ผลของนมผงขาดมันเนยและเลซิตินต่อการปรับปรุงคุณภาพของขนมปังกรอบที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้อง

EFFECTS OF SKIMMED MILK POWDER AND LECITHIN ON QUALITIES IMPROVEMENT OF CRACKER SUBSTITUTED WHEAT FLOUR WITH BROWN RICE FLOUR

กันตมาส์ ลิมจุฬารัตน์

KANTAMAT LIMCHULARATTANA

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาคุณภาพอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2552

KMITL-2009-AI-M-054-47

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ผลของนมผงขาดมันเนยและเลซิตินต่อการปรับปรุงคุณภาพของขนมปังกรอบที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้อง

EFFECTS OF SKIMMED MILK POWDER AND LECITHIN ON QUALITIES IMPROVEMENT OF CRACKER SUBSTITUTED WHEAT FLOUR WITH BROWN RICE FLOUR

T105314

คันธมาทน์ ลิ่มจุฬารัตน์

KANTAMAT LIMCHULARATTANA

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 105314
วัน,เดือน,ปี 18 พ.ย. 2552

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

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสุขาภิบาลอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2552

KMITL-2009-AI-M-054-47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EFFECTS OF SKIMMED MILK POWDER AND LECITHIN ON QUALITIES IMPROVEMENT OF CRACKER SUBSTITUTED WHEAT FLOUR WITH BROWN RICE FLOUR

KANTAMAT LIMCHULARATTANA

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN FOOD SANITATION
FACULTY OF AGRO-INDUSTRY
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2009

KMITL-2009-AI-M-054-47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2009

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ผลของนมผงขาดมันเนยและเลซิตินต่อการปรับปรุงคุณภาพของขนมปังกรอบที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้อง

Effects of Skimmed Milk Powder and Lecithin on Qualities Improvement of Cracker Substituted Wheat Flour with Brown Rice Flour

ชื่อนักศึกษา นางสาวคันธมาทน์ ลิ่มจุฬารัตน์

รหัสประจำตัว 48068756

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา สุขาภิบาลอาหาร

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.พอใจ ถามากร

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม -

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.พอใจ ถามากร	
รศ.ดร.ระติพร หาเรือนกิจ	
ดร.กิตติชัย บรรจง	
ดร.ประมวล ศรีกาหลง	
ผศ.ดร.พิชญอร ไหมสุทธิสกุล	

วัน / เดือน/ ปี ที่สอบ 19 พฤษภาคม 2552 เวลา 10.00 น. เป็นต้นไป

สถานที่สอบ ณ ห้องสัมมนา D213 อาคารเจ้าคุณทหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตรรับรองแล้ว

(รศ.ดร.ระติพร หาเรือนกิจ)

คณบดีคณะอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่ 25 **เดือน** มิถุนายน **พ.ศ.** 52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของนมผงขาดมันเนยและเลซิตินต่อการปรับปรุงคุณภาพของขนมปังกรอบที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้อง
นักศึกษา	นางสาวคันธมาทน์ ลิ่มจุฬารัตน์
รหัสประจำตัว	48068756
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	สุขาภิบาลอาหาร
พ.ศ.	2552
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.พอใจ ถามากร

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของนมผงขาดมันเนยและเลซิตินต่อคุณลักษณะของขนมปังกรอบที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้อง จากการศึกษาขนาดอนุภาคความละเอียดของแป้งข้าวกล้อง 3 ระดับ คือ 40-80 80-100 และ100-120 เมช พบว่าการที่แป้งข้าวกล้องมีความละเอียดเพิ่มขึ้น ค่าความสว่าง (L*) และค่าสีเหลือง (b*) ของขนมปังกรอบมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่ค่าสีแดง (a*) ความกว้าง ความหนา และค่าความแข็งของขนมปังกรอบมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จากการวิเคราะห์การยอมรับทางประสาทสัมผัส พบว่าคะแนนความชอบทุกด้าน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญสถิติ ($p>0.05$) ดังนั้นจึงเลือกแป้งข้าวกล้องที่มีขนาดอนุภาค 40-80 เมช มาศึกษาปริมาณแป้งข้าวกล้องที่ ทดแทนแป้งสาลี ในปริมาณร้อยละ 20 40 และ 60 พบว่า ขนมปังกรอบที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวกล้องที่ระดับสูงขึ้น มีสีเข้มขึ้น ความหนา และการยอมรับทางประสาทสัมผัสทุกด้านมีคะแนนลดลง เมื่อนำขนมปังกรอบสูตรทดแทนแป้งข้าวกล้องร้อยละ 20 มาเติมนมผงขาดมันเนยร้อยละ 8 และ 12 ร่วมกับการใช้เลซิตินร้อยละ 0.5 และ 1.0 พบว่าเมื่อใช้นมผงขาดมันเนยเพิ่มขึ้นจะทำให้ขนมปังกรอบมีความหนามีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่วนค่าสีแดง (a*) และอัตราการแผ่ขยายมีแนวโน้มลดลงความหนามีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ขณะที่ขนมปังกรอบที่มีปริมาณเลซิตินเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าสีเหลือง (b*) และความหนามีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่วนค่าความสว่าง (L*) และอัตราการแผ่ขยายมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) อิทธิพลร่วมระหว่างนมผงขาดมันเนยและเลซิตินมีผลต่อค่าสีเหลือง (b*) ความหนา อัตราการแผ่ขยาย และความแข็ง ส่วนผลการทดสอบด้านประสาทสัมผัส พบว่าขนมปังกรอบที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องที่ร้อยละ 20 และเติมนมผงขาดมันเนยร้อยละ 8 และ 12 ร่วมกับเลซิตินร้อยละ 0.5 และ 1.0 คะแนนความชอบด้านสี กลิ่นความกรอบ และรสชาติ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p> 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Effects of Skimmed Milk Powder and Lecithin on Qualities Improvement of Cracker Substituted Wheat Flour with Brown Rice Flour
Student	Miss Kantamat Limchularattana
Student ID.	48068756
Degree	Master of Science
Program	Food Sanitation
Year	2009
Thesis Advisor	Assist. Prof. Dr. Porjai Thamakorn

ABSTRACT

The objective of this study was to investigate the effects of skimmed milk powder and lecithin on qualities improvement of cracker substituted wheat flour with brown rice flour. Three ranges on particle size of brown rice flour: 40-80, 80-100, and 100-120 mesh were studied. It was found that the finer flour produced cracker with higher brightness (L*) and yellowness (b*) values, also thinner cracker with lower firmness were observed. Acceptability scores from sensory evaluation in all attributes showed no significant difference among treatments. Therefore, brown rice flour of 40-80 mesh size was used to substitute wheat flour, varying percentage of substitution at 20, 40 and 60. The results showed that the higher percentage of substitution, the darker and thinner cracker was observed. And also acceptability scores in all attributes remarkably decreased. The effects of adding skimmed milk powder (8% and 12%) and lecithin (0.5% and 1.0%) in order to improve the qualities of rice flour substituted cracker was investigated. It was found that increasing in skimmed milk powder yielded product with higher thickness whereas lower red (a*) values and spread ratio cracker was observed. Increasing in lecithin yielded higher yellowness (b*) value and thickness whereas lightness (L*) and spread ratio were decreasing. The interaction between skimmed milk and lecithin affected to yellowness (b*) value, thickness spread ratio and hardness. There were no significant differences among all combination treatments in all sensory characteristics.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงและสมบูรณ์ได้ดี เนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างสูงจาก ผศ.ดร.พอใจ ถามากร ที่ได้ให้เกียรติเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และได้กรุณาให้ความรู้ ข้อคิดเห็น คำแนะนำต่างๆ ที่มีค่า พร้อมทั้งให้คำปรึกษา ตรวจทาน ตลอดจนแก้ไขรูปเล่มวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.ระติพร หาเรือนกิจ ที่ได้ให้เกียรติเป็นประธานกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ ขอกราบขอบพระคุณ ดร.กิตติชัย บรรจง ดร.ประมวล ศรีกาหลง และ ผศ.ดร.พิชญ์อร ไหมสุทธิสกุล อาจารย์จากคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย ที่สละเวลาอันมีค่ามาเป็นคณะกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ และช่วยตรวจสอบแก้ไข รวมทั้งให้คำแนะนำจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

กราบขอบพระคุณ คณาจารย์ทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้าตลอดระยะเวลาของการศึกษา

ขอขอบคุณ นักวิทยาศาสตร์ เจ้าหน้าที่เทคนิค และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการทุกท่านที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงาน

ขอขอบคุณ คุณสุชาดา ไม้สนธิ์ รวมทั้งเพื่อนๆ ปริญญาโท และเพื่อนๆ ที่สำนักประสานงานทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว. ทุกคนของข้าพเจ้า ที่ช่วยเหลือในการปฏิบัติงาน ตลอดจนเป็นกำลังใจให้จนงานเสร็จลุล่วงไปด้วยดี

ข้าพเจ้าขอบกราบขอบพระคุณ คุณพ่อวีระพงศ์ ลิ่มจุฬารัตน์ คุณแม่ลออง ลิ่มจุฬารัตน์ คุณธารินี ลิ่มจุฬารัตน์ พี่สาวและญาติพี่น้องของข้าพเจ้าที่เป็นกำลังใจ ให้ความรัก ความห่วงใย ความเข้าใจ ตลอดจนความช่วยเหลือ และให้การสนับสนุนแก่ข้าพเจ้าตลอดมา คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

คันธมาทน์ ลิ่มจุฬารัตน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....VI

สารบัญภาพ.....IX

บทที่ 1 บทนำ.....1

บทที่ 2 ทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....3

2.1 ขนมปังกรอบ.....3

2.2 วัตถุดิบที่เป็นส่วนประกอบในการทำผลิตภัณฑ์ขนมปังกรอบ.....5

2.3 กรรมวิธีการผลิตขนมปังกรอบ.....11

2.4 ข้าวกล้อง.....14

2.5 กรรมวิธีการผลิตแป้งข้าว.....19

2.6 งานวิจัยด้านการนำแป้งข้าวทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ.....21

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง.....25

3.1 วัสดุและอุปกรณ์.....25

3.2 วิธีการทดลอง.....25

3.3 วิเคราะห์ผลทางสถิติ.....28

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์.....29

4.1 ศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับขนาดความละเอียดของแป้งข้าวกล้องในการทำขนมปังกรอบ.....29

4.2 ศึกษาปริมาณแป้งข้าวกล้องเพื่อใช้ทดแทนแป้งสาลีในการผลิตขนมปังกรอบ.....33

4.3 ศึกษาปัจจัยการเติมนมผงขาดมันเนยและเลซิตินในการผลิตขนมปังกรอบ.....40

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ข้อเสนอแนะ.....58
บรรณานุกรม.....59

ภาคผนวก

ก การวิเคราะห์คุณภาพ.....66
ข ผลวิเคราะห์ทางสถิติ.....69

ประวัติผู้เขียน.....77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 องค์ประกอบต่างๆของแป้งสาลี....7

2.2 องค์ประกอบทางเคมีของข้าวและผลิตภัณฑ์จากข้าวที่มีความชื้นร้อยละ 14 (ต่อ 100 กรัม)....15

2.3 เปรียบเทียบคุณค่าทางอาหารระหว่างข้าวกล้องและข้าวขาวในข้าว 100 กรัม....16

2.4 คุณสมบัติของอะไมโลส และอะไมโลเพกติน....17

2.5 การแบ่งประเภทข้าวตามปริมาณอะไมโลสในข้าวขาว....17

2.6 คุณภาพของแป้งข้าวหอมมะลิ แป้งข้าวกล้องหอมมะลิ และแป้งสาลีอเนกประสงค์....22

3.1 ส่วนผสมของขนมปังกรอบสูตรพื้นฐาน....26

3.2 ปริมาณส่วนผสมในการผลิตขนมปังกรอบจากการแปรปริมาณแป้งข้าวกล้อง ร้อยละ 0 (สูตรมาตรฐาน) 20 40 และ 60 ของน้ำหนักแป้งสาลี....28

4.1 ค่า L* a* และ b* ของขนมปังกรอบที่ใช้แป้งข้าวกล้องที่ขนาดอนุภาค 40-80, 80-100 และ 100-120 เมช....29

4.2 ค่าความกว้าง ความหนา และอัตราการแผ่ขยายของขนมปังกรอบที่ใช้แป้งข้าวกล้องที่ขนาดอนุภาค 40-80, 80-100 และ 100-120 เมช....30

4.3 ค่าความแข็ง (กรัม) ของขนมปังกรอบที่ใช้แป้งข้าวกล้องที่ขนาดอนุภาค 40-80, 80-100 และ 100-120 เมช....31

4.4 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของขนมปังกรอบที่ใช้แป้งข้าวกล้องที่ขนาดอนุภาค 40-80, 80-100 และ 100-120 เมช....32

4.5 ค่าL* a* b* และ ΔE ของขนมปังกรอบที่มีปริมาณแป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีที่ร้อยละ 0 (สูตรมาตรฐาน) 20 40 และ 60 ของน้ำหนักแป้ง....33

4.6 ค่าความกว้าง ความหนา และอัตราการแผ่ขยายของขนมปังกรอบที่มีปริมาณแป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีที่ร้อยละ0 (สูตรมาตรฐาน) 20 40 และ 60 ของน้ำหนักแป้ง....36

4.7 ค่าความแข็ง (กรัม) ของขนมปังกรอบที่มีปริมาณแป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีที่ร้อยละ 0 (สูตรมาตรฐาน) 20 40 และ 60 ของน้ำหนักแป้ง....38

4.8 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของขนมปังกรอบที่มีปริมาณแป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีที่ร้อย 0 (สูตรมาตรฐาน) 20 40 และ 60 ของน้ำหนักแป้ง....39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.9 ค่า p-value จากการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณนมผงขาดมันเนย และปริมาณเลซิติน รวมทั้งอิทธิพลร่วมของปริมาณนมผงขาดมันเนย และปริมาณเลซิตินต่อค่าความสว่าง L* ค่าสีเหลือง a* และค่าสีแดง b* ของขนมปังกรอบที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวกล้องร้อยละ 20 เมื่อแปรค่าของปริมาณนมผงขาดมันเนย และปริมาณเลซิตินที่ระดับต่างๆ.....41

4.10 ผลของอิทธิพลร่วมของปริมาณนมผงขาดมันเนย และปริมาณเลซิติน ต่อค่า L* a* และ b* ของขนมปังกรอบสูตรควบคุมกับสูตรทดแทนด้วยแป้งข้าวกล้องร้อยละ20.....42

4.11 ค่า p-value จากการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณนมผงขาดมันเนยและปริมาณเลซิติน รวมทั้งอิทธิพลร่วมของปริมาณนมผงขาดมันเนย และปริมาณเลซิตินต่อค่าความกว้าง ความหนา และอัตราการแผ่ขยายของขนมปังกรอบที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวกล้องร้อยละ 20 เมื่อแปรค่าของปริมาณนมผงขาดมันเนย และปริมาณเลซิตินที่ระดับต่างๆ.....45

4.12 ผลของอิทธิพลร่วมของปริมาณนมผงขาดมันเนย และปริมาณเลซิติน ต่อค่าความกว้าง ความหนา และอัตราการแผ่ขยายของขนมปังกรอบสูตรควบคุมกับสูตรทดแทนด้วย แป้งข้าวกล้องร้อยละ 20.....46

4.13 ค่า p-value จากการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณนมผงขาดมันเนย และปริมาณเลซิติน รวมทั้งอิทธิพลร่วมของปริมาณนมผงขาดมันเนย และปริมาณเลซิตินต่อค่าความแข็ง (กรัม) ของขนมปังกรอบที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวกล้องร้อยละ 20 เมื่อแปรค่าของปริมาณนมผง ขาดมันเนย และปริมาณเลซิตินที่ระดับต่างๆ.....48

4.14 ค่าความแข็ง (กรัม) ของขนมปังกรอบสูตรควบคุมกับสูตรทดแทนด้วยแป้งข้าวกล้อง 20 เปอร์เซ็นต์ และเติมนมผงขาดมันเนยร่วมกับการเติมเลซิตินที่ระดับต่างๆ.....49

4.15 สมการถดถอยและค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R2) ของความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ นมผงขาดมันเนย ปริมาณเลซิตินกับคุณลักษณะทางกายภาพของขนมปังกรอบ.....51

4.16 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของขนมปังกรอบสูตรควบคุมกับสูตรทดแทนด้วย แป้งข้าวกล้องร้อยละ 20 และเติมนมผงขาดมันเนยร่วมกับการเติมเลซิตินที่ระดับต่างๆ.....54

ค1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะทางกายภาพของขนมปังกรอบที่ใช้แป้ง ข้าวกล้องที่ขนาดอนุภาคต่างกัน.....70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

ค2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการยอมรับประสาทสัมผัสของขนมปังกรอบที่ใช้แป้งข้าวกล้องที่ขนาดความละเอียดระดับต่างกัน....71
ค3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะทางกายภาพของขนมปังกรอบที่ใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนที่ระดับต่างกัน....72
ค4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการยอมรับประสาทสัมผัสของขนมปังกรอบที่ใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนที่ระดับต่างกัน....73
ค5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะทางกายภาพขนมปังกรอบที่ใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนที่ร้อยละ 20 และเติมนมผงขาดมันเนยและเลซิติน....74
ค6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการยอมรับประสาทสัมผัสของขนมปังกรอบที่ใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนที่ร้อยละ 20และเติมนมผงขาดมันเนยและเลซิติน....76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 กรรมวิธีการผลิตแป้งข้าว....18

3.1 ขั้นตอนการผลิตขนมปังกรอบ....27

4.1 กราฟใยแมงมุมของผลคะแนนความชอบเฉลี่ยของขนมปังกรอบที่ใช้แป้งข้าวกล้องที่ขนาดอนุภาคความละเอียดต่างๆ....32

4.2 แสดงลักษณะขนมปังกรอบที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวกล้องในระดับต่างๆ....35

4.3 แสดงลักษณะ air cell ของขนมปังกรอบที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวกล้องในระดับต่างๆ....37

4.4 กราฟใยแมงมุมของผลคะแนนความชอบเฉลี่ยของขนมปังกรอบที่ใช้แป้งข้าวกล้องที่ทดแทนด้วยข้าวกล้องระดับต่างๆ....39

4.5 อิทธิพลร่วมของปริมาณนมผงขาดมันเนย และปริมาณเลซิตินต่อค่าความสว่าง (L*) สีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*)....43

4.6 ตำแหน่งค่าสีหลักของขนมปังกรอบที่เติมนมผงขาดมันเนย และเลซิตินที่ระดับต่างๆ....44

4.7 อิทธิพลร่วมของปริมาณนมผงขาดมันเนย และปริมาณเลซิตินต่อความหนา และอัตราการแผ่ขยาย....47

4.8 อิทธิพลร่วมของปริมาณนมผงขาดมันเนย และปริมาณเลซิตินต่อความแข็ง (กรัม)....49

4.9 แสดง response surface ของระดับปริมาณนมผงขาดมันเนย ปริมาณเลซิตินที่มีผลต่อค่าL* (A) ค่า b* (B) อัตราการแผ่ขยาย (C) และความหนา (D) ของขนมปังกรอบข้าวกล้อง....52

4.10 แสดง contour plot ของระดับปริมาณนมผงขาดมันเนย ปริมาณเลซิตินที่มีผลต่อค่าL* (A) ค่า b* (B) อัตราการแผ่ขยาย (C) และความหนา (D) ของขนมปังกรอบข้าวกล้อง....53

4.11 กราฟใยแมงมุมของผลคะแนนความชอบเฉลี่ยของขนมปังกรอบเมื่อเติมนมผงขาดมันเนยและเลซิตินที่ระดับต่างๆ....55

ก1 แสดงตัวอย่างกราฟที่ได้จากการวัดค่าความแข็งของขนมปังกรอบแป้งข้าวกล้องที่เติมนมผงขาดมันเนยร้อยละ 8 และเลซิตินร้อยละ 0.5....68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันผู้บริโภคหันมาดูแลรักษาสุขภาพกันมากขึ้น ด้วยการรับประทานอาหารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ ข้าวกล้องเป็นธัญพืชที่มีบทบาทมากขึ้น เนื่องจากข้าวกล้อง คือข้าวที่ผ่านการขัดสีเพียงครั้งเดียว เพื่อให้เปลือกหุ้มเมล็ดหลุดออก ดังนั้นจึงมีสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกายมากเช่น วิตามินต่างๆ โดยเฉพาะวิตามินบี 1 ป้องกันโรคเหน็บชา และมีธาตุเหล็ก ป้องกันโรคโลหิตจาง โปรตีนในข้าวไม่ก่อให้เกิดอาการแพ้และย่อยง่าย มีคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยง่าย นอกจากนี้ยังมีใยอาหาร (dietary fiber) ซึ่งเอนไซม์ในร่างกายของคนไม่สามารถย่อยได้ จึงช่วยให้ระบบขับถ่ายดีขึ้น มีรายงานว่าใยอาหารมีผลช่วยลดน้ำตาลในเลือด และลดระดับโคเลสเตอรอล (Mendeloff, 1975) จึงมีการนำข้าวกล้องมาทดแทนข้าวสาลีโดยนำมาทำผลิตภัณฑ์ขนมอบมากมายหลายชนิด เช่น ขนมปัง คุกกี้ และเค้ก เป็นต้น (งามชื่น คงเสรี, 2544) การนำข้าวกล้องมาทดแทนผลิตภัณฑ์ดังกล่าวนอกจากจะเป็นการลดการนำเข้าแป้งสาลีจากต่างประเทศที่มีปริมาณนำเข้าสูง ยังทำให้ผู้บริโภคได้รับคุณประโยชน์เพราะผลิตภัณฑ์ที่พัฒนามาจากข้าว ได้รับการยอมรับว่ามีคุณค่าทางโภชนาการที่ดี

แครกเกอร์หรือขนมปังกรอบเป็นผลิตภัณฑ์อีกชนิดหนึ่งที่ทำมาจากแป้งสาลี ได้รับความนิยมจากผู้บริโภค และมีแนวโน้มในการแข่งขันทางการตลาดเพิ่มขึ้น ดังนั้นหากสามารถนำแป้งข้าวซึ่งเป็นผลิตผลภายในประเทศมาใช้ทดแทนแป้งข้าวสาลีในการผลิต จะเป็นหนทางหนึ่งที่จะถนอมเงินตราของประเทศไว้และเป็นการเพิ่มมูลค่าของข้าวให้สูงขึ้น อีกทั้งผู้บริโภคยังได้รับสารอาหารประเภทเส้นใยที่มีอยู่ในข้าวกล้องด้วย จากเหตุผลดังกล่าวงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาและวิจัย เกี่ยวกับขนาดความละเอียดของแป้งข้าวกล้อง ปริมาณแป้งข้าวกล้องที่เหมาะสม และการศึกษาปัจจัยการเติมนมผงขาดมันเนยและเลซิตินที่มีต่อคุณภาพขนมปังกรอบจากแป้งข้าวกล้อง เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อประเมินคุณลักษณะของขนมปังกรอบที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้อง

1.2.2 ศึกษาผลของนมผงขาดมันเนยและเลซิตินที่มีต่อคุณลักษณะของขนมปังกรอบที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตการวิจัย

ในการศึกษานี้เป็นการศึกษาผลของการเติมนมผงขาดมันเนยและเลซิตินต่อคุณภาพของขนมปังกรอบที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้อง

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 สามารถพัฒนาสูตร กรรมวิธีการผลิตขนมปังกรอบ โดยใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีเพื่อให้ได้คุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

1.4.2 ผู้บริโภคได้รับคุณค่าทางโภชนาการจากขนมปังกรอบข้าวกล้อง

1.4.3 เพิ่มรูปแบบของผลิตภัณฑ์ให้มีความหลากหลายเป็นที่ต้องการของตลาด

1.4.4 ลดปริมาณการนำเข้าแป้งสาลีจากต่างประเทศ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ขนมปังกรอบ

ขนมปังกรอบ หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากแป้งสาลีหรือแป้งสาลีผสมแป้งชนิดอื่น ไขมัน ยีสต์ หรือผงฟู และส่วนประกอบอื่นในปริมาณที่เหมาะสม เช่น เกลือ น้ำตาล วัตถุปรุงแต่งกลิ่นรส นวดผสมให้เข้ากันจนได้ลักษณะตามต้องการ ทำเป็นรูปร่างต่าง ๆ นำไปอบจนสุก อาจบรรจุไส้อยู่ภายใน ประกบ หรือตกแต่งหน้าด้วยส่วนประกอบต่าง ๆ เช่น แยม ครีม สมุนไพร ธัญพืช (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2547)

ขนมปังกรอบ ที่เรียกว่าแครกเกอร์ บิสกิต และคุกกี้ มีความแตกต่างกันโดยสังเขปดังนี้ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2539)

แครกเกอร์เป็นขนมปังกรอบที่มีปริมาณน้ำตาลน้อยหรือไม่มีเลย มีไขมันค่อนข้างมาก โดยทั่วไปมีโครงสร้างภายในเป็นชั้น ๆ ทำจากการนวดแป้งที่นวดจนเหนียวยืดหยุ่น และรีดเป็นแผ่นบาง ๆ

บิสกิต คุกกี้ บางกรณี เป็นคำรวมของ แครกเกอร์ และคุกกี้ บางครั้ง บิสกิตหมายถึง คุกกี้ เนื่องจากทั้งสองไม่แตกต่างกันอย่างชัดเจน บิสกิตและคุกกี้เป็นขนมปังกรอบที่มีรสหวาน มีไขมันสูงเนื้อกรอบร่วน ทำจากแป้งที่นวดหรือคนเบา ๆ บิสกิตบางชนิดเป็นเซมิสวีตบิสกิต ทำจากแป้งนวดที่คล้ายกับแป้งนวดของแครกเกอร์

2.1.1 ชนิดขนมปังกรอบ

ขนมปังกรอบแต่ละชนิดมีชื่อต่าง ๆ กัน ขึ้นอยู่กับส่วนผสม วิธีการทำ รูปร่างและขนาด และอื่น ๆ รวมทั้งการเติมแต่งซึ่งหมายถึงการเคลือบ สอดไส้ หรือมีชิ้นส่วนของส่วนประกอบอื่น (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2539) สามารถแบ่งได้ดังนี้

2.1.1.1 โซดาแครกเกอร์ (soda cracker) หรือซอลทีนแครกเกอร์ (saltine cracker) มีรสไม่หวาน ทำจากแป้งผสมไขมันร้อยละ 8 ถึง 10 ยีสต์ร้อยละ 0.5 และเกลือ อาจเติมมอลต์หรือมอลต์ซีรัป และใช้เวลาหมักนาน โดยทั่วไปเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมขนาดประมาณ 50 x 50 มิลลิเมตร หนา 4 มิลลิเมตร มีรู 9 รู จัดอยู่ใน 3 แถว ด้านบนเป็นสีน้ำตาลสม่ำเสมอ ด้านล่างเรียบมีรอยพองเล็ก ๆ กระจายทั่วไปโครงสร้างภายในเป็นชั้น ๆ

2.1.1.2 ครีมแครกเกอร์ (cream cracker) มีรสไม่หวาน ทำจากแป้งผสมไขมันร้อยละ 12-18 ยีสต์ร้อยละ 1.0-2.4 และเกลือร้อยละ 0.9-1.5 และใช้เวลาหมักนาน โดยทั่วไปเป็นชิ้นสี่เหลี่ยม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดประมาณ 65 x 75 มิลลิเมตร ผิวหน้าไม่เรียบ มีสีอ่อน มีรอยพองกระจายทั่วไป โครงสร้างภายในเป็นชั้น ๆ ลักษณะเนื้อจะนุ่ม ซึ่งเมื่อละลายในปากจะไม่แตกเป็นชิ้นเล็กชิ้นน้อย

2.1.1.3 สแนกแครกเกอร์ (snack cracker) มีรสหวาน ทำจากแป้งผสมไขมันและน้ำตาล หรือซีรัปเล็กน้อย อาจใช้ยีสต์หรือสารเคมี อาจใส่เกลือหรือผงแต่งกลิ่นรส เช่น สมุนไพรหรือผงเนยแข็ง กลิ่นรสได้จากไขมันที่พ่นผิวหน้าขณะร้อนและสิ่งแต่งหน้า ลักษณะต่างจากซอลทีนแครกเกอร์ ที่มีเนื้อแน่นกว่า และเมื่อกัดจะรู้สึกนุ่มกว่า

2.1.1.4 ฮาร์ดสวีตและเซมิสวีตบิสกิต (hard sweet and semisweet biscuit) มีรสหวาน ทำจากแป้ง น้ำตาล ไขมัน กากน้ำตาล คอร์นซีรัป สารเคมี สำหรับเซมิสวีตบิสกิต จะมีไขมันและน้ำตาลเท่า ๆ กัน มีผิวหน้าเรียบ มันเงา สีอ่อน ลักษณะเนื้อตั้งแต่แข็งจนถึงกรอบร่วนมีกลิ่นวนิลาเนย หรือกลิ่นอื่น

2.1.1.5 แซนด์วิชบิสกิต (sandwich biscuit) มีรสหวานหรือกึ่งหวาน ประกบกันโดยมีไส้ เช่น ครีม แยม อยู่ระหว่างกลาง

2.1.1.6 ไวร์คัดคุกกี้ (wire-cut cookie) มีรสหวาน ทำจากแป้ง ไขมัน และน้ำตาล ซึ่งปริมาณไขมันและน้ำตาลที่ใช้มีสัดส่วนต่างกันมาก แป้งนวดที่ได้อาจแข็งขนาดไม่สามารถปั้นด้วยมือได้ จนถึงมีลักษณะข้นเหลว ความแข็งอ่อนของแป้งนวดต้องเหมาะต่อการอัดออกมาและตัดด้วยลวดลงสู่ที่รองรับโดยไม่เสียรูป ส่วนผสมอื่นที่ใช้ได้แก่ น้ำเชื่อม นม เกลือ วัตถุขึ้นฟู และสารแต่งกลิ่นรสต่าง ๆ เช่น เนยสด ข้าวโอ๊ต ผลไม้หรือนัท และโกโก้ ลักษณะเนื้อโปร่งกว่าโรตารีคุกกี้

2.1.1.7 โรตารีคุกกี้ (rotary cookie) มีรสหวาน แป้งนวดมีปริมาณไขมันและน้ำตาลมาก และมีน้ำน้อย ทำให้มีรูปร่างไม่เปลี่ยนระหว่างอบ ส่วนผสมอื่นที่ใช้ได้แก่ สารแต่งกลิ่นรส วัตถุขึ้นฟู ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเป็นแผ่นบาง เรียบไม่มีรอยแตก

2.1.2 คุณลักษณะขนมปังกรอบ (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2547)

2.1.2.1 ลักษณะทั่วไป : ในภาชนะบรรจุเดียวกันต้องมีรูปร่างและขนาด ใกล้เคียงกัน อาจแตกหักได้บ้างเล็กน้อย หากมีไส้บรรจุอยู่ภายในหรือประกบ ไส้ต้องอยู่ตัวและไม่ไหลออกมาภายนอก หากมีการตกแต่งหน้า ส่วนประกอบต่าง ๆ ต้องกระจายตัวค่อนข้างสม่ำเสมอ

สี : ต้องมีสีที่มีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ ไม่ไหม้เกรียม

กลิ่นรส : ต้องมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ ปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นอับ กลิ่นหืน รสขม

ลักษณะเนื้อสัมผัส : ส่วนที่เป็นแป้งต้องกรอบ ไม่แข็งกระด้าง

สิ่งแปลกปลอม : ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น เส้นผม ดิน ทราย กรวด ชิ้นส่วนหรือสิ่งปฏิกูลจากสัตว์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.2 คุณลักษณะทางเคมี

ความชื้น

- ขนมปังกรอบที่ไม่มีไส้ ต้องไม่เกินร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก
- ขนมปังกรอบที่มีไส้ ต้องไม่เกินร้อยละ 7 โดยน้ำหนัก

วัตถุเจือปนอาหาร: หากมีการใช้สีและวัตถุกันเสีย ให้ใช้ได้ตามชนิดและปริมาณที่กฎหมายกำหนด

2.1.2.3 คุณลักษณะทางจุลชีววิทยา

- จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องไม่เกิน 1×10^4 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม
- สตาฟิโลค็อกคัส ออเรียส ต้องไม่พบในตัวอย่าง 1 กรัม
- ยีสต์ และรา ต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

2.2 วัตถุดิบที่เป็นส่วนประกอบในการทำผลิตภัณฑ์ขนมปังกรอบ

2.2.1 แป้งสาลี

แป้งสาลีเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในการทำผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ ทั้งนี้เพราะแป้งสาลีมีโปรตีน 2 ชนิดที่รวมกันอยู่ในสัดส่วนที่เหมาะสม คือ กลูเตนิน และไกลอะดิน (glutenin & gliadin) ซึ่งเมื่อแป้งผสมกับน้ำในอัตราส่วนที่ถูกต้องจะทำให้เกิดสารชนิดหนึ่งที่เรียกว่า “กลูเตน” (gluten) มีลักษณะเป็นยาง เหนียว ยืดหยุ่นได้ กลูเตนนี้จะเป็นตัวเก็บก๊าซไว้ ทำให้เกิดเป็นโครงร่างของผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นโครงร่างแบบฟองน้ำเมื่อได้รับความร้อนจากตู้อบ หน้าที่ของแป้งสาลีที่มีต่อผลิตภัณฑ์ คือ ช่วยทำให้เกิดโครงสร้างของผลิตภัณฑ์และทำให้ผลิตภัณฑ์คงรูปอยู่ได้

2.2.1.1 ชนิดแป้งสาลี

แป้งสาลีที่ใช้ในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่นั้นมี 3 ชนิดที่สำคัญ คือ แป้งขนมปัง แป้งเค้ก และแป้งสาลีอเนกประสงค์ ซึ่งแป้งแต่ละชนิดมีคุณสมบัติ คุณลักษณะ และการใช้ประโยชน์แตกต่างกันดังนี้

- แป้งขนมปังมีโปรตีนสูงร้อยละ 12-14 โม่จากข้าวสีแข็งพวก hard red spring และ hard red winter ซึ่งเป็นข้าวสาลีที่มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูง ใช้ทำผลิตภัณฑ์ขนมปังจืด ขนมปังหวาน ผลิตภัณฑ์ที่หมักด้วยยีสต์ทุกชนิด ลักษณะแป้งชนิดนี้ คือ เมื่อถูด้วยมือจะรู้สึกระคายมือคล้ายมีกรวด หรือหยาบเหมือนทราย มีสีครีม ไม่ขาว เมื่อกดนิ้วลงไปบนแป้ง แป้งจะไม่เกาะตัวกัน แป้งชนิดนี้ใช้ยีสต์เป็นตัวทำให้ขึ้นฟู ทำให้ก้อนโดพองตัวได้

- แป้งสาลีอเนกประสงค์ มีโปรตีนสูงปานกลางร้อยละ 10-11 เป็นแป้งที่ได้จากการผสมแป้งสาลีชนิดแข็งกับชนิดอ่อนเข้าด้วยกันในสัดส่วนที่เหมาะสมในการทำผลิตภัณฑ์หลายๆ ชนิด เช่น ขนมปังจืดและหวาน ขนมเค้กบางชนิด คุกกี้ ปาท่องโก๋ บะหมี่ เพสตรี และมัฟฟิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะของแป้งชนิดนี้มีลักษณะของแป้งขนมปังและเค้กรวมกัน สารที่ทำให้ขึ้นฟูสำหรับแป้งชนิดนี้สามารถใช้ได้ทั้งยีสต์ และผงฟู

- แป้งเค้กมีปริมาณโปรตีนต่ำร้อยละ 7-9 โม่จากข้าวสาลีชนิดอ่อนพวก soft wheat และ soft red winter ใช้ทำเค้ก คุกกี้ ลักษณะแป้งเมื่อถูด้วยนิ้วมือจะรู้สึกอ่อนนุ่มเนียนละเอียด มีสีขาวกว่าแป้งสองชนิดแรก เมื่อกดนิ้วลงไปบนแป้ง แป้งจะเกาะตัวกันเป็นก้อนและคงนิ้วมือไว้ แป้งชนิดนี้ใช้สารเคมีช่วยให้ขึ้นฟูเท่านั้น ไม่ใช้ยีสต์ ซึ่งสารเคมีได้แก่ ผงฟู เบคกิ้งโซดา (จิตธนา แจ่มเมฆและอรอนงค์ นัยวิกุล, 2546)

2.2.1.2 องค์ประกอบต่างๆ ของแป้งสาลี ดังตารางที่ 2.1 ซึ่งองค์ประกอบหลักที่มีผลต่อคุณสมบัติและการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและกายภาพของแป้งสาลี คือ สตาร์ช และโปรตีนในแป้งสาลี โดยคุณสมบัติหลัก คือ การให้โครงร่างแก่ผลิตภัณฑ์ ได้แก่

<u>สตาร์ช</u> โมเลกุลของสตาร์ชประกอบด้วยอะไมโลสและอะไมโลเพกติน สัดส่วนของอะไมโลสและอะไมโลเพกตินมีผลต่อคุณสมบัติแป้ง แป้งที่มีอะไมโลเพกตินสูงเมื่อผ่านความร้อนจะเหนียวและเกาะตัวมากกว่าแป้งที่มีอะไมโลเพกตินต่ำ โดยปกติเม็ดสตาร์ชจะไม่ละลายในน้ำเย็น แต่เมื่อให้ความร้อนเม็ดสตาร์ชจะดูดซึมน้ำเข้าไปจนพองตัวแตกออก ทำให้เกิดความข้นหนืด เรียกว่า เจลาติไนเซชัน

<u>โปรตีน</u> แป้งสาลีมีโปรตีนที่สำคัญ คือ ไกลอะดีน (gliadin) และกลูเตนิน (glutenin) ซึ่งเป็นโปรตีนที่สามารถละลายในแอลกอฮอล์ และกรดหรือเบส ตามลำดับ โดยโปรตีนทั้งสองชนิดนี้มีปริมาณใกล้เคียงกัน เมื่อนำแป้งสาลีมาผสมกับน้ำในปริมาณที่เหมาะสม แล้วนวดจะได้โดที่มีความคงตัวและมีความยืดหยุ่น เนื่องจากทำให้น้ำสามารถจับกับโมเลกุลของโปรตีนเกิดร่างแหสามมิติ เรียกว่า กลูเตน ซึ่งพันธะที่ทำให้เกิดแรงยึดเหนี่ยวทางเคมีระหว่างกรดอะมิโนภายหลังการนวด ได้แก่ พันธะไฮโดรเจน พันธะไอออนิก พันธะไดซัลไฟด์ พันธะไฮโดรฟีลิก และพันธะไฮโดรโฟบิก

พันธะไดซัลไฟด์ (disulfide linkage) เป็นพันธะโควาเลนต์ระหว่างซัลเฟอร์ของกรดอะมิโนซิสทีนในโมเลกุล ซึ่งเป็นพันธะที่มีความสำคัญต่อความยืดหยุ่นของกลูเตน พันธะนี้สามารถเคลื่อนที่ได้เรียกการเคลื่อนที่นี้ว่า การเคลื่อนที่แบบบราวเนียน (Brownian motion) ไกอะดีนและกลูเตนินมีพันธะไดซัลไฟด์เหมือนกัน แต่พันธะของไกลอะดีนส่วนใหญ่จะเชื่อมกันภายในโมเลกุล (intramolecular bondimg) ขณะที่กลูเตนินมีพันธะเชื่อมทั้งภายนอก(intermolecular bondimg) และภายในโมเลกุล เนื่องจากองค์ประกอบของกรดอะมิโนที่เรียงลำดับในสายโพลีเปปไทด์ต่างกัน (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2532)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบต่างๆของแป้งสาลี

องค์ประกอบ	ปริมาณ (ร้อยละ)
แป้งสตาร์ช (starch)	70
ความชื้น	15
โปรตีน	11.5
น้ำตาล	1
ไขมัน	1
แร่ธาตุ	0.4
อื่นๆ	2

ที่มา: จิตธนา แจ่มเมฆและอรอนงค์ นัยวิกุล, 2546

2.2.2 ไขมัน

เป็นสารประกอบประเภทเอสเทอร์ซึ่งประกอบด้วย กรดไขมัน 3 โมเลกุล และกลีเซอรอล 1 โมเลกุล เรียกว่า ไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) หรือไตรเอซิลกลีเซอรอล (triacylglycerol) ไตรกลีเซอไรด์ที่มีสถานะเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง เรียกว่า ไขมัน ถ้ามีสถานะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง เรียกว่า น้ำมัน

ไขมันและน้ำมันที่ใช้กันในอุตสาหกรรมเบเกอรี่ ได้แก่

2.2.2.1 มันหมูแข็ง (lard)เป็นไขมันที่ได้จากสุกร มีสีขาว มีกลิ่นรสอ่อน เป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง มีปริมาณไขมันร้อยละ 98 ใช้ในการทำขนมปัง บิสกิต เปลือกพาย เค้กบางชนิด และคุกกี้

2.2.2.2 เนยสด (butter) ทำจากส่วนที่เป็นไขมันของน้ำนมวัว ประกอบด้วยไขมัน ร้อยละ 80 มีสีเหลือง มีกลิ่นรสหวาน มีลักษณะแข็งที่อุณหภูมิห้อง เนยสดใช้ได้ดีที่สุดในการให้กลิ่นรส แต่มีคุณสมบัติด้อยในการเป็นครีม คือเนยสดจะตีเป็นครีมไม่ดี และไม่เป็นเนื้อเดียวกัน

2.2.2.3 ไขพืช (hydrogenated vegetable oil หรือ vegetable shortening หรือ เนยขาว) ทำจากพืชบริสุทธิ์ ปราศจากกลิ่น เช่นน้ำมันมะพร้าว น้ำมันข้าวโพด น้ำมันถั่วเหลือง โดยนำไปผ่านก๊าซไฮโดรเจนภายใต้ความดันซึ่งมีนิกเกิลเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ยิ่งผ่านก๊าซมากก็ยิ่งแข็ง อาจใช้โมโน-ไดกลีเซอร์ไรด์เติมเพื่อให้ไขมันมีความสามารในการดูดซึม และเก็บความชื้นไว้ได้สูง ซึ่งจัดเป็น ไฮ-เรโชชอร์เทนิง ถ้าไม่เติมโมโน-ไดกลีเซอร์ไรด์สามารถใช้ได้ทั่วไป แต่ถ้าเติมพวกอิมัลซิไฟเออร์ แล้วจะตีครีมไม่ดี แต่เหมาะกับส่วนผสมที่มีน้ำตาลและน้ำสูง

2.2.2.4 น้ำมันพืช (vegetable oil) เป็นน้ำมันที่ได้จากเมล็ดแห้งของพืชที่ให้น้ำมันผ่านกระบวนการต่าง ๆ โดยทำให้บริสุทธิ์ ขจัดสี และกลิ่นแปลกปลอมออกไป แต่สีของน้ำมันแตกต่างกันตามชนิดของวัตถุดิบที่นำมาใช้ เช่น น้ำมันถั่วลิสงและเมล็ดฝ้ายจะไม่มีสี ในขณะที่น้ำมันจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้าวโพดและถั่วเหลืองมีสีเหลืองอ่อนๆ ลักษณะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง ส่วนใหญ่ใช้ทำขนมปัง โรลและผลิตภัณฑ์ยีสต์ชนิดแข็ง เค้กบางชนิด เช่นชิฟฟอนเค้ก เพื่อทำให้เค้กนุ่ม

2.2.2.5 ไขผสม หรือมาร์การีน (compound lard) ทำจากไขของพืชหรือสัตว์ที่นำมาผสมกับนมหรือครีม หรืออาจไม่ใส่นม และไขสัตว์ก็ได้ เพื่อให้เหมาะแก่ความต้องการในด้านการลดไขมันของผู้บริโภค มาร์การีนมีทั้งสีขาวและสีเหลือง ผลิตมาใช้แทนเนยสดโดยแต่งกลิ่นรสให้ใกล้เคียงเนยผสม เรียกว่า เนยเทียม เป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง และมีปริมาณไขมันร้อยละ 80-85 ใช้ทำขนมปัง ขนมเค้ก และบางชนิดที่มีจุดละลายสูงสำหรับใช้ทำพัฟเพสตรี ซึ่งเรียกว่า เพสตรี มาร์การีน

2.2.2.6 โกโก้บัตเตอร์ (cocoa butter) ส่วนใหญ่ใช้ในอุตสาหกรรมทำขนมหวานทำจากผลโกโก้มีสีครีม-เหลือง มีกลิ่นรสของช็อกโกแลต มีปริมาณไขมันร้อยละ 92 ใช้เติมลงในผงโกโก้ เพื่อทำช็อกโกแลตไอซิง ช่วยให้มีความมันเงาแก่ช็อกโกแลตมากกว่าการใช้เนยสดหรือเนยขาวผสมลงไป นอกจากนั้นยังช่วยเพิ่มความอ่อนตัวให้แก่ไอซิ่งอีกด้วย

หน้าที่ของไขมันในผลิตภัณฑ์ คือ ให้ความอ่อนนุ่ม และให้กลิ่นรสที่ดี นอกจากนี้ยังทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟล์เออร์ในผลิตภัณฑ์อีกด้วย (จิตธนา แจ่มเมฆและอรอนงค์ นัยวิกุล, 2546)

2.2.3 น้ำ

น้ำเป็นของเหลวผสมกับแป้งทำให้เกิดโด เนื่องจากน้ำทำให้เกิดกลูเตนที่รวมตัวกันเป็นร่างแห เกิดเป็นโครงสร้างที่มีลักษณะเหมือนฟองน้ำ หากมีน้ำในส่วนผสมที่พอเหมาะจะช่วยให้ยีสต์เจริญเติบโตได้ดี โดยการย่อยน้ำตาล และการหายใจ จึงทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่มีส่วนทำให้มีกลิ่นรสเกิดขึ้น และกระจายตัวอยู่ทั่วก้อนโด น้ำช่วยให้สตาร์ชเปลี่ยนสภาพแป้งดิบให้เป็นแป้งสุก (gelatinize) เมื่อได้รับความร้อนระหว่างการอบ น้ำช่วยป้องกันไม่ให้เนื้อภายในเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล อีกทั้งยังช่วยยืดอายุการเก็บให้นานขึ้น

น้ำที่เหมาะสมควรมีสภาพเป็นกลางของกรดและด่าง เช่น น้ำประปามีความกระด้างปานกลาง ซึ่งจะมีส่วนของคลอรีนที่เจือปนอยู่นั้นมีผลต่อโดเพียงเล็กน้อย แต่ถ้าหากน้ำมีสภาพเป็นกรดจะทำให้เกิดการขึ้นฟูอย่างรวดเร็วกว่าปกติ เพราะมีไฮโดรเจนซัลไฟด์เจือปนทำให้กลูเตนสลายตัว และหากน้ำมีสภาพเป็นด่าง จะทำให้การขึ้นฟูช้า เพราะสารละลายในน้ำ คือ แคลเซียมทำให้กลูเตนแข็งตัว รวมตัวกันได้ไม่ดี รสชาติเปลี่ยนไป (สุชาดา งามประภาวัฒน์ และจิตติมา พลเยี่ยม, 2545)

2.2.4 น้ำตาล

เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่เป็นผลึก ละลายน้ำได้ดี น้ำตาลมีหน้าที่ให้ความหวานแก่ผลิตภัณฑ์ เป็นอาหารของยีสต์ในระหว่างการหมัก ทำให้สีที่ผิวของผลิตภัณฑ์เกิดได้อย่างรวดเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพราะเกิดคาราเมลไลเซชันและปฏิกิริยาเมลลาร์ด ช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีความชุ่มอยู่ได้นาน (จิตธนา แจ่มเมฆและอรอนงค์ นัยวิกุล, 2546)

2.2.5 เกลือ

เป็นส่วนผสมที่จำเป็น เนื่องจากช่วยปรับปรุงกลิ่นรส ช่วยทำให้กลูเตนแข็งแรง ยืดหยุ่นและคงทนเพิ่มขึ้น ทำให้โดไม่แฉะ ช่วยยับยั้งเอนไซม์โปรติเอสในแป้ง ทำให้ผลิตภัณฑ์ขึ้นฟูสม่ำเสมอมีโครงร่างดี และยังช่วยป้องกันจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการ (จิตธนา แจ่มเมฆและอรอนงค์ นัยวิกุล, 2546)

2.2.6 นม

เป็นสารละลายที่มีอนุภาคเล็กๆ ของไขมัน โปรตีน น้ำตาลและแร่ธาตุปนอยู่โดยไม่แยกออกจากกันเมื่อตั้งทิ้งไว้ หน้าที่ของนมที่มีต่อผลิตภัณฑ์ คือ ช่วยรวมส่วนผสมอื่นๆเข้าด้วยกัน ช่วยละลายน้ำตาลซึ่งเป็นตัวทำให้ผลิตภัณฑ์อ่อนนุ่ม และช่วยให้แป้งเกิดเป็นโครงสร้างของผลิตภัณฑ์เมื่อรวมกับน้ำ ช่วยทำให้เกิดสีน้ำตาลทองแก่ผลิตภัณฑ์เนื่องจากมีน้ำตาลแลกโตสและเคซีน (จิตธนา แจ่มเมฆและอรอนงค์ นัยวิกุล, 2546) นมผงปราศจากไขมันเป็นตัวช่วยให้โปรตีนของแป้งมีกำลังเนื่องจากเคซีนในนม ทำให้ปริมาตรของขนมปังเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ถ้าใช้แป้งที่มีกำลังของโปรตีนปานกลางสำหรับแป้งที่มีโปรตีนอ่อนใช้ปริมาณสูงมากขึ้น ใช้เวลาในการหมักได้นาน เนื่องจากนมทำหน้าที่เป็นตัวบัฟเฟอร์ นมผงปราศจากไขมันจะทำให้การเกิดกรดในระหว่างการหมักเกิดได้ช้าลง เพราะฉะนั้นจึงสามารถใช้เวลาหมักได้นานทำให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาตรที่ดี อีกทั้งยังช่วยเพิ่มคุณค่าทางอาหาร เนื่องจากในนมมีแร่ธาตุและไวตามิน จึงจะช่วยทำให้ขนมปังมีกลิ่นรสและมีคุณภาพในการรับประทานดีขึ้น (ประดิษฐ์ คำหนองไผ่ และสุภาวดี รอดศิริ, มปป.)

2.2.7 ยีสต์

เป็นสิ่งมีชีวิตเซลเดียว มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Saccharomyces cerevisiae* ซึ่งมีหน้าที่หลักในส่วนผสมของขนมปัง คือจะช่วยทำให้เกิดก๊าซภายในโด ปรับสภาพโดให้เหมาะสม และให้กลิ่นรสแก่ขนมปัง ยีสต์ที่ผสมอยู่ในโดจะเริ่มเติบโตเนื่องจากมีน้ำและอากาศจากการผสม และมีอาหารคือ น้ำตาล และสารอาหารอื่นจากโด ทำให้ยีสต์เพิ่มจำนวนมากขึ้น พร้อมกันนี้เอนไซม์ต่างๆในยีสต์จะแปรสภาพจากสารอาหารโดยเฉพาะคาร์โบไฮเดรต ได้แก่ น้ำตาลให้เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แอลกอฮอล์ และพลังงาน

โดยกระบวนการที่เกิดขึ้นนี้ จะอยู่ในสภาพที่ไม่มีอากาศ เรียกว่า กระบวนการหมัก ซึ่งเป็นผลให้ภายในโดมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ดันให้โดพองตัวขึ้นจากเดิมหลายเท่า ในขณะเดียวกันก็ปรับสภาพให้โดยืดตัว มีก๊าซแทรกอยู่ พร้อมทั้งให้กลิ่นหมักของแอลกอฮอล์ร่วมกับกลิ่นอื่นๆ เมื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำโดเข้าเตาอบ ขณะที่ความร้อนยังไม่แผ่กระจายเข้าสู่โดมากนัก ยีสต์จะยังทำงานเป็นเหตุให้โดขึ้นฟูในเตาอีกระยะหนึ่ง จนในที่สุด ความร้อนกระจายทั่วก้อนโด ทำให้ยีสต์ตายและขนมปังยังคงรูปร่างขึ้นฟูพร้อมกับมีกลิ่นหมัก กลิ่นยีสต์ และสารอื่นๆ เป็นกลิ่นเฉพาะของขนมปังที่ผู้บริโภคพอใจ (จิตธนา แจ่มเมฆและอรอนงค์ นัยวิกุล, 2546)

2.2.8 สารที่ช่วยให้ผลิตภัณฑ์ขึ้นฟู

2.2.8.1 เบคกิ้งโซดา หรือ โซเดียมไบคาร์บอเนตเป็นสารเคมีที่เมื่อได้รับความร้อนจะสลายตัวให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

2.2.8.2 เบคกิ้งเพาว์เดอร์ หรือ ผงฟู มีส่วนผสมที่สำคัญ 3 อย่าง คือ เบคกิ้งโซดา หรือโซเดียมไบคาร์บอเนต สารที่ให้ความเป็นกรด และแป้งข้าวโพด

2.2.8.3 แอมโมเนีย ได้แก่พวกแอมโมเนียมคาร์บอเนต หรือแอมโมเมียมไบคาร์บอเนต ส่วนมากใช้ใน ครีมพัฟ และ ปาท่องโก๋ ข้อดีคือให้ก๊าซ 3 ชนิด ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แอมโมเนีย และน้ำ ซึ่งจะระเหยออกไม่ตกค้างในผลิตภัณฑ์ ข้อเสียมีการใช้ที่จำกัด เพราะมีกลิ่นแอมโมเนียตกค้าง

หน้าที่ของสารช่วยให้ขึ้นฟู ต่อผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ คือ ช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเนื้อในเป็นรูโปร่ง มีความเบา ขึ้นฟู ง่ายต่อการเคี้ยว และผลิตภัณฑ์มีความน่ารับประทาน (จิตธนา แจ่มเมฆและอรอนงค์ นัยวิกุล, 2546)

2.2.9 อีมัลซิไฟเออร์

อีมัลซิไฟเออร์ หรือสารที่ช่วยให้เกิดอีมัลชั่น นับว่ามีความสำคัญมากในอุตสาหกรรมอาหาร ทำหน้าที่ช่วยป้องกันรักษาคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น ความหนืด ลักษณะเนื้อสัมผัส และลักษณะปรากฏให้มีคุณภาพคงที่ ตัวอย่างเช่น อีมัลซิไฟเออร์ทำให้ขนมปังและขนมเค้กมีปริมาตรดีขึ้น และมีเนื้อละเอียด เค้กบางชนิดนั้นการเติมอีมัลซิไฟเออร์จะช่วยทำให้ใส่น้ำตาลลงในส่วนผสมได้มากขึ้น โดยที่ปริมาตรเค้กไม่ลดลงทำให้เค้กมีกลิ่นรส และลักษณะเนื้อสัมผัสดีขึ้น นอกจากนี้อีมัลซิไฟเออร์ยังช่วยยืดอายุการเก็บขนมปังอีกด้วย ขนมปังจะไม่แห้ง และแข็งเร็วเกินไป (ประดิษฐ์ คำหนองไผ่ และสุภาวดี รอดศิริ, มมป.)

อีมัลซิไฟเออร์ที่ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร มีดังนี้

2.2.9.1 เลซิติน สารประกอบของไขมันและฟอสฟอรัส เรียกว่า ฟอสโฟลิปิด (phospholipid) มีสารสำคัญคือ ฟอสฟาทิดิล โคลีน (phosphatidyl choline) ฟอสฟาทิดิล เอทาโนลามีน (phosphatidyl ethanolamine) ฟอสฟาทิดิล อิโนซิตอล (phosphatidyl inositol) และกรดฟอสฟาทิดิก (phosphatidic acid) ผลิตภัณฑ์ของเลซิตินมีลักษณะทั้งที่เป็นของเหลว ข้น เหนียว และเป็นของแข็ง ซึ่งขึ้นกับปริมาณสารสำคัญทั้ง 4 ชนิด ซึ่งสกัดได้จากถั่วเหลืองและไข่แดง เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อีมัลซิไฟเออร์ที่ทำให้เกิดอีมัลชันประเภทน้ำมันในน้ำได้ดี พบใช้ในผลิตภัณฑ์น้ำมัน ผลิตภัณฑ์นม ช็อกโกแลต โกโก้ หรืออาหารอื่นๆ ตามความจำเป็น นอกจากนี้ยังพบใช้ในรูปไข่แดงในมายองเนส และไอศกรีม (กัลยา เลาหสงคราม, 2545)

เลซิตินเป็นวัตถุเจือปนธรรมชาติที่ Foo and Drug Administration (F.D.A) อนุญาตให้ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารได้โดยไม่จำกัดปริมาณและรับประกันถึงความปลอดภัยโดยได้รับคำว่า GRAS (Generally Recognized As Safe) (สิริ ชัยเสรี, 2536) นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมประเภทขนมอบ และผลิตภัณฑ์ประเภทไขมันและน้ำมัน มีผู้นิยมใช้กันมาก เนื่องจากส่วนที่เป็นไขมันสายยาวมีสมบัติไม่ชอบน้ำ และส่วนที่เป็นหมู่ฟอสเฟตจะมีคุณสมบัติชอบน้ำ ดังนั้นน้ำที่มีน้ำมันผสมอยู่ (oil: water sysstem) จะมีเลซิตินแทรกตัวอยู่ที่รอยต่อระหว่างชั้นน้ำกับไขมันโดยมีส่วนที่ชอบน้ำละลายอยู่ในน้ำ และส่วนที่ไม่ชอบน้ำละลายอยู่ในน้ำมัน ดังนั้นโมเลกุลของเลซิตินจึงทำหน้าที่เป็นตัวกั้น (barrier) อยู่ระหว่างผิวของหยดน้ำมันกับน้ำ ป้องกันไม่ให้น้ำมันรวมตัวกัน ทำให้อิมัลชั่นมีความคงตัวได้ดี (ภัทราภรณ์ แก้วกูล, 2544)

2.2.9.2 โมโนและไดกลีเซอไรด์ของกรดไขมัน ที่ไม่เป็นอันตรายต่อการบริโภคในประเทศไทยอนุญาตให้ใช้สารนี้ในผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลต โกโก้ หรืออาหารอื่นๆ ตามความจำเป็น ไม่เกินปริมาณที่กำหนด

2.2.9.3 กลีเซอรอลเอสเทอร์ ได้แก่ เอสเทอร์ของโมโน และไดกลีเซอไรด์ของกรดต่อไปนี้ คือ กรดน้ำส้ม (acetic acid) กรดทาร์ทาริก (tartaric acid) กรดซิตริก (citric acid) กรดอะซิติลทาร์ทาริก (acetyl tartaric acid) และกรดแลคติก (lactic acid) รวมทั้งเกลือโซเดียมและแคลเซียมของกรดเหล่านี้ ในประเทศไทยอนุญาตให้ใช้อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือรวมกันไม่เกินปริมาณที่กำหนด

2.2.9.4 ซอร์บิแทนเอสเทอร์ของกรดไขมัน ที่ใช้ทั่วไปได้แก่ซอร์บิแทนโมโนพัลมิเตต ซอร์บิแทนโมโนสเตียเรต ซอร์บิแทนไตรสเตียเรต การใช้อาจใช้อย่างใดอย่างหนึ่งหรือรวมกันไม่เกินปริมาณที่กำหนด

2.2.9.5 โซเดียม-สเตียริล-2-แล็กติเลต เป็นอีมัลซิไฟเออร์ ซึ่งชอบน้ำและเพื่อทำให้เกิดอีมัลชันประเภทน้ำมันในน้ำที่อยู่ตัวมาก นิยมใช้ในอาหารแช่แข็งเพราะทนต่อการแช่แข็งและการละลายได้ดี (กัลยา เลาหสงคราม, 2545)

<u>การเลือกใช้อีมัลซิไฟเออร์</u>

อีมัลซิไฟเออร์ที่ใช้ในอาหาร มีหลายชนิด อาหารอีมัลชันแต่ละชนิดอาจใช้อีมัลซิไฟเออร์ต่างกันทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำมันปริมาณน้ำและน้ำมันที่เป็นส่วนประกอบตลอดจนกระบวนการผลิตที่ใช้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเลือกใช้ อีมัลซิไฟเออร์ให้เหมาะสมกับชนิดอาหาร

ค่าเอช แอล บี (HLB หรือ hydrophile lipophile balance) เป็นค่าเฉพาะซึ่งแสดงสมบัติของอีมัลซิไฟเออร์ ถ้าอีมัลซิไฟเออร์ที่มีค่าเอช แอล บี น้อยกว่า 9 จะเป็นอีมัลซิไฟเออร์ที่ชอบไขมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คือ จะจับตัวหรือ ละลายได้ดีในไขมัน อีมัลซิไฟเออร์ที่มีค่าเอช แอล บี ระหว่าง 11- 18 จะเป็นอีมัลซิไฟเออร์ที่ชอบน้ำ ส่วนอีมัลซิไฟเออร์ที่มีค่าเอช แอล บี ระหว่าง 9-11 จะเป็นพวกที่เป็นกลาง

โดยทั่วไปพบว่า อีมัลซิไฟเออร์ที่มีค่าเอช แอล บี ระหว่าง 3–6 จะเหมาะสำหรับอีมัลชั่นประเภทน้ำในน้ำมัน และค่าเอช แอล บี ระหว่าง 8–18 จะเหมาะสำหรับอีมัลชันประเภทน้ำมันในน้ำ ซึ่งค่าเอช แอล บี ที่เหมาะสมสำหรับอีมัลชันหนึ่งยังขึ้นกับชนิดของน้ำมันที่เป็นส่วนประกอบด้วย ดังนั้นการเลือกใช้ชนิดของ อีมัลซิไฟเออร์ที่จะให้ผลดีที่สุดสำหรับอีมัลชันหนึ่งจำเป็นต้องทำการทดลอง (กัลยา, 2545)

2.3 กรรมวิธีการผลิตขนมปังกรอบ

2.3.1 การผลิตขนมปังกรอบ แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มตามลักษณะของก้อนโด ได้แก่ กลุ่มก้อนแป้งผสมชนิดแข็ง และกลุ่มก้อนแป้งผสมชนิดนิ่ม

2.3.1.1 กลุ่มก้อนแป้งผสมชนิดแข็ง แบ่งเป็น ก้อนแป้งผสมหมัก (fermented dough) ก้อนแป้งผสมพัฟ (puff dough) และก้อนแป้งผสมกึ่งหวาน (semi-sweet dough) ทำจากแป้งสาลีชนิดแข็งมีโปรตีนร้อยละ 12-14 ก้อนแป้งผสมหมัก มีส่วนผสมและการหมักโดคล้ายขนมปัง โดยทั่วไปนิยมทำเป็นครีมแครกเกอร์ ที่มีลักษณะสูตรและการผสม 3 แบบคือ แบบการผสมครั้งเดียว การผสมสองครั้ง และการผสมสองครั้งแต่ใช้เวลาในการหมักสปันจ์สั้น ขั้นตอนการทำเริ่มจากการผสมและหมักก้อนแป้งผสมตามวิธีการของแต่ละแบบ ต่อจากนั้นนำมารีดเป็นแผ่นบางแล้วพับเป็นชั้น อย่างสม่ำเสมอจนได้ความหนาที่ต้องการ

2.3.1.2 กลุ่มก้อนแป้งผสมนิ่ม เป็นขนมปังกรอบที่ทำจากแป้งสาลีอเนกประสงค์ หรือแป้งสาสีชนิดอ่อนมีโปรตีนร้อยละ 7-9 ในบางสูตรอาจใช้แป้งข้าวโพดเพื่อให้กลูเตนอ่อนตัวมากขึ้น ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะของขนมปังกรอบที่ต้องการ โดยลักษณะสูตรและส่วนผสมต้องเหมาะสมกับลักษณะของเครื่องตัดบิสกิต (สุภัทร์ จันทร์วรชัยกุล, 2540)

การขยายตัวระหว่างการผลิตก้อนแป้งผสมชนิดหมัก และก้อนแป้งผสมกึ่งหวาน ซึ่งก้อนแป้งผสมชนิดหมัก เช่นครีมแครกเกอร์ และโซดาแครกเกอร์ มีปริมาณไขมันสูงและน้ำตาลต่ำ การตีผสมช่วยให้เกิดกลูเตน ซึ่งเป็นโครงสร้างในผลิตภัณฑ์ ส่วนก้อนแป้งผสมกึ่งหวาน จะใช้เวลานานในการผสม และเกิดกลูเตนภายหลังการตีผสม ซึ่งขั้นแรกของการหมักก้อนแป้ง ยีสต์จะเพิ่มจำนวนและเติบโตอย่างรวดเร็ว ระหว่างการหมักจะสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งขึ้นอยู่กับอุณหภูมิระหว่างการตีผสม และส่วนผสมที่ใช้ (ปกติก้อนแป้งมีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 26-30 องศาเซลเซียส) ส่วนก้อนแป้งผสมที่ใช้เอนไซม์โปรติเอส ช่วยปรับปรุงกลูเตน การเกิดปฏิกิริยาต่างจากการหมักก้อนแป้งด้วยยีสต์ โดยก้อนแป้งที่ใช้เอนไซม์ไม่สามารถผลิตก๊าซได้ และอุณหภูมิมีผลต่อการเร่งปฏิกิริยาทางเคมี ส่วนการปรับปรุงคุณภาพของกลูเตนระหว่างการผสม อาจใช้สารโซเดียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมทตาไบซัลไฟต์ (SMS) เพียงเล็กน้อย จะช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นของกลูเตน และสามารถควบคุมการตัดก้อนโด ขนาด และรูปร่างของชิ้นขนมปังกรอบได้

2.3.2 การอบ

การเตรียมเตาอบ ควรจุดเตาอบให้ได้อุณหภูมิที่ต้องการก่อนอบ หากไม่มีการเตรียมอาจเกิดผลเสีย คือ ฟองอากาศในขนมจะสูญเสียไป ขนมจะไม่ขึ้นฟูเท่าที่ควร อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการอบ คือ 180-200 องศาเซลเซียส ขณะที่ขนมปังกรอบอยู่ในเตาอบนั้น ความร้อนจะส่งผ่านจากต้นกำเนิดมายังขนมปังกรอบ ในรูปของการกระจายความร้อนผ่านตัวกลางที่เป็นของเหลวหรืออากาศ (convection) การส่งผ่านความร้อนด้วยการสัมผัส (conduction) และการแผ่รังสีความร้อน (radiation) ทำให้ขนมปังกรอบเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นลำดับดังนี้ (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2539)

2.3.2.1 ระยะแรกของการอบ เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นในระยะต้น ไขมันและสารเคมีอื่นเริ่มละลาย มีก๊าซเกิดขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยาของยีสต์ เมื่อได้รับความร้อนจะขยายตัว ดันโครงสร้างของขนมปังกรอบให้ปริมาตรเพิ่มขึ้น

2.3.2.2 ระยะกลางของการอบ ความร้อนในระยะกลางของการอบนี้จะมีผลให้อุณหภูมิของขนมปังกรอบเพิ่มขึ้นถึงจุดเดือดของน้ำ เป็นผลทำให้โปรตีนจับตัวกัน และสตาร์ชที่มีอยู่เกิดเจลบางส่วน (เนื่องจากในส่วนผสมมีน้ำอยู่น้อยมากดังนั้นสตาร์ชจึงอุ้มน้ำได้ไม่มาก) กลายเป็นโครงสร้าง ที่แข็งแรงของขนมปังกรอบ ส่วนน้ำที่เหลืออยู่จะระเหยกลายเป็นไอดันขนมให้มีปริมาตรมากขึ้น และสูญหายไปในเตาเป็นส่วนใหญ่

2.3.2.3 ระยะสุดท้ายของการอบ อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น ลักษณะโครงสร้างคงที่ เนื่องจากสตาร์ชจะเปลี่ยนสภาพสมบูรณ์ แต่ไขมันและน้ำตาลในองค์ประกอบยังคงมีสภาพเหลวแม้อุณหภูมิจะสูงขึ้น ในขณะเดียวกันผิวนอกของขนมปังกรอบจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลจากกระบวนการเกิดสีน้ำตาล (caramelization) ระหว่างความร้อนกับน้ำตาล

2.3.3 การทำให้เย็น

เมื่อนำขนมปังกรอบออกจากเตาอบแล้วควรทำให้เย็น โดยแซะออกจากถาดทันทีในขณะที่ขนมปังกรอบยังร้อนอยู่ ทั้งนี้เพื่อป้องกันการแตกหักของขนมปังกรอบ ถ้าหากไม่แซะออกทันทีจะส่งผลให้ขนมปังกรอบที่ได้เปราะและหักง่าย เนื่องจากขนมปังกรอบจะเริ่มแข็งตัวขึ้นเพราะไขมันแข็งตัวที่อุณหภูมิต่ำ ความชื้นภายในขนมปังกรอบกระจายทั่วทั้งชิ้น ทำให้อุณหภูมิไม่สม่ำเสมอ จึงเปราะและหักง่าย (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2539)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ข้าวกล้อง

ข้าวมีชื่อทางวิทยาสาสตร์ว่า *Oryza sativa* Linn. วงศ์ Graminae ข้าวกล้อง (brown rice) คือ ข้าวที่เอาเปลือก (แกลบ) ออกโดยยังมีจมูกข้าวและเยื่อหุ้มเมล็ดข้าวอยู่ (กรมวิชาการเกษตร, สถาบันวิจัยข้าว, 2541)

2.4.1 ส่วนประกอบของข้างกล้อง (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2547)

2.4.1.1 เยื่อหุ้มผล (pericarp) มีปริมาณร้อยละ 1-2 ของข้าวกล้อง เป็นเนื้อเยื่อชั้นนอกสุดของข้าวกล้องที่อยู่ติดกับส่วนเปลือก หนาประมาณ 10 ไมโครเมตร มีสารอาหารที่เป็นเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส มีเส้นใยสูง มีสารสีหรือรงควัตถุปนอยู่ ทำให้ข้าวกล้องมีสีต่างๆ เช่น น้ำตาลอ่อน น้ำตาลแก่ น้ำตาลแดง น้ำตาลม่วง น้ำตาลจนเกือบดำ เป็นต้น

2.4.1.2 เยื่อหุ้มเมล็ด (seed coat layer) มีปริมาณร้อยละ 4-6 ของข้าวกล้อง เป็นชั้นที่อยู่ถัดจากเยื่อหุ้มผลเข้าไป มีส่วนสารที่เป็นไข (thick cuticle) หนาประมาณ 0.5 ไมโครเมตร ส่วนนี้อุดมด้วยโปรตีน ไขมัน เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส เช่นเดียวกับเยื่อหุ้มผล ดังนั้นเมื่อบริโภคข้าวกล้องจึงรู้สึกแข็งกระด้างกว่าข้าวสาร

2.4.1.3 เยื่อแอลิวโรน (aleurone layer) เป็นชั้นที่ห่อหุ้มทั้งเนื้อเมล็ด มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ มีผนังเซลล์หนา มีนิวเคลียสอยู่ตรงกลาง เป็นชั้นที่สำคัญ เพราะอุดมไปด้วยองค์ประกอบทางเคมีหลายชนิด มีไขมัน โปรตีน แร่ธาตุ นอกจากนั้นยังมีน้ำตาล รวมทั้งอุดมไปด้วยวิตามิน เช่น ไนอะซิน ภายในเซลล์แอลิวโรนยังมีเมล็ดแอลิวโรน (aleurone grain) ขนาดเล็กอยู่มากมายซึ่งภายในเมล็ดเป็นกรดไนตริก (สารประกอบธาตุไนตริก) หรือเกลือโปแตสเซียม และแมกนีเซียม รวมทั้งโปรตีนอยู่ด้วย

2.4.1.4 คัภพะ (germ หรือ embryo) มีประมาณร้อยละ2-3 ของข้าวกล้อง อยู่ปลายด้านท้องของเมล็ด ในคัภพะจะประกอบด้วย 2 ส่วน คือใบเลี้ยง (scutellum) และส่วนของคัภพะเอง ในส่วนของ คัภพะ นี้จะประกอบไปด้วยสารอาหาร โปรตีน ไขมัน แร่ธาตุ และวิตามิน ได้แก่ วิตามินบี 1 (thiamine) วิตามินบี 2 (riboflavin) และไนอะซิน (niacin)

2.4.1.5 เนื้อเมล็ดหรือเนื้อข้าว (endosperm) มีประมาณร้อยละ 89-94 ของข้าวกล้อง ประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรตเป็นส่วนใหญ่มีปริมาณร้อยละ 90.2 ชนิดของคาร์โบไฮเดรตที่พบมากที่สุด คือ สตาร์ช รองมาคือ เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส เนื่องจากเซลลูโลสมีลักษณะโครงสร้างที่ประกอบด้วยโมเลกุลกลูโคสต่อกันด้วยพันธะเบต้า 1,4 กลูโคซิดิก ซึ่งร่างกายมนุษย์ไม่มีเอนไซม์ที่สามารถย่อยได้เมื่อบริโภคแล้วจึงขับถ่ายออกมาในรูปกากอาหาร ส่วนโปรตีน ไขมัน และเส้นใยในเอนโดสเปอร์มมีปริมาณร้อยละ 0.5 และ 0.4 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 องค์ประกอบทางเคมีของข้าวกล้อง

องค์ประกอบทางเคมีของข้าวมีผลมาจากพันธุ์ สภาวะการปลูก การเก็บเกี่ยว และกระบวนการแปรรูปจากข้าวเปลือกเป็นข้าวกล้องและข้าวสาร การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยทั่วไปใช้วิธีการวิเคราะห์ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ (proximate analysis) เพื่อให้ทราบองค์ประกอบทางเคมี หรือสารอาหารหลักที่มีในข้าว คือ โปรตีน ไขมัน เส้นใยหยาบ เถ้า และคาร์โบไฮเดรตเป็นหลัก แสดงดังตารางที่ 2.2 (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2547) นอกจากนี้ข้าวกล้องยังมีปริมาณวิตามินและเกลือแร่ ที่เป็นประโยชน์แก่ร่างกาย แสดงดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบทางเคมีของข้าวและผลิตภัณฑ์จากข้าวที่มีความชื้นร้อยละ 14 (ต่อ100กรัม)

ผลิตภัณฑ์	โปรตีน (กรัม)	ไขมัน (กรัม)	เส้นใย (กรัม)	เถ้า (กรัม)	พลังงาน (กิโลแคลอรี่)	คาร์โบไฮเดรต (กรัม)
ข้าวเปลือก	5.8-7.7	1.5-2.3	7.2-10.4	2.9-5.2	378	64-73
ข้าวกล้อง	7.1-8.3	1.6-2.8	0.6-1.0	1.0-1.5	363-385	73-87
ข้าวขาว	6.3-7.1	0.3-0.5	0.2-0.5	0.3-0.8	349-373	77-89
รำข้าว	11.3-14.9	15.0-19.7	7.0-11.4	6.6-9.9	399-476	34-62
เปลือกข้าว	2.0-2.8	0.3-0.8	34.5-45.9	13.2-21.0	265-332	22-34

ที่มา : อรอนงค์ นัยวิกุล, 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 เปรียบเทียบคุณค่าทางอาหารระหว่างข้าวกล้องและข้าวขาวในข้าว 100 กรัม

สารอาหาร	หน่วย	ข้าวกล้อง	ข้าวขาว
โปรตีน	กรัม	7.60	6.4
วิตามินบีรวม			
บี 1 (B1 Thaiamine)	มิลลิกรัม	0.34	0.07
บี2 (B2 Riboflavin)	มิลลิกรัม	0.05	0.03
ไนอะซิน (Niacin)	มิลลิกรัม	0.62	0.11
กรดแพนโธเธนิค	มิลลิกรัม	1.50	0.22
กรดโฟลิค	มิลลิกรัม	20.00	3.60
เกลือแร่			
เหล็ก	มิลลิกรัม	1.6	0.8
แคลเซี่ยม	มิลลิกรัม	32.0	24.0
แมกนีเซี่ยม	มิลลิกรัม	52.0	14.0
แมงกานีส	มิลลิกรัม	1.5	0.9
สังกะสี	มิลลิกรัม	1.9	1.5
โคบอลท์	ไมโครกรัม	4.2	0.9
ทองแดง	ไมโครกรัม	360.0	230.0
ซิลิเนียม	ไมโครกรัม	38.8	31.8
ไอโอดีน	ไมโครกรัม	2.2	2.0

ที่มา : สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2541

2.4.2.1 คาร์โบไฮเดรต แบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม คือ แป้ง เฮมิเซลลูโลส เซลลูโลส และน้ำตาลอิสระ

ก. แป้ง มีปริมาณสูงสุดประมาณร้อยละ 90 ของน้ำหนักข้าว ซึ่งอยู่ในรูปของพอลิเมอร์ของน้ำตาลกลูโคสที่เกี่ยวกันเป็นสายโซ่ยาว เรียกว่า อะไมโลส หากน้ำตาลกลูโคสมาเกาะเกี่ยวในรูปที่มีกิ่งก้านที่แตกแขนงออกไปคล้ายกิ่งไม้จะเรียกพอลิเมอร์นี้ว่า อะไมโลเพคติน ทั้งสองจะเกาะเกี่ยวกันอย่างแน่นด้วยพันธะไฮโดรเจน ซึ่งสัดส่วนของอะไมโลส และอะไมโลเพกตินจะแตกต่างกันตามชนิดของแป้ง (ศรีเวียง ทิพกานนท์, 2544)

คุณสมบัติของอะไมโลส และอะไมโลเพกตินที่แตกต่างกันทำให้คุณสมบัติของแป้งแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ตารางที่ 2.4 คุณสมบัติของอะไมโลส และอะไมโลเพกติน

คุณสมบัติ	อะไมโลส	อะไมโลเพกติน
โครงสร้างโมเลกุล	สายยาว	สายแขนง
การเกิดสีกับไอโอดีน	สีน้ำเงิน	สีแดง
การดูดกลืนแสงของ iodine complex	650 ไมโครเมตร	540 ไมโครเมตร
จำนวนน้ำตาลกลูโคสในสาย	100-10,000	20-30
ความสามารถในการละลายน้ำ	ไม่ละลายน้ำ	ละลายน้ำ
ความคงตัวในการละลาย	เกิด retrogradation	คงตัว
การเปลี่ยนเป็นน้ำตาลมอลโตสโดย เอนไซม์เบต้า-อะไมโลส	ร้อยละ 70	ร้อยละ 55

ที่มา : กล้าณรงค์ ศรีรอด, 2543

ปริมาณอะไมโลสในแป้งข้าวเจ้าสูงกว่าในข้าวเหนียว โดยทั่วไปนิยมแบ่งประเภทข้าวจากปริมาณอะไมโลส ข้าวเจ้ามีอะไมโลสร้อยละ 7-33 ของน้ำหนักแห้ง ส่วนอะไมโลเพคตินจะเป็นส่วนประกอบหลักของข้าวเหนียว ซึ่งจะมีอะไมโลสเพียงร้อยละ 0.8-1.3 (สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2541) ปริมาณอะไมโลสเป็นสาเหตุทำให้ข้าวสุกมีความเหนียว ลดลงหรือร่วนมากขึ้น และทำให้ข้าวนุ่มน้อยลงด้วย ทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติการคืนตัวของอะไมโลสที่สุกแล้ว (retrogradation) ได้มีการจัดแบ่งประเภทข้าวตามปริมาณอะไมโลส ดังในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 การแบ่งประเภทข้าวตามปริมาณอะไมโลสในข้าวขาว

ประเภทข้าว	ปริมาณอะไมโลส	ลักษณะข้าวสุก
ข้าวเหนียว	0-2	เหนียวมาก
ข้าวเจ้า		
ข้าวอะไมโลสต่ำ	10-19	เหนียว-นุ่ม
ข้าวอะไมโลสปานกลาง	20-25	ค่อนข้างร่วนไม่แข็ง
ข้าวอะไมโลสสูง	26-34	ร่วน แข็ง

ที่มา : งามชื่น คงเสรี, 2533

ข. เฮมิเซลลูโลส พบมากในรำละเอียด รำข้าวขาว และจมูกข้าว พบเล็กน้อยในข้าวขาว ข้าวกล้องมีเฮมิเซลลูโลสร้อยละ 1.43-2.08 ข้าวขาวมีร้อยละ 0.61-1.09 รำละเอียดมีร้อยละ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

105314

8.59-10.90 และรำข้าวขาวมีร้อยละ 3.15-6.01 นอกจากนั้นยังพบ ในจมูกข้าวร้อยละ 4.80-7.40 มีผู้ศึกษาเฮมิเซลลูโลสที่มีอยู่เหล่านี้พบว่า รำละเอียดและรำข้าวขาวมีปริมาณร้อยละ 0.1 ที่ละลายน้ำได้ และร้อยละ 1.0 ที่ละลายในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.5 นอร์มัล ส่วนข้าวขาวมีประมาณร้อยละ 0.02 ที่ละลายน้ำได้ และร้อยละ 0.1 ที่ละลายในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.5 นอร์มัล ส่วนใหญ่เป็นพวก arabinosan และ xylan

ค. เซลลูโลส ที่พบส่วนใหญ่อยู่ในชั้นรำ

ง. น้ำตาลอิสระ พบมากในจมูกข้าวและเนื้อแป้ง ประกอบด้วยน้ำตาล ซูโครสและมีน้ำตาลแรฟฟีโนส กลูโคส และ ฟรุคโตส เล็กน้อย ข้าวกล้องมีน้ำตาลอิสระร้อยละ0.83-1.36 และข้าวขาวมีร้อยละ 0.09 -0.13 ส่วนจมูกข้าวมี reducing sugar ร้อยละ 11.6 และน้ำตาล non reducing sugar ร้อยละ 9.1

2.4.2.2 ไฟตินหรือเกลือ myo-inosital hexaphosphate

เป็นสารประกอบที่พบมากในบริเวณผิวของเมล็ด ไฟตินที่พบในข้าวกล้องมีร้อยละ 0.2 ในข้าวขาวมีร้อยละ 0.04-0.06 และในจมูกข้าวมีร้อยละ 0.8

2.4.2.3 สารประกอบไนโตรเจน

สารประกอบไนโตรเจนที่พบในข้าวกล้องประกอบด้วยโปรตีนและกรดอะมิโนอิสระ โปรตีนเป็นส่วนประกอบ ที่มีมากเป็นอันดับสองรองจากแป้ง ร้อยละ 14 อยู่ในรำข้าวขาว และร้อยละ 83 ในข้าวขาว

โปรตีน พบมากในส่วนของเอมบริโอ โปรตีนที่พบแบ่งเป็น 4 ชนิด คือ กลูเตลิน (glutelin) แอลบูมิน (albumin)โกลบูลิน (globulin) และโพรลามิน (prolamin) โปรตีนในเมล็ดข้าวจะประกอบด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายหลายชนิด เช่น ลิวซีน (leucine) วาลีน (valine) ไลซีน (lysine) (นฤศันส์ วาสิกดิลก, 2541)

2.4.2.4 ไขมัน

ในข้าวกล้องมีไขมันร้อยละ 80 อยู่ในเอมบริโอหรือคัพภะ รำหยาบและรำละเอียด (นฤศันส์ วาสิกดิลก, 2541) โดยไขมันที่สกัดได้แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ ไขมันที่สกัดจากสตาร์ช (starch lipids) และไขมันที่ไม่ใช่มาจากสตาร์ช (nonstarch lipids) (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2532) ไขมันส่วนใหญ่ประกอบด้วยกรดไขมัน (fatty acid) ได้แก่ กรดพาลมิติก (palmitic acid) กรดโอเลนิก (olenic acid) และกรดลิโนเลอิก (linoleic acid) (นฤศันส์ วาสิกดิลก, 2541) ไขมันในข้าวสารจะพบอยู่ประมาณร้อยละ 1.5-1.7

2.4.2.5 วิตามิน

วิตามินส่วนใหญ่พบในส่วนที่เรียกว่า เยื่อหุ้มเนื้อเมล็ดและจมูกข้าว ไม่พบวิตามินเอ วิตามินซี และวิตามินดี ในข้าวสาร รำละเอียด และรำข้าวขาว พบวิตามินบีหนึ่ง วิตามินบีสอง และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไนอะซีน ซึ่งช่วยในการควบคุมเมตาบอลิซึมต่าง ๆในร่างกาย นอกจากนี้ยังพบวิตามินอีซึ่งช่วยป้องกันการเหม็นหืนด้วย (นฤศันส์ วาสิกดิลก, 2541)

2.4.2.6 เกลือแร่

เกลือแร่ของข้าวมีปริมาณไม่คงที่ แตกต่างกันไปตามลักษณะของดินที่ใช้ปลูก และวิธีการวิเคราะห์ จากการวิเคราะห์เกลือแร่จากส่วนต่าง ๆ ของเมล็ด พบว่า เกลือแร่ร้อยละ 51 อยู่ในรำ ละเอียดร้อยละ 10 อยู่ในรำข้าวขาว และร้อยละ 28 อยู่ในข้าวขาว แร่ธาตุที่พบมี ฟอสฟอรัส โปแตสเซียม แคลเซียม คลอรีน ซิลิคอน โซเดียม และเหล็ก แร่ธาตุที่พบมากที่สุดคือ แมกนีเซียม โปแตสเซียม และซิลิคอน

สารอาหารในข้าวกล้องที่มีคุณค่าและเป็นประโยชน์ต่อร่างกาย

วิตามินบี 1	ช่วยป้องกันโรคเหน็บชา
วิตามินบี 2	ป้องกันโรคปากนกกระจอก
ไนอะซิน	ช่วยรักษาระบบผิวหนังและระบบประสาท
ฟอสฟอรัส	ช่วยในการเจริญเติบโตของกระดูกและฟัน
แคลเซียม	ทำให้กระดูกแข็งแรง ป้องกันไม่ให้เป็นตะคริว
ทองแดง	สร้างเม็ดโลหิต และเฮโมโกบิล
ธาตุเหล็ก	ป้องกันโรคโลหิตจาง
โปรตีน	เสริมสร้างส่วนที่สึกหรอ
ไขมัน	ให้พลังงานแก่ร่างกาย ไขมันในเมล็ดข้าวไม่มีโคเลสเตอรอล
คาร์โบไฮเดรต	ให้พลังงานแก่ร่างกาย
กาก	ข้าวกล้องมีกากอาหารมากซึ่งจะทำให้ท้องไม่ผูก และช่วยป้องกันโรคมะเร็งลำไส้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 กรรมวิธีการผลิตแป้งข้าว

การผลิตแป้งข้าวทำได้ 3 วิธี (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2547)

2.5.1 การโม่แห้ง

เป็นการนำข้าวที่ผ่านระบบการทำความสะอาดแบบแห้ง มาผ่านกระบวนการผลิตแป้งโดยใช้เครื่องโม่หรือบดแป้งเป็นแป้งผง

2.5.2 การโม่เปียกหรือการโม่น้ำ

เป็นวิธีการที่ใช้ในการผลิตแป้งข้าวเป็นส่วนใหญ่ในประเทศไทย เนื่องจากข้าวยังมีสิ่งเจือปนมาก จึงต้องทำความสะอาดในระบบแห้ง ด้วยเครื่องแยกชนิดต่างๆ แล้วยังต้องล้างด้วยน้ำให้สะอาด จากนั้นแช่ข้าวจนนิ่ม แล้วทำการโม่ด้วยเครื่องโม่แบบหินจาน

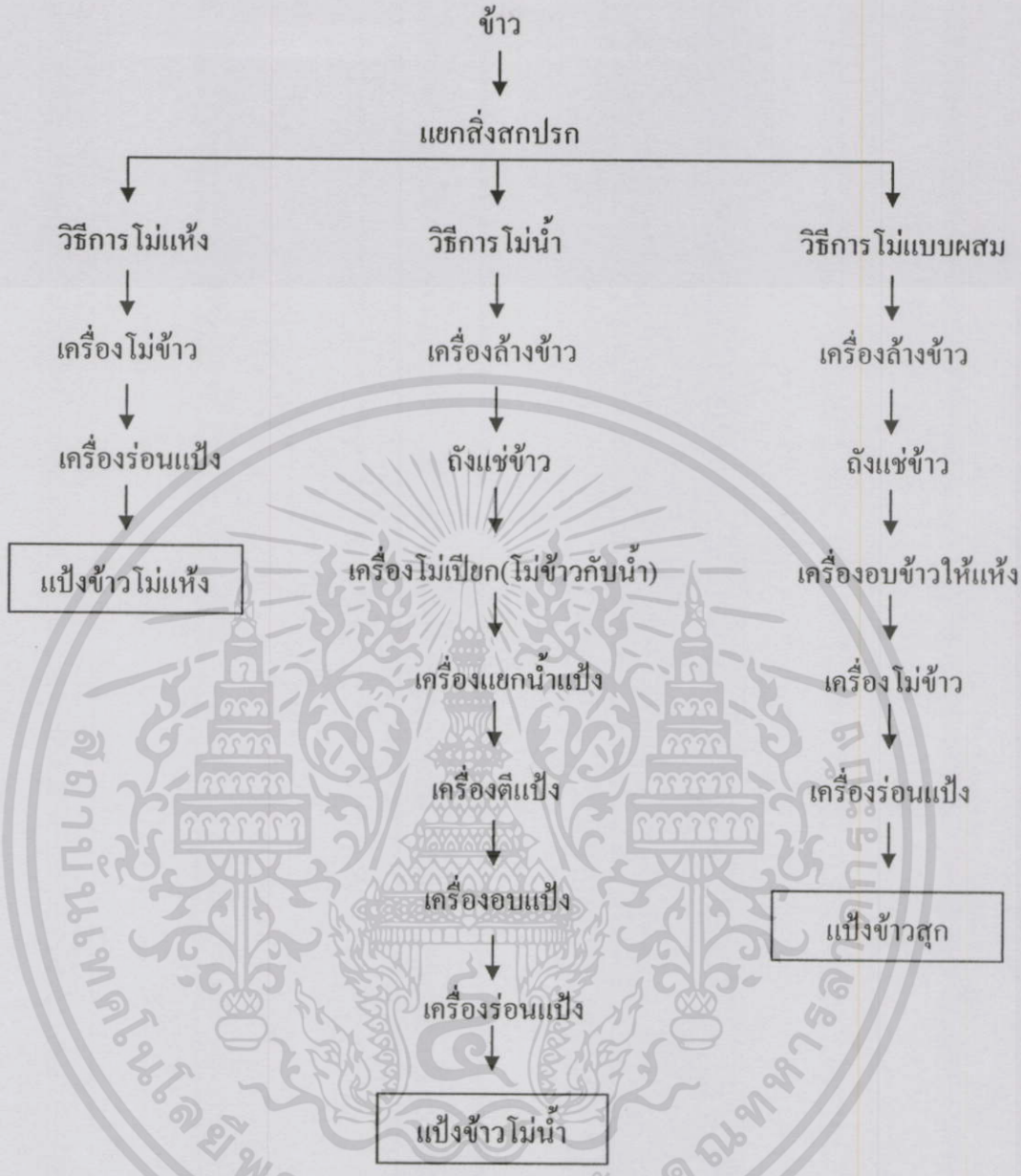
2.5.3 การโม่แบบผสม

มีขั้นตอนการโม่คล้ายคลึงกับวิธีการโม่เปียกในช่วงล้างข้าว และแช่ข้าวจนนิ่ม ต่อจากนั้นนำข้าวไปอบในเครื่องอบแห้งในระดับหนึ่ง อาจมีความชื้นประมาณร้อยละ 15-17 จึงนำมาบดหรือโม่แบบแห้ง กรรมวิธีการโม่จะผสมระหว่างโม่เปียกกับโม่แห้งด้วยกัน จึงเรียกว่า วิธีการโม่แบบผสม

กรรมวิธีการผลิตแป้งข้าวทั้ง 3 วิธี แสดงดังภาพที่ 2.1

การเปรียบเทียบคุณภาพของแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ แป้งข้าวกล้องหอมมะลิ และแป้งสาลีอเนกประสงค์ ดังตารางที่ 2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.1 กรรมวิธีการผลิตแป้งข้าว

ที่มา : อรอนงค์ นัยวิกุล, 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.6 คุณภาพของแป้งข้าวหอมมะลิ แป้งข้าวกล้องหอมมะลิ และแป้งสาลีอเนกประสงค์

คุณสมบัติ	แป้งข้าวหอมมะลิ	แป้งข้าวกล้องหอมมะลิ	แป้งสาลีอเนกประสงค์
L*/ a*/ b*	93.08/0.05/5.69	87.82/0.96/10.58	92.46/0.42/7.82
a_w	0.5	0.43	0.59
ความชื้น	8.03	9.23	11.57
การพองตัว(ร้อยละ)	10.52	9.67	8.52
การละลาย(ร้อยละ)	6.42	2.96	2.22
ปริมาณอะมิโลส	16.1	16.83	26.2
ไขมัน (ร้อยละ)	0.92	3.13	1.11
เถ้า (ร้อยละ)	0.54	1.64	0.32
โปรตีน(ร้อยละ)	6.21	8.61	11.96
ใยอาหาร(ร้อยละ)	1.14	1.15	0.74
คาร์โบไฮเดรต(ร้อยละ)	84.3	77.39	75.04
พลังงาน(กิโลแคลอรี่)	370.32	372.17	357.99

ที่มา : ศรีเวียง ทิพกานนท์ และคณะ, 2546

2.6 งานวิจัยด้านการนำแป้งข้าวทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ

ปัจจุบันผลิตภัณฑ์ขนมอบเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีผู้นิยมบริโภคกันมากขึ้น โดยทั่วไปแล้วผลิตภัณฑ์ประเภทขนมอบนั้นทำจากแป้งสาลี ทำให้ต้องนำเข้าแป้งสาลีจากต่างประเทศ ดังนั้นจึงมีการวิจัยสนับสนุนการใช้ประโยชน์จากแป้งข้าวเพื่อทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อลดการนำเข้าข้าวสาลีจากต่างประเทศ และเพิ่มมูลค่าข้าวให้สูงขึ้น ซึ่งมีประโยชน์ต่อผู้บริโภค เพราะผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาจากข้าว มีคุณค่าทางโภชนาการที่ดี ซึ่งมีงานวิจัยในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่ทำจากแป้งข้าวดังนี้

จิตธนา แจ่มเมฆ (2537) ได้ทดลองทำขนมปังจากแป้งข้าวเจ้าล้วน พบว่า แป้งข้าวที่เหมาะสมในการทำขนมปังควรได้จากข้าวพันธุ์ที่มีอะไมโลสต่ำ (น้อยกว่า ร้อยละ20) ซึ่งได้ทดลอง 3 สูตร คือ แป้งข้าวเจ้าผสมกัม แป้งข้าวเจ้าผสมกลูเตนผง และแป้งข้าวเจ้าผสมกัมเสริมด้วยกลูเตนผง โดยสูตรของขนมปังประกอบด้วยแป้งข้าวเจ้า 100 กรัม ยีสต์ 1.5 กรัม เกลือ 1.5 กรัม น้ำตาล 7.5 กรัม น้ำมันพืช 6.0 กรัม น้ำ 80 มิลลิลิตร โดยในขนมปังแป้งข้าวเจ้าผสมกัม ผสมกัมชนิดไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส 2.5 กรัม หากเป็นสูตรแป้งข้าวเจ้าผสมกลูเตนผงจะปรับปริมาณ เนยขาว 3.0 กรัม (แทนน้ำมัน) และกลูเตนผง 30 กรัม โดยไม่ใส่กัม และสูตรแป้งข้าวเจ้าผสมกัมเสริมด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลูเตนผง จะมีสูตรคล้ายกัน โดยเปลี่ยนน้ำมัน เป็นเนยขาว 3.0 กรัม และเพิ่มกลูเตนผง 5.0 กรัม จะได้ขนมปังแป้งข้าวเจ้าล้วนที่คล้ายขนมปังจากแป้งสาลี

เนื้อทอง ชำนาญเวช และคณะ (2543) ศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้แป้งข้าวทดแทนแป้งสาลีในการผลิตขนมปังเพื่อลดการนำเข้าแป้งสาลีโดยใช้แป้งอะไมโลสต่ำที่เตรียมจากปลายข้าวที่ผ่านการขัดสีโดยวิธีโม่แห้งและโม่เปียก พบว่าผู้บริโภคไม่สามารถบอกความแตกต่างของขนมปังที่ทำจากแป้งข้าวที่ปรับปรุงคุณภาพในระดับการทดแทนที่ร้อยละ 30 จากขนมปังปกติได้ ส่วนการทดแทนที่ระดับร้อยละ 70 นั้น ผู้บริโภคสามารถบอกความแตกต่างจากขนมปังปกติได้ แต่ยังอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ ซึ่งการทดแทนในระดับที่สูงเหมาะสำหรับทำผลิตภัณฑ์ขนมปังที่ต้องการความกรอบแข็ง เช่น ขนมปังขาไก่ เปลือกพิซซ่า และพาย เป็นต้น

พรวีนัส ปั้นหยา (2544) ทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังจากแป้งสาลีผสมแป้งข้าวหอมมะลิ จากการศึกาพบว่า เมื่อปริมาณแป้งข้าวเจ้าหอมมะลิเพิ่มขึ้นขนมปังจะมีปริมาตรจำเพาะลดลง และมีค่าความแข็งของเนื้อในเพิ่มขึ้น สูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์มีส่วนประกอบดังนี้ แป้งสาลีทำขนมปังร้อยละ 32.83 แป้งข้าวหอมมะลิร้อยละ 14.07 หางนมผงร้อยละ 1.88 ยีสต์แห้งร้อยละ 0.59 น้ำตาลทรายร้อยละ 8.44 เกลือป่นร้อยละ 0.47 ไข่ไก่ร้อยละ 4.69 น้ำร้อยละ 26.73 เนยขาวร้อยละ 9.38 และ distilled monoglyceride ร้อยละ 0.94 ซึ่งสามารถเก็บได้นาน 3 วัน ในอุณหภูมิห้อง

ปริศนา สุวรรณาภรณ์ และคณะ (2544) ได้พัฒนาขนมปังเสริมแป้งข้าวโดยการใช้แป้งข้าวที่มีอะไมโลสแตกต่างกัน 3 ชนิด คือแป้งข้าวขาวดอกมะลิ แป้งข้าวที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด และแป้งข้าวพันธุ์เหลือง 11 โดยทดแทนที่ระดับร้อยละ 10-90 พบว่าผู้บริโภคไม่สามารถบอกความแตกต่างของขนมปังแป้งข้าวในระดับการทดแทนต่ำ (น้อยกว่าร้อยละ 30) จากขนมปังปกติได้ ($p<0.05$) การทดสอบความชอบ ของขนมปังแป้งข้าวที่ระดับการทดแทนสูง (มากกว่าร้อยละ 50) พบว่าผู้ชิมยังยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสทุกลักษณะในระดับปานกลาง

Elmoneim และคณะ (2002) ทดลองใช้แป้งข้าวฟ่างกับแป้งสาลีที่ปราศจากซิสเตอีน ในการผลิตขนมปังและขนมปังกรอบ โดยทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวฟ่างร้อยละ 5 10 และ 15 ของน้ำหนักแป้งในขนมปัง และร้อยละ 10 20 และ 30 ของน้ำหนักในขนมปังกรอบ การทำขนมปังใช้วิธีการหมักแบบขั้นตอนเดียว พบว่าการใช้แป้งข้าวฟ่างร้อยละ 10 ได้ขนมปังมีคุณภาพดี ส่วนการใช้แป้งข้าวฟ่างร้อยละ 20 จะได้คุณภาพของขนมปังกรอบที่ดี

งามชื่น คงเสรี และคณะ (2543) ใช้แป้งข้าวทดแทนแป้งสาลีในการทำผลิตภัณฑ์เค้กและคุกกี้ โดยใช้แป้งจากข้าวเจ้าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 กข 23 และเหลือง ประทิว 123 เตรียมแป้งข้าวขาวโดยวิธีโม่แห้งและโม่เปียก พบว่า เมื่อผสมแป้งข้าวกับแป้งสาลีชนิดแป้งเค้กทำให้การยอมรับในคุณภาพผลิตภัณฑ์เค้กลดต่ำลงตามอัตราการเพิ่มแป้งข้าว เมื่อประเมินโดยวิธีทางประสาทสัมผัส และเมื่อใช้แป้งข้าวทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 20 ไม่ว่าจะมาจากข้าวพันธุ์ใดหรือการโม่ชนิดใด คุณภาพของเค้กยังคงได้รับใกล้เคียงกับเค้กแป้งสาลี การเพิ่มความละเอียดของแป้งเป็น 200 เมช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่วยให้คุณภาพของเค้กดีขึ้น และการเติม อิมัลซิไฟเออร์สำหรับเค้ก (SP) ร้อยละ 7 ช่วยให้ผลิตภัณฑ์เค้กที่ทำจากแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ชนิดโม่แห้งได้รับการยอมรับใกล้เคียงกับเค้กแป้งสาลี คุกกี้แป้งข้าวมีเนื้อหยาบกว่าคุกกี้แป้งสาลีเล็กน้อย เมื่อวางทิ้งไว้ในสภาพห้องที่มีความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 77 – 84 นาน 6 ชั่วโมง คุกกี้แป้งข้าวจะอ่อนตัวเร็วกว่าคุกกี้แป้งสาลี เพื่อปรับปรุงคุณภาพคุกกี้แป้งข้าว ควรโม่แป้งให้ละเอียดอย่างน้อย 140 เมช และการเติมแป้งพรีเจลข้าวสามารถชะลอการอ่อนตัวของคุกกี้ให้ช้าลง

เกษม หฤทัยธนาสันติ์ และคณะ (2547) พัฒนาสูตรการใช้ประโยชน์แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์กรอบเค็มโดยอัตราส่วนแป้งผสมที่เหมาะสมคือ แป้งข้าวกล้องร้อยละ 35 แป้งสาลีร้อยละ 50 แป้งถั่วเขียวร้อยละ 15 ตามลำดับ โดยแป้งผสม 100 กรัม จะใช้กะทิผง 5 กรัม ผงฟู 1 กรัม น้ำมันปาล์ม 5 กรัม เกลือป่น 3 กรัม น้ำตาลทราย 6 กรัม และน้ำ 50 กรัม และปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลิตภัณฑ์กรอบเค็มผสมแป้งข้าว คืออุณหภูมิและเวลาในการทอดโดยมีอิทธิพลต่อค่าความแข็ง ความกรอบ และ ค่าสีโดยเฉพาะค่า L* และสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการทอดผลิตภัณฑ์กรอบเค็ม คือ การทอดที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส และเวลา 1.5 นาที

ชุติมา อัศวเสถียรและคณะ (2547) ได้ศึกษาการใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ซาลาเปา แป้งข้าวกล้องที่ผลิตได้มีความชื้น โปรตีน ไขมัน เส้นใย และเถ้า ในปริมาณร้อยละ 12.00 8.39 4.07 1.28 และ 1.56 ตามลำดับ และจากการใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ซาลาเปาปริมาณร้อยละ 0 10 20 30 40 และ 50 ของน้ำหนักแป้งในสูตร พบว่า ปริมาตรของซาลาเปาและอัตราการเกิดโดของแป้งมีแนวโน้มที่ลดลงเมื่อมีการใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีในปริมาณที่มากขึ้น ซึ่งส่งผลถึงค่าแรงตัดขาดสูงสุดของซาลาเปา คือ การใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีในปริมาณที่มากขึ้น ค่าแรงตัดขาดของซาลาเปาจะมีแนวโน้มลดลง และยังทำให้ค่าสีมีค่าลดลง ซาลาเปาที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องร้อยละ 10 ของน้ำหนักแป้ง ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบมากที่สุด

Hooda และ Jood (2005) ได้ทดลองทดแทนแป้งสาลีในการผลิตบิสกิต ด้วยแป้งจากเมล็ด fenugreek ทั้ง 3 แบบ คือแป้งจากเมล็ด fenugreek ดิบ แป้งจากเมล็ด fenugreek ที่ผ่านการแช่ และแป้งจากเมล็ด fenugreek ที่ผ่านการเพาะ พบว่าจะทำให้บิสกิตหนาขึ้น ในขณะที่ความกว้างและอัตราส่วนของการขยายตัว (spread ratio) ของบิสกิตลดลง และผลการประเมินทางประสาทสัมผัสพบว่า สามารถใช้แป้งจากเมล็ด fenugreek ทั้ง 3 แบบ ทดแทนแป้งสาลีที่ร้อยละ 10 เพื่อผลิตบิสกิตที่มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับ นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มปริมาณโปรตีน (ร้อยละ 10.5 10.4 และ11) ไลซีน (2.15 2.20 2.25 กรัมต่อ100กรัมของโปรตีน) dietary fiber (ร้อยละ12.7 11.3 และ 10.9) แคลเซียมทั้งหมด (58.3 57.1 และ 57.7 มิลลิกรัมต่อ100กรัม) และเหล็กทั้งหมด (7.40 7.26 และ 7.36 มิลลิกรัมต่อ100กรัม) ตามลำดับ และสามารถเก็บบิสกิตในถุงโพลีโพพีลีน ได้นานถึง 1 เดือน โดยไม่มีกลิ่นเปลี่ยนแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

3.1.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

3.1.1 .1 เครื่องผสมอาหาร

3.1.1.2 ตู้อบ

3.1.1.3 พิมพ์ทำแครกเกอร์

3.1.1.4 เครื่องชั่ง

3.1.1.5 เครื่องบดแป้ง (Pin Mill)

3.1.1.6 ตระแกรงร่อนแป้ง (Sieve)

3.1.1.7 เวอร์เนียคาลิเปอร์

3.1.1.8 เครื่องวัดสี (Minolta Cr-300)

3.1.1.9 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (TA-XT2i)

3.1.2 วัตถุดิบ

3.1.2.1 แป้งสาลีอเนกประสงค์ (ตราว่าว)

3.1.2.2 แป้งข้าวกล้อง (ตราลูกเต๋า)

3.1.2.3 น้ำตาลทราย (ตรามิตรผล)

3.1.2.4 เกลือ (ปรุงทิพย์)

3.1.2.5 โซเดียมไบคาร์บอเนต (บริษัทจิราคร)

3.1.2.6 เนยขาว (ตราแซมซัน)

3.1.2.7 น้ำ

3.1 2.8 ยีสต์

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 การศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับขนาดความละเอียดของแป้งข้าวกล้องในการทำขนมปังกรอบ

นำแป้งข้าวกล้องตราลูกเต๋า มาบดด้วยเครื่องบด Pin Mill และนำมาร่อนผ่านตะแกรงด้วยเครื่องเขย่า จะได้ข้าวกล้องที่ขนาดอนุภาคความละเอียด 3 ระดับ คือ 40-80, 80-100 และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

100- 120 เมช (400-177, 177-149 และ149-125 ไมครอน ตามลำดับ) นำข้าวกล้องที่ได้มาทำขนมปังกรอบโดยใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีอเนกประสงค์ ร้อยละ 30 ของน้ำหนักแป้งใช้สูตรพื้นฐานตามตารางที่ 3.1 และใช้วิธีการผลิตขนมปังกรอบดังภาพที่ 3.1 และนำขนมปังกรอบมาทดสอบคุณสมบัติต่างๆ ดังนี้

3.2.1.1 วัดค่าสี L* a* b* โดยใช้เครื่องวัดสี (Minolta Cr-300, Japan)

3.2.1.2 ค่าอัตราการแผ่ขยาย (spread ratio) โดยวัด ความกว้าง (widthness) และ ความหนา (thickness) ของผลิตภัณฑ์โดยใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์แล้วนำค่ามาคำนวณ ค่าอัตราการแผ่ขยายจากอัตราส่วนของความกว้างต่อความหนา

3.2.1.3 วัดเนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส รุ่น TA-XT2i, England ตามวิธีการดังแสดงในภาคผนวก ก.

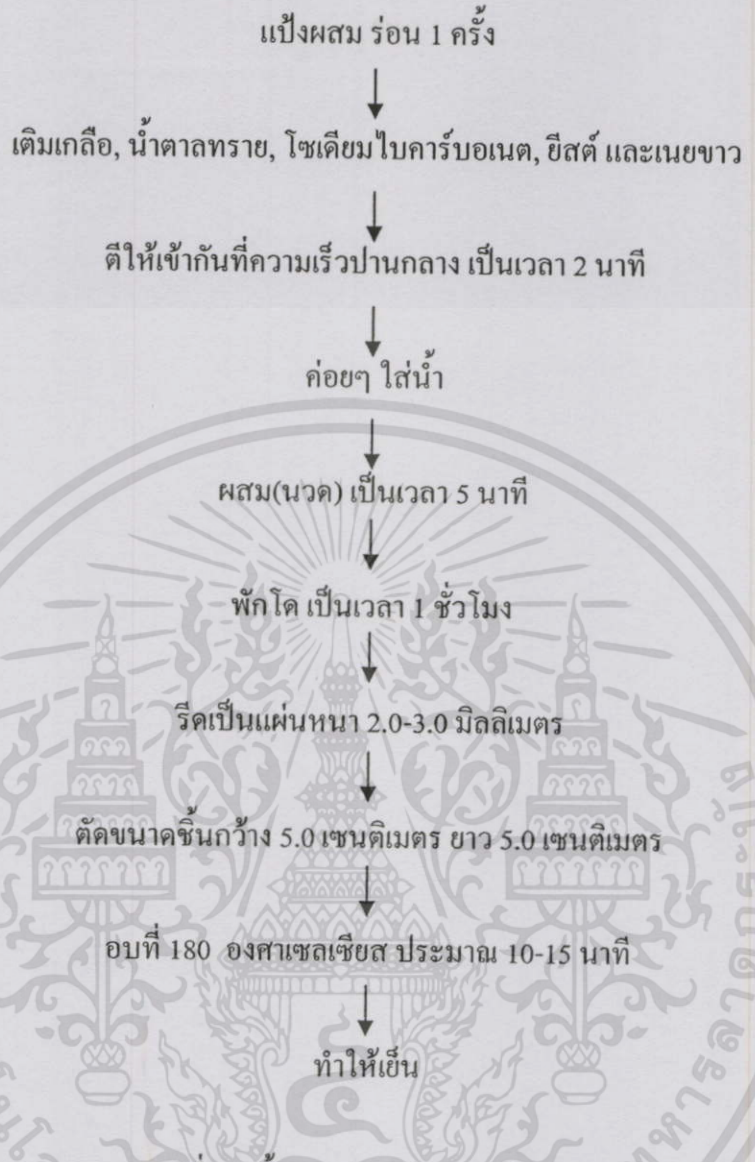
3.2.1.4 ทดสอบการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสด้าน สี กลิ่นรส ความกรอบ ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม โดยวิธี Hedonic Scale Test โดยใช้ระดับคะแนนการยอมรับ 7 ระดับ คือ 1 ไม่ชอบมากที่สุด และ 7 ชอบมากที่สุด ใช้ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัส คือ นักศึกษาคณะอุตสาหกรรมเกษตรจำนวน 20 คน

ตารางที่ 3.1 ส่วนผสมของขนมปังกรอบสูตรมาตรฐาน

ส่วนผสม	ปริมาณ (กรัม)
แป้ง	100
น้ำตาลทราย	2.5
เกลือ	1.8
เนยขาว	15
ยีสต์	1.5
โซเดียมไบคาร์บอเนต	0.7
น้ำ	45

ที่มา : ดัดแปลงจาก Smith, 1972 และ Tressler, and Sultan, 1975

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการผลิตขนมปังกรอบ

ที่มา : ดัดแปลงจาก Smith, 1972 และ Tressler, and Sultan, 1975

3.2.2 การศึกษาการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องในการทำขนมปังกรอบ

เลือกขนาดความละเอียดแป้งข้าวกล้องจากข้อ 3.2.1 มาใช้ทดแทนแป้งสาลี โดยแปรปริมาณแป้งข้าวกล้องเป็น 4 ระดับ ดังนี้ ร้อยละ 0 (สูตรมาตรฐาน) 20 40 และ 60 ตามส่วนผสมแสดงในตารางที่ 3.2 และทำการผลิตขนมปังกรอบ ตามวิธีแสดงดังภาพที่ 3.1 แล้วนำขนมปังกรอบมาทดสอบคุณสมบัติต่างๆ ตามข้อ 3.2.1.1, 3.2.1.2, 3.2.1.3 และ 3.2.1.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 ปริมาณส่วนผสมในการผลิตขนมปังกรอบจากการแปรปริมาณแป้งข้าวกล้อง ร้อยละ 0 (สูตรมาตรฐาน) 20 40 และ 60 ของน้ำหนักแป้งสาลี

ส่วนผสม	กรัม			
	สูตรที่1	สูตรที่2	สูตรที่3	สูตรที่4
แป้งสาลีตราว่าว	100	80	60	40
แป้งข้าวกล้อง	0	20	40	60
น้ำตาลทราย	2.5	2.5	2.5	2.5
เกลือ	1.8	1.8	1.8	1.8
เนยขาว	15	15	15	15
ยีสต์	1.5	1.5	1.5	1.5
โซเดียมไบคาร์บอเนต	0.7	0.7	0.7	0.7
น้ำ	45	45	45	45

3.2.3 การศึกษาปัจจัยการเติมนมผงขาดมันเนยและเลซิตินในการผลิตขนมปังกรอบ

นำขนมปังกรอบแป้งข้าวกล้องที่ได้รับเลือกแล้วจากข้อ 3.2.2 มาเติมผงขาดมันเนยและเลซิตินโดยศึกษา

ปัจจัยที่ 1 เติมนมผงขาดมันเนย 2 ระดับ คือร้อยละ 8 และ 12 โดยน้ำหนักแป้งทั้งหมด

ปัจจัยที่ 2 เติมเลซิติน 2 ระดับ คือ ร้อยละ 0.5 และ 1.0 โดยน้ำหนักแป้งทั้งหมด

ทดสอบคุณสมบัติต่างๆ ตามข้อ 3.2.1.1, 3.2.1.2, 3.2.1.3 และ 3.2.1.4

3.3. วิเคราะห์ผลทางสถิติ

ใช้แผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ในการทดลองขั้นตอน 3.2.1.1-3.2.1.3 แผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ในการทดลองขั้นตอน 3.2.1.4 และแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD ในการทดลองตอน 3.2.3 นำผลการวิเคราะห์มาหาค่าเฉลี่ยและวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป Statistical Package For The Social Science (SPSS version 11) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับขนาดความละเอียดของแป้งข้าวกล้องในการทำขนมปังกรอบ

ในการศึกษาการใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ขนมปังกรอบนั้นได้ใช้วัตถุดิบแป้งข้าวกล้องที่มีจำหน่ายอยู่แล้วในท้องตลาด เพื่อให้เกิดความสะดวก โดยแป้งข้าวกล้องตราลูกเต๋าที่จำหน่ายตามท้องตลาด และใช้ในการทดลองนี้มีลักษณะเป็นผงหยาบ ขนาดอนุภาคอยู่ในช่วง 40-80 เมช (400-177 ไมครอน) ซึ่งจากการระบุบนภาชนะบรรจุเหมาะสำหรับการนำไปทำอาหารเด็ก และขนมต่างๆ ที่ไม่ต้องการความละเอียดของเนื้อสัมผัส การศึกษานี้เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการผลิตแป้งข้าวกล้องเพื่อใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์เบเกอรี่โดยเฉพาะขนมปังกรอบ ดังนั้นจึงนำแป้งข้าวกล้องตราลูกเต๋า มาบดด้วยเครื่องบด Pin Mill และนำมาร่อนผ่านตะแกรงด้วยเครื่องเขย่า จะได้ข้าวกล้องที่ขนาดอนุภาคความละเอียด 3 ระดับ คือ 40-80 80-100 และ100- 120 เมช (400-177 177-149 และ149-125 ไมครอน ตามลำดับ) และนำแป้งข้าวกล้องทั้ง 3 ส่วนที่ได้มาทำขนมปังกรอบโดยใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีที่ร้อยละ 30 จากสูตรมาตรฐาน โดยใช้ แป้งสาลีอเนกประสงค์ 70 กรัม แป้งข้าวกล้อง 30 กรัม น้ำตาลทราย 2.5 กรัม เกลือ 1.8 กรัม เนยขาว 15 กรัม ยีสต์ 1.5 กรัม โซเดียมไบคาร์บอเนต 0.7 กรัม และน้ำ 45 กรัม และนำขนมปังกรอบมาทดสอบคุณสมบัติต่างๆ ดังนี้

4.1.1 การวิเคราะห์ทางกายภาพ

4.1.1.1 สี

ค่าสี L* a* และ b* ของขนมปังกรอบที่ใช้แป้งข้าวกล้องที่ขนาดอนุภาคความละเอียดต่างๆ แสดงในตารางที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ค่า L* a* และ b* ของขนมปังกรอบที่ใช้แป้งข้าวกล้องที่ขนาดอนุภาค 40-80 80-100 และ 100-120 เมช

ความละเอียดของแป้งข้าวกล้อง (เมช)	L*	a*	b*
40-80	66.04±2.39^{b}	6.32±1.13^{a}	18.39±1.70^{b}
80-100	66.74±2.19^{ab}	5.50±1.28^{b}	19.43±1.23^{a}
100-120	67.32±1.81^{a}	5.48±1.09^{b}	19.34±1.36^{a}

หมายเหตุ ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแนวตั้งต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ผลการทดลองวัดค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) จากตารางที่ 4.1 พบว่า ขนมปังกรอบที่ใช้แป้งข้าวกล้องที่มีความละเอียด ระดับต่างๆ มีผลทำให้ทำให้ค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เมื่อแป้งข้าวกล้องมีความละเอียดเพิ่มขึ้น ค่าความสว่าง (L*) และค่าสีเหลือง (b*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่วนค่าสีแดง (a*) มีแนวโน้มลดลง ซึ่งแสดงว่าผลิตภัณฑ์ขนมปังกรอบเมื่อใช้แป้งข้าวกล้องที่มีความละเอียดที่เพิ่มขึ้น จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีสีน้ำตาลอ่อนลง เนื่องจากขนาดอนุภาคของแป้งเล็กลง และมีพื้นที่ผิวเพิ่มขึ้นทำให้แป้งในส่วนที่อยู่ด้านในเมล็ดข้าวซึ่งมีสีขาวแตกออกจึงทำให้ขนมปังกรอบที่ใช้แป้งข้าวกล้องที่ละเอียดมากมีสีที่ขาวขึ้น

4.1.1.2 ความกว้าง ความหนา และอัตราการแผ่ขยาย

ค่าความกว้าง ความหนา และอัตราการแผ่ขยายของขนมปังกรอบที่ใช้แป้งข้าวกล้องที่ขนาดอนุภาคความละเอียดต่างๆ แสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่าความกว้าง ความหนา และอัตราการแผ่ขยายของขนมปังกรอบที่ใช้แป้งข้าวกล้องที่ขนาดอนุภาค 40-80 80-100 และ 100-120 เมช

ความละเอียดของแป้งข้าวกล้อง (เมช)	ความกว้าง (ซม.)	ความหนา(ซม.)	อัตราการแผ่ขยาย
40-80	4.76±0.06^{a}	0.55±0.05^{a}	8.65±0.78^{b}
80-100	4.71±0.08^{b}	0.52±0.03^{b}	9.05±0.61^{ab}
100-120	4.68±0.09^{b}	0.51±0.03^{b}	9.15±0.66^{a}

หมายเหตุ ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแนวตั้งต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.2 แสดงความกว้าง ความหนา และอัตราการแผ่ขยายของขนมปังกรอบที่ใช้แป้งข้าวกล้องที่มีความละเอียดต่างๆ พบว่า ความกว้าง ความหนา และอัตราการแผ่ขยายมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยความกว้าง และความหนาของชิ้นขนมปังกรอบ มีแนวโน้มลดลง แต่อย่างไรก็ตามการลดลงอันเนื่องมาจากปัจจัยของขนาดอนุภาคนั้นมีค่าน้อยมาก

อาจกล่าวได้ว่า การใช้แป้งข้าวกล้องที่มีความละเอียดเพิ่มขึ้นทำให้ขนมปังกรอบมีขนาดเล็กลงเล็กน้อยโดยทั้งความกว้างและความหนามีค่าลดลง ซึ่งมีผลให้อัตราการแผ่ขยายเพิ่มขึ้น

4.1.1.3 ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความแข็ง

ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความแข็งโดยวัดค่าแรงกด (กรัม) ของขนมปังกรอบที่ใช้แป้งข้าวกล้องที่ขนาดอนุภาคความละเอียดต่างๆแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ค่าความแข็ง (กรัม) ของขนมปังกรอบที่ใช้แป้งข้าวกล้องที่ขนาดอนุภาค 40-80 80-100 และ 100-120 เมช

ความละเอียดของแป้งข้าวกล้อง (เมช)	ค่าความแข็ง (กรัม)
40-80	7,552.10±578.40[c]
80-100	6,515.80±391.57[b]
100-120	5,698.11±302.51[a]

หมายเหตุ ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแนวตั้งต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของขนมปังกรอบจากตารางที่ 4.3 พบว่า ขนมปังกรอบที่ใช้แป้งข้าวกล้องที่มีความละเอียดต่างกัน เมื่อนำมาวัดเนื้อสัมผัสโดยใช้หัววัด Three point bend กดลงบนตัวอย่างขนมปังกรอบ วัดค่าแรงกดสูงสุดเป็นค่าความแข็ง มีผลทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความแข็ง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อความละเอียดของแป้งข้าวกล้องเพิ่มขึ้นจาก 40-80 เมช เป็น 100-120 เมช ค่าความแข็งลดลงจาก 7,552.10 กรัม เป็น 5,698.11 กรัม ตามลำดับ ผลิตภัณฑ์ขนมปังกรอบมีเนื้อละเอียด และแข็งน้อยลง เนื่องจากอนุภาคของแป้งข้าวกล้องที่มีขนาดอนุภาคเล็กลงและขนมปังกรอบที่ได้มีความหนาลดลงจึงทำให้ใช้แรงในการตัดลดลง

4.1.2 การทดสอบด้านประสาทสัมผัส

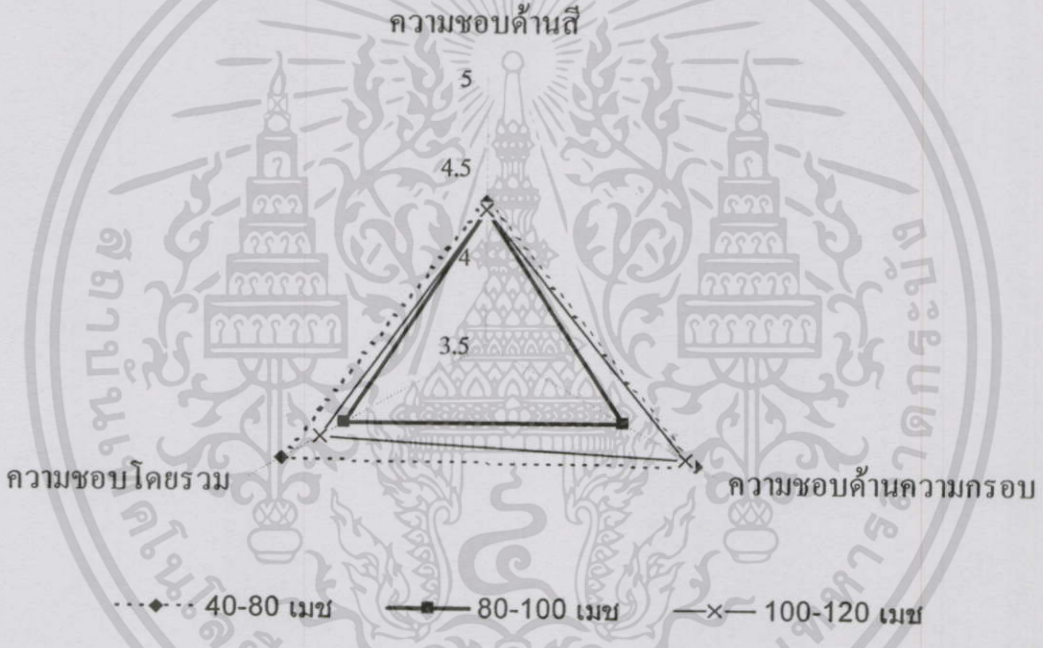
คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของขนมปังกรอบที่ใช้แป้งข้าวกล้องที่ขนาดอนุภาคความละเอียดต่างๆ แสดงในตารางที่ 4.4 และภาพที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของขนมปังกรอบที่ใช้แป้งข้าวกล้องที่ขนาดอนุภาค 40-80 80-100 และ 100-120 เมช

ความละเอียดของแป้งข้าวกล้อง (เมช)	ความชอบด้านสี ns	ความชอบด้านความกรอบ ns	ความชอบโดยรวม ns
40-80	4.30±0.73	4.85±0.80	4.80±1.05
80-100	4.25±0.71	4.40±0.82	4.40±0.88
100-120	4.25±1.11	4.80±0.93	4.55±0.94

หมายเหตุ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)



ภาพที่ 4.1 กราฟใยแมงมุมของผลคะแนนความชอบเฉลี่ยของขนมปังกรอบที่ใช้แป้งข้าวกล้องที่ขนาดอนุภาคความละเอียดต่างๆ

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมปังกรอบที่ใช้แป้งข้าวกล้องที่ความละเอียดต่างๆ แสดงดังตารางที่ 4.4 และภาพที่ 4.1 พบว่าเมื่อใช้แป้งข้าวกล้องที่มีความละเอียดต่างกัน คะแนนความชอบด้านสี ความชอบด้านความกรอบ และความชอบรวม ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยการทดสอบด้านประสาทสัมผัสคะแนนความชอบของทั้ง 3 ลักษณะอยู่ในช่วงระหว่างเฉยๆ ถึงชอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ทางกายภาพดังตารางที่ 4.1 4.2 และ4.3 และผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสดังตารางที่ 4.4 พบว่า การลดขนาดแป้งข้าวกล้องตราลูกเต๋าให้มีขนาดอนุภาคเล็กลงไม่ได้ทำให้คุณสมบัติของขนมปังกรอบมีความแตกต่างกันมากนัก ทั้งนี้อาจเนื่องจากการลดขนาดอนุภาคของแป้งข้าวกล้องเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวเท่านั้นและผลิตภัณฑ์ขนมปังกรอบไม่ต้องการเนื้อสัมผัสที่นุ่ม เนียน เนื้อละเอียด เหมือนผลิตภัณฑ์เบเกอรี่พวกเค้ก และนอกจากนั้นยังเป็นการทดแทนแป้งสาลีเพียงร้อยละ 30 จึงอาจกล่าวได้ว่าสามารถใช้แป้งข้าวกล้องที่จำหน่ายในท้องตลาดได้โดยไม่จำเป็นต้องมีการลดขนาดอนุภาคให้เล็กลงกว่านี้ในผลิตภัณฑ์ขนมปังกรอบ

4.2 ศึกษาปริมาณแป้งข้าวกล้องเพื่อใช้ทดแทนแป้งสาลีในการผลิตขนมปังกรอบ

นำแป้งข้าวกล้องที่มีขนาดอนุภาคความละเอียด 40-80 เมชมาทำขนมปังกรอบโดยใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีที่ระดับร้อยละ 0 (สูตรมาตรฐาน) 20 40 และ 60 ของน้ำหนักแป้งทั้งหมด และนำขนมปังกรอบมาทดสอบคุณสมบัติต่างๆ ดังนี้

4.2.1 การวิเคราะห์ทางกายภาพ

4.2.1.1 สี

ค่า L* a* b* และ ΔE ของขนมปังกรอบที่มีปริมาณแป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีที่ระดับต่างๆ แสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ค่าL* a* b* และ ΔE ของขนมปังกรอบที่มีปริมาณแป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีที่ร้อยละ 0 (สูตรมาตรฐาน) 20 40 และ 60 ของน้ำหนักแป้ง

ปริมาณข้าวกล้อง (ร้อยละของน้ำหนักแป้ง)	L*	a*	b*	ΔE
0 (สูตรมาตรฐาน)	72.75±2.89^{a}	5.20±1.56^{a}	27.98±1.98^{a}	0
20	71.22±1.40^{b}	3.46±1.06^{c}	21.62±2.26^{b}	7.64±2.64^{c}
40	64.51±1.25^{c}	4.77±0.86^{a}	22.38±1.88^{b}	10.47±2.41^{b}
60	63.07±1.60^{d}	4.15±0.62^{b}	19.77±1.54^{c}	13.17±2.42^{a}

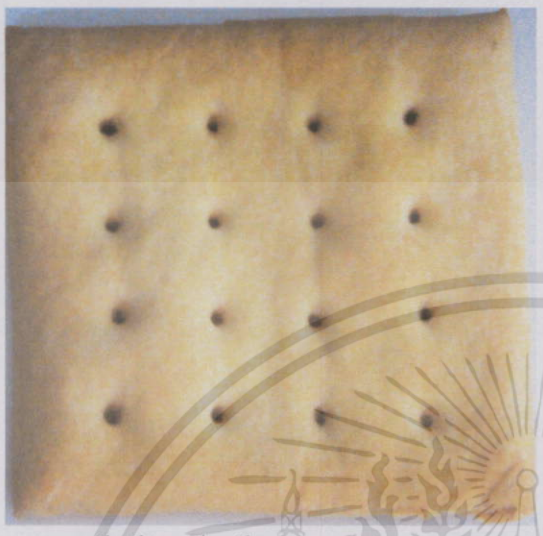
หมายเหตุ ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแนวตั้งต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.5 พบว่า การใช้แป้งข้าวกล้องที่ระดับร้อยละ 0 (สูตรมาตรฐาน) 20 40 และ60 ทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ขนมปังกรอบ มีผลทำให้ค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อปริมาณแป้งข้าวกล้องเพิ่มขึ้น ค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) มีแนวโน้มลดลง แสดงให้เห็นว่าเมื่อใช้แป้งข้าวกล้องเพิ่มขึ้น ผลิตภัณฑ์ขนมปังกรอบจะมีค่าความสว่างลดลง มีความเป็นสีเขียวและสีน้ำเงินเพิ่มขึ้นแสดงว่ามีแนวโน้มที่ผลิตภัณฑ์จะมีสีคล้ำขึ้น ส่วน ΔE เป็นค่าความแตกต่างของสีของตัวอย่างสูตรแปรปริมาณแป้งข้าวกล้อง กับตัวอย่างสูตรมาตรฐาน หาได้จากค่าความแตกต่างระหว่างค่าความสว่าง ความเป็นสีแดง-เขียว และความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน ($\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แสดงว่าการเพิ่มปริมาณแป้งข้าวกล้องจะทำให้ความแตกต่างของสีผลิตภัณฑ์จากสูตรมาตรฐานมากขึ้น ดังภาพที่ 4.2 ทั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ ชุติมา อัศวเสถียร และคณะ (2547) ได้วัดค่าสีของซาลาเปาที่ใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 0 10 20 30 40 และ 50 ของน้ำหนักแป้ง กับแผ่นเทียบสี จากผลการทดลองพบว่า ค่าสีของซาลาเปาจะไปทางค่าสีของสีดำ เมื่อใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีในซาลาเปามากขึ้น

ทั้งนี้เนื่องจากแป้งข้าวกล้องเป็นแป้งที่ผลิตจากข้าวกล้อง ซึ่งเป็นข้าวที่สีเอาเปลือกหรือแกลบออกเท่านั้น ไม่ได้ขัดสีเอารำออก จึงทำให้แป้งข้าวกล้องมีสีขาวน้อยกว่าแป้งสาลีที่ผ่านการขัดสีและฟอกสี และเนื่องจากแป้งข้าวกล้องยังมีส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ด ซึ่งมีสีน้ำตาล จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีเข้มกว่าที่ใช้แป้งสาลี ซึ่งผลิตจากเมล็ดข้าวสาลีที่มีการขัดเอาเยื่อหุ้มเมล็ดออกหมดแล้ว (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2547)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แป้งข้าวกล้องร้อยละ 0 (สูตรมาตรฐาน)

แป้งข้าวกล้องร้อยละ 20

แป้งข้าวกล้องร้อยละ 40

แป้งข้าวกล้องร้อยละ 60

ภาพที่ 4.2 แสดงลักษณะขนมปังกรอบที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวกล้องในระดับต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1.2 ความกว้าง ความหนา และอัตราการแผ่ขยาย

ค่าความกว้าง ความหนา และอัตราการแผ่ขยายของขนมปังกรอบที่มีปริมาณแป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีที่ระดับต่างๆ แสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ค่าความกว้าง ความหนา และอัตราการแผ่ขยายของขนมปังกรอบที่มีปริมาณแป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีที่ร้อยละ0 (สูตรมาตรฐาน) 20 40 และ 60 ของน้ำหนักแป้ง

ปริมาณข้าวกล้อง (ร้อยละของน้ำหนักแป้ง)	ความกว้าง (ซม.) ^{ns}	ความหนา(ซม.)	อัตราการแผ่ขยาย
0 (สูตรมาตรฐาน)	4.85±0.10	0.60±0.04^{a}	8.06±0.61^{c}
20	4.87±0.10	0.48±0.01^{b}	9.79±0.43^{b}
40	4.90±0.08	0.50±0.03^{b}	9.79±0.66^{b}
60	4.85±0.11	0.36±0.03^{c}	13.23±1.18^{a}

หมายเหตุ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)
ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแนวตั้งต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

จากตารางที่ 4.6 แสดงความกว้าง ความหนา และอัตราการแผ่ขยายของขนมปังกรอบที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องที่ระดับต่างๆ พบว่า ความกว้างไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ในขณะที่ความหนา มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ส่งผลให้อัตราการแผ่ขยายมีความแตกต่าง เมื่อใช้ปริมาณแป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลี ร้อยละ 20 และ 40 พบว่าความหนาและอัตราการแผ่ขยายไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีความแตกต่างจากขนมปังกรอบสูตรมาตรฐาน ส่วนการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องร้อยละ 60 พบว่าความหนา และอัตราการแผ่ขยายของขนมปังกรอบจะแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) จากขนมปังกรอบสูตรมาตรฐานและขนมปังกรอบที่ใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 20 และ 40

ผลจากการทดลองมีความแตกต่างจากงานวิจัยของ Hooda และ Jood (2005) ที่รายงานว่า บิสกิตที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งจากเมล็ด fenugreek ดิบ เมล็ด fenugreek ที่ผ่านการแช่ และเมล็ด fenugreek ที่ผ่านการเพาะ ทำให้บิสกิตมีความหนาเพิ่มขึ้น และอัตราการแผ่ขยายลดลง โดยอธิบายว่า บิสกิตที่ทดแทนด้วยแป้งจากเมล็ด fenugreek ซึ่งเป็นเมล็ดพืชที่มีโปรตีนสูงร้อยละ 20-25 จึงทำให้แป้งผสมนี้จะมีจำนวนของตำแหน่งที่ชอบน้ำเพิ่มขึ้นทำให้สามารถจับกับน้ำอิสระที่มีอยู่อย่างจำกัดในโด ซึ่งเกิดขึ้นในระหว่างการผสมโด และเป็นการเพิ่มความหนืดของโด ดังนั้นจึงเป็นการจำกัดการแผ่ขยาย ทำให้เกิดความหนาของบิสกิตในระหว่างการอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลองพบว่า ขนมปังกรอบที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวกล้องเพิ่มขึ้นจะมีลักษณะเนื้อแน่น ไม่ขึ้นฟู มีความหนาลดลง และมีผลทำให้อัตราการแผ่ขยายลดลง สามารถอธิบายได้ว่า ในแป้งข้าวกล้องมีคาร์โบไฮเดรตสูง และมีโปรตีนต่ำกว่าแป้งสาลี จึงทำให้ปริมาณกลูเตนต่ำ ความแข็งแรงของโดน้อยลง โดจึงเก็บกักก๊าซได้น้อยลงในขั้นตอนการหมักและการอบ เป็นผลให้ขนมปังกรอบมีลักษณะที่ขึ้นฟูน้อย เนื้อแน่น และกรอบแข็ง (จิตธนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล, 2541) ดังภาพที่ 4.3

แป้งข้าวกล้องร้อยละ 0 (สูตรมาตรฐาน)

แป้งข้าวกล้องร้อยละ 20

แป้งข้าวกล้องร้อยละ 40

แป้งข้าวกล้องร้อยละ 60

ภาพที่ 4.3 แสดงลักษณะ air cell ของขนมปังกรอบที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวกล้องในระดับต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1.3 ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความแข็ง

ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความแข็ง (กรัม) ของขนมปังกรอบที่มีปริมาณแป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีที่ระดับต่างๆ แสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ค่าแรงกด (กรัม) ของขนมปังกรอบที่มีปริมาณแป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีที่ร้อยละ 0 (สูตรมาตรฐาน) 20 40 และ 60 ของน้ำหนักแป้ง

ปริมาณข้าวกล้อง (ร้อยละของน้ำหนักแป้ง)	ค่าความแข็ง (กรัม)^{ns}
0 (สูตรมาตรฐาน)	5,367.83±357.62
20	5,814.87±650.33
40	5,537.65±1,044.39
60	5,671.42±527.02

หมายเหตุ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของขนมปังกรอบจากตารางที่ 4.7 พบว่า ขนมปังกรอบที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องที่ระดับต่างๆ ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความแข็ง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) พบว่าเมื่อใช้ปริมาณแป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีเพิ่มขึ้น ขนมปังกรอบจะมีความแข็งไม่แตกต่างกัน แต่มีความแข็งมากกว่าขนมปังกรอบที่ทำจากแป้งสาลีล้วนเล็กน้อย

การที่ขนมปังกรอบที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวกล้องเพิ่มขึ้น มีค่าความแข็งจากการวัดด้วยเครื่องมือไม่แตกต่างกัน ทั้งๆที่โครงสร้างภายในขนมปังกรอบเมื่อมีการทดแทนด้วยแป้งข้าวกล้องมากขึ้นจะมีปริมาณเซลอากาศ (air cell) น้อยลง มีความหนาแน่นของเนื้อและกรอบแข็งกว่า ทั้งนี้เนื่องจากตัวอย่างที่มีการทดแทนมากขึ้นจะมีความหนาของขนมปังกรอบลดลงนั่นเอง ส่งผลให้ค่าจากการวัดด้วยเครื่องมือมีค่าไม่แตกต่างกัน

4.2.2 การทดสอบด้านประสาทสัมผัส

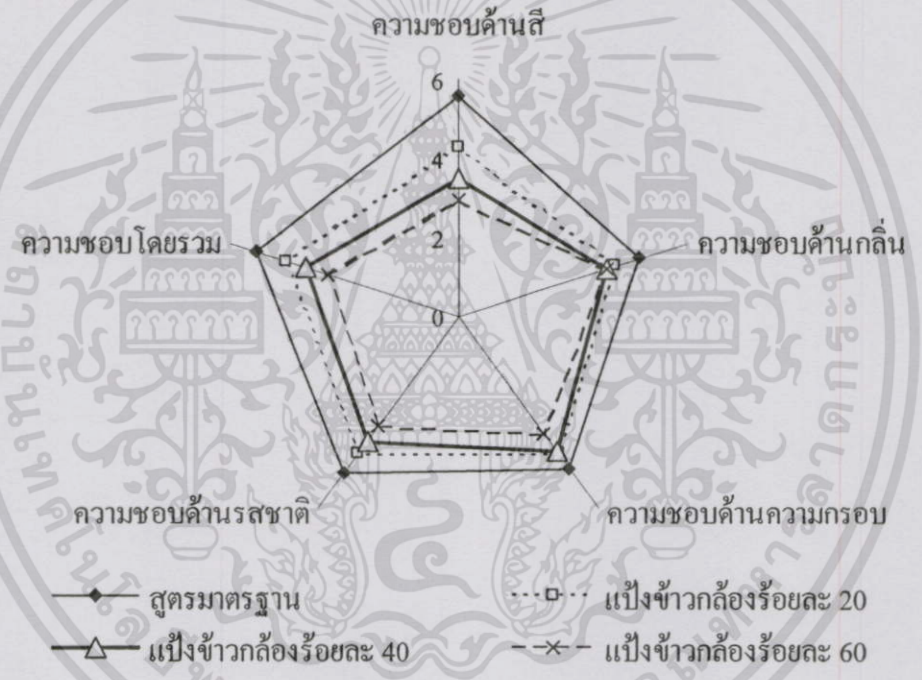
คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของขนมปังกรอบที่มีปริมาณแป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีที่ระดับต่างๆ แสดงในตารางที่ 4.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของขนมปังกรอบที่มีปริมาณแป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีที่ร้อยละ 0 (สูตรมาตรฐาน) 20 40 และ 60 ของน้ำหนักแป้ง

ปริมาณข้าวกล้อง (ร้อยละของน้ำหนักแป้ง)	ความชอบด้านสี	ความชอบด้านกลิ่น	ความชอบด้านความกรอบ	ความชอบด้านรสชาติ	ความชอบโดยรวม
0 (สูตรมาตรฐาน)	5.55±0.88^{a}	4.75±0.85^{a}	4.75±1.44^{a}	4.90±1.37^{a}	5.30±1.21^{a}
20	4.25±0.96^{b}	4.10±1.02^{b}	4.30±1.30^{a}	4.25±1.29^{b}	4.50±1.31^{b}
40	3.45±1.05^{c}	3.90±0.96^{bc}	4.20±0.83^{b}	3.90±1.11^{b}	4.00±0.85^{c}
60	2.95±1.05^{d}	3.90±1.04^{bc}	3.65±1.22^{c}	3.40±1.31^{c}	3.40±1.18^{d}

หมายเหตุ ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแนวตั้งต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)



ภาพที่ 4.4 กราฟใยแมงมุมของผลคะแนนความชอบเฉลี่ยของขนมปังกรอบที่ใช้แป้งข้าวกล้องที่ทดแทนด้วยข้าวกล้องระดับต่างๆ

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมปังกรอบที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องที่ระดับต่างๆ กันแสดงดังตารางที่ 4.8 และภาพที่ 4.4 พบว่าเมื่อใช้แป้งข้าวกล้องปริมาณมากขึ้น คะแนนความชอบด้านสี ความชอบด้านกลิ่น ความชอบด้านความกรอบ ความชอบด้านรสชาติ และความชอบรวม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยคะแนนความชอบด้านสีมีค่าต่ำลงเป็นเพราะเติมแป้งข้าวกล้องมากขึ้นสีจะเข้มขึ้นซึ่งสอดคล้องค่าสีที่วัดด้วยระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

L* a* b* ของขนมปังกรอบ คือเมื่อปริมาณแป้งข้าวกล้องเพิ่มขึ้นค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) มีค่าลดลงทำให้ขนมปังกรอบมีสีคล้ำขึ้น

คะแนนความชอบด้านกลิ่น และด้านรสชาติมีแนวโน้มต่ำลงตามปริมาณการเติมแป้งข้าวกล้องที่เพิ่มสูงขึ้นเช่นเดียวกับคะแนนด้านเนื้อสัมผัสมีแนวโน้มต่ำลงตามปริมาณการเติมแป้งข้าวกล้องที่เพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากขนมปังกรอบที่มีปริมาณแป้งข้าวกล้องเพิ่มขึ้นจะมีความหนาที่ลดลงในขณะที่ความกว้างไม่เปลี่ยนแปลงจึงทำให้เนื้อสัมผัสภายในขนมปังกรอบจะแน่นและแข็ง (ตารางที่ 4.6) จึงทำให้คะแนนความชอบโดยรวมของขนมปังกรอบมีแนวโน้มต่ำลงเมื่อปริมาณแป้งข้าวกล้องเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 20 เป็น 60 โดยที่ระดับทดแทนร้อยละ 60 มีคะแนนความชอบทุกด้านต่ำกว่าทุกตัวอย่าง

ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของมุทิตา ไทยวงศ์ (2548) ที่ใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีในแครกเกอร์ พบว่าเมื่อปริมาณแป้งกล้วยมากขึ้นจะทำให้การขึ้นฟูลดลงมีผลทำให้แครกเกอร์กรอบแข็ง และสุชาดา ไม้สนธิ์ (2546) ที่ใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ พบว่าเมื่อปริมาณแป้งกล้วยมากขึ้นจะทำให้ปริมาตรจำเพาะของขนมปัง เค้ก และคุกกี้ลดลงเนื่องจากการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยทำให้ปริมาณกลูเตนลดลงเป็นผลให้คุณสมบัติในการยืดหยุ่นและมีกำลังในการอุ้มก๊าซในขั้นตอนการหมักและการอบได้น้อยลงทำให้ปริมาตรจำเพาะของขนมปัง เค้ก และคุกกี้ลดลง

ในขณะที่ตัวอย่างขนมปังกรอบที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวกล้องที่ร้อยละ 20 มีคะแนนความชอบอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อย และมีคะแนนที่ใกล้เคียงกับสูตรมาตรฐานที่สุด ดังนั้นจึงเลือกสูตรใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีที่ระดับร้อยละ 20 นำไปปรับปรุงคุณภาพ โดยปัญหาของขนมปังกรอบแป้งข้าวกล้อง คือ มีเนื้อแน่น และเนื้อสัมผัสแข็ง จึงนำไปปรับปรุงโดยการเติมนมผงขาดมันเนย และเลซิตินเพื่อปรับปรุงให้ขนมปังกรอบสูตรที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวกล้องร้อยละ 20 มีคะแนนการยอมรับสูงขึ้น

เมื่อนำขนมปังกรอบที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวกล้องร้อยละ20 มาคำนวณคุณค่าทางอาหารต่อหนึ่งหน่วยบริโภค 30 กรัม (1 ชิ้น 6 กรัม) พบว่า มีพลังงาน 67.50 กิโลแคลอรี่ โปรตีนร้อยละ 1.44 กรัม ไขมันร้อยละ 0.40 กรัม คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 14.53 กรัม ใยอาหาร 0.78 กรัม วิตามินบี 1 (B1 Thaiamine) 0.10 มิลลิกรัม วิตามินบี 2 (B2 Riboflavin) 0.01 มิลลิกรัม ไนอะซิน 0.51 มิลลิกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ศึกษาปัจจัยการเติมนมผงขาดมันเนยและเลซิตินในการผลิตขนมปังกรอบ

นำสูตรขนมปังกรอบที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องร้อยละ 20 ที่คัดเลือกไว้มาเป็นสูตรควบคุม และนำมาเติมนมผงขาดมันเนย 2 ระดับที่ร้อยละ 8 และ 12 ของน้ำหนักแป้งทั้งหมด ร่วมกับการเติมเลซิติน 2 ระดับที่ร้อยละ 0.5 และ 1.0 ของน้ำหนักแป้งทั้งหมด ตามลำดับ พบว่า

4.3.1 การวิเคราะห์ทางกายภาพ

4.3.1.1 สี

ค่าสีของขนมปังกรอบเมื่อเติมนมผงขาดมันเนย และเลซิตินในปริมาณที่แตกต่างกัน แสดงในตารางที่ 4.9 และ 4.10 และภาพที่ 4.5

SOV	p-value		
	L*	a*	b*
ปริมาณนมผงขาดมันเนย	0.264 ^{ns}	0.001 *	0.535 ^{ns}
ปริมาณเลซิติน	0.000*	0.053 ^{ns}	0.000*
ปริมาณนมผงขาดมันเนย x ปริมาณเลซิติน	0.938 ^{ns}	0.855 ^{ns}	0.003*

ตารางที่ 4.9 ค่า p-value จากการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณนมผงขาดมันเนย และปริมาณเลซิตินรวมทั้งอิทธิพลร่วมของปริมาณนมผงขาดมันเนย และปริมาณเลซิตินต่อค่าความสว่าง L* ค่าสีเหลือง a* และค่าสีแดง b* ของขนมปังกรอบที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวกล้องร้อยละ 20 เมื่อแปรค่าของปริมาณนมผงขาดมันเนย และปริมาณเลซิตินที่ระดับต่างๆ

หมายเหตุ ns หมายถึง ข้อมูลไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

* หมายถึง ข้อมูลมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

จากตารางที่ 4.9 พบว่าปริมาณนมผงขาดมันเนย มีผลต่อค่าสีแดง (a*) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ต่อค่าความสว่าง (L*) และค่าสีเหลือง (b*) ปริมาณเลซิตินมีผลต่อค่าความสว่าง (L*) และค่าสีเหลือง (b*) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ต่อค่าสีแดง (a*) ส่วนอิทธิพลร่วมของปริมาณนมผงขาดมันเนย และปริมาณเลซิตินมีผลต่อค่าสีเหลือง (b*) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ต่อค่าความสว่าง (L*) และค่าสีแดง (a*)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 ผลของอิทธิพลร่วมของปริมาณนมผงขาดมันเนย และปริมาณเลซิตินที่ระดับต่างๆ ต่อค่า ค่าความสว่าง L* ค่าสีเหลือง a* ค่าสีแดง b* และค่าสีหลัก (hue angle) ของขนมปังกรอบสูตรทดแทนด้วยแป้งข้าวกล้องร้อยละ 20

ปริมาณนมผงขาดมันเนย (ร้อยละของน้ำหนักแป้ง)	ปริมาณเลซิติน (ร้อยละของน้ำหนักแป้ง)	L*	a*	b*	hue angle
0 (สูตรควบคุม)	0	71.20±1.45^{a}	4.81±0.82^{d}	22.57±1.81^{d}	78.04±1.10^{a}
8	0.5	67.97±1.74^{b}	7.29±0.88^{ab}	28.82±1.60^{c}	75.84±1.10^{c}
8	1.0	66.15±1.51^{c}	7.72±1.16^{a}	31.81±1.66^{a}	76.42±1.47^{c}
12	0.5	68.33±2.07^{b}	6.67±1.15^{c}	29.65±1.45^{bc}	77.38±1.70^{ab}
12	1.0	66.47±1.54^{c}	7.02±1.42^{bc}	30.58±2.63^{b}	77.17±1.47^{b}

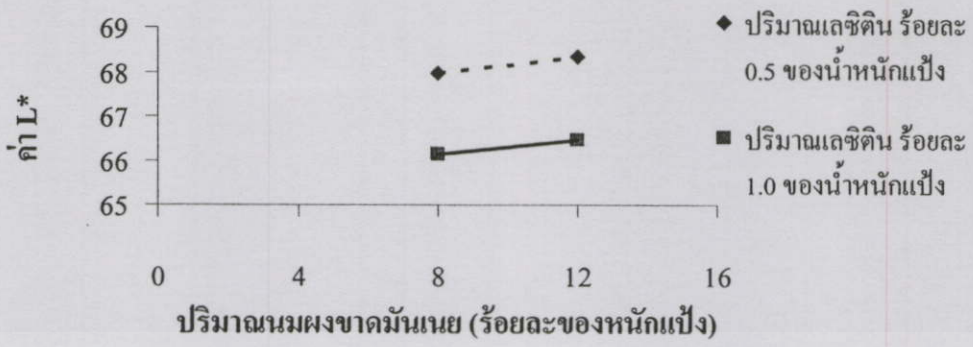
หมายเหตุ ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแนวตั้งต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

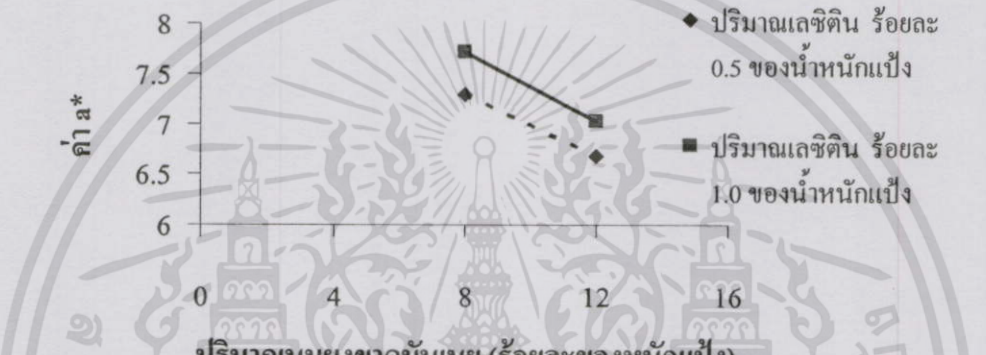
จากตารางที่ 4.10 สามารถนำมา plot กราฟได้ดังภาพที่ 4.5 พบว่าการเพิ่มปริมาณนมผงขาดมันเนยทำให้ค่าความสว่าง (L*) เพิ่มขึ้น ค่าสีแดง (a*) ลดลง การเพิ่มปริมาณเลซิตินทำให้ค่าความสว่าง (L*) ลดลง ค่าสีแดง (a*) เพิ่มขึ้น ในขณะที่อิทธิพลร่วมของทั้งสองปัจจัยไม่มีผลต่อค่าความสว่าง (L*) และความเป็นสีแดง (a*) ของขนมปังกรอบ

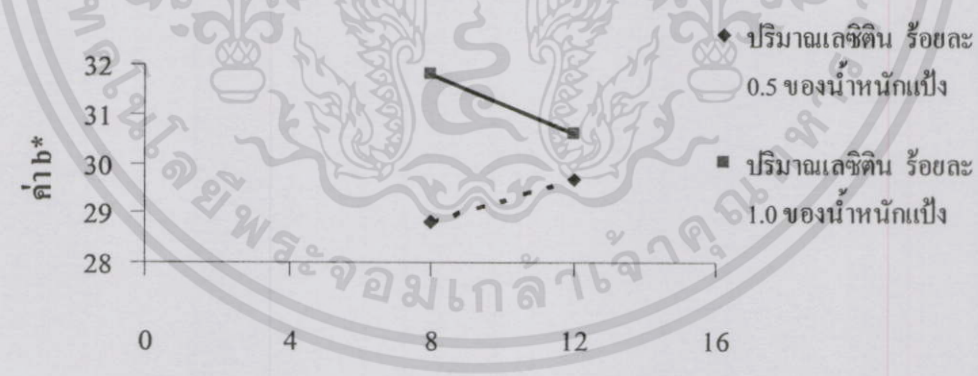
จากกราฟค่าสีเหลือง (b*) ในภาพที่ 4.5 พบอิทธิพลร่วมของปริมาณนมผงขาดมันเนยและเลซิติน โดยการเพิ่มปริมาณนมผงขาดมันเนยจากร้อยละ 8 เป็นร้อยละ 12 ในตัวอย่างขนมปังกรอบที่ใช้เลซิตินร้อยละ 0.5 ทำให้ค่าสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้น ในขณะที่การเพิ่มปริมาณนมผงขาดมันเนยในตัวอย่างขนมปังกรอบที่ใช้เลซิตินเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 1.0 ทำให้ค่าสีเหลือง (b*) ลดลง

สำหรับค่าสีหลัก (hue angle) เป็นค่าที่แสดงว่าสีอยู่ในตำแหน่งใดในกราฟ มีหน่วยเป็นองศา (ซึ่งได้จากสูตรการคำนวณ $\tan^{-1}$ (b*/a*) โดยค่าที่ได้เท่ากับ 0 แสดงว่าเป็นสีแดง 90° แสดงว่าเป็นสีเหลือง 180 ° แสดงว่าเป็นสีเขียว และ 270 ° แสดงว่าเป็นสีน้ำเงิน) ค่าสีหลักของขนมปังกรอบสูตรควบคุมและสูตรที่เติมนมผงขาดมันเนยและเลซิติน มีค่าอยู่ในตำแหน่งระหว่างสีเหลืองและสีแดงโดยสูตรที่มีการเติมเมื่อปริมาณนมผงขาดมันเนยและเลซิตินจะมีสีเหลืองอย่างน้อยกว่าสูตรควบคุม หรืออีกนัยหนึ่ง คือ มีความเป็นสีแดงมากกว่าสูตรควบคุม ดังแสดงในภาพที่ 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

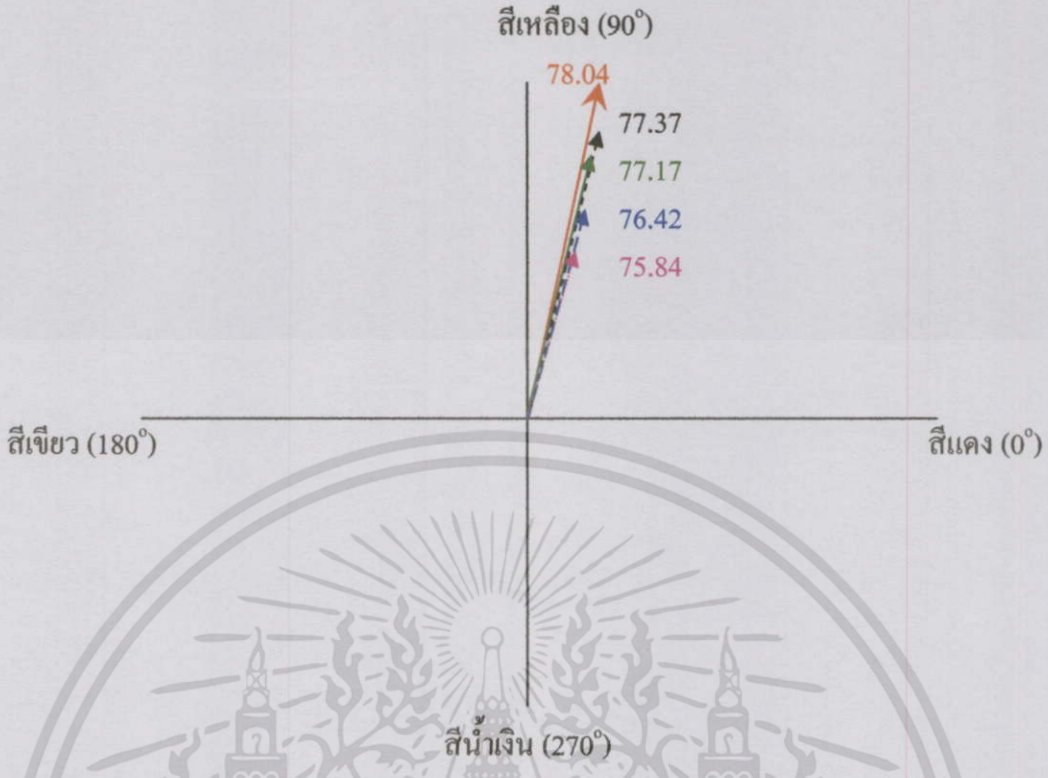






ภาพที่ 4.5 อิทธิพลร่วมของปริมาณนมผงขาดมันเนย และปริมาณเลซิตินต่อค่าความสว่าง (L*) สีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.6 ตำแหน่งค่าสีหลักของขนมปังกรอบที่เติมนมผงขาดมันเนย และเลซิตินที่ระดับต่างๆ

→ แสดงค่าสีหลักของขนมปังกรอบสูตรควบคุม

→ แสดงค่าสีหลักของขนมปังกรอบที่เติมนมผงขาดมันเนยร้อยละ 8 และเลซิตินร้อยละ 0.5

--→ แสดงค่าสีหลักของขนมปังกรอบที่เติมนมผงขาดมันเนยร้อยละ 8 และเลซิตินร้อยละ 1.0

-----→ แสดงค่าสีหลักของขนมปังกรอบที่เติมนมผงขาดมันเนยร้อยละ 12 และเลซิตินร้อยละ 0.5

→ แสดงค่าสีหลักของขนมปังกรอบที่เติมนมผงขาดมันเนยร้อยละ 12 และเลซิตินร้อยละ 1.0

การใช้นมผงขาดมันเนย และเลซิตินในสูตรขนมปังกรอบจะมีผลทำให้ ที่ผิวนอกขนมปังกรอบจะมีสีเข้มขึ้น โดยนมผงขาดมันเนยเพิ่มช่วยทำให้เกิดสีน้ำตาลทองแก่ผลิตภัณฑ์ เนื่องจากมีน้ำตาลแลกโตสและเคซีน (จิตธนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล, 2546) ซึ่งเป็นการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (browning reaction) ที่ไม่อาศัยเอนไซม์แบบเมลลาร์ด (Mailllard reaction) โดยการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลเป็นผลมาจากหมู่คาร์บอนิลจากโมเลกุลของน้ำตาลรีดิวซิงกับหมู่เอมีนที่อยู่ในโมเลกุลของกรดอะมิโนหรือโปรตีน (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2545) ที่อยู่ในสภาวะที่มีอุณหภูมิสูงและระยะเวลานานในระหว่างการอบ ทำให้เกิดเป็นสารประกอบสีน้ำตาลขึ้นในผลิตภัณฑ์ พร้อมทั้งเกิดสารให้กลิ่นรส ส่วนเลซิตินมีสีน้ำตาลเข้มเมื่อใช้ปริมาณเพิ่มขึ้นจะทำให้ขนมปังกรอบมีสีคล้ำขึ้น

4.3.1.2 ความกว้าง ความหนา และอัตราการแผ่ขยาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.1.2 ความกว้าง ความหนา และอัตราการแผ่ขยาย

ความกว้าง ความหนา และอัตราการแผ่ขยายของขนมปังกรอบเมื่อปรับปริมาณนมผงขาดมันเนย และปริมาณเลซิตินในปริมาณที่แตกต่างกัน แสดงในตารางที่ 4.11 และ 4.12 และภาพที่ 4.7

ตารางที่ 4.11 ค่า p-value จากการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณนมผงขาดมันเนย และปริมาณเลซิตินรวมทั้งอิทธิพลร่วมของปริมาณนมผงขาดมันเนย และปริมาณเลซิตินต่อค่าความกว้าง ความหนา และอัตราการแผ่ขยายของขนมปังกรอบที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวกล้องร้อยละ 20 เมื่อแปรค่าของปริมาณนมผงขาดมันเนย และปริมาณเลซิตินที่ระดับต่างๆ

SOV	p-value		
	ความกว้าง (ซม.)^{ns}	ความหนา(ซม.)	อัตราการแผ่ขยาย
ปริมาณนมผงขาดมันเนย	0.531	0.000*	0.006*
ปริมาณเลซิติน	0.442	0.000*	0.000*
ปริมาณนมผงขาดมันเนย x ปริมาณเลซิติน	0.827	0.000*	0.015*

หมายเหตุ ns หมายถึง ข้อมูลไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

* หมายถึง ข้อมูลมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

จากตารางที่ 4.11 พบว่าปริมาณนมผงขาดมันเนย และปริมาณเลซิตินรวมทั้งอิทธิพลร่วมของทั้งสองปัจจัยมีผลต่อความหนาและอัตราการแผ่ขยาย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ต่อความกว้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

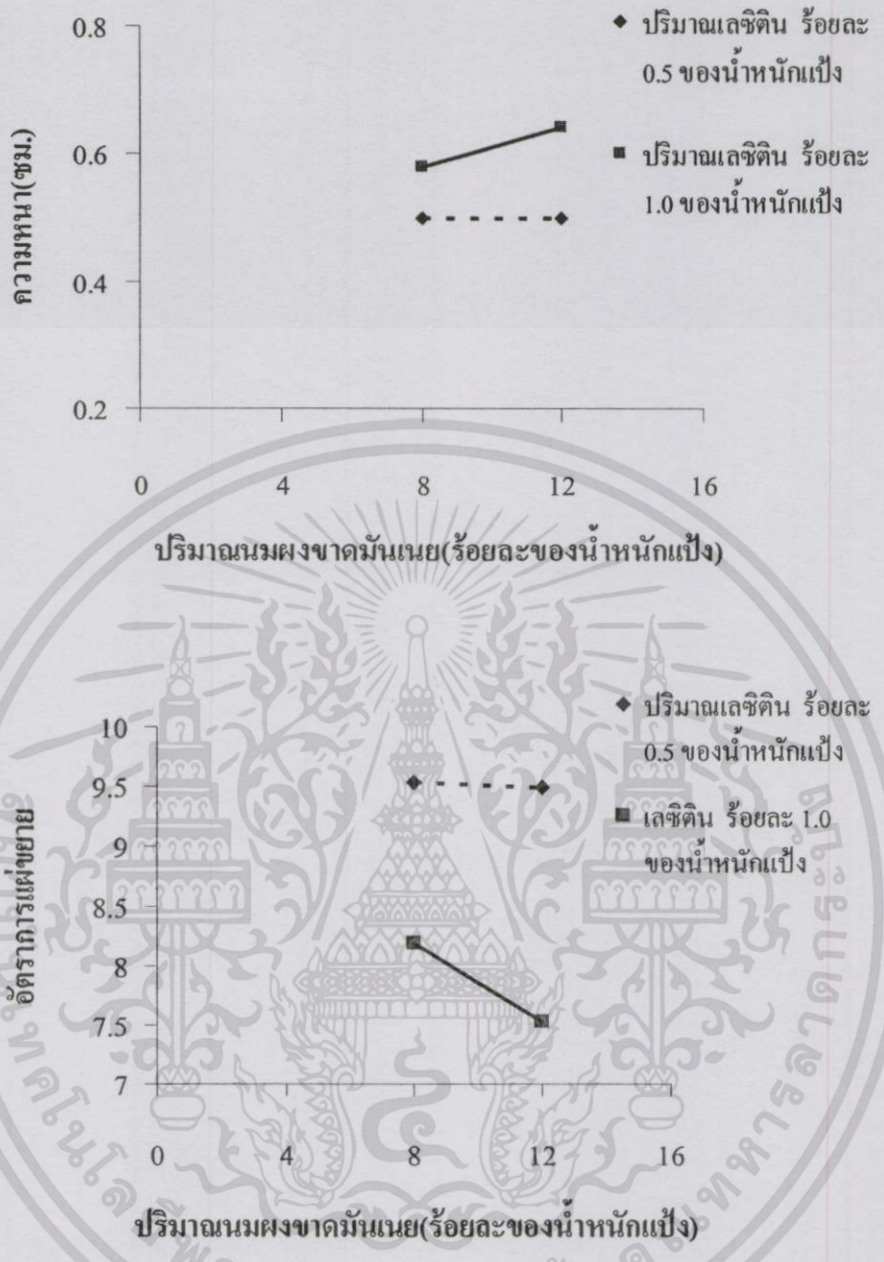
ตารางที่ 4.12 ผลของอิทธิพลร่วมของปริมาณนมผงขาดมันเนย และปริมาณเลซิตินที่ระดับต่างๆ ต่อค่าความกว้าง ความหนา และอัตราการแผ่ขยายของขนมปังกรอบสูตรทดแทนด้วยแป้งข้าวกล้องร้อยละ 20

ปริมาณนมผงขาดมันเนย (ร้อยละของน้ำหนักแป้ง)	ปริมาณเลซิติน (ร้อยละของน้ำหนักแป้ง)	ความกว้าง (ซม.)^{ns}	ความหนา (ซม.)	อัตราการแผ่ขยาย
0 (สูตรควบคุม)	0	4.81±0.09	0.46±0.03^{d}	10.31±0.80^{a}
8	0.5	4.78±0.20	0.50±0.02^{c}	9.53±0.49^{b}
8	1.0	4.79±0.14	0.58±0.02^{b}	8.19±0.41^{c}
12	0.5	4.79±0.10	0.50±0.02^{c}	9.49±0.53^{b}
12	1.0	4.82±0.12	0.64±0.03^{a}	7.53±0.43^{d}

หมายเหตุ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)
ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแนวตั้งต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

จากตารางที่ 4.12 พบว่าอิทธิพลร่วมของปริมาณนมผงขาดมันเนย และปริมาณเลซิตินต่อความหนา และอัตราการแผ่ขยายแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) จากตารางสามารถนำมา plot กราฟได้ดังภาพที่ 4.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.7 อิทธิพลร่วมของปริมาณนมผงขาดมันเนย และปริมาณเลซิตินต่อความหนา และอัตราการแผ่ขยาย

ในการวิเคราะห์ความกว้าง ความหนา และอัตราการแผ่ขยายของขนมปังกรอบที่มีการปรับปริมาณนมผงขาดมันเนยที่ร้อยละ 8 12 ของน้ำหนักแป้ง ร่วมกับปริมาณเลซิตินที่ร้อยละ 0.5 1.0 ของน้ำหนัก พบว่าความกว้างอยู่ในช่วง 4.78-4.82 ซม. ความหนาอยู่ในช่วง 0.50-0.64 ซม. และอัตราการแผ่ขยายอยู่ในช่วง 7.53-9.53 (ตารางที่ 4.12)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้ปริมาณนมผงขาดมันเนยเพิ่มจากร้อยละ 8 เป็น12 ขณะที่ปริมาณเลซิตินร้อยละ 0.5 ไม่ทำให้ความหนามีการเปลี่ยนแปลง แต่เมื่อเพิ่มปริมาณเลซิตินเป็นร้อยละ 1.0 และเพิ่มปริมาณนมผงขาดมันเนยจากร้อยละ 8 เป็น 12 ทำให้ความหนาของขนมปังกรอบเพิ่มขึ้น เป็นผลทำให้อัตราการแผ่ขยายลดลง

ทั้งนี้เนื่องจากการเติมเลซิตินเป็นอิมัลซิฟายด์เออจะช่วยปรับปรุงโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ให้ฟูและพองตัวได้ดีขึ้น โดยช่วยให้ไขมันกระจายและช่วยในการรวมตัวระหว่างของเหลวและไขมันดีขึ้น จึงทำให้โดมีลักษณะดีขึ้น เนื่องจากไขมันช่วยหล่อลื่นกลูเตนให้ยืดหดได้ทำให้โครงสร้างไม่จับตัวกันแน่น เกิดการขยายตัวที่ดีของผนังเซลล์ เมื่อโดได้รับความร้อนไขมันจะเป็นตัวกลางส่งผ่านความร้อนอย่างทั่วถึงระหว่างการอบและทำให้เกิดการสูญเสียน้ำ (เนื้อทอง วนานุวัธ, 2546) ลักษณะเนื้อสัมผัสจึงมีความกรอบ โดยทั่วไปปริมาณการใช้อยู่ระหว่างร้อยละ 0.25-3.0 ขึ้นอยู่กับปริมาณชอทเทนนิ่งในผลิตภัณฑ์ ส่วนนมผงช่วยให้แป้งเกิดเป็นโครงสร้างของผลิตภัณฑ์เมื่อรวมกับน้ำ และช่วยดูดซึมน้ำดีขึ้น (จิตธนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล, 2546)

4.3.1.3 ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความแข็ง

ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความแข็ง (กรัม) ของขนมปังกรอบเมื่อปรับปริมาณนมผงขาดมันเนย และปริมาณเลซิตินในปริมาณที่แตกต่างกัน แสดงในตารางที่ 4.13 และ 4.14 และภาพที่ 4.8

ตารางที่ 4.13 ค่า p-value จากการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณนมผงขาดมันเนย และปริมาณเลซิตินรวมทั้งอิทธิพลร่วมของปริมาณนมผงขาดมันเนย และปริมาณเลซิตินต่อค่าความแข็ง (กรัม) ของขนมปังกรอบที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวกล้องร้อยละ 20 เมื่อแปรค่าของปริมาณนมผงขาดมันเนย และปริมาณเลซิตินที่ระดับต่างๆ

SOV	p-value
	ค่าความแข็ง (กรัม)
ปริมาณนมผงขาดมันเนย	0.279 ^{ns}
ปริมาณเลซิติน	0.365 ^{ns}
ปริมาณนมผงขาดมันเนย x ปริมาณเลซิติน	0.001*

หมายเหตุ ns หมายถึง ข้อมูลไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

* หมายถึง ข้อมูลมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

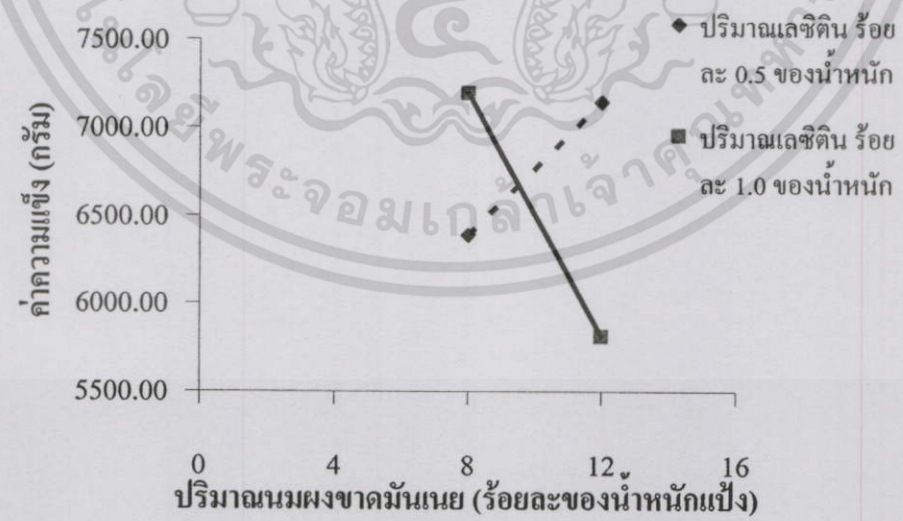
จากตารางที่ 4.13 พบว่าปริมาณนมผงขาดมันเนย และปริมาณเลซิตินไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ต่อค่าแรงกด ส่วนอิทธิพลร่วมของปริมาณนมผงขาดมันเนย และปริมาณเลซิตินมีผลต่อค่าความแข็ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

ตารางที่ 4.14 ผลของอิทธิพลของปริมาณนมผงขาดมันเนย และปริมาณเลซิตินที่ระดับต่างๆ ต่อ ค่าความแข็ง (กรัม) ของขนมปังกรอบสูตรทดแทนด้วยแป้งข้าวกล้องร้อยละ 20

ปริมาณนมผงขาดมันเนย (ร้อยละของน้ำหนักแป้ง)	ปริมาณเลซิติน (ร้อยละของน้ำหนักแป้ง)	ค่าความแข็ง (กรัม)
0 (สูตรควบคุม)	0	5,676.74±304.54^{b}
8	0.5	6,386.69±642.38^{ab}
8	1.0	7,195.17±947.58^{a}
12	0.5	7,142.52±928.85^{a}
12	1.0	5,808.48±770.82^{b}

หมายเหตุ ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแนวตั้งต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

จากตารางที่ 4.14 พบว่าอิทธิพลร่วมของปริมาณนมผงขาดมันเนย และปริมาณเลซิตินต่อค่าความแข็ง (กรัม) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) จากตารางสามารถนำมา plot กราฟได้ดังภาพที่ 4.8



ภาพที่ 4.8 อิทธิพลร่วมของปริมาณนมผงขาดมันเนย และปริมาณเลซิตินต่อความแข็ง (กรัม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการวิเคราะห์ค่าความแข็งของขนมปังกรอบที่มีการปรับปริมาณนมผงขาดมันเนยที่ร้อยละ 8 12 ของน้ำหนักแป้ง ร่วมกับปริมาณเลซิตินที่ร้อยละ 0.5 1.0 ของน้ำหนัก พบว่าความความแข็งอยู่ในช่วง 5,808.48 - 7,195.17 กรัม (ตารางที่ 4.14)

จากกราฟค่าความแข็งในภาพที่ 4.8 พบอิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณนมผงขาดมันเนยกับเลซิติน โดยการเพิ่มปริมาณนมผงขาดมันเนยจากร้อยละ 8 เป็น 12 ในตัวอย่างขนมปังกรอบที่ใช้เลซิตินร้อยละ 0.5 ทำให้ความแข็งเพิ่มขึ้น ในขณะที่การเพิ่มปริมาณนมผงขาดมันเนยในตัวอย่างขนมปังกรอบที่ใช้เลซิตินร้อยละ 1.0 ทำให้ค่าความแข็งลดลง

การใช้นมผงขาดมันเนยร้อยละ 12 ร่วมกับเลซิตินร้อยละ 1.0 จะให้ขนมปังกรอบที่มีค่าความแข็ง 5,808.48 กรัมใกล้เคียงกับค่าความแข็งของสูตรควบคุม 5,776.74 กรัม (ตารางที่ 14.4) เนื่องจากการพองตัวทำให้ขนมปังกรอบมีฟองอากาศมากขึ้นจึงเปราะและหักได้ง่าย

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพพบว่า การใช้นมผงขาดมันเนยและเลซิตินมีผลต่อค่าสี L* a* b* ความหนา อัตราการแผ่ขยาย และความแข็ง ของขนมปังกรอบแป้งข้าวกล้องอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีผลต่อความกว้าง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

เมื่อนำข้อมูลคุณภาพที่มีความแตกต่างกันในแต่ละสิ่งทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) มาหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม (ปริมาณนมผงขาดมันเนยและปริมาณเลซิติน) กับตัวแปรอิสระ (คุณลักษณะทางกายภาพของขนมปังกรอบ) โดยหาสมการถดถอยและค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างการเติมนมผงมันเนยและเลซิตินที่มีผลต่อคุณภาพทางกายภาพที่กล่าวมาแล้ว แสดงดังในตารางที่ 4.15 ซึ่งเมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณนมผงขาดมันเนย กับปริมาณเลซิติน กับความหนามีค่ามากที่สุดเท่ากับ 0.83 ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจบอกถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระ ถ้าค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจมีค่าเข้าใกล้ 1 หมายถึง ตัวแปรตามมีความสัมพันธ์กับตัวแปรอิสระมาก ถ้าค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจมีค่าเข้าใกล้ศูนย์ หมายถึงตัวแปรตามมีความสัมพันธ์กับตัวแปรอิสระน้อย

รองลงมาคือค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจของสมการของค่าอัตราการแผ่ขยาย b* L* a* และความแข็ง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.77 0.75 0.54 0.46 และ0.34 ตามลำดับ ในการทดสอบนัยสำคัญของตัวแปรอิสระ หากตัวแปรอิสระใดที่แสดงค่า p-value มากกว่า 0.05 แสดงถึงความไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ สามารถตัดพจน์ของตัวแปรนั้นออกจากสมการถดถอยได้

ตัวอย่างเช่น สมการถดถอยของความหนา (y) = $0.47-0.00776X_1+0.0134\ X_2+0.0208\ X_1\ X_2$ โดยพจน์ของ X_2 มีค่า p-value เท่ากับ 0.548 ซึ่งมากกว่า 0.05 จึงสามารถตัดพจน์ของ X_2 ออกจากสมการได้ จะได้สมการใหม่ดังนี้ สมการถดถอยของความหนา (y) = $0.47-0.00776X_1+0.0208\ X_1\ X_2$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.15 สมการถดถอยและค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ของความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณนมผงขาดมันเนย และเลซิตินกับคุณลักษณะทางกายภาพของขนมปังกรอบ

Y	สมการถดถอย	p-value	R^2
L*	$71.2-0.11X_1-6.09\ X_2+0.232\ X_1\ X_2$	0.00*	0.54
	X_1(milk)	0.051^{ns}	
	X_2 (lecithin)	0.00*	
	X_1X_2(milk* lecithin)	0.05*	
a*	$4.86+0.161X_1+4.88\ X_2-0.394\ X_1\ X_2$	0.00*	0.46
	X_1(milk)	0.00*	
	X_2 (lecithin)	0.00*	
	X_1X_2(milk* lecithin)	0.00*	
b*	$22.5+0.483X_1+11.30\ X_2-0.749\ X_1\ X_2$	0.00*	0.75
	X_1(milk)	0.00*	
	X_2 (lecithin)	0.00*	
	X_1X_2(milk* lecithin)	0.00*	
ความหนา (ซม.)	$0.47-0.00776X_1+0.0134\ X_2+0.0208\ X_1\ X_2$	0.00*	0.83
	X_1(milk)	0.00*	
	X_2 (lecithin)	0.548^{ns}	
	X_1X_2(milk* lecithin)	0.00*	
อัตราการแผ่ขยาย	$10.30+0.0878X_1-0.909X_2-0.241\ X_1\ X_2$	0.00*	0.77
	X_1(milk)	0.00*	
	X_2 (lecithin)	0.035*	
	X_1X_2(milk* lecithin)	0.00*	
ความแข็ง (กรัม)	$5587+166X_1+3220\ X_2-401\ X_1\ X_2$	0.005*	0.34
	X_1(milk)	0.006*	
	X_2 (lecithin)	0.005*	
	X_1X_2(milk* lecithin)	0.002*	

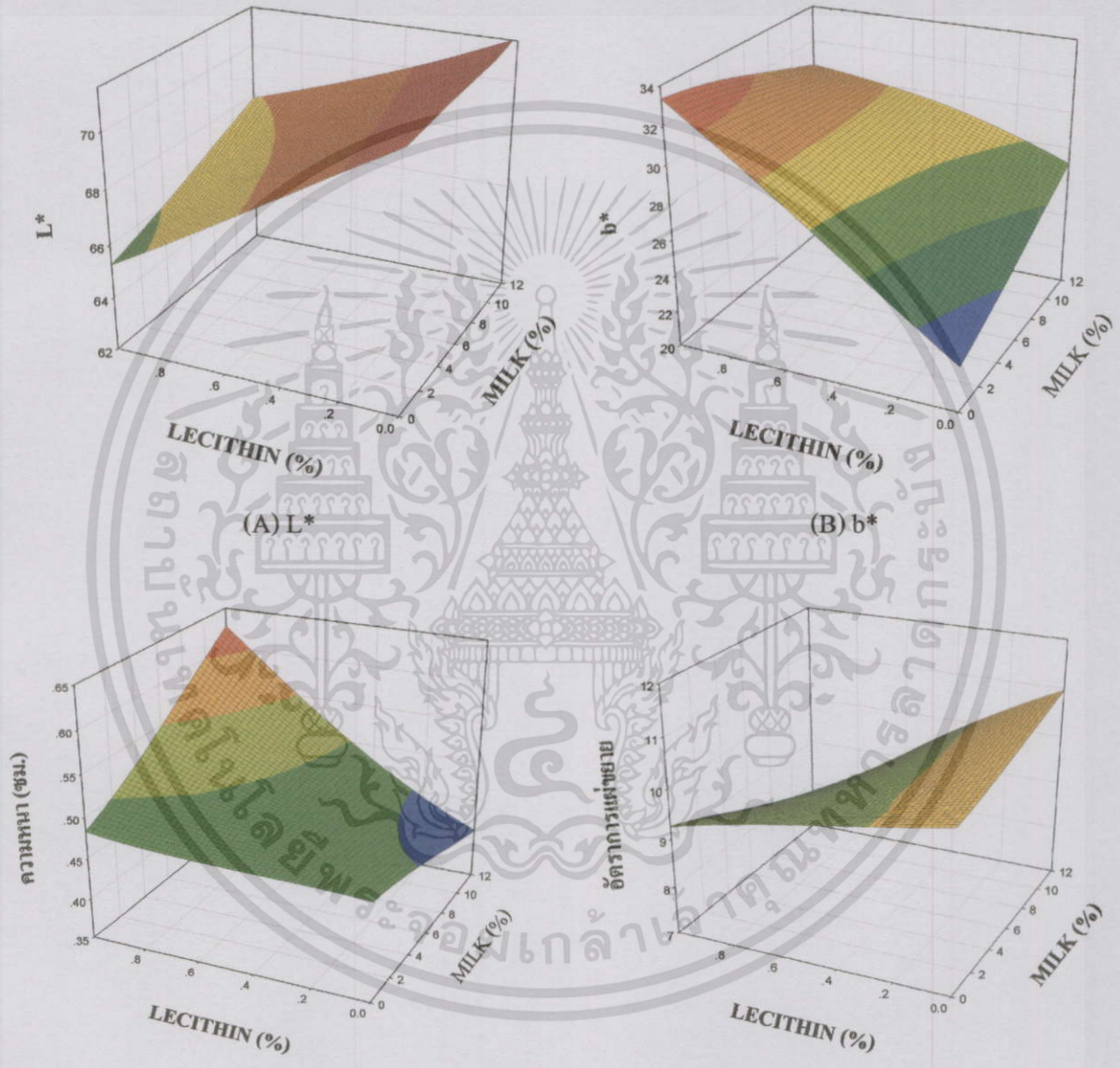
หมายเหตุ Y = คุณลักษณะทางกายภาพของขนมปังกรอบ

ns หมายถึง ไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* หมายถึง มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.01$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อวิเคราะห์พื้นผิวตอบสนอง (response surface method) และ contour plot โดยใช้สมการถดถอยที่มีสัดส่วนความแปรปรวน (R^2) 0.5 ขึ้นไป เพื่อศึกษาอิทธิพลของระดับปริมาณนมผงขาดมันเนย และปริมาณเลซิตินที่มีผลต่อคุณลักษณะทางกายภาพของขนมปังกรอบ ดังแสดงในภาพที่ 4.9 และ 4.10

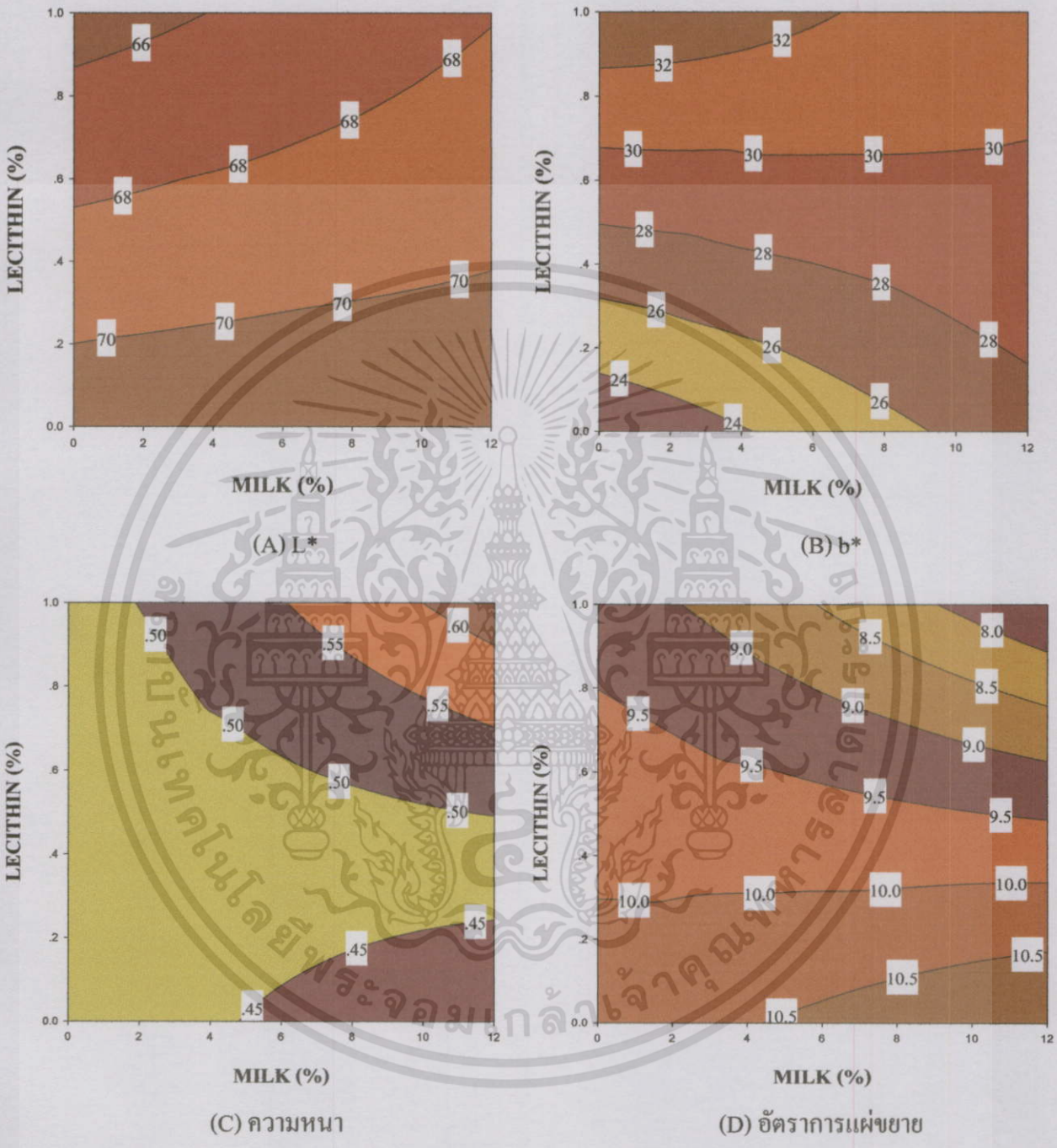


(A) L* (B) b*

(C) ความหนา (D) อัตราการแผ่ขยาย

ภาพที่ 4.9 แสดง response surface ของระดับปริมาณนมผงขาดมันเนย ปริมาณเลซิตินที่มีผลต่อค่า L* (A) ค่า b* (B) ความหนา (C) และอัตราการแผ่ขยาย (D) ของขนมปังกรอบข้าวกล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.10 แสดง contour plot ของระดับปริมาณนมผงขาดมันเนย ปริมาณเลซิตินที่มีผลต่อค่า L* (A) ค่า b* (B) ความหนา (C) และอัตราการแผ่ขยาย (D) ของขนมปังกรอบข้าวกล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพที่ 4.9 และ 4.10 อิทธิพลร่วมของปริมาณนมผงขาดมันเนย และปริมาณเลซิตินมีผลต่อค่าความสว่าง (L*) ค่าสีเหลือง (b*) ความหนา และอัตราการแผ่ขยายของขนมปังกรอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยขนมปังกรอบที่มีปริมาณนมผงขาดมันเนยเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าสีแดง (a*) และอัตราการแผ่ขยายมีแนวโน้มลดลง ส่วนความหนามีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ขณะที่ขนมปังกรอบที่มีปริมาณเลซิตินเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าสีเหลือง (b*) และความหนามีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่วนค่าความสว่าง (L*) และอัตราการแผ่ขยายมีแนวโน้มลดลง

4.3.2 การทดสอบด้านประสาทสัมผัส

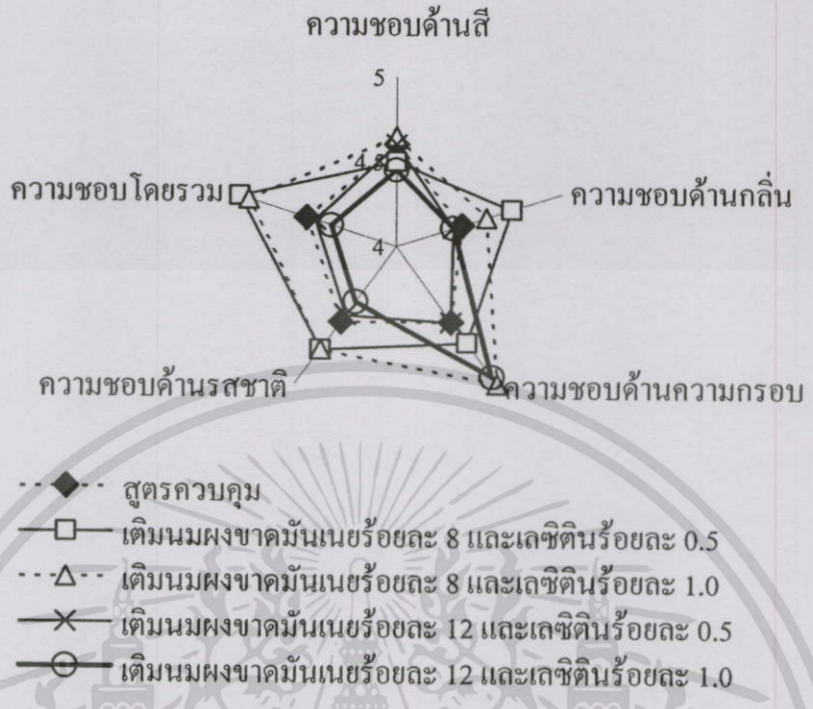
คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของขนมปังกรอบเมื่อปรับปริมาณนมผงขาดมันเนย และปริมาณเลซิตินในปริมาณที่แตกต่างกัน แสดงในตารางที่ 4.16 และภาพที่ 4.11

ตารางที่ 4.16 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของขนมปังกรอบสูตรควบคุมกับสูตรทดแทนด้วยแป้งข้าวกล้องร้อยละ 20 และเติมนมผงขาดมันเนยร่วมกับการเติมเลซิตินที่ระดับต่างๆ

ปริมาณนมผงขาดมันเนย (ร้อยละของน้ำหนักแป้ง)	ปริมาณเลซิติน (ร้อยละของน้ำหนักแป้ง)	ความชอบด้านสี^{ns}	ความชอบด้านกลิ่น^{ns}	ความชอบด้านความกรอบ^{ns}	ความชอบด้านรสชาติ^{ns}	ความชอบโดยรวม
0 (สูตรควบคุม)	0	4.60±0.75	4.40±0.68	4.55±0.82	4.55±0.88	4.55±0.75^{ab}
8	0.5	4.50±0.82	4.70±0.92	4.70±0.86	4.75±0.96	4.95±1.14^{a}
8	1.0	4.65±0.81	4.55±1.19	5.00±1.02	4.75±1.16	4.90±1.02^{a}
12	0.5	4.60±0.94	4.35±0.98	4.55±0.94	4.50±1.05	4.50±1.00^{ab}
12	1.0	4.45±0.75	4.35±0.93	4.95±0.99	4.40±1.04	4.40±0.82^{b}

หมายเหตุ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)
ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแนวตั้งต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.11 กราฟใยแมงมุมของผลคะแนนความชอบเฉลี่ยของขนมปังกรอบเมื่อเติมนมผงขาดมันเนยและเลซิตินที่ระดับต่างๆ

ในการวิเคราะห์คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของขนมปังกรอบที่ใช้ปริมาณนมผงขาดมันเนยเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 8 เป็น 12 ของน้ำหนักแป้ง และปริมาณเลซิตินที่ร้อยละ 0.5 เป็น 1.0 ของน้ำหนักแป้งนั้นพบว่า

เมื่อปริมาณเลซิตินและนมผงขาดมันเนยเพิ่มขึ้น จากการทดสอบทางสถิติขนมปังกรอบมีคะแนนความชอบด้านสี กลิ่น ความกรอบ และรสชาติ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยคะแนนความชอบโดยรวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

จากการพิจารณาความชอบด้านสี กลิ่น และรสชาติ อาจกล่าวได้ว่าการเติมนมผงขาดมันเนยร้อยละ 8 และ12 กับเลซิตินร้อยละ 0.5 และ 1.0 ไม่ช่วยปรับปรุงคุณลักษณะทั้ง 3 ด้านดังกล่าวได้

อย่างไรก็ตามจากการพิจารณาคุณลักษณะความชอบด้านความกรอบ ซึ่งมีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับการพองตัวของขนมปังกรอบนั้น มีแนวโน้มของข้อมูลที่ตัวอย่างที่มีการพองตัวของขนมปังกรอบมากหรือมีความหนาเพิ่มขึ้น จะมีค่าความชอบทางด้านความกรอบสูงกว่าตัวอย่างที่มีความหนาน้อยกว่า (ตารางที่ 4.12 และ4.16) อย่างไรก็ตามความแตกต่างดังกล่าวไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

1. จากการศึกษาขนาดความละเอียดของแป้งข้าวกล้องในการทำขนมปังกรอบ พบว่าเมื่อขนาดความละเอียดแป้งข้าวกล้องเพิ่มขึ้นจะทำให้ขนมปังกรอบมีค่าความสว่าง (L*) และค่าสีเหลือง (b*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่วนค่าสีแดง (a*) มีแนวโน้มลดลง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จึงมีสีน้ำตาลอ่อนลง ความกว้างและความหนามีค่าลดลงเล็กน้อย และลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความแข็งลดลง คะแนนความชอบด้านสี ความชอบด้านความ และความชอบรวม ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการลดขนาดแป้งข้าวกล้องตราลูกเต๋าให้มีขนาดอนุภาคเล็กลงไม่ได้ทำให้คุณสมบัติของขนมปังกรอบมีความแตกต่างกันมากนัก จึงอาจกล่าวได้ว่าสามารถใช้แป้งข้าวกล้องที่จำหน่ายในท้องตลาดได้โดยไม่จำเป็นต้องมีการลดขนาดอนุภาคให้เล็กลงกว่านี้ในผลิตภัณฑ์ขนมปังกรอบ

2. เมื่อนำแป้งข้าวกล้องที่มีขนาดอนุภาคความละเอียด 40-80 เมชมาทำขนมปังกรอบโดยใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีที่ระดับร้อยละ 0 (สูตรมาตรฐาน) 20 40 และ 60 ของน้ำหนักแป้งทั้งหมด พบว่าเมื่อปริมาณแป้งข้าวกล้องเพิ่มขึ้น ค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) มีแนวโน้มลดลง แสดงให้เห็นว่า ผลิตภัณฑ์ขนมปังกรอบจะมีสีคล้ำขึ้น ส่วน ΔE มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แสดงว่าการเพิ่มปริมาณแป้งข้าวกล้องจะทำให้ความแตกต่างของสีผลิตภัณฑ์จากสูตรมาตรฐานมากขึ้น ความกว้างไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ในขณะที่ความหนา มีแนวโน้มลดลง ส่งผลให้อัตราการแผ่ขยายมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่วนลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความแข็ง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) เนื่องจากขนมปังที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวกล้องเพิ่มขึ้นทำให้ความหนาลดลง จึงทำให้ใช้แรงในการวัดค่าความแข็งลดลง การทดสอบทางประสาทสัมผัสคะแนนความชอบทุกด้านมีแนวโน้มต่ำลง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ขนมปังกรอบที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวกล้องที่ร้อยละ 20 มีคะแนนความชอบอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อย และมีคะแนนที่ใกล้เคียงกับสูตรมาตรฐานที่สุด ดังนั้นจึงเลือกสูตรใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีที่ระดับร้อยละ 20 มาทดลองเติมนมผงขาดมันเนย และเลซิติน

3. การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องร้อยละ 20 ในการผลิตขนมปังกรอบและนำมาเติมนมผงขาดมันเนยร่วมกับการเติมเลซิตินที่ระดับต่างๆ พบว่า ปริมาณนมผงขาดมันเนยมีผลต่อค่าสีแดง (a*) ความหนา และอัตราการแผ่ขยาย ปริมาณเลซิตินมีผลต่อค่าความสว่าง (L*) ค่าสีเหลือง (b*) ความหนา และอัตราการแผ่ขยาย สำหรับอิทธิพลร่วมของปริมาณนมผงขาดมันเนยและเลซิติน มีผลต่อค่าสีเหลือง (b*) ปริมาณนมผงขาดมันเนยและเลซิตินมีผลต่อความหนา ในขณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ไม่มีผลต่อความกว้าง และอิทธิพลร่วมของทั้งสองปัจจัยมีผลต่อค่าสีเหลือง (b*) ความหนา อัตราการแผ่ขยาย และค่าความแข็งของขนมปังกรอบ

4. จากการวิเคราะห์สมการถดถอยหลายตัวแปร (multiple regression) พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาของขนมปังกรอบกับปริมาณนมผงขาดมันเนยและเลซิติน มีความสัมพันธ์กันมากที่สุด ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) 0.83 รองลงมาคือความสัมพันธ์กับค่าอัตราการแผ่ขยาย b* L* a* และความแข็ง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.77 0.75 0.54 0.46 และ0.34 ตามลำดับ

5. การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องร้อยละ 20 ในการผลิตขนมปังกรอบและนำมาเติมนมผงขาดมันเนยร่วมกับการเติมเลซิตินที่ระดับต่างๆ เมื่อนำมาทดสอบความยอมรับทางประสาทสัมผัส พบว่าเมื่อปริมาณนมผงขาดมันเนยร้อยละ 8 และ12 กับเลซิตินร้อยละ 0.5 และ 1.0 ทำให้ ขนมปังกรอบมีคะแนนความชอบด้านสี กลิ่น ความกรอบ และรสชาติ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสนอแนะ

การวิเคราะห์ด้านเนื้อสัมผัสของขนมปังกรอบควรเพิ่มพารามิเตอร์ด้านอื่นๆ นอกเหนือจากการวัดแรงกดสูงสุด เช่น การวัดพื้นที่ใต้กราฟ และการนับจำนวน peak เพื่อช่วยในการตัดสินใจ เพราะค่าความแข็งมีผลมาจากลักษณะเนื้อสัมผัส ความแน่น และความหนาของขนมปังกรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กนกวรรณ ตุ้นสกุล. 2549. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์มัฟฟินที่มีคุณค่าทางโภชนาการสำหรับอาหารเช้าจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ.** ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์. 231 น.

กัลยา เลาหสงคราม. 2545. วัตถุเจือปนอาหาร เอกสารประกอบการสอน (หน่วยที่12) ใน **ชุดวิชาอาหารและโภชนาการ สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์.** นนทบุรี. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

กล้าณรงค์ ศรีรอต. 2543. **เทคโนโลยีของแป้ง.** คณะอุตสาหกรรมเกษตร.มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เกษม หฤทัยธนาสันติ์ อุมาภรณ์ สุจริตทวีสุข สุธาสินี อาจวิชัย ธงชัย สุวรรณสิชณน์ และเพ็ญขวัญ ชมปรีดา. 2547. การใช้ประโยชน์แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์กรอบเค็ม. ใน **การประชุมวิชาการอุตสาหกรรมเกษตรครั้งที่6 Thaifex&Halfex 2004 "** อาหารปลอดภัย พัฒนาไทยสู่ครัวโลก" แป้งข้าวกล้อง, กรอบเค็ม, พฤษภาคม 2547.

เครือวัลย์ อัตตะวิริยะสุข. 2540. **คุณภาพเมล็ดข้าวทางกายภาพและการแปรสภาพเมล็ด.** ฝ่ายประชาสัมพันธ์และเผยแพร่ สำนักงานเลขานุการกรม กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. 58 น.

งามชื่น คงเสรี. 2531. คุณภาพการหุงต้มรับประทานและปัจจัยที่เกี่ยวข้อง. น. 94-95. ใน **เอกสารประกอบการบรรยายในการฝึกอบรมการปรับปรุงคุณภาพข้าวสำหรับผู้ดำเนินธุรกิจโรงสี.** ณ อาคารศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี, ปทุมธานี.

งามชื่น คงเสรี. 2533. คุณภาพเมล็ดทางเคมี. น. 1-13. ใน **เอกสารประกอบการบรรยายใน การฝึกอบรม หลักสูตรการปรับปรุงพันธุ์ข้าว.** ณ ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี, ปทุมธานี.

งามชื่น คงเสรี. 2537. ศักยภาพข้าวไทยสู่การแปรรูป. ใน **ศักยภาพข้าวไทย : ทิศทางใหม่สู่อุตสาหกรรม รายงานการประชุมทางวิชาการ** ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 32. สาขาอุตสาหกรรม คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

งามชื่น คงเสรี. 2539. คุณภาพข้าวสารและข้าวสุก. ใน **เอกสารประกอบการบรรยายสัมมนา เรื่อง "ข้าวกับคน"** ของสมาคมโรงสีข้าวไทย ณ โรงแรมรีเจ้นท์ ชะอำ เพชรบุรี วันที่ 24 สิงหาคม 2539. 233 น.

งามชื่น คงเสรี. 2544. **ผลิตภัณฑ์จากข้าว.** แหล่งที่มา : http://www.chrapa.co.th/bulletin/rice_products.html, 20 สิงหาคม 2550.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งามชื่น คงเสรี. 2546. **การใช้แป้งข้าวทดแทนแป้งสาลีในการทำผลิตภัณฑ์เค้กและคุกกี้.** แหล่งที่มา : http://www.doa.go.th/rri/rice_tech.htm, 20 สิงหาคม 2550.

งามชื่น คงเสรี สุนันทา วงศ์ปิยชน และรุจิรา ปรีชา. 2543. การใช้แป้งข้าวทดแทนแป้งสาลีในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมเค้กและคุกกี้. น 605. ใน **รายงานการวิจัย ชุดโครงการข้าวและผลิตภัณฑ์ข้าว.** กรมวิชาการเกษตรและมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. สำนักกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

จิตธนา แจ่มเมฆ. 2537. ขนมปังแป้งข้าวเจ้า. ใน **ศักยภาพข้าวไทย : ทิศทางใหม่สู่อุตสาหกรรม** รายงานการประชุมทางวิชาการ ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 32. สาขาอุตสาหกรรม คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จิตธนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล. 2541. **เบเกอรี่เทคโนโลยีเบื้องต้น.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จิตธนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล. 2546. **เบเกอรีเทคโนโลยีเบื้องต้น.** พิมพ์ครั้งที่ 7 . ภาควิชา วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 223 น.

จิตธนา แจ่มเมฆ อรอนงค์ นัยวิกุล และปริศนา สุวรรณาภรณ์. 2546. **ผลิตภัณฑ์ขนมอบ.** วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จุรีมาศ ดีอำมาตย์. 2550. **ขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมมะลิเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา.** ปริญญาคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาคหกรรมศาสตร์ ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 193 น .

ชุติมา อัศวเสถียร ดวงพร มรกตกาล และจินตนา ตั้งวชิรกุล. 2547. **การใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ซาลาเปา.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร. คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยสยาม.

ณัชนก นุกิจ เพ็ญขวัญ ชมปรีดา วิชัย หฤทัยธนาสันติ์ และธงชัย สุวรรณสิชฌน์. 2548. การพัฒนาบัตเตอร์เค้กลดพลังงานและลดน้ำตาลจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ. ใน **การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 5** วันที่ 10-11 ตุลาคม 2548. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ธัญญาภรณ์ ศิริเลิศ. 2550. การประเมินลักษณะเนื้อสัมผัสในอาหาร. วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม ปีที่ 3 ฉบับที่ 1 มิถุนายน 2549- พฤษภาคม 2550

นฤศันส์ วาสิกดิลก. 2541. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากปลายข้าวหอมมะลิ.** วิทยานิพนธ์. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2545. **เคมีอาหาร.** โอ.เอส.พริ้นติ้งเฮ้าส์, กรุงเทพฯ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื้อทอง วนานุวัธ. 2543. **น้ำมัน ไขมันและผลิตภัณฑ์.** วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เนื้อทอง ชำนาญเวช อรอนงค์ นัยกุล และปริศนา สุวรรณาภรณ์. 2543. การใช้แป้งข้าวทดแทนแป้งสาลีในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปัง, น 605. ใน **รายงานการวิจัย ชุดโครงการข้าวและผลิตภัณฑ์ข้าว.** กรมวิชาการเกษตรและมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ประดิษฐ์ คำหนองไผ่ และสุภาวดี รอดศิริ. มปป. เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์ขนมอบ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล.

ปริศนา สุวรรณาภรณ์, เนื้อทอง วนาวัธ, วราภา มหากาญจนกุล, วาณี ชนเห็นชอบ, ธงชัย สุวรรณสิชณน์. 2544. "การพัฒนาคุณภาพและเก็ยรักษาขนมปังแป้งข้าว" ในรายงานการวิจัยชุกโครงการวิจัยการใช้แป้งข้าวทดแทนแป้งสาลีในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร. สำนักคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ.

ผู้จัดการ. 2548. **เลอโนทจับทำเลไฮโซผุดสาขา.** 13 พฤษภาคม 2548.

พรวีนัส ปั้นหยา. 2544. **พัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังหวานจากแป้งข้าวสาลี ผสมแป้งข้าวหอมมะลิ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เพ็ญขวัญ ชมปรีดา. 2536. **การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เพ็ญขวัญ ชมปรีดา. 2543. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์ทางโภชนาการ.** ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ภัทราภรณ์ แก้วกูล. 2544. อายุการเก็บรักษาสารผสมน้ำมันปลาทูน่าเลซิตินจากถั่วเหลืองและกากรำข้าวบรรจุในแคปซูลเจลาติน วิทยานิพนธ์ปริญญาโท ภาควิชาเทคโนโลยีชีวเคมี. คณะวิทยาศาสตร์.มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. 2547. **ขนมปังกรอบ มผช.๕๒๓/๒๕๔๗.** แหล่งที่มา: http://www.tisi.go.th/otop/pdf file/tcps523-47.pdf 20 กรกฎาคม 2550.

มุทิตา ไทยวงศ์. 2548. **การทดแทนแป้งกล้วยและการประยุกต์ใช้ไมโครเวฟในการผลิตแครกเกอร์.** สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

รองรัตน์ รัตนาธรรมวัฒน์ ธงชัย สุวรรณสิชณน์ เพ็ญขวัญ ชมปรีดา กล้าณรงค์ ศรีรอต และวิชัย หฤทัยธนาสันติ์. มปป. **ผลของความชื้นของผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูป และเวลาในการทอดต่อคุณสมบัติทางกายภาพ และเคมีของขนมขบเคี้ยวจากแป้งฟลาวร์เผือก.** ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ละม้ายมาศ ยังสุข งามชื่น คงเสรี สุนันทา วงศ์ปิยชน จารุวรรณ บางแวก อนุวัฒน์ รัตนชัย และพูลศรี สว่างจิต. 2546. **การใช้แป้งข้าวทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์พาสต้า.** แหล่งที่มา : http://www.doa.go.th/rri/rice_tech.htm, 20 สิงหาคม 2550

ศรีเวียง ทิพกานนท์. 2544. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์หมั่นโถจากแป้งสาลีผสมแป้งข้าว.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ศรีเวียง ทิพกานนท์ วิชัย หฤทัยธนาสันติ์ เพ็ญขวัญ ชมปรีดา ธงชัย สุวรรณสิชณน์ ฤดี ธีระวนิช กล้าณรงค์ ศรีรอต และพจนีย์ พงศ์พงัน. 2546. การใช้แป้งข้าวหอมมะลิทดแทน แป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ปาท่องโก๋. น 237-339. ใน **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 41**: สาขาอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2541. **"ข้าวกล้อง: ข้าวซ้อมมือ: ข้าวขาว"** เอกสารวิชาการ.

สิริ ชัยเสรี. 2536. เลซิติน. วารสารอุตสาหกรรมเกษตร.ปีที่ 4 ฉบับที่ 1 หน้า 5-11.

สิริพรรณ พงศ์อธิโมกข์และ กรุณา เกษร์สุวรรณ . 2544. **การใช้แป้งข้าวกล้องในการผลิตพาสต้าสำเร็จรูปแช่เยือกแข็ง.** ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร. คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยสยาม. แหล่งที่มา: http://www.scisoc.or.th/stt/28/web/content/M_13/MO4.htm 20 สิงหาคม 2550

สุชาดา งามประภาวัฒน์ และจิตติมา พลเยี่ยม. 2545. **เครื่องปรุงในการทำเบเกอร์รี่.** เอกสารประกอบการเรียน วิชาอาหารอบ. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล, ปทุมธานี.

สุชาดา ไม้สนธิ์. 2545. **การใช้ประโยชน์จากแป้งกล้วยน้ำว้าในผลิตภัณฑ์ขนมอบ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สุพัตรา เลิศวณิชย์วัฒนา เพ็ญขวัญ ชมปรีดา วิชัย หฤทัยธนาสันติ์ และกล้าณรงค์ ศรีรอต. 2546. การพัฒนาผลิตภัณฑ์กะหรี่ปั๊บจากแป้งสาลีผสมแป้งข้าวหอมมะลิ. ใน **เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 41** น.323-330 สาขาอุตสาหกรรมเกษตร.มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุภัทร์ จันทร์วรชัยกุล. 2540. **การผลิตและอายุการเก็บบิสกิตไก่จากเนื้อไก่แยกกระดูกด้วยเครื่อง.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุรัชนา โปร่งจันทึก มนัชญา งามศักดิ์ พีรยา โชติถนอม และ ทิพย์วรรณา งามสศักดิ์. 2551. ผลของกรรมวิธีการโม่และขนาดอนุภาคแป้งข้าวกล้องต่อคุณสมบัติทางเคมี ลักษณะทางกายภาพและการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์บิสกิตสำหรับเด็ก. วารสารวิทยเกษตร 39:3 (พิเศษ): 519-522.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2539. **ขนมปังกรอบ.** กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2532. **ข้าวสาลี:วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.** ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,กรุงเทพฯ. 290 น.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2534. **ผลิตภัณฑ์จากข้าวและคุณค่าทางโภชนาการ.** อุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2538. **คุณสมบัติและการเปลี่ยนแปลงของวัตถุดิบในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่และการคำนวณเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ขนมอบ.** ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2539. **เคมีทางธัญญาหาร** . สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ,กรุงเทพฯ.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547. **ข้าว : วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อุศมา สุนทรนฤรังสี วิชัย หฤทัยธนาสันติ์ และ เพ็ญขวัญ ชมปรีดา. 2545. การพัฒนาเค้กเนยจากข้าวหอมมะลิ. ใน **รายงานผลการวิจัยในการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 40** วันที่ 4-7 กุมภาพันธ์ 2545. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เอกชัย เจนวีรวัฒน์. 2545. สัมมนาเรื่อง **ผลกระทบของการเตรียมและการเก็บข้าวเปลือกต่อคุณภาพในระดับผู้บริโภค.** ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร. คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

A.G. Nassar, A.A. Abdei-Hamied and E.A. EI-Naggar. 2008. Effect of citrus by products flour incroporation on chemical rheological and organoleptic characteristics of biscuits. **World Journal of Agricultural Science**. 4 (5): 612-616.

Chen, H., Tubenthaler, G. K., Leung, H. K., & Baranowski, J. D. (1998). Chemical, physical and baking properties of apple fibre compared with oat and wheat bran. **Cereal Chemistry**. 65, pp. 244–250.

Elmoneim, A., Elkhalifa, O. and Abdullahi, H. T-EL. 2002. Effect of cysteine on bakery products from wheat-sorghum blends. **Food Chem**. 77: pp. 133-137.

He,H. and Hoseney, R.C. 1991. Gas retention in bread dough during Baking. **Cereal Chem**. 68(5): pp. 512-525.

Hooda, S. and Jood, S. 2005. Organoleptic and nutrition evaluation of wheat biscuits supplemented with untreated and treated fenugreek flour. **Food Chemistry**. 90: pp. 427-435.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Kirssel, L. and Prentice, M. 1979. Protein and fibre enrichment of cookie flour with brewer's spent grains. **Cereal Chemistry**, 50, pp. 261–265.

Mendeloff, A.L. 1975. **Dietary fiber**. Nutr. Rev. 33: pp. 321-326.

McWatters, K. H. 1978. Cookie baking properties of defatted peanut, soybean and field pea flours in baking powder biscuits. **Cereal Chemistry**, 55, pp. 853–863.

M.L. Sudha, A.K. Srivastava, R. Vetrimani and K. Leelavathi. 2007. Fat replacement in soft dough biscuits: Its implications on dough rheology and biscuit quality. **Journal of Food Engineering** . 80: pp. 922-930.

Patel, M.M. and Rao, V., 1996. Influence of untreated, heat treated and germinated blackgram flours on biscuit making quality of wheat flour. **Journal of Food Science and Technology** 33, pp. 53–56.

Savitha, Y.S., Indrani, D. and Prakash, J. 2008. Effect of replacement of sigar with sucralose and maltodextrin on rheological characteristice of wheat flour dough and quality of soft dough biscuits. **Journal of Texture Studies**. 39: 605-616.

Sharma, H.R. and Chauhan, G.S., 2002. Effects of stabilized rice bran-fenugreek blends on the quality of breads and cookies. **Journal of Food Science and Technology** 39, pp. 225–233.

Singh, R., Singh, G. and Chauhan, G.S., 1996. Effect of incorporation of defatted soy flour on the quality of biscuits. **Journal of Food Science and Technology** 33, pp. 355–357.

Singh,J.,Singh, T.R. and Saxena, S.K. 2002. Effect of Fatty acid on the rheological properties of corn and potato starch. **Journal of Food Engineering**. 52: pp. 9-16

Singh,J.,Singh, T.R. and Saxena, S.K. 2003. Physicochemical, rheological and cookie making properties of corn and potato flour. **Food Chemistry**. 83: pp. 387-393.

Smith,W.H. 1972. **Biscuits crackers & cookies. Vol 2. Recipes&Formulations**. Applied Science. Publishers Ltd. London.

Sudha, M.L., Vetrimani, R. and Leelavathi, K. **High fibre biscuit composition and a process for preparing the same**. United States Patent no. 20040191393, September 30, 2004.

Sudha, M.L., Vetrimani, R. and Leelavathi, K. 2007. Influence of fiber from different cereals on the rheological charateristics of wheat flour dough and on biscuits quality. **Food Chemistry.** 100: 1365-1370.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Tana, M. Rababah, Najdi, A. AL-Mahasneh and Khalil, I. Ereifej. 2006. Effect of chickpra broad bean, orisolated soy protein addition on the physicochemical and sensory properties of biscuits. **Journal of food science**. 6(71) :s438-s442.

Tressler,D.K. and Sultan, W.J. 1975. **Food products formulary vol 2 cereal, baked goods, daily and egg products.** The AVI publishing company. USA.

Tyagi, S.K., Manikantan, M.R., Oberoi, H.S. and Kaur, G. 2007. Effect of mustard flour incorparation on nutritinal, texture and organoleptic characteristics of bicuits. **Journal of Food Engineering.** 80: 1043-1050.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
วิธีวิเคราะห์คุณภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวัดเนื้อสัมผัสโดยเครื่อง Texture Analyzer รุ่น TA-XT2i

วิธีการใช้

1. การ Calibration เครื่อง

1.1 ทำการเปิดเครื่องคอมพิวเตอร์ และเครื่องวัดเนื้อสัมผัส

1.2 เปิดโปรแกรม Texture in English เลือกเมนู Calibration แล้วเลือก Calibration Force นำตุ้มน้ำหนัก 5 กิโลกรัมมาวางบนแท่นแล้วกด Enter รอจนหน้าจอคอมพิวเตอร์ แสดงว่า Calibration สมบรูณ์ กดปุ่ม OK แล้วนำตุ้มน้ำหนัก 5 กิโลกรัมออก ซึ่งถือว่า Calibration Force เสร็จสมบรูณ์

1.3 ต่อประกอบฐาน และหัววัดเนื้อสัมผัส ชุด Three point bend (HDP/3PB)

2. การ Set โปรแกรม

2.1 หลังจาก Calibration Force แล้วให้กดเลือก TA Setting ที่ปุ่มเมนูเพื่อทำการเปลี่ยนค่าต่างๆของการวัดให้เป็นดังนี้

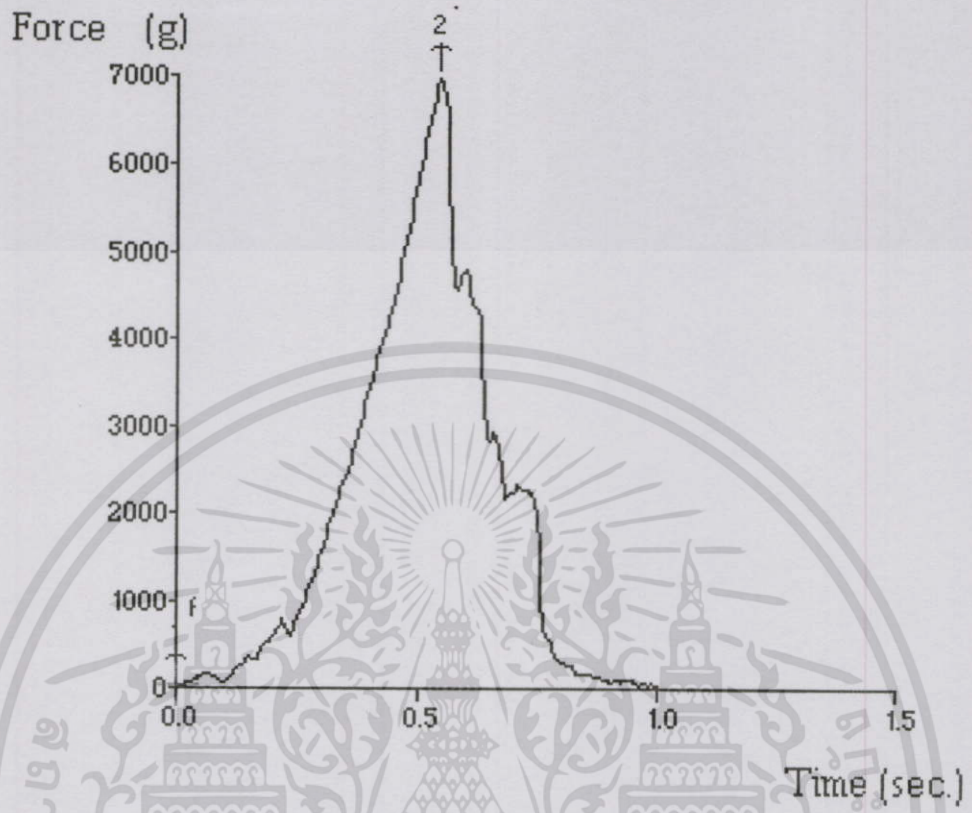
Option	Return To Star
Pre-test Speed	3.0 mm/s
Test Speed	2.0 mm/s
Post-test Speed	10.0 mm/s
Distance	5 mm
Trigger Type	20 g (to allow for sample movement)
Data Acquisition Rate	200 pps

2.2 แล้วทำการกดปุ่ม Update เพื่อทำการเปลี่ยนแปลงในโปรแกรมเพื่อทำ พร้อมที่จะทำการวัดความแข็ง

3. นำตัวอย่างขนมปังกรอบวางลงบนแท่น และทำการวัด เครื่องจะแสดงกราฟ

4. กดให้เครื่องอ่านค่า Max Froce

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ก1 แสดงตัวอย่างกราฟที่ได้จากการวัดค่าความแข็งของขนมปังกรอบแป้งข้าวกล้องที่เติมนมผงขาดมันเนยร้อยละ 8 และเลซิตินร้อยละ 0.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะทางกายภาพของขนมปังกรอบที่ใช้แป้งข้าวกล้องที่ขนาดอนุภาคต่างกัน

ปัจจัยการทดสอบ	SOV	df	SS	MS	F	Sig
L*	treatment	2	48.933	24.466	5.329	0.006*
	Error	177	812.620	4.591		
	Total	180	801780.884			
a*	treatment	2	27.694	13.847	10.080	0.000*
	Error	177	243.157	1.374		
	Total	180	6270.730			
b*	treatment	2	39.654	24.466	9.441	0.000*
	Error	177	371.728	4.591		
	Total	180	65793.282			
ความกว้าง	treatment	2	8.817E-02	4.408E-02	5.986	0.004*
	Error	69	0.508	7.364E-03		
	Total	72	1607.285			
ความหนา	treatment	2	2.301E-02	1.151E-02	6.102	0.004*
	Error	69	0.130	1.886E-03		
	Total	72	20.463			
อัตราการแผ่ขยาย	treatment	2	3.378	1.689	3.528	0.035*
	Error	69	33.037	0.479		
	Total	72	5808.271			
ความแข็ง	treatment	2	8633037.587	24.466	5.329	0.006*
	Error	12	2317588.099	4.591		
	Total	15	662109777.845			

หมายเหตุ * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการยอมรับประสาทสัมผัสของขนมปังกรอบที่ใช้แป้งข้าวกล้องที่ขนาดความละเอียดระดับต่างกัน

ปัจจัยการทดสอบ	SOV	df	SS	MS	F	Sig
สี	treatment	2	3.333E-02	1.667E-02	0.040	0.961[ns]
	block	19	27.733	1.460	3.474	
	Error	38	15.967	0.420		
	Total	60	1136.000			
ความกรอบ	treatment	2	2.433	1.217	1.677	0.200[ns]
	block	19	36.983	1.946	2.683	
	Error	38	27.567	0.725		
	Total	60	1383.000			
ความชอบโดยรวม	treatment	2	1.633	.817	1.575	0.220[ns]
	block	19	33.250	1.750	3.376	
	Error	38	19.700	0.518		
	Total	60	1315.000			

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะทางกายภาพของขนมปังกรอบที่ใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนที่ระดับต่างกัน

ปัจจัยการทดสอบ	SOV	df	SS	MS	F	Sig
L*	treatment	3	2079.817	693.272	191.377	0.000*
	Error	116	420.216	3.623		
	Total	120	555621.588			
a*	treatment	3	51.771	17.257	14.624	0.000*
	Error	116	136.881	1.180		
	Total	120	2509.125			
b*	treatment	3	1126.237	375.412	99.868	0.000*
	Error	116	436.053	3.759		
	Total	120	64723.451			
(ΔE)	treatment	2	458.711	229.355	36.899	0.000*
	Error	87	540.771	6.216		
	Total	87	999.482			
ความกว้าง	treatment	3	2.674E-02	8.913E-03	0.861	0.465^{ns}
	Error	76	0.787	1.036E-02		
	Total	80	1899.335			
ความหนา	treatment	3	0.560	0.187	168.258	0.000*
	Error	76	8.437E-02	1.110E-03		
	Total	80	20.158			
อัตราการแผ่ขยาย	treatment	3	282.703	94.234	155.871	0.000*
	Error	76	45.947	0.605		
	Total	80	8689.429			
ความแข็ง	treatment	3	1090414.599	363471.533	0.757	0.525^{ns}
	Error	36	17273944.049	479831.779		
	Total	40	1271843182.229			

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการยอมรับประสาทสัมผัสของขนมปังกรอบที่ใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนที่ระดับต่างกัน

ปัจจัยการทดสอบ	SOV	df	SS	MS	F	Sig
สี	treatment	3	77.200	25.733	41.552	0.000*
	block	19	39.300	2.068	3.340	
	Error	57	35.300	0.619		
	Total	80	1464.000			
กลิ่น	treatment	3	14.237	4.746	13.188	0.000*
	block	19	51.637	2.718	7.552	
	Error	57	20.512	0.360		
	Total	80	1423.000			
ความกรอบ	treatment	3	12.250	4.083	6.006	0.001*
	block	19	74.950	3.945	5.803	
	Error	57	38.750	0.680		
	Total	80	1554.000			
รสชาติ	treatment	3	23.838	7.946	18.180	0.000*
	block	19	99.238	5.223	11.950	
	Error	57	24.912	0.437		
	Total	80	1501.000			
ความชอบโดยรวม	treatment	3	38.800	12.933	28.685	0.000*
	block	19	76.300	4.016	8.907	
	Error	57	25.700	0.451		
	Total	80	1620.000			

หมายเหตุ * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะทางกายภาพขนมปังกรอบที่ใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนที่ร้อยละ 20 และเติมนมผงขาดมันเนยและเลซิติน

ปัจจัยการทดสอบ	SOV	df	SS	MS	F	Sig
L*	A	1	3.550	3.550	1.258	0.264 ns
	B	1	100.760	100.760	35.697	0.000*
	AB	1	1.728E-02	1.728E-02	0.006	0.938 ns
	Error	145	409.283	2.823		
	Total	150	695014.618			
a*	A	1	12.996	12.996	10.531	0.001*
	B	1	4.701	4.701	3.809	0.053 ns
	AB	1	4.144E-02	4.144E-02	0.034	0.855 ns
	Error	145	178.934	1.234		
	Total	150	7076.326			
b*	A	1	1.372	1.372	.387	0.535 ns
	B	1	116.565	116.565	32.871	0.000*
	AB	1	32.792	32.792	9.247	0.003*
	Error	145	514.195	3.546		
	Total	150	125603.640			
ความกว้าง	A	1	7.411E-03	7.411E-03	0.392	0.533 ns
	B	1	1.128E-02	1.128E-02	0.596	0.442 ns
	AB	1	9.113E-04	9.113E-04	0.048	0.827 ns
	Error	95	1.797	1.892E-02		
	Total	100	2307.743			
ความหนา	A	1	1.770E-02	1.770E-02	21.118	0.000*
	B	1	0.241	0.241	287.399	0.000*
	AB	1	1.326E-02	1.326E-02	15.821	0.000*
	Error	95	7.963E-02	8.382E-04		
	Total	100	29.747			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค5 (ต่อ)

ปัจจัยการทดสอบ	SOV	df	SS	MS	F	Sig
อัตราการแผ่ขยาย	A	1	2.450	2.450	7.938	0.006*
	B	1	54.285	54.285	175.887	0.000*
	AB	1	1.910	1.910	6.187	0.015*
	Error	95	29.320	0.309		
	Total	100	8260.290			
ความแข็ง	A	1	696425.596	696425.596	1.217	0.279 ns
	B	1	483336.773	483336.773	0.845	0.365 ns
	AB	1	8033381.955	8033381.955	14.043	0.001*
	Error	30	17161548.303	572051.610		
	Total	35	1483938138.873			

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

A = ปริมาณนมผงขาดมันเนย

B = ปริมาณเลซิติน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการยอมรับประสาทสัมผัสของขนมปังกรอบที่ใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนที่ร้อยละ 20และเติมนมผงขาดมันเนยและเลซิติน

ปัจจัยการทดสอบ	SOV	df	SS	MS	F	Sig
สี	treatment	4	0.540	0.135	0.274	0.894 ns
	block	19	26.640	1.402	2.845	
	Error	76	37.460	0.493		
	Total	100	2144.000			
กลิ่น	treatment	4	1.860	0.465	1.035	0.395 ns
	block	19	52.910	2.785	6.199	
	Error	76	34.140	0.449		
	Total	100	2087.000			
ความกรอบ	treatment	4	3.700	0.925	2.150	0.083 ns
	block	19	50.350	2.650	6.159	
	Error	76	32.700	0.430		
	Total	100	2343.000			
รสชาติ	treatment	4	1.940	0.485	1.108	0.359 ns
	block	19	66.990	3.526	8.057	
	Error	76	33.260	0.438		
	Total	100	2209.000			
ความชอบโดยรวม	treatment	4	4.940	1.235	2.379	0.059 ns
	block	19	48.040	2.528	4.870	
	Error	76	39.460	0.519		
	Total	100	2264.000			

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นางสาวคันธมาทน์ ลิ่มจุฬารัตน์
วัน เดือน ปีเกิด	5 สิงหาคม 2516
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
ที่อยู่ปัจจุบัน	34/202-203 ซอยโชคชัย 4 ถนนลาดพร้าว แขวงลาดพร้าว เขตลาดพร้าว กรุงเทพฯ 10230
ประวัติการทำงาน	
พ.ศ.2551-ปัจจุบัน	ตำแหน่ง เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป สำนักประสานงานทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
พ.ศ. 2547-2551	ตำแหน่ง Supervisor แผนกวิจัยและพัฒนา บริษัท OCTA FOODS จำกัด
พ.ศ. 2539-2547	ตำแหน่ง Staff แผนกวิจัยและพัฒนา บริษัทแหลมทองอุตสาหกรรมอาหาร จำกัด
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2548-ปัจจุบัน	ศึกษาในระดับปริญญาโท หลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาสุขาภิบาลอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และสำเร็จการศึกษาในปี 2552
พ.ศ. 2535-2539	สำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเกษตรและอุตสาหกรรม สถาบันราชภัฏจันทรเกษม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้