาณสารละลายมอลโตเด็กซ์ทรินที่เหมาะสมเพื่อใช้ทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์บราวนี่แป้งข้าว กุ้ง

4.3.1 การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ

ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์บราวนี่แป้งข้าวกุ้งที่ใช้สารละลายมอลโตเด็กซ์ทริน 1 ส่วน : น้ำ 3 ส่วน ทดแทนไขมันปริมาณต่างๆ แสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ปริมาตรจำเพาะและความแข็งของผลิตภัณฑ์บราวนี่แป้งข้าวกุ้งที่มีปริมาณสารละลายมอลโตเด็กซ์ทรินต่างกัน

ปริมาณสารละลายมอลโตเด็กซ์ทรินที่ใช้ทดแทนไขมัน (ร้อยละ)	ค่าปริมาตรจำเพาะ (ลูกบาศก์เซนติเมตร/กรัม)	ค่าความแข็ง(กรัม)
0	2.16 ±0.01 ^a	1227.62±52.00 ^a
20	2.14 ±0.01 ^a	1317.15 ±35.23 ^b
40	2.12 ±0.01 ^b	1498.20±64.72 ^c
60	2.09 ±0.03 ^b	1861.73±26.68 ^d
80	1.60 ±0.02 ^c	2826.33±59.41 ^e
100	1.59 ±0.02 ^d	3125.68±44.06 ^f

หมายเหตุ ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแนวตั้งต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

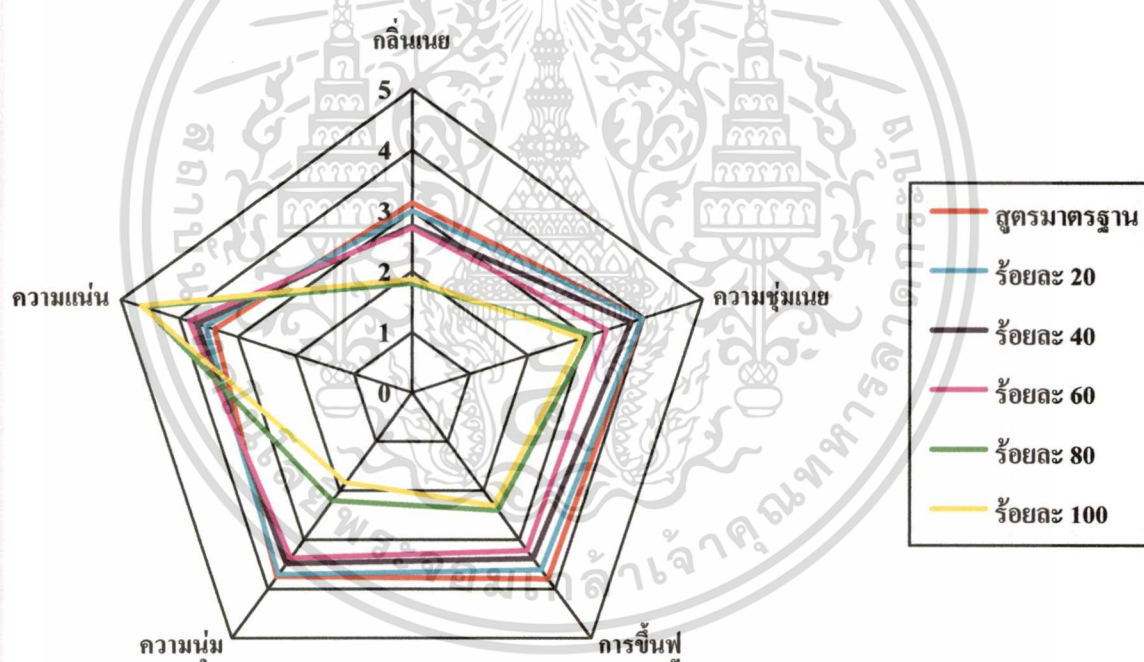
จากตารางที่ 4.4 พบว่าการใช้สารละลายมอลโตเด็กซ์ทรินที่ระดับร้อยละ 20 40 60 80 และ 100 ทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์บราวนี่แป้งข้าวกุ้ง มีผลทำให้ปริมาตรจำเพาะและค่าความแข็ง (firmness) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อปริมาณสารละลายมอลโตเด็กซ์ทรินเพิ่มขึ้นปริมาตรจำเพาะจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากลักษณะปริมาตรของบราวนี่ส่วนหนึ่งเกิดขึ้นจากฟองอากาศที่เกิดขึ้นในช่วงการตีไขมันกับน้ำตาล เมื่อไขมันในสูตรลดลง ปริมาณฟองอากาศในส่วนผสมจึงลดลง (Matz, 1989) ดังนั้นปริมาตรจำเพาะจึงลดลง เมื่อวัดค่าความแข็ง (firmness) พบว่าเมื่อปริมาณสารละลายมอลโตเด็กซ์ทรินเพิ่มขึ้น ค่าความแข็งจะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากเมื่อลดปริมาณไขมัน และเพิ่มการใช้สารทดแทนไขมันในส่วนผสมจะทำให้ฟองอากาศที่เกิดขึ้น ในช่วงการตีไขมันกับน้ำตาลลดลง ทำให้บราวนี่แป้งข้าวกุ้งมีเนื้อสัมผัสที่แข็งขึ้นตามปริมาณสารละลายมอลโตเด็กซ์ทรินที่ใช้เป็นสารทดแทนไขมัน

4.3.2 ผลการทดสอบด้านประสาทสัมผัส แบ่งการนำเสนอเป็น 2 ส่วน

1. ส่วนระดับความเข้มข้นต่างๆ
2. ส่วนระดับความชอบด้านต่างๆ

ผลการทดสอบด้านประสาทสัมผัสของบรวนี่ที่ใช้แป้งสาลีและแป้งข้าวกล้องในระดับต่างๆ พบว่าเมื่อใช้ปริมาณแป้งข้าวกล้องต่างกันคะแนนด้านความเข้มข้น กลิ่นเนย ความเข้มข้นความชุ่มเนย ความเข้มข้นการขึ้นฟู ความนุ่มของเนื้อสัมผัส ความแน่นของเนื้อสัมผัสมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$) ซึ่งแสดงผลดังภาพที่ 4.2

ส่วนคะแนนด้านความชอบด้านต่างๆ คือ ความแน่นของเนื้อสัมผัส และความชอบรวมไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่ความชอบด้านกลิ่น ความชอบด้านความนุ่มของเนื้อสัมผัส ความชอบด้านการขึ้นฟู ที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงผลในตารางที่ 4.5



ภาพที่ 4.2 : ระดับความเข้มข้นของแต่ละคุณลักษณะของบรวนี่ที่ใช้สารละลายมอลโตเด็กซ์ทรินทดแทนไขมัน

ตารางที่ 4.5 คะแนนความชอบทางด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์บราวนี่แป้งข้าวกล้องที่มีปริมาณสารละลายกรดโตนีแตกต่างกัน

ปริมาณสารละลาย กรดโตนีแตกต่างกัน ที่ใช้ทดแทน (ร้อยละ)	คะแนนความชอบด้านประสาทสัมผัส					
	กลิ่นเนย	ความชุ่มชื้น	การขึ้นฟู	ความนุ่ม	ความแน่นเนื้อ	ความชอบโดยรวม
0	4.09±0.44 ^a	4.13±0.57 ^a	3.75±0.53 ^a	4.26±0.44 ^a	3.92±0.72 ^a	4.07±0.59 ^a
20	3.99±0.37 ^{ab}	4.13±0.47 ^a	3.96±0.58 ^{ab}	4.18±0.54 ^{ab}	3.92±0.50 ^a	4.00±0.49 ^a
40	3.92±0.40 ^{ab}	3.99±0.54 ^{ab}	3.96±0.62 ^{ab}	3.98±0.51 ^{bc}	3.79±0.48 ^a	3.91±0.45 ^a
60	3.82±0.46 ^b	3.84±0.50 ^b	3.76±0.50 ^b	3.92±0.50 ^c	3.70±0.49 ^a	3.85±0.47 ^a
80	2.66±0.48 ^c	2.95±0.50 ^c	2.23±0.54 ^c	2.28±0.38 ^d	2.03±0.46 ^b	2.12±0.45 ^b
100	2.66±0.73 ^c	2.92±0.50 ^c	2.21±0.55 ^c	2.12±0.38 ^d	1.84±0.40 ^b	2.06±0.43 ^b

หมายเหตุ ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแนวตั้งต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ความเข้มข้นกลิ่นเนยและความชอบด้านกลิ่นเนย ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านกลิ่นเนยลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อทดแทนไขมันด้วยสารละลายมอลโตเด็กซ์ทรินที่ระดับร้อยละ 60 80 และ 100 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับบราวน์สูตรมาตรฐานและบราวน์ที่ใช้สารละลายมอลโตเด็กซ์ทรินทดแทนไขมันที่ระดับร้อยละ 20 และ 40 เนื่องจากเนยซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวนำกลิ่นรสให้กับผลิตภัณฑ์ ดังนั้นการลดไขมันจากเนยลงกลิ่นของเนยจึงลดลงด้วย (Bath, Shelke, and Hosney, 1992) ส่วนคะแนนความชอบด้านกลิ่นเนย ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านกลิ่นเนยของบราวน์แป้งข้าวกล้องที่ใช้สารละลายมอลโตเด็กซ์ทรินเป็นสารทดแทนไขมันร้อยละ 80 และ 100 น้อยที่สุดและให้คะแนนน้อยกว่าบราวน์แป้งข้าวกล้องที่ใช้สารละลายมอลโตเด็กซ์ทรินทดแทนไขมัน ในผลิตภัณฑ์บราวน์แป้งข้าวกล้องในปริมาณอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ความเข้มข้นความชุ่มเนยและความชอบด้านความชุ่มเนย ผู้ทดสอบให้คะแนนความชุ่มเนยต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเพิ่มปริมาณสารละลายมอลโตเด็กซ์ทรินที่ใช้เป็นสารทดแทนไขมันร้อยละ 60 80 และ 100 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับบราวน์แป้งข้าวกล้องสูตรมาตรฐานและบราวน์แป้งข้าวกล้องที่ใช้สารละลายมอลโตเด็กซ์ทรินทดแทนไขมันร้อยละ 20 และ 40 และผู้ทดสอบยังคงให้คะแนนด้านความชุ่มเนย อยู่ในช่วงชุ่มปานกลางถึงชุ่มมาก เนื่องจากสารละลายมอลโตเด็กซ์ทรินมีคุณสมบัติคล้ายไขมัน คือ มีความชุ่ม ความมัน (มลศิริ วัชโรทัย, 2545) ส่วนคะแนนด้านความชอบด้านความชุ่มเนยผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบบราวน์แป้งข้าวกล้องที่ใช้สารละลายมอลโตเด็กซ์ทรินทดแทนไขมันร้อยละ 80 และ 100 น้อยที่สุด เนื่องจากผู้บริโภคทราบถึงคุณลักษณะเฉพาะที่บราวน์นี้ต้องมีความชุ่มเนย เมื่อปริมาณสารละลายมอลโตเด็กซ์ทรินที่ทดแทนไขมันเพิ่มขึ้นความชุ่มเนยจะลดลง ส่งผลให้คะแนนด้านความชุ่มเนยลดลงตามไปด้วย

ความเข้มข้นการขึ้นฟูและความชอบด้านการขึ้นฟู ผู้ทดสอบสามารถแยกความแตกต่างของระดับการขึ้นฟูของบราวน์แป้งข้าวกล้อง ได้อย่างชัดเจน เมื่อเพิ่มปริมาณสารละลายมอลโตเด็กซ์ทรินที่ใช้เป็นสารทดแทนไขมัน การขึ้นฟูของบราวน์จะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับ การวัดปริมาตรจำเพาะเมื่อมีการทดแทนสารละลายมอลโตเด็กซ์ทรินในปริมาณที่เพิ่มขึ้นปริมาตรจำเพาะของบราวน์แป้งข้าวกล้องจะลดลง และผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบบราวน์แป้งข้าวกล้องที่ใช้สารละลายมอลโตเด็กซ์ทรินทดแทนไขมันร้อยละ 80 และ 100 น้อยที่สุด เนื่องจากบราวน์มีลักษณะเฉพาะที่เป็นขึ้นสี่เหลี่ยมแบนๆ และการใช้สารละลายมอลโตเด็กซ์ทรินทดแทนไขมันจึงไม่ควรใช้เกินร้อยละ 60 เพราะจะทำให้บราวน์มีลักษณะแบน ไม่ขึ้นฟู จึงทำให้คะแนนความชอบลดลง

ความเข้มข้นความนุ่มและความชอบด้านความนุ่ม ผู้ทดสอบให้คะแนนด้านความนุ่มของบราวนี่แป้งข้าวกลีงลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเพิ่มปริมาณสารละลายยาลมอลโตเด็กซ์ตรินและเมื่อปริมาณสารละลายยาลมอลโตเด็กซ์ตรินที่ใช้เป็นสารทดแทนไขมันร้อยละ 60 80 และ 100 พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับบราวนี่แป้งข้าวกลีงสูตรมาตรฐานและบราวนี่แป้งข้าวกลีงที่ใช้สารละลายยาลมอลโตเด็กซ์ตรินทดแทนไขมันร้อยละ 40 และ 60 เนื่องจากไขมันไขมันหรือเนยมีคุณสมบัติให้ความอ่อนนุ่มแก่ผลิตภัณฑ์(อรอนงค์ นัยวิกุล, 2547) ช่วยในการตีเป็นครีมระหว่างการตีผสมเนยกับน้ำตาล เพื่อกักเก็บอากาศ และช่วยในการแทรกตัวระหว่างโปรตีนกับสตาร์ชเพื่อให้ได้เนื้อสัมผัสที่มีความนุ่ม (จิตธนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล, 2546) แต่เมื่อลดไขมันและใช้สารทดแทนไขมันในส่วนผสมทำให้การตีครีมระหว่างการตีผสมเนยกับน้ำตาลเพื่อกักเก็บอากาศ ได้น้อยลงจึงทำให้เนื้อสัมผัสมีความนุ่มลดลง ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบบราวนี่แป้งข้าวกลีงที่ใช้สารละลายยาลมอลโตเด็กซ์ตรินไขมันร้อยละ 80 และ 100 น้อยที่สุด เนื่องจากความนุ่มที่ลดลงไป ส่งผลให้ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบด้านความนุ่มลดลงไปด้วย

ความเข้มข้นความแน่นและความชอบด้านความแน่น ผู้ทดสอบให้คะแนนด้านความแน่นเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเพิ่มปริมาณสารละลายยาลมอลโตเด็กซ์ตริน ซึ่งสอดคล้องกับการวัดค่าความแข็ง พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณสารละลายยาลมอลโตเด็กซ์ตรินที่ใช้เป็นสารทดแทนไขมัน ค่าความแข็งจะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบบราวนี่แป้งข้าวกลีงที่ใช้สารละลายยาลมอลโตเด็กซ์ตริน ทดแทนไขมันร้อยละ 80 และ 100 น้อยที่สุด และคะแนนความชอบด้านความแน่นน้อยกว่าบราวนี่แป้งข้าวกลีงที่ใช้สารละลายยาลมอลโตเด็กซ์ตรินทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์บราวนี่แป้งข้าวกลีงในปริมาณอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากลักษณะเนื้อของบราวนี่ที่มีความแน่นจนเกินไป ส่งผลให้ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านความแน่นลดลงไปด้วย

ความชอบโดยรวม ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบบราวนี่แป้งข้าวกลีงที่ใช้สารละลายยาลมอลโตเด็กซ์ตรินที่ใช้เป็นสารทดแทนไขมันร้อยละ 20 60 และ 40 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p > 0.05$) กับสูตรมาตรฐาน แต่จะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$) กับบราวนี่แป้งข้าวกลีงที่ใช้สารละลายยาลมอลโตเด็กซ์ตรินทดแทนไขมันร้อยละ 80 และ 100

เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ทางกายภาพด้านค่าความแข็ง ด้านปริมาตรจำเพาะ และคะแนนความชอบด้านต่างๆของบราวนี่แป้งข้าวกลีงที่ใช้สารละลายยาลมอลโตเด็กซ์ตรินทดแทนไขมัน พบว่าสามารถใช้สารละลายยาลมอลโตเด็กซ์ตรินไม่เกินร้อยละ 60 ทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์บราวนี่แป้งข้าวกลีง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ปริมาณสารละลายอินนูลินที่เหมาะสมเพื่อใช้ทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์บราวนี่แป้งข้าวกล้อง

4.4.1 การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ

ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์บราวนี่แป้งข้าวกล้องที่ใช้สารละลายอินนูลิน 1 ส่วน : น้ำ 3 ส่วนทดแทนไขมันในปริมาณต่างๆ แสดงดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ค่าปริมาตรจำเพาะและค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์บราวนี่แป้งข้าวกล้องที่มีปริมาณสารละลายอินนูลินต่างกัน

ปริมาณสารละลายอินนูลินที่ใช้ทดแทนไขมัน (ร้อยละ)	ค่าปริมาตรจำเพาะ (ลูกบาศก์เซนติเมตร/กรัม)	ค่าความแข็ง(กรัม)
0	2.17 ±0.02 ^a	1204.15 ±53.30 ^f
20	2.14 ±0.01 ^b	1352.75 ±93.61 ^e
40	2.00 ±0.01 ^c	1751.73 ±33.51 ^d
60	1.86 ±0.01 ^d	2400.93 ±76.62 ^c
80	1.58 ±0.01 ^e	2701.93 ±60.48 ^b
100	1.39 ±0.01 ^e	3194.10 ±56.88 ^a

หมายเหตุ ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแนวตั้งต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.6 พบว่าการใช้สารละลายอินนูลินที่ระดับร้อยละ 20 40 60 80 และ 100 ทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์บราวนี่แป้งข้าวกล้องมีผลทำให้ปริมาตรจำเพาะและค่าความแข็ง (firmness) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อปริมาณสารละลายอินนูลินเพิ่มขึ้น ปริมาตรจำเพาะจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) การใช้สารละลายอินนูลินที่ระดับร้อยละ 0 20 และ 40 ค่าปริมาตรจำเพาะลดระดับเพียงเล็กน้อยและค่าความแข็งเพิ่มอยู่ในระดับเล็กน้อยเช่นเดียวกัน เนื่องจากการทดแทนที่ระดับร้อยละ 0-40 ภายในส่วนผสมยังมีไขมันอยู่ในส่วนผสมมากกว่าครึ่งหนึ่งจึงทำให้การเก็บกักอากาศในช่วงการตีไขมันกับน้ำตาลมีเพียงพอที่จะทำให้ปริมาตรจำเพาะและค่าความแข็งไม่แตกต่างกันมาก และในช่วงระดับการทดแทนสารละลายอินนูลินร้อยละ 60 80 และ 100 ค่าปริมาตรจำเพาะลดลงอย่างมากและค่าความแข็งเพิ่มขึ้นจากสูตรมาตรฐานอีกเป็น 1 เท่า เพราะในการทดแทนสารละลายอินนูลินที่เพิ่มขึ้นมากกว่าร้อยละ 50 นั้น มีผลทำให้การเก็บอากาศในส่วนผสมน้อยลงเนื่องจากปริมาณไขมันที่น้อยลงและปริมาณสารละลายอินนูลินที่เพิ่มขึ้น จึงทำให้ปริมาตรจำเพาะลดลงอย่างมาก และค่าความแข็งก็เพิ่มขึ้นมากเช่นกัน

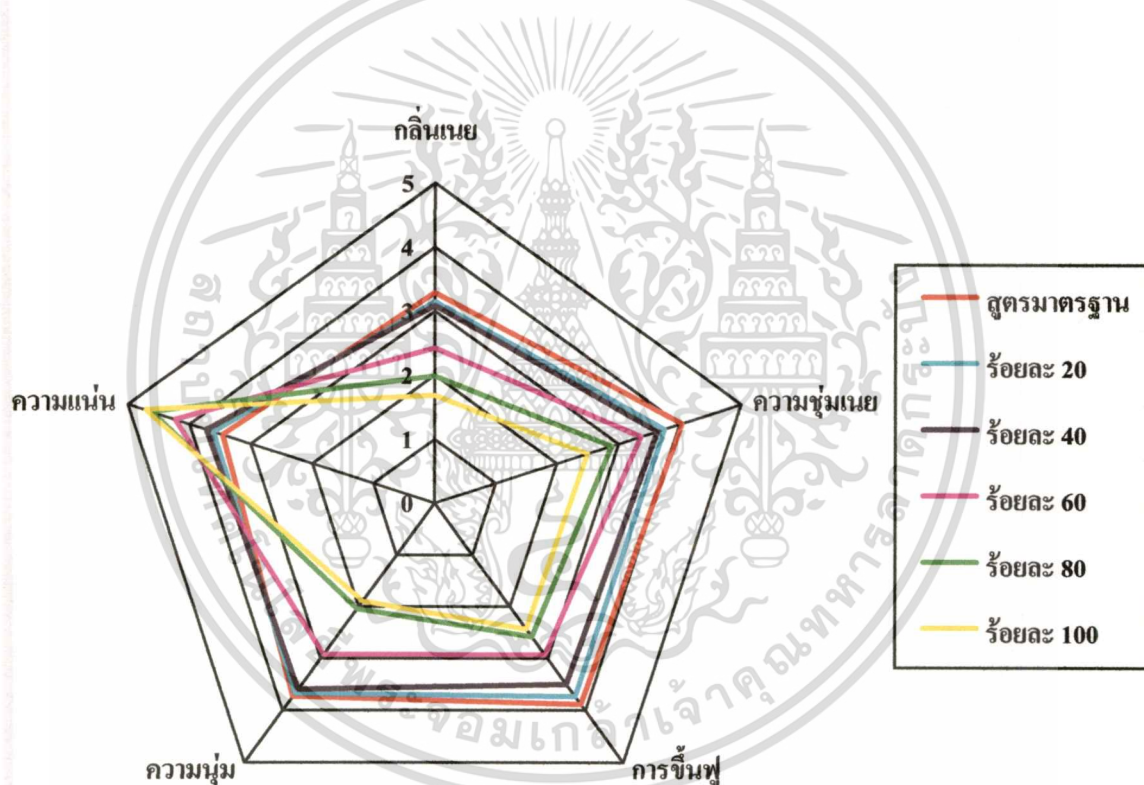
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2 ผลการทดสอบด้านประสาทสัมผัส แบ่งการนำเสนอเป็น 2 ส่วน

1. ส่วนระดับความเข้มข้นต่างๆ
2. ส่วนระดับความชอบด้านต่างๆ

ผลการทดสอบด้านประสาทสัมผัส ของบรานนี้ที่ใช้สารละลายอินนูลินทดแทนไขมันระดับต่างๆ พบว่าเมื่อใช้ปริมาณแป้งข้าวกล้องต่างกันคะแนนด้านความเข้มข้น ความเข้มข้น ความชุ่มชื้น ความเข้มข้นการขึ้นฟู ความนุ่มของเนื้อสัมผัส ความแน่นของเนื้อสัมผัสมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$) ซึ่งแสดงผลดังภาพที่ 4.3

ส่วนคะแนนด้านความชอบด้านต่างๆ คือ ความชอบด้านกลิ่นเนย ความชอบด้านความชุ่มชื้น ความชอบด้านการขึ้นฟู ความชอบด้านความนุ่ม ความชอบความแน่นของเนื้อสัมผัส และความชอบรวมไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แสดงผลในตารางที่ 4.7



ภาพที่ 4.3 ระดับความเข้มข้นของแต่ละคุณลักษณะของบรานนี้ที่ใช้สารละลายอินนูลินทดแทนไขมัน

ตารางที่ 4.7 คะแนนความชอบด้านต่างๆของผลิตภัณฑ์รวมทั้งปริมาณสารละลายอินนูลินต่างกัน

ปริมาณสารละลาย อินนูลินที่ใช้ทดแทน (ร้อยละ)	คะแนนความชอบด้านประสาทสัมผัส				
	กลิ่นเนย	ความชุ่มเมย	การขึ้นฟู	ความนุ่ม	ความหนึบเนื้อ ความชอบโดยรวม
0	3.91±0.37 ^a	3.95±0.32 ^a	3.90±0.60 ^a	3.80±0.54 ^a	4.02±0.50 ^a
20	3.86±0.46 ^a	3.87±0.45 ^a	3.83±0.55 ^a	3.84±0.51 ^a	4.09±0.40 ^a
40	3.70±0.51 ^a	3.83±0.41 ^a	3.71±0.63 ^a	3.87±0.44 ^a	3.91±0.45 ^a
60	3.08±0.68 ^b	2.97±0.65 ^b	2.74±0.57 ^b	2.81±0.53 ^b	2.75±0.57 ^b
80	2.58±0.51 ^c	2.69±0.51 ^c	2.58±0.47 ^b	2.00±0.41 ^c	2.04±0.43 ^c
100	2.40±0.53 ^c	2.45±0.49 ^d	2.04±0.54 ^d	1.66 ±0.48 ^d	1.71±0.54 ^d

หมายเหตุ ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแนวตั้งต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ความเข้มข้นเนยและความชอบด้านกลิ่นเนย เมื่อทดแทนไขมันด้วยสารละลายอินนูลิน 60 80 และ 100 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับบรานี่สูตรมาตรฐานและบรานี่ที่ใช้สารละลายอินนูลินทดแทนไขมันร้อยละ 20 และ 40 เนื่องจากเนยซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวนำกลิ่นรสให้กับผลิตภัณฑ์ ดังนั้นการลดไขมันจากเนยลงกลิ่นของเนยจึงลดลงด้วย (Bath, Shelke, and Hosney, 1992) ส่วนคะแนนความชอบด้านกลิ่นเนย ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านกลิ่นเนยของบรานี่แป้งข้าวกล้องที่ใช้สารละลายอินนูลินเป็นสารทดแทนไขมันร้อยละ 60 80 และ 100 น้อยที่สุดและให้คะแนนน้อยกว่าบรานี่แป้งข้าวกล้องที่ใช้สารละลายอินนูลินทดแทนไขมัน ในผลิตภัณฑ์บรานี่แป้งข้าวกล้องในปริมาณอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ความเข้มข้นความชุ่มเนยและความชอบด้านความชุ่ม เมื่อเพิ่มปริมาณสารละลายอินนูลินที่ใช้เป็นสารทดแทนไขมันร้อยละ 60 80 และ 100 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับบรานี่แป้งข้าวกล้องสูตรมาตรฐานและบรานี่แป้งข้าวกล้องที่ใช้สารละลายอินนูลินทดแทนไขมันร้อยละ 20 และ 40 โดยเมื่อปริมาณสารละลายอินนูลินที่ทดแทนไขมันเพิ่มขึ้นความชุ่มเนยจะลดลง แต่ผู้ทดสอบยังคงให้คะแนนด้านความชุ่มเนย อยู่ในช่วงชุ่มปานกลางถึงชุ่มมาก เนื่องจากสารละลายอินนูลินมีคุณสมบัติคล้ายไขมัน คือ มีความชุ่ม ความมัน (มลศิริ วัชรโรทัย, 2545) ส่วนคะแนนด้านความชอบด้านความชุ่มเนยผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบบรานี่แป้งข้าวกล้องที่ใช้สารละลายอินนูลินทดแทนไขมันร้อยละ 60 80 และ 100 น้อยที่สุด เนื่องจากผู้บริโภคทราบถึงคุณลักษณะเฉพาะที่บรานี่ต้องมีความชุ่มเนย เมื่อปริมาณสารละลายอินนูลินที่ทดแทนไขมันเพิ่มขึ้นความชุ่มเนยจะลดลง ส่งผลให้คะแนนด้านความชุ่มเนยลดลงตามไปด้วย

ความเข้มข้นการขึ้นฟูและความชอบด้านการขึ้นฟู ผู้ทดสอบสามารถแยกความแตกต่างของระดับการขึ้นฟูของบรานี่แป้งข้าวกล้องได้อย่างชัดเจน เมื่อเพิ่มปริมาณสารละลายอินนูลินที่ใช้เป็นสารทดแทนไขมัน การขึ้นฟูของบรานี่จะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับการวัดปริมาตรจำเพาะ เมื่อมีการทดแทนสารละลายอินนูลินในปริมาณที่เพิ่มขึ้นปริมาตรจำเพาะของบรานี่แป้งข้าวกล้องจะลดลง และผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบบรานี่แป้งข้าวกล้องที่ใช้สารละลายอินนูลินทดแทนไขมันร้อยละ 60 80 และ 100 น้อยที่สุดและการใช้สารละลายอินนูลินทดแทนไขมันจึงไม่ควรใช้เกินร้อยละ 40 เพราะจะทำให้บรานี่มีลักษณะแบน ไม่ขึ้นฟู จึงทำให้คะแนนความชอบลดลง

ความเข้มข้นความนุ่มและความชอบด้านความนุ่ม เมื่อปริมาณสารละลายอินนูลินที่ใช้เป็นสารทดแทนไขมันร้อยละ 60 80 และ 100 พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับบรานี่แป้งข้าวกล้องสูตรมาตรฐาน และบรานี่แป้งข้าวกล้องที่ใช้สารละลายอินนูลินทดแทนไขมันร้อยละ 20 และ 40 เนื่องจากไขมัน ไขมันหรือเนยมีคุณสมบัติให้ความอ่อนนุ่มแก่ผลิตภัณฑ์

(อรอนงค์ นัยวิกุล, 2546) ช่วยในการตีเป็นครีมระหว่างการตีผสมเนยกับน้ำตาล เพื่อให้ได้เนื้อสัมผัสที่มีความนุ่ม (จิตรณา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล, 2546) แต่เมื่อลดไขมันทำให้การตีครีมระหว่างการตีผสมเนยกับน้ำตาล เกิดการเก็บอากาศได้น้อยลงจึงทำให้เนื้อสัมผัสมีความนุ่มลดลง และผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบบราวนี่แป้งข้าวกล้องที่ใช้สารละลายอินนูลินทดแทนไขมันร้อยละ 60 80 และ 100 น้อยที่สุด เนื่องจากความนุ่มที่ลดลงไป ส่งผลให้ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบด้านความนุ่มลดลงไปด้วย

ความเข้มข้นด้านความแน่นและความชอบด้านความแน่น ผู้ทดสอบให้คะแนนด้านความแน่นเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเพิ่มปริมาณสารละลายอินนูลิน ซึ่งสอดคล้องกับการวัดค่าความแข็ง พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณสารละลายอินนูลินที่ใช้เป็นสารทดแทนไขมัน ค่าความแข็งจะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากไขมันหรือเนยมีคุณสมบัติให้ความอ่อนนุ่มแก่ผลิตภัณฑ์ (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2547) ช่วยในการตีเป็นครีมระหว่างการตีผสมเนยกับน้ำตาล เพื่อกักเก็บอากาศ และช่วยในการแทรกตัวระหว่างโปรตีนกับสตราซ์เพื่อให้ได้เนื้อสัมผัสที่มีความนุ่ม มีความละเอียดและไม่แน่น (จิตรณา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล, 2546) และเมื่อลดปริมาณไขมันลงทำให้การตีเป็นครีมระหว่างการตีผสมเนยกับน้ำตาล เพื่อกักเก็บอากาศทำให้เก็บกักอากาศได้น้อยลง ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีเนื้อสัมผัสที่แน่น ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบบราวนี่แป้งข้าวกล้องที่ใช้สารละลายอินนูลินทดแทนไขมัน 60 80 และ 100% น้อยที่สุด และคะแนนความชอบด้านความนุ่มน้อยกว่าบราวนี่แป้งข้าวกล้องที่ใช้สารละลายอินนูลินทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์บราวนี่แป้งข้าวกล้องในปริมาณอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากลักษณะเนื้อของบราวนี่ที่มีความแน่นจนเกินไป ส่งผลให้ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านความแน่นลดลงไปด้วย

ความชอบโดยรวม ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบบราวนี่แป้งข้าวกล้องที่ใช้สารละลายอินนูลินเป็นสารทดแทนไขมันร้อยละ 20 และ 40 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับสูตรมาตรฐาน แต่จะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับบราวนี่แป้งข้าวกล้องที่ใช้สารละลายอินนูลินทดแทนไขมันร้อยละ 60 80 และ 100 ซึ่งสอดคล้องกับคะแนนความชอบด้านต่างๆ ที่บราวนี่แป้งข้าวกล้องที่ใช้สารละลายอินนูลินทดแทนไขมันร้อยละ 20 และ 40 จะไม่มีความแตกต่างจากสูตรมาตรฐาน แต่จะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับบราวนี่แป้งข้าวกล้องที่ใช้สารละลายอินนูลินทดแทนไขมันร้อยละ 60 80 และ 100

เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ด้านค่าความแข็งและปริมาณจำเพาะ ส่วนผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าค่าปริมาณสารละลายอินนูลินที่เหมาะสมที่ใช้ทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์บราวนี่แป้งข้าวกล้อง คือ ปริมาณสารละลายอินนูลินไม่เกินร้อยละ 40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 ปริมาณโพธิ์เด็กซ์โตสที่เหมาะสมเพื่อใช้ทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์บราวนี่แป้งข้าว กล้อง

4.5.1 การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ

ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์บราวนี่แป้งข้าวกล้องที่ใช้โพธิ์เด็กซ์โตส
ทดแทนไขมันในปริมาณต่างๆและแสดงดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ค่าปริมาตรจำเพาะและค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์บราวนี่แป้งข้าวกล้องที่มีปริมาณ
โพธิ์เด็กซ์โตสต่างกัน

ปริมาณ โพธิ์เด็กซ์โตสที่ใช้ ทดแทนไขมัน (ร้อยละ)	ค่าปริมาตรจำเพาะ (ลูกบาศก์เซนติเมตร/กรัม)	ค่าความแข็ง(กรัม)
0	2.16 ±0.01 ^a	1192.94 ±70.26 ^a
20	2.15 ±0.01 ^a	1373.25±56.69 ^b
40	2.03 ±0.01 ^b	1604.01±62.08 ^c
60	1.89 ±0.03 ^b	1855.28±75.93 ^d

หมายเหตุ ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแนวตั้งต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ
ทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

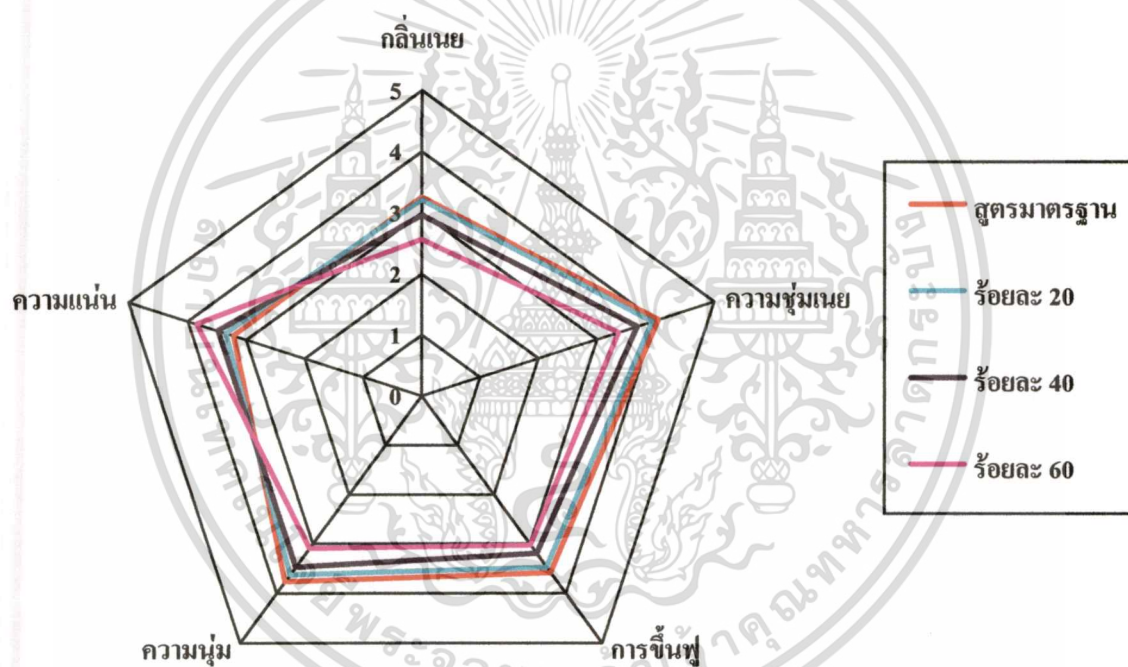
จากตารางที่ 4.8 พบว่าการใช้โพธิ์เด็กซ์โตสร้อยละ 20 40 และ 60 ทดแทนไขมันใน
ผลิตภัณฑ์บราวนี่แป้งข้าวกล้องมีผลทำให้ปริมาตรจำเพาะและค่าความแข็ง (firmness) มีความแตกต่าง
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อปริมาณ โพธิ์เด็กซ์โตสเพิ่มขึ้นปริมาตรจำเพาะจะลดลงอย่างมี
นัย สำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)เนื่องจากลักษณะปริมาตรของบราวนี่ส่วนหนึ่งเกิดขึ้นจากฟองอากาศที่
เกิดขึ้นในช่วงการตีไขมันกับน้ำตาล เมื่อไขมันในสูตรลดลงปริมาณฟองอากาศในส่วนผสมจึงลดลง
(Matz, 1989) ดังนั้นปริมาตรจำเพาะจึงลดลง เมื่อวัดค่าความแข็ง (firmness)พบว่า เมื่อปริมาณโพธิ์
เด็กซ์โตสเพิ่มขึ้นค่าความแข็งจะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$) เนื่องจากเมื่อลดปริมาณ
ไขมัน และเพิ่มการใช้สารทดแทนไขมันในส่วนผสมจะทำให้ฟองอากาศที่เกิดขึ้น ในช่วงการตีไขมัน
กับน้ำตาลลดลง ทำให้บราวนี่แป้งข้าวกล้อง มีเนื้อสัมผัสที่แข็งขึ้นตามปริมาณโพธิ์เด็กซ์โตสที่ใช้
เป็นสารทดแทนไขมัน

4.5.2 ผลการทดสอบด้านประสาทสัมผัส แบ่งการนำเสนอเป็น 2 ส่วน

1. ส่วนระดับความเข้มข้นต่างๆ
2. ส่วนระดับความชอบด้านต่างๆ

ผลการทดสอบด้านประสาทสัมผัสของบราวนี่ที่ใช้โพลีเด็กซ์โตสทดแทนไขมันในระดับต่างๆ พบว่าเมื่อใช้ปริมาณแป้งข้าวกล้องต่างกันคะแนนด้านความเข้มข้น ความเข้มข้นความชุ่มชื้น ความเข้มข้นการขึ้นฟู ความนุ่มของเนื้อสัมผัส ความแน่นของเนื้อสัมผัสมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งแสดงผลดังภาพใยแมงมุมภาพที่ 4.4

ส่วนคะแนนด้านความชอบด้านต่างๆ คือ ความชอบด้านกลิ่นเนย ความชอบด้านความชุ่มชื้น ความชอบด้านการขึ้นฟู ความชอบด้านความนุ่ม ความชอบความแน่นของเนื้อสัมผัส และความชอบรวมไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แสดงผลในตารางที่ 4.9



ภาพที่ 4.4 :ระดับความเข้มข้นของแต่ละคุณลักษณะของบราวนี่ที่ใช้โพลีเด็กซ์โตสทดแทนไขมัน

ตารางที่ 4.9 คะแนนความชอบด้านต่างๆของผลิตภัณฑ์รวมมีแป้งข้าวกล้องที่มีปริมาณ โพลีเด็กซ์ไตสที่แตกต่างกัน

ปริมาณ โพลีเด็กซ์ไตส ที่ใช้ทดแทน(ร้อยละ)	คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัส				
	กลิ่นเนย	ความชุ่มเนย	การขมฟู	ความนุ่ม	ความชอบโดยรวม
0	3.69±0.42 ^a	3.91±0.50 ^a	3.67±0.41 ^a	3.63±0.44 ^a	3.70±0.48 ^a
20	3.55±0.49 ^a	3.74±0.50 ^a	3.68±0.44 ^a	3.54±0.43 ^a	3.53±0.49 ^a
40	3.55±0.46 ^a	3.71±0.45 ^a	3.49±0.43 ^a	3.55±0.37 ^a	3.53±0.50 ^a
60	3.32±0.36 ^b	3.26±0.36 ^b	3.26±0.45 ^b	3.08±0.51 ^b	3.30±0.44 ^b

หมายเหตุ ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแนวตั้งต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ความเข้มข้นเนยและความชอบด้านกลิ่นเนย ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านกลิ่นเนยลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเพิ่มปริมาณ โพลีเด็คซ์โตสที่ใช้เป็นสารทดแทนไขมัน และเมื่อทดแทนไขมันด้วยโพลีเด็คซ์โตสร้อยละ 60 พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับบรานี่สูตรมาตรฐาน และบรานี่ที่ใช้โพลีเด็คซ์โตสทดแทนไขมันร้อยละ 20 และ 40 เนื่องจากการที่ใช้โพลีเด็คซ์โตสทดแทนไขมันซึ่งเป็นสารทดแทนไขมันที่ไม่มีกลิ่นและรสชาติคล้ายเนย และเมื่อเพิ่มปริมาณโพลีเด็คซ์โตสจึงทำให้ต้องใช้ไขมัน(เนยสด)ลดลง จึงทำให้เนยที่ใช้เป็นตัวให้กลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ลดลงไปด้วย (Bath, Shelke, and Hosene, 1992) ส่วนคะแนนความชอบด้านกลิ่นเนย ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านกลิ่นเนยของบรานี่แป็งข้าวกล้องที่ใช้โพลีเด็คซ์โตสเป็นสารทดแทนไขมันร้อยละ 60 น้อยที่สุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากกลิ่นเนยที่น้อยลง ทำให้ลักษณะของบรานี่ที่ต้องมีกลิ่นหอมของเนยลดลงส่งผลให้ผู้ทดสอบมีความชอบด้านกลิ่นเนยน้อยลงตามไปด้วย

ความเข้มข้นนมเนยและความชอบด้านความชุ่มเนย ผู้ทดสอบให้คะแนนความชุ่มเนยต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเพิ่มปริมาณ โพลีเด็คซ์โตส และเมื่อทดแทนไขมันด้วยโพลีเด็คซ์โตสร้อยละ 60 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับบรานี่แป็งข้าวกล้องสูตรมาตรฐาน และบรานี่แป็งข้าวกล้องที่ใช้โพลีเด็คซ์โตสทดแทนไขมันร้อยละ 20 และ 40 โดยเมื่อเพิ่มปริมาณโพลีเด็คซ์โตสที่ทดแทนไขมันเพิ่มขึ้นความชุ่มเนยจะลดลง เนื่องจากโพลีเด็คซ์โตสเป็นสารทดแทนไขมันที่อยู่ในกลุ่มอนุพันธ์ของแป้งจึงมีคุณสมบัติให้ความชุ่ม ความมันคล้ายไขมัน (มลศิริ วัชรโรทัย, 2545) แต่ก็ไม่เหมือนไขมันจริงทั้งหมด ความชุ่มเนยจึงลดระดับลงตามปริมาณโพลีเด็คซ์โตสที่เพิ่มขึ้น แต่ผู้ทดสอบยังคงให้คะแนนด้านความชุ่มเนย อยู่ในช่วงชุ่มปานกลางถึงชุ่มมากและผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบบรานี่แป็งข้าวกล้องที่ใช้โพลีเด็คซ์โตสทดแทนไขมันร้อยละ 60 น้อยที่สุด เนื่องจากผู้บริโภคทราบถึงคุณลักษณะเฉพาะที่บรานี่ต้องมีความชุ่มเนย เมื่อปริมาณที่ทดแทนไขมันเพิ่มขึ้นความชุ่มเนยจะลดลง ส่งผลให้คะแนนด้านความชุ่มเนยลดลงตามไปด้วย

ความเข้มข้นการขึ้นฟูและความชอบด้านการขึ้นฟู ผู้ทดสอบสามารถแยกความแตกต่างของระดับการขึ้นฟูของบรานี่แป็งข้าวกล้อง ได้อย่างชัดเจน เมื่อเพิ่มปริมาณ โพลีเด็คซ์โตสที่ใช้เป็นสารทดแทนไขมัน การขึ้นฟูของบรานี่จะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับการวัดปริมาตรจำเพาะเมื่อมีการทดแทนโพลีเด็คซ์โตสในปริมาณที่เพิ่มขึ้นปริมาตรจำเพาะของบรานี่แป็งข้าวกล้องจะลดลง และผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบบรานี่แป็งข้าวกล้องที่ใช้โพลีเด็คซ์โตสทดแทนไขมันร้อยละ 60 น้อยที่สุด และการใช้โพลีเด็คซ์โตสทดแทนไขมันจึงไม่ควรใช้เกินร้อยละ 40 เพราะจะทำให้บรานี่มีลักษณะแบน ไม่ขึ้นฟู จึงทำให้คะแนนความชอบลดลง

ความเข้มข้นด้านความนุ่มและความชอบด้านความนุ่ม ผู้ทดสอบให้คะแนนด้านความนุ่มของบราวนี่แป้งข้าวกล้องลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเพิ่มปริมาณโพลีเด็กซ์โตส และเมื่อปริมาณโพลีเด็กซ์โตสที่ใช้เป็นสารทดแทนไขมันร้อยละ 60 พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับบราวนี่แป้งข้าวกล้องสูตรมาตรฐาน และบราวนี่แป้งข้าวกล้องที่ใช้โพลีเด็กซ์โตสทดแทนไขมันร้อยละ 20 และ 40 เนื่องจากไขมันไขมันหรือเนยมีคุณสมบัติให้ความอ่อนนุ่มแก่ผลิตภัณฑ์ (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2547) แต่เมื่อลดไขมันและใช้สารทดแทนไขมันในส่วนผสมทำให้การตีครีมระหว่างการตีผสมเนยกับน้ำตาล เพื่อกักเก็บอากาศได้น้อยลงจึงทำให้เนื้อสัมผัสมีความนุ่มลดลง ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบบราวนี่แป้งข้าวกล้องที่ใช้โพลีเด็กซ์โตสทดแทนไขมันร้อยละ 60 น้อยที่สุด เนื่องจากความนุ่มที่ลดลงไป ส่งผลให้ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบด้านความนุ่มลดลงไปด้วย

ความเข้มข้นด้านความแน่นและความชอบด้านความแน่น เมื่อเพิ่มปริมาณโพลีเด็กซ์โตสที่ใช้เป็นสารทดแทนไขมัน ค่าความแข็งจะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากไขมันหรือเนยมีคุณสมบัติให้ความอ่อนนุ่มแก่ผลิตภัณฑ์ (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2547) เมื่อลดปริมาณไขมันลงทำให้การตีเป็นครีมระหว่างการตีผสมเนยกับน้ำตาลเพื่อกักเก็บอากาศ ทำให้เก็บอากาศได้น้อยลง ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีเนื้อสัมผัสที่แน่น ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบบราวนี่แป้งข้าวกล้องที่ใช้โพลีเด็กซ์โตสไขมันร้อยละ 60 น้อยที่สุด และคะแนนความชอบด้านความนุ่มน้อยกว่าบราวนี่แป้งข้าวกล้องที่ใช้โพลีเด็กซ์โตสทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์บราวนี่แป้งข้าวกล้องในปริมาณอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากลักษณะเนื้อของบราวนี่ที่มีความแน่นจนเกินไป ส่งผลให้ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านความแน่นลดลงไปด้วย

ความชอบโดยรวม ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบบราวนี่แป้งข้าวกล้องที่ใช้โพลีเด็กซ์โตสทดแทนไขมันร้อยละ 20 และ 40 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับสูตรมาตรฐาน แต่จะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับบราวนี่แป้งข้าวกล้องที่ใช้โพลีเด็กซ์โตสทดแทนไขมันร้อยละ 60 ซึ่งสอดคล้องกับคะแนนความชอบด้านต่างๆ ที่โดยส่วนมากที่บราวนี่แป้งข้าวกล้องที่ใช้โพลีเด็กซ์โตสทดแทนไขมันร้อยละ 20 และ 40 จะไม่มีความแตกต่างจากสูตรมาตรฐาน แต่จะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับบราวนี่แป้งข้าวกล้องที่ใช้โพลีเด็กซ์โตสทดแทนไขมันร้อยละ 60

เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ทางกายภาพ ทางด้านค่าความแข็งและด้านปริมาตรจำเพาะ และการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า ปริมาณโพลีเด็กซ์โตสที่เหมาะสมที่ใช้ทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์บราวนี่แป้งข้าวกล้อง คือ ปริมาณโพลีเด็กซ์โตสที่ไม่เกินร้อยละ 40

4.6 เปรียบเทียบปริมาณพลังงานจากไขมันของบราวนี่สูตรมาตรฐานและพลังงานจากไขมันของบราวนี่ที่ใช้สารละลายมอลโตเด็กซ์ทริน สารละลายอินนูลิน และโพลีเด็กซ์โตส เป็นสารทดแทนไขมัน

การเปรียบเทียบพลังงานจากไขมันของบราวนี่แป้งข้าวกล้องสูตรมาตรฐาน และบราวนี่แป้งข้าวกล้องที่ใช้สารละลายมอลโตเด็กซ์ทริน สารละลายอินนูลิน และโพลีเด็กซ์โตสทดแทนไขมันทำได้โดยการคำนวณจากสูตรของบราวนี่ แสดงดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ปริมาณพลังงานจากไขมันของบราวนี่แป้งข้าวกล้องสูตรมาตรฐานและบราวนี่แป้งข้าวกล้องที่ใช้สารละลายมอลโตเด็กซ์ทริน สารละลายอินนูลิน และโพลีเด็กซ์โตส เป็นสารทดแทนไขมัน

ตัวอย่าง	ปริมาณพลังงาน (กิโลแคลอรี)
บราวนี่แป้งข้าวกล้องสูตรมาตรฐาน	2700
บราวนี่แป้งข้าวกล้องที่ใช้สารละลายมอลโตเด็กซ์ทรินทดแทนไขมัน	1260
บราวนี่แป้งข้าวกล้องที่ใช้สารละลายอินนูลินทดแทนไขมัน	1740
บราวนี่แป้งข้าวกล้องที่ใช้โพลีเด็กซ์โตสทดแทนไขมัน	1740

จากตารางที่ 4.10 แสดงพลังงานจากบราวนี่แป้งข้าวกล้องสูตรมาตรฐาน และบราวนี่แป้งข้าวกล้องที่ใช้สารละลายมอลโตเด็กซ์ทริน สารละลายอินนูลิน และโพลีเด็กซ์โตสเป็นสารทดแทนไขมันซึ่งมีพลังงานเท่ากับ 2700 1260 1740 และ 1740 กิโลแคลอรี ตามลำดับ ซึ่งบราวนี่ที่ใช้สารละลายมอลโตเด็กซ์ทริน สารละลายอินนูลิน และโพลีเด็กซ์โตส เป็นสารทดแทนไขมันจะให้พลังงานจากไขมันลดลงร้อยละ 53.33 35.55 และ 35.55 ตามลำดับ จากบราวนี่แป้งข้าวกล้องสูตรมาตรฐาน ตามข้อกำหนดสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคประจำวันสำหรับคนไทยที่อายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป (Thai Recommended Daily Intake – THAI RDI) พบว่า ปริมาณไขมันที่แนะนำให้บริโภคประจำวันให้มีปริมาณน้อยกว่า 65 กรัม (กรมอนามัย, 2532) แต่บราวนี่แป้งข้าวกล้องที่ใช้สารละลายมอลโตเด็กซ์ทริน สารละลายอินนูลิน และโพลีเด็กซ์โตส เป็นสารทดแทนไขมัน 1 ช้อน น้ำหนัก 40 กรัม (น้ำหนักต่อถาด 800 กรัม ตัดได้ 20 ช้อน) ให้พลังงานจากไขมัน 63 87 และ 87 กิโลแคลอรี จากพลังงาน 135 กิโลแคลอรี (บราวนี่สูตรมาตรฐาน) ซึ่งลดลงถึง 72 48 และ 48 กิโลแคลอรีตามลำดับ ดังนั้นการรับประทานบราวนี่ แป้งข้าวกล้องที่ใช้สารละลายมอลโตเด็กซ์ทริน สารละลายอินนูลิน และโพลีเด็กซ์โตสทดแทนไขมัน สามารถลดปริมาณไขมันและพลังงาน อีกทั้งยังเป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ

ผลิตภัณฑ์บราวนี่เป็นผลิตภัณฑ์ขนมอบที่สามารถทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องได้ที่ระดับร้อยละ 80 และสามารถทดแทนไขมันในกลุ่มอนุพันธ์ของแป้งคือ สารละลายมอลโตเด็กซ์ทริน ได้ร้อยละ 60 สารละลายอินนูลินได้ร้อยละ 40 และโพลีเด็กซ์โตสได้ร้อยละ 40 และสามารถลดพลังจากไขมันได้ถึงร้อยละ 53.33 35.55 และ 35.55 ตามลำดับ ทำให้สามารถพัฒนาบราวนี่ให้เป็นผลิตภัณฑ์ขนมอบเพื่อสุขภาพ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

1. องค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวกล้องพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 มีปริมาณความชื้นร้อยละ 10.29 โปรตีนร้อยละ 6.35 ไขมันร้อยละ 2.40 และใยอาหารร้อยละ 3.33
2. ปริมาณแป้งข้าวกล้องที่เหมาะสมในการทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์บราวนี่ คือ ปริมาณแป้งข้าวกล้องร้อยละ 80
3. การใช้สารละลายมอลโตเด็กซ์ทรินทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์บราวนี่แป้งข้าวกล้อง คือ ปริมาณสารละลายมอลโตเด็กซ์ทรินร้อยละ 60
4. การใช้สารละลายอินนูลินทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์บราวนี่แป้งข้าวกล้อง คือ ปริมาณสารละลายอินนูลินร้อยละ 40
5. การใช้โพลีเด็กซ์โตสทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์บราวนี่แป้งข้าวกล้อง คือ ปริมาณโพลีเด็กซ์โตสร้อยละ 40
6. ปริมาณพลังงานจากไขมันของบราวนี่แป้งข้าวกล้องใช้สารละลายมอลโตเด็กซ์ทริน สารละลายอินนูลิน และโพลีเด็กซ์โตสทดแทนไขมัน จะมีปริมาณพลังงานจากไขมันลดลงจากสูตรมาตรฐาน ร้อยละ 53.33 35.55 และ 35.55 ตามลำดับ
7. ควรมีการทดสอบความชอบโดยรวมของผู้บริโภคต่อคุณภาพของบราวนี่ที่ใช้สารทดแทนไขมันทั้ง 3 ชนิด เพื่อเลือกสารทดแทนไขมันชนิดที่ดีที่สุด
8. ในทางการค้าเพื่อเป็นการลดต้นทุนควรใช้มอลโตเด็กซ์ทรินเป็นสารทดแทนไขมัน เนื่องจากเวลาจะใช้จะเตรียมในรูปแบบสารละลาย คือ น้ำ 3 ส่วน ต่อ มอลโตเด็กซ์ทริน 1 ส่วน
9. ควรปรับปรุงคุณภาพด้านการขึ้นฟูของบราวนี่ ซึ่งอาจจะใช้สารเพื่อเพิ่มการขึ้นฟู เช่น ผงฟู ไข่ขาว ผสมลงในบราวนี่

บรรณานุกรม

- กรมอนามัย. 2532. “สารอาหารที่แนะนำให้บริโภคประจำวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปี ขึ้นไป”
เข้าถึงได้จาก : <http://www.fda.moph.go.th/fda-net/html/product/food/ntfmoph/nft182.html>.
(ตุลาคม 8, 2550)
- กระทรวงสาธารณสุข. 2541. หลักเกณฑ์ในการกล่าวอ้างฉลากโภชนาการบนฉลากอาหาร.
กล้าณรงค์ ศรีรอด. 2542. สารให้ความหวาน. จาร์พาเทคเซนเตอร์. กรุงเทพฯ.
- กัมปนาท มุขดี. 2533. การวิจัยและพัฒนาข้าวในเขตพื้นที่ความรับผิดชอบของศูนย์วิจัยพันธุ์ข้าว
ปทุมธานี. ศูนย์วิจัยพันธุ์ข้าวปทุมธานี สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตร
และสหกรณ์. กรุงเทพฯ.
- เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. 2546. เทคโนโลยีของแป้ง. พิมพ์ครั้งที่ 3. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตร
ศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- จิตรณา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล. 2546. เบเกอรี่และเทคโนโลยีเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 7 กรุงเทพฯ :
สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ปราวณี วราสวัสดิ์. 2534. เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์พืช. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะบริหารธุรกิจการ
เกษตร. สถาบันการเกษตรแม่โจ้.
- พรวิรัตน์ ปันหยง. 2544. “การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังจากแป้งสาลีผสมแป้งข้าวหอมมะลิ”
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.
- เพ็ญศรี วงศ์จันทร์เพ็ญ. 2541. การใช้สารทดแทนไขมันที่มีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบและสาร
อิมัลซิไฟเออร์ในการผลิตเค้กเนยเคลอริ์ต่ำ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท ภาควิชาเทคโนโลยี
อาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ.
- มลศิริ วัชโรทัย. 2545. เทคโนโลยีอาหารเพื่อสุขภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 1. บริษัท อนุภาพวิชาการ จำกัด
กรุงเทพฯ.
- มัชฌิมาพร ฉันทวุฒิ และอังคณา โภคะกุล. 2539. การใช้สารทดแทนไขมันและใยอาหารใน
ผลิตภัณฑ์ขนมอบ. โครงการวิจัย ภาควิชาเทคโนโลยีอาหารคณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ.
- มาลี ชิมศรีสกุล และกมลทิพย์ สัจจอนันกุล. 2546. การใช้แป้งมันสำปะหลังทดแทนบางส่วนของ
แป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ซีฟฟอนเค้ก. “รายงานการประชุมวิชาการครั้งที่ 41 (สาขาอุตสาหกรรม
เกษตร)” มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วนิดา มะยมทอง. 2546. “การใช้แป้งมันสำปะหลังทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์มันฝรั่ง.”

วิทยานิพนธ์ปริญญาโท วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

ศิริจันทร์ ผาดิบัณฑิต และวราชนิ ชัยเจริญ. 2540. “การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งที่ผลิตภายในประเทศในผลิตภัณฑ์ซีฟ่อนเค้ก” รายงานการวิจัย ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ.

สมวงษ์ ตระกูลรุ่ง. 2548. ข้าวโภชนาการเพื่อสุขภาพและการใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรม. ออนไลน์ เข้าถึงได้จาก : [http:// www.duatec.ku.ac.th/download/rice.pdf](http://www.duatec.ku.ac.th/download/rice.pdf). (กันยายน 30. 2548)

สิรินาด ดัฒนเกษม. 2540. การใช้แป้งเผือกทดแทนแป้งสาลีบางส่วนในการผลิตเค้กแซ่บเค้กแข็ง. วารสารทางวิชาการ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย กรุงเทพฯ.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2524. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแป้งสาลีชนิดทำเค้ก. มอก. 374-2524.

อรองค์ นัยวิกุล. 2547. ข้าว : วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อรองค์ นัยวิกุล, วิตารวรรณ บุญเจือ และเฟื่องฟ้า ไชยมนิ. 2544. “ซาลาเปาจากแป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลี.” รายงานการวิจัยชุดโครงการวิจัยการใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีในอาหาร. กรุงเทพฯ : สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

อุศมา ศูนย์นฤรังษี. 2545. การพัฒนาบัตเตอร์เค้กจากข้าวหอมมะลิ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

Alexander,R.J. 1995. Fatreplacer based on starch. *Cereal Foods world*. 40(5) :336-368.

A.O.A.C. 2000. “Official Method of the analysis 32nd ed ” *Association of Official analytical chemist*.

Bath, D.E.,Shelke,K.,and Hosoney, R.C. 1992. Fat replacers in high-ratio layer cakes. *Cereal Foods worlds*. 37(7) : 495-500.

Cho, S.S. and Dreher, M.L. 2001. *Dietary fiber*. New York :Marcel Dekker, Inc.

Flack, E. 1996. *The role of emulsifier in low-fat food product*. Pp. 213-234 LLC, NewYork.

Frye, A.M., and Setser, C.S. 1991. Optimizing texture of reduced calorie yellow layer cakes. *Ceral Chemistry*. 63 (3) : 338-343.

Jones, S.A. 1996. Classifiedlist of Fatreplacer , pp. 275- 307 In S. Roller and S.A. Jones, eds. *Handbook of Fatreplacers*. CRC. Press LLC, NewYork.

Juiano, B.O. 1993. *Rice in Human Nutriton*. F.A.O., Rome.

Kamel, B.S. and J.G. stauffer, 1993. *Advances in Baking Tecnology*. St Edmundsbury Press, Sufflok UK.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Khan, R. 1993. **Low-Cabrie Foods and Food Ingredients**. St Edmundsbury Press, Sufflok UK.
- Institute of food Technologists. 1989. **Dietary fiber**. *Food Technology* 43: 133-139.
- Matz, S.A. 1989. **Technology of the Meterials of Baking**. USA.
- Nanaka, H.H. 1997. Plant Carbohydrate Derived Products as Fat Replacers and Calorie Reducers. **Cereal Foods World**. 42(5) : 377-388.
- Niness, R.K. 1999. Nutritional and health benefits of inulin and oligofructose. **Cereal Foodsworld**. 44 (2):79- 81.
- Setser,C.S. ,and Racette,W.L.1992.Macromoleculer replacer in food products. **Critical Reviews in food science and Nutrition**. 32(3) : 275-297.
- Silva, R.F. 1996. Use of inulin as a natural texture modified. **Cereal Foods World**. 41(10):792-794.
- Stauffer, C.E. 1998. Fats and oils in Bakery Products. **Cereal Foods World**. 43(3):120-126.
- Stephen. C. 2007. Menu application. **Student workbook**. Faculty of Agro Industry King Monglent Institutor Technology, Bangkok.
- Yackel, W.C. and Cox, C. 1992. Application of starch based Fat replacers. **Food Technology** 46(6) :146-148.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ความชื้น (AOAC. 2000)

ชั่งน้ำหนัก moisture can ให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง)



ชั่งตัวอย่างประมาณ 3 กรัม ให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน
ใน moisture can ที่ทราบน้ำหนักแล้ว (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง)



นำไปอบในตู้ไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส ประมาณ 4-6 ชั่วโมง



นำมาใส่เคชเคเตอร์ ทิ้งไว้ให้เย็น ชั่งน้ำหนัก



นำไปอบต่อน้ำหนักคงที่

การคำนวณ

% ความชื้น

$$= \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}} \times 100$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ปริมาณไขมัน (AOAC. 2000)

อบบีกเกอร์ไขมันพร้อมกับ boiling chip ที่อุณหภูมิ 130° C
เป็นเวลา 1 ชั่วโมงบนที่ก้นน้ำหนักรุ่นที่แน่นอน



ชั่งตัวอย่างที่อบไล่ความชื้นแล้วประมาณ 5 กรัม
บนที่ก้นน้ำหนักรุ่นที่แน่นอนแล้วห่อด้วยกระดาษกรอง



ตวงปิโตรเลียมอีเทอร์ 150 มิลลิลิตร ใส่ในบีกเกอร์ไขมัน



นำกระดาษกรองใส่ใน thimble และนำ thimble ประกอบเข้ากับ holder วางลงในบีกเกอร์
นำไปต่อเข้ากับเครื่องวิเคราะห์ไขมัน จนเครื่องทำการวิเคราะห์ไขมันจนเสร็จ



นำบีกเกอร์ไขมันไปอบที่อุณหภูมิ 105° C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง



นำมาใส่เคซิเคเตอร์ ทิ้งไว้ให้เย็น ชั่งน้ำหนัก



นำไปอบจนน้ำหนักคงที่

การคำนวณ

$$\% \text{ ไขมัน} = \frac{(\text{น้ำหนักบีกเกอร์และไขมัน} - \text{น้ำหนักตัวบีกเกอร์})}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}} \times 100$$

2. ปริมาณโปรตีนโดยวิธี kjeldahl (AOAC. 2000)

ชั่งตัวอย่างประมาณ 3 กรัม ลงในหลอดย่อยโปรตีน



เติม catalyst 10 กรัม เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 25 มิลลิลิตร ใส่ boiling chip 3 ลูก



นำหลอดย่อยโปรตีนประกอบเข้ากับเครื่องย่อย จนได้สารละลายใสหรือสีฟ้า

ปล่อยให้เครื่องดูดควันจนหมด ทิ้งให้เย็น



นำหลอดตัวอย่างที่ย่อยแล้วมาต่อเข้ากับเครื่องกลั่นโปรตีน เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 32% กับน้ำกลั่นในปริมาณที่แต่ละเครื่องกำหนด



ดวงบอริก 2% ปริมาณน้ำ 60 มิลลิลิตร ใส่ใน Erlenmeyer flask ขนาด 500 มิลลิลิตร หยด mixed Indicator 2-3 หยด จะได้สารสีแดง วางใส่เครื่องกลั่น รอจนกลั่นเสร็จ



นำ Erlenmeyer flask หลังจากกลั่นเสร็จที่มีสารละลายกรดบอริกกับแอมโมเนียที่มีสีฟ้าใส มาไทเทรตกับกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.01 N จนได้สารละลายเปลี่ยนเป็น ไม่มีสี



บันทึกปริมาณไฮโดรคลอริกที่ใช้

การคำนวณ

$$\% \text{ โปรตีน} = \frac{(A - B) C \times 14 \times 100}{D \times 1000}$$

A = มิลลิลิตรของสารละลายไฮโดรคลอริกที่ใช้ไทเทรตกับตัวอย่าง

B = มิลลิลิตรของสารละลายไฮโดรคลอริกที่ใช้ไทเทรตกับ blank

C = ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก (N)

D = น้ำหนักของตัวอย่าง

$$\% \text{ โปรตีน} = \% \text{ ไนโตรเจน} \times 5.95$$

2. ปริมาณ Dietary fiber (AOAC. 2000)

ขั้นตอนที่ 1 การสกัดแยกเอาสตาร์ชและโปรตีนออก

ชั่งตัวอย่างประมาณ 1 กรัมที่ผ่านการอบแห้งแล้ว ลงใน Erlenmeyer flask

ทำ 2 ซ้ำสำหรับตัวอย่าง และทำ 2 ซ้ำ สำหรับ blank



เติมสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ ที่มี pH 6 ประมาณ 50 มิลลิลิตร



เติมเอนไซม์ α -amylase จำนวน 0.1 มิลลิลิตร ปิดปาก Erlenmeyer flask ด้วยอลูมิเนียมฟอยล์



นำไปให้ความร้อนในน้ำเดือด จนสารละลายมีอุณหภูมิ 95-100° C

กวนด้วยเครื่องกวนแม่เหล็กไฟฟ้าตลอดเป็นเวลา 30 นาที



ทำให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้อง



เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.275 โมลาร์ ประมาณ 10 มิลลิลิตร

เพื่อปรับความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) เป็น 7.5



เติมเอนไซม์ protease จำนวน 0.1 มิลลิลิตร ปิดปาก Erlenmeyer flask ด้วยอลูมิเนียมฟอยล์



นำไปให้ความร้อนจนสารละลายมีอุณหภูมิ 45-55° C

กวนด้วยเครื่องกวนแม่เหล็กไฟฟ้าตลอดเป็นเวลา 30 นาที



ทำให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้อง



เติมเอนไซม์ amyloglucosidase จำนวน 0.3 มิลลิลิตร ปิดปาก Erlenmeyer flask

ด้วยอลูมิเนียมฟอยล์



นำไปให้ความร้อนจนสารละลายมีอุณหภูมิ 60-65° C

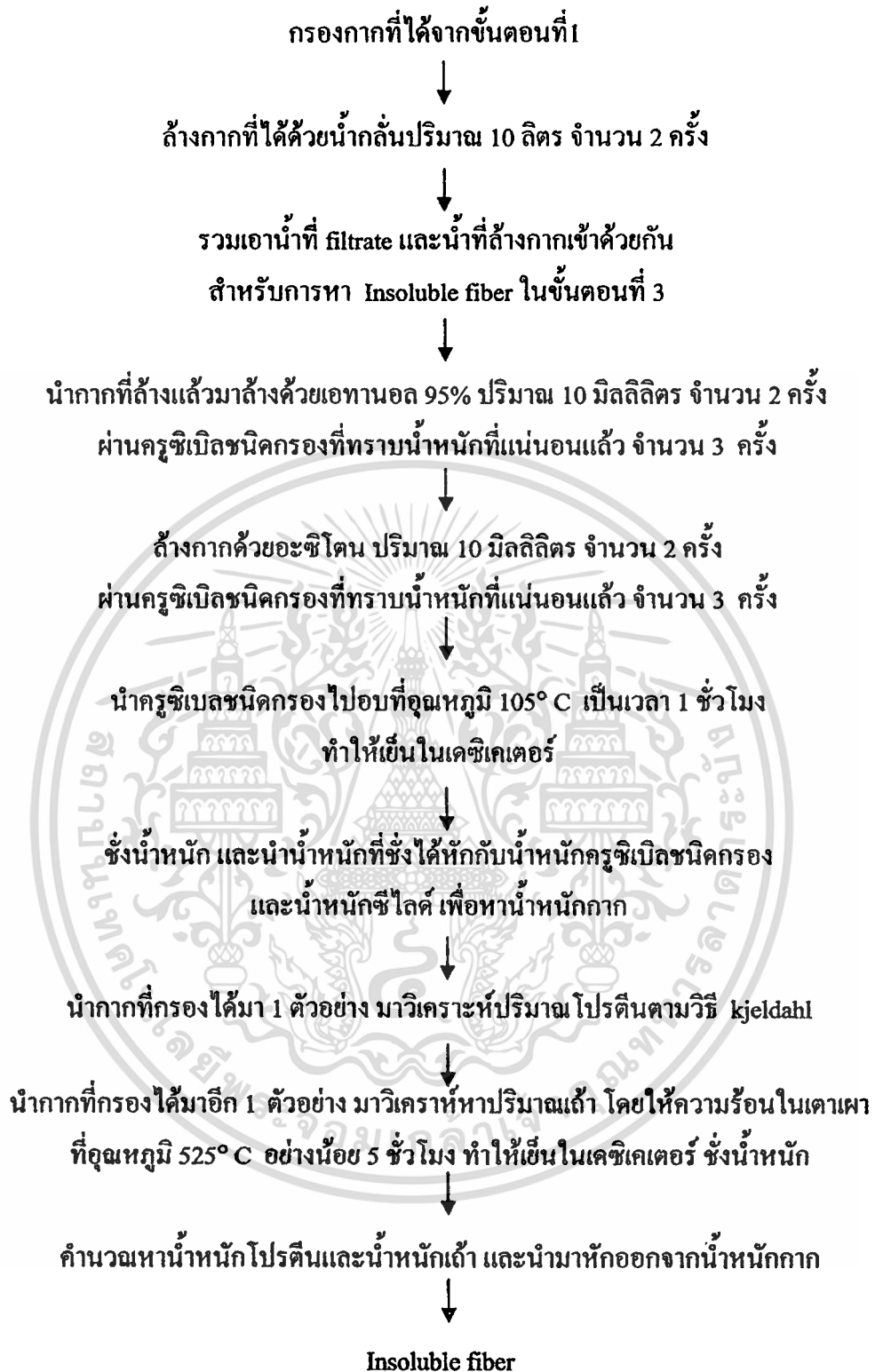
กวนด้วยเครื่องกวนแม่เหล็กไฟฟ้าตลอดเป็นเวลา 30 นาที



ทำให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 2 หาปริมาณ Insoluble fiber



ขั้นตอนที่ 3 หาปริมาณ Insoluble fiber

นำ filtrate และน้ำล้างกากจากขั้นตอนที่ 2 มาตกตะกอนด้วยเอทานอล 95%

ปริมาณ 4 เท่าของปริมาตรที่ละลายได้



ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 60° C แล้วปล่อยให้ตกตะกอน

ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง



กรองเอาตะกอนที่ผ่านครุชเชิลที่ทราบน้ำหนักแน่นอนแล้ว



ล้างตะกอนด้วยเอทานอล 98% ปริมาณ 20 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง

ผ่านครุชเชิลชนิดกรอง จำนวน 3 ครั้ง



ล้างตะกอนด้วยอะซิโตน ปริมาณ 10 มิลลิลิตร

ผ่านครุชเชิลชนิดกรอง จำนวน 3 ครั้ง



นำครุชเชิลชนิดกรอง ไปอบที่อุณหภูมิ 105° C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

ทำให้เย็นในเดซิเคเตอร์



ชั่งน้ำหนัก และนำน้ำหนักที่ชั่งได้หักกับน้ำหนักครุชเชิลชนิดกรอง

และน้ำหนักซีไลค์ เพื่อหาน้ำหนักกาก



นำกากที่กรองได้มา 1 ตัวอย่าง มาวิเคราะห์ปริมาณ โปรตีนตามวิธี kjeldahl



นำกากที่กรองได้มาอีก 1 ตัวอย่าง มาวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า โดยให้ความร้อนในเตาเผา

ที่อุณหภูมิ 525° C อย่างน้อย 5 ชั่วโมง ทำให้เย็นในเดซิเคเตอร์ ชั่งน้ำหนัก



คำนวณหาน้ำหนักโปรตีนและน้ำหนักเถ้า และนำมาหักออกจากน้ำหนักกาก



Insoluble fiber

การคำนวณ

Total dietary = Insoluble fiber + soluble fiber

คำนวณหา Insoluble fiber และ soluble fiber แยกกันดังนี้

$$\% \text{ fiber} = \frac{R_1 + R_2 - P - A - B}{m_1 + m_2} \times 100$$

R^1 = น้ำหนักของตะกอนตัวอย่างซ้ำที่ 1 (กรัม)

R^2 = น้ำหนักของตะกอนตัวอย่างซ้ำที่ 2 (กรัม)

P = น้ำหนักของโปรตีนตัวอย่าง (กรัม)

A = น้ำหนักของเถ้าตัวอย่าง (กรัม)

M^1 = น้ำหนักของตัวอย่างซ้ำที่ 1 (กรัม)

M^2 = น้ำหนักของตัวอย่างซ้ำที่ 2 (กรัม)

$B = \frac{R_{B1} + R_{B2} - P_B - P_A}{2}$

R^{B1} = น้ำหนักของตะกอนตัวอย่างซ้ำที่ 1 (กรัม)

R^{B2} = น้ำหนักของตะกอนตัวอย่างซ้ำที่ 2 (กรัม)

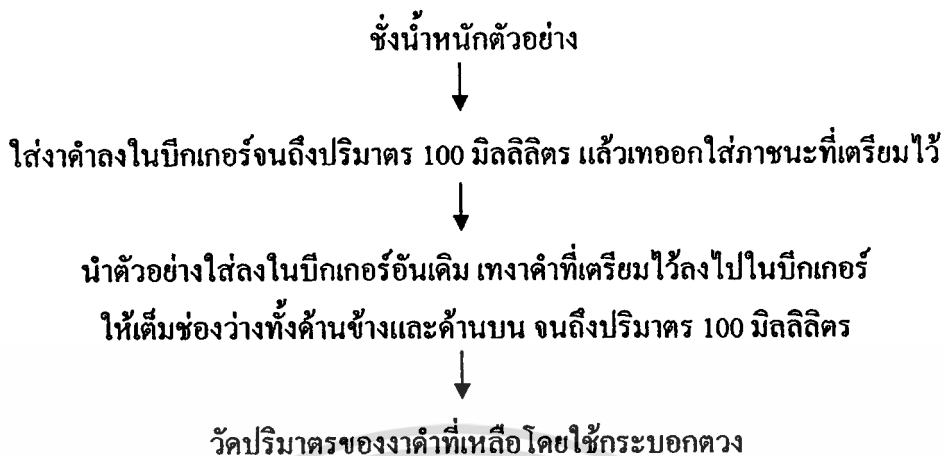
P^B = น้ำหนักของโปรตีนตัวอย่าง (กรัม)

P^A = น้ำหนักของเถ้าตัวอย่าง (กรัม)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การวัดปริมาตรจำเพาะ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2524)



การคำนวณ

$$\text{ปริมาตรจำเพาะ (ลูกบาศก์เซนติเมตร/กรัม)} = \frac{\text{ปริมาตรที่เหลือ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การวัดเนื้อสัมผัส (ค่าความแข็ง (firmness)) (Manuel.2006) โดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส

2.1 ตัดตัวอย่างบราวน์เป็นรูปสี่เหลี่ยม 4×4 เซนติเมตร

2.2 ประกอบชุดเครื่องมือสำหรับวัด โดยใช้หัวกด แบบ Cylinder probe ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร

2.3 Calibrate force และ Calibrate prope ก่อนทำการวัดทุกครั้ง

2.4 เลือกรูปแบบการวัด Test mode and option : TPA

-Pre test 1.0 mm/s

-Test speed 1.0 mm/s

-Post test 1.0 mm/s

-Time 5 s

-Distance 50% strain

2.5 วางตัวอย่างบนฐาน กดคำสั่งวัด เมื่อเริ่มทำการวัดเครื่องคอมพิวเตอร์จะแสดงกราฟที่วัดส่งโปรแกรมคำนวณหาค่าความแข็งของบราวน์



3. การคำนวณพลังงานจากไขมัน

การคำนวณพลังงานของบรวนี่แป้งข้าวกล้องสูตรมาตรฐาน

1. นำไขมันจากเนยที่ใช้ในสูตรมาคำนวณ โดยไขมัน 1 กรัม ให้พลังงาน 9 กิโลแคลอรี
2. นำปริมาณไขมันที่ใช้ในสูตร \times พลังงานที่ได้รับจากไขมัน จะได้ผลลัพธ์ของพลังงานที่ได้รับ

การคำนวณพลังงานของบรวนี่แป้งข้าวกล้องที่ใช้มอลโตเด็กซ์ตริน อินนูลินและโพลีเด็กซ์โตสทดแทนไขมัน

1. นำมอลโตเด็กซ์ตริน อินนูลิน และโพลีเด็กซ์โตสทดแทนไขมันมาคำนวณ โดยมอลโตเด็กซ์ตริน อินนูลินและโพลีเด็กซ์โตส 1 กรัม ให้พลังงาน 1 กิโลแคลอรี
2. ปริมาณมอลโตเด็กซ์ตริน อินนูลินและโพลีเด็กซ์โตสที่ใช้ \times พลังงานที่ได้รับจากมอลโตเด็กซ์ตริน อินนูลินและโพลีเด็กซ์โตส จะได้ผลลัพธ์ของพลังงานที่ได้รับ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ค

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสที่ใช้ศึกษาปริมาณแป้งข้าวกล้องที่เหมาะสมในการทดแทนแป้งสาลี

ผลิตภัณฑ์ บราวนี่แป้งข้าวกล้อง

ชื่อ.....วันที่.....

คำแนะนำ กรุณาทดสอบตัวอย่างที่เสนอจากซ้ายไปขวา แล้วขีดเส้นตั้งฉากกับเส้นคะแนนของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ตามความเข้มที่ตรงกับความรู้สึกของท่าน พร้อมระบุรหัสตัวอย่างเหนือเส้น

รหัสตัวอย่าง.....

1. กลิ่น

1.1 ความเข้มกลิ่น

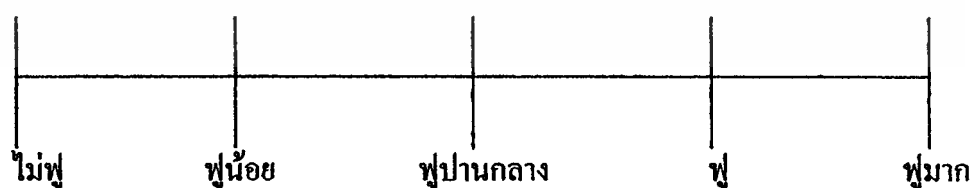


1.2 ความชอบด้านกลิ่น



2. การขึ้นฟูของบราวนี่

2.1 การขึ้นฟูของบราวนี่



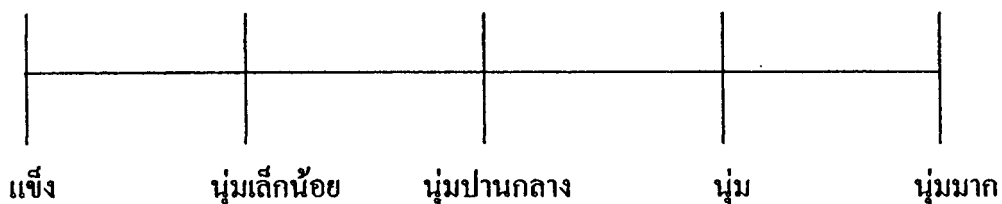
2.2 ความชอบด้านการขึ้นฟูของบราวนี่



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ความนุ่มของเนื้อสัตว์

3.1 ความนุ่มของเนื้อสัตว์



3.2 ความชอบด้านความนุ่มของเนื้อสัตว์



4. ความแน่นของเนื้อสัตว์

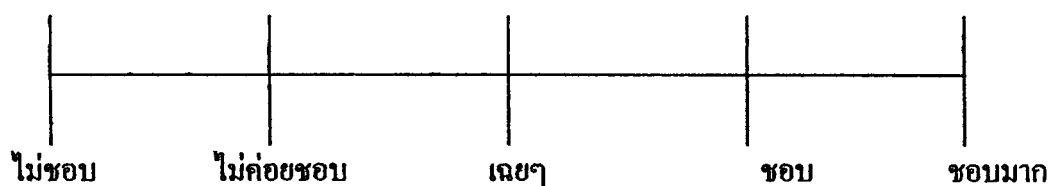
4.1 ความแน่นของเนื้อสัตว์



4.2 ความชอบด้านความแน่นของเนื้อสัตว์



5. ความชอบโดยรวม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิจารณ์.....



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสที่ใช้ศึกษาปริมาณสารทดแทนไขมันที่เหมาะสมในการ
ทดแทนไขมัน

ผลิตภัณฑ์ บราวนี่แป้งข้าวกล้อง

ชื่อ.....วันที่.....

คำแนะนำ กรุณาทดสอบตัวอย่างที่เสนอจากซ้ายไปขวา แล้วขีดเส้นตั้งฉากกับเส้นคะแนนของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ตามความเข้มที่ตรงกับความรู้สึกของท่าน พร้อมระบุรหัสตัวอย่างเหนือเส้น

รหัสตัวอย่าง.....

1. กลิ่นเนย

1.1 ความเข้มกลิ่นเนย

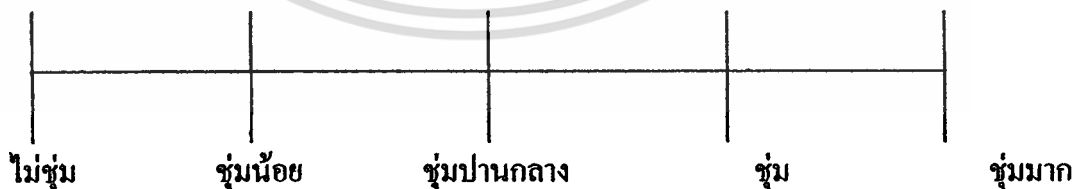


1.2 ความชอบด้านกลิ่นเนย



2. ความชุ่มเนย

2.1 ความชุ่มเนย



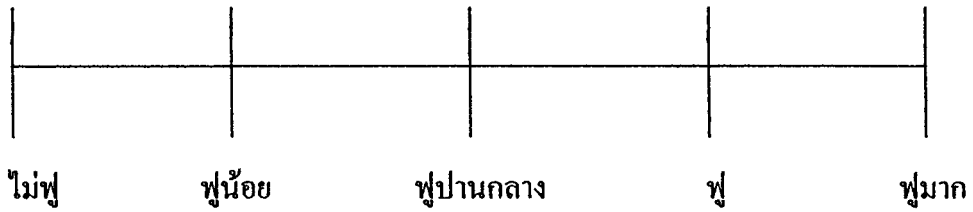
2.2 ความชอบด้านความแน่นของเนื้อสัมผัส



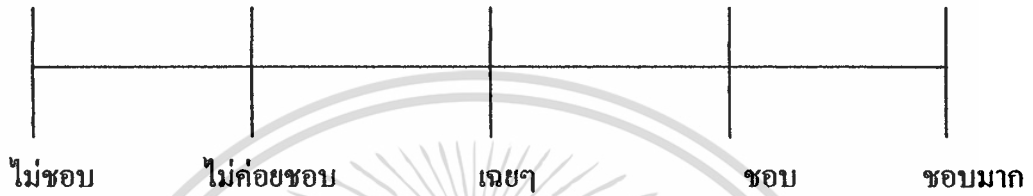
เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินทางปัญญาที่สงวนไว้สำหรับใช้ในงานเพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์อื่นใด
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การขึ้นฟูของบราวนี่

3.1 การขึ้นฟูของบราวนี่

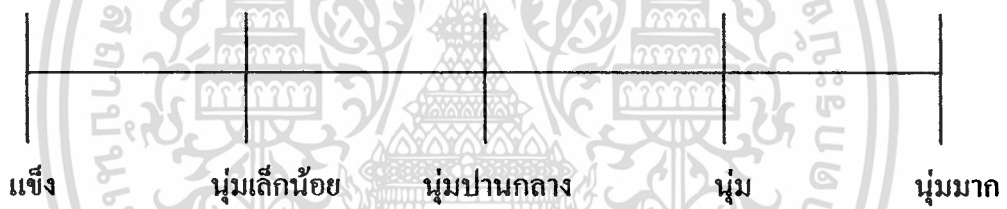


3.2 ความชอบด้านการขึ้นฟูของบราวนี่

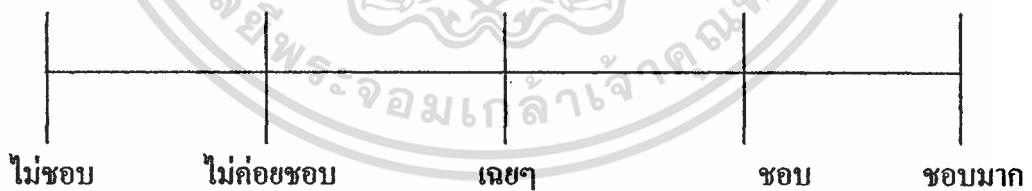


4. ความนุ่มของเนื้อสั้มผัส

4.1 ความนุ่มของเนื้อสั้มผัส

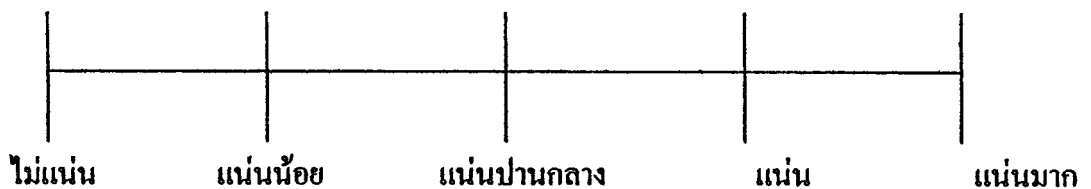


4.2 ความชอบด้านความนุ่มของเนื้อสั้มผัส



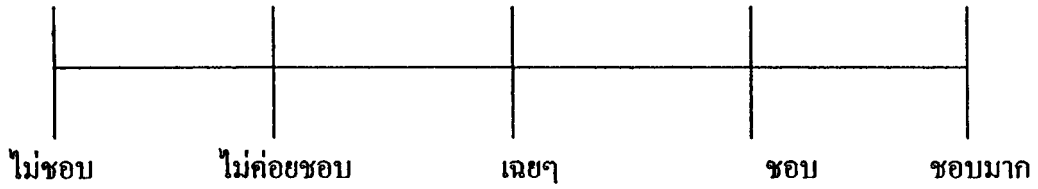
5. ความแน่นของเนื้อสั้มผัส

5.1 ความแน่นของเนื้อสั้มผัส

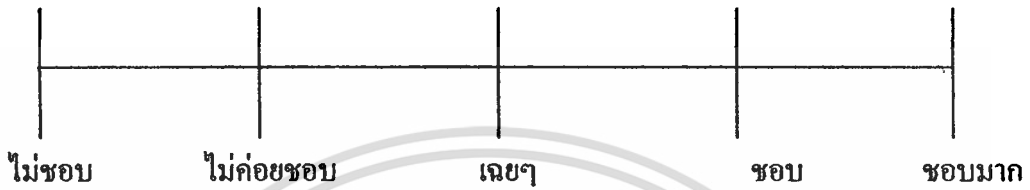


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ความชอบด้านความแน่นของเนื้อสัมผัส



6. ความชอบโดยรวม



วิจารณ์.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นางสาวนริศรา อุทัย เกิดวันที่ 2 มกราคม พ.ศ. 2528 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จ การศึกษาระดับปริญญาตรี คณะคหกรรมศาสตร์(คศ.บ.) สาขาอาหารและโภชนาการ จาก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ วิทยาเขตพระนครใต้ จังหวัดกรุงเทพมหานคร ในปี การศึกษา 2549 และศึกษาต่อในระดับปริญญาโท ในสาขาเทคโนโลยีการจัดและบริการอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง และจบการศึกษาในปีพ.ศ. 2551



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้