ขนมอบกรอบจากข้าวกล้องมันปู

(“Munpu rice cracker”)

โดย

นางสาว	รินดา	รัชพรม	รหัสนักศึกษา	45040157
นางสาว	สาวิตรี	เพ็ชรเกลี้ยง	รหัสนักศึกษา	45040170
นางสาว	สิริยาภรณ์	ไกรมาก	รหัสนักศึกษา	45040171

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต

โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2/043

ขนมอบกรอบจากข้าวกล้องมันปู

("Munpu" rice cracker)

T097107

โดย

นางสาว รินดา	รัชพรม	รหัสนักศึกษา	45040157
นางสาว สาวิตรี	เพ็ชรเกลี้ยง	รหัสนักศึกษา	45040170
นางสาว สิริยาภรณ์	ไกรมาก	รหัสนักศึกษา	45040171

ฝพ.
รผ๗๑ข
2548

สขาหมู่.....
เลขทะเบียน.....97107
วัน.เดือน.ปี.....

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาศาสตร์บัณฑิต

โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
งานบริการโสตทัศนูปกรณ์และมัลติมีเดีย

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

ขนมอบกรอบจากข้าวกล้องมันปู

("Munpu" rice cracker)

จัดทำโดย

นางสาว รินดา	รัชพรม	รหัสนักศึกษา	45040157
นางสาว สาวิตรี	เพ็ชรเกลี้ยง	รหัสนักศึกษา	45040170
นางสาว สิริยาภรณ์	ไกรมาก	รหัสนักศึกษา	45040171

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

23 / มิ.ค / 49 อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ดร. วริพัสย์ อารีกุล)

รินดา รัชพรม, สาวิตรี เพ็ชรเกลี้ยง และสิริยาภรณ์ ไกรมาก. 2548 : ขนมอบกรอบจากข้าวกล้องมันปู ("Munpu" rice cracker) . ปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต (อุตสาหกรรมเกษตร) โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร. วริพัสย์ อารีกุล.

บทคัดย่อ

ความเป็นไปได้ในการนำข้าวกล้องมันปูมาแปรรูปเป็นขนมอบกรอบโดยการศึกษาอัตราส่วนระหว่างข้าวกล้องมันปูกับข้าวหอมมะลิ เปอร์เซ็นต์ความชื้นและอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการอบย่าง โดยการยอมรับโดยรวมของการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี hedonic scales พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมเท่ากับ แป้งข้าวมันปู 1ส่วน ต่อแป้งข้าวหอมมะลิ 2 ส่วน, ความชื้นของแผ่นแป้งก่อนอบย่างเท่ากับ 14 เปอร์เซ็นต์และอุณหภูมิที่ใช้ในการอบย่างเท่ากับ 230 องศาเซลเซียส

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านเคมีกายภาพ ระหว่างการเก็บรักษา โดยการวิเคราะห์ความกรอบ, ปริมาณความชื้น, วอเตอร์แอคติวิตี้, การเหม็นหืน, และการเปลี่ยนแปลงสีในบรรจุภัณฑ์ 2 แบบได้แก่ การปิดผนึกแบบธรรมดาและการปิดผนึกแบบสุญญากาศ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ พบว่า ปริมาณความชื้น และ วอเตอร์แอคติวิตี้ ในขนมอบกรอบที่ปิดผนึกแบบสุญญากาศมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงสูงกว่าการปิดผนึกแบบธรรมดา แต่การปิดผนึกแบบธรรมดามีค่าการเหม็นหืนและการเปลี่ยนแปลงของสีสูงกว่าการปิดผนึกแบบสุญญากาศ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตาม ไม่มีความแตกต่างกันในการวัดความกรอบในขนมอบกรอบที่ปิดผนึกทั้ง 2 ชนิดทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

รินดา รัชพรม
สาวิตรี เพ็ชรเกลี้ยง
สิริยาภรณ์ ไกรมาก
ลายมือชื่อนักศึกษา

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

23 มีค. 49
วัน/เดือน/ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

รายงานปัญหาพิเศษฉบับนี้ สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีนั้น คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณ ดร.วริพัสย์ อารีกุล ที่กรุณาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา และท่านคณะกรรมการที่ให้ความช่วยเหลือในด้านการศึกษาอย่างดีตลอดมา ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่นักวิทยาศาสตร์ ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือและสารเคมีต่างๆ

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกระหว่างการปฏิบัติงาน รวมทั้ง ขอขอบคุณเพื่อนๆ น้องๆ ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจอย่างดีตลอดมาจนได้รับความสำเร็จ

ขอขอบพระคุณ

คณะผู้จัดทำ

22 มีนาคม 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	ง
สารบัญภาพ	จ
บทที่	
1. บทนำ	1
2. วารสารปริทัศน์	2
- องค์ประกอบของข้าวกล้อง	2
- ผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าว	4
-การเปลี่ยนแปลงในระหว่างกระบวนการผลิต	7
- การเกิดเจลาติไนเซชัน (Gelatinization)	7
- รีโทรกราเดชัน (Retrogradation)	8
- การพองตัว	8
3. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	10
4. ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	15
5. สรุปและข้อเสนอแนะ	29
เอกสารอ้างอิง	30
ภาคผนวก	
- ภาคผนวก ก วิธีการผลิตผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวกล้องมันปู	31
- ภาคผนวก ข วิธีการตรวจสอบและวิเคราะห์ทางเคมีกายภาพ ของผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวกล้องมันปู	34
- ภาคผนวก ก ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการทดสอบทางเคมีกายภาพ	36
- ภาคผนวก ง แบบทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส	45
-ภาคผนวก จ ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการทดสอบคุณภาพ ทางประสาทสัมผัสของขนมอบกรอบจากแป้งข้าวมันปู	46
ประวัติผู้เขียน	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1. แสดงการเปรียบเทียบคุณค่าทางอาหารระหว่างข้าวกล้องและข้าวขาว ในปริมาณ 100 กรัม 3
2. แสดงอัตราส่วนระหว่างแป้งจากข้าวกล้องมันปูและแป้งจากปลายข้าวหอมมะลิ 12
3. แสดงผลการทดสอบทางกายภาพต่อผลิตภัณฑ์ที่มีอัตราส่วนของแป้งข้าวมันปู ต่อแป้งข้าวหอมมะลิต่างๆ 16
4. แสดงผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสต่อผลิตภัณฑ์ที่มีอัตราส่วน ของแป้งข้าวมันปูต่อแป้งข้าวหอมมะลิต่างๆ 17
5. แสดงผลของปริมาณความชื้นแผ่นแป้งต่อกระบวนการผลิตขนมอบกรอบทางกายภาพ 19
6. แสดงผลของคะแนนการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบต่อ ปริมาณความชื้นแผ่นแป้งก่อนการอบย่าง 21
7. แสดงผลของอุณหภูมิในการอบย่างต่อกระบวนการผลิตขนมอบกรอบทางกายภาพ 22
8. แสดงผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบเพื่อศึกษา อุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบย่าง 23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.	แสดงการจำแนกประเภทของไรซ์แครกเกอร์ โดยใช้วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต	4
2.	แสดงการจำแนกประเภทของไรซ์แครกเกอร์ โดยใช้ความถ่วงของขนม	5
3.	แสดงกรรมวิธีการผลิตไรซ์แครกเกอร์	6
4.	แสดงขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบและกรรมวิธีการผลิตเบื้องต้น	11
5.	แสดงลักษณะของผลิตภัณฑ์หลังอบ (A) และก่อนอบ (B) ที่ใช้แป้งข้าวมันปู และแป้งข้าวหอมมะลิในอัตราส่วนต่างๆ	15
6.	แสดงสภาวะการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวกล้องมันปู	24
7.	แสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าความกรอบในระหว่างการเก็บรักษา	25
8.	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการเหม็นหืนกับระยะเวลาการเก็บรักษา	26
9.	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าวอเตอร์แอคติวิตี้กับระยะเวลาการเก็บรักษา	27
10.	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นกับระยะเวลาการเก็บรักษา	27
11.	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงค่าสี (ΔE) กับระยะเวลาการเก็บรักษา	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงานพิเศษ

กรดแลกติกหรือกรดนมเป็นกรดอินทรีย์ที่มีการนำมาใช้ในอาหาร พบตามธรรมชาติในนม เปรี้ยว ผักดองชนิดต่าง ๆ เนยแข็ง เป็นต้น (Gardner, 1972) นิยมใช้เป็นวัตถุเจือปนในอาหาร ที่มีความจำเป็นต่อวงการอุตสาหกรรมอาหารมากเพราะ กรดแลกติกที่เติมลงไปในอาหารนั้นจะเป็นตัวที่ช่วยเพิ่มกลิ่นและรสของอาหาร ช่วยควบคุมความเป็นกรดด่าง ยืดอายุการเก็บของอาหาร ช่วยป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์และการงอกของสปอร์ ช่วยเสริมประสิทธิภาพของสารป้องกันการหืนและปรับปรุงลักษณะของเนื้อผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ เป็นต้น (ศิวาพร,2546) กรดแลกติกยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอื่น ๆ ได้แก่ อุตสาหกรรมสิ่งทอ เครื่องหนัง เวชภัณฑ์ โลชั่น อุตสาหกรรมการทำพลาสติกที่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (biodegradable plastics) (Fitzpatrick,2003)

กรดแลกติกสามารถผลิตได้ทั้งกระบวนการทางเคมีและกระบวนการทางชีวภาพ ในการผลิตกรดแลกติกโดยใช้วิธีทางเคมีเป็นวิธีที่ใช้ค่าใช้จ่ายสูงและมีความยุ่งยากในช่วงการทำให้บริสุทธิ์ ส่วนกระบวนการทางชีวภาพสามารถผลิตกรดแลกติกโดยใช้โฮโมแลกติกแอซิดแบคทีเรียเนื่องจากการผลิตกรดแลกติกสามารถใช้สารตั้งต้นร่วมกับโฮโมแลกติกแอซิดแบคทีเรียได้หลายชนิด จึงได้มีการศึกษาหาวิธีที่สามารถผลิตกรดแลกติกได้ในปริมาณมากและเสียค่าใช้จ่ายในการลงทุนต่ำ นอกจากนี้ยังสามารถปรับปรุงกระบวนการการผลิตให้มีประสิทธิภาพภายใต้สภาวะและองค์ประกอบของอาหารที่เหมาะสม (senthuran และคณะ,1999)

ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้เป็นแนวทางในการคิดค้นสูตรอาหารและสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตกรดแลกติก โดยศึกษาจากผลของแหล่งคาร์บอนชนิดต่าง ๆ เช่น น้ำตาลกลูโคส น้ำตาลแลกโตส น้ำตาลทราย น้ำตาลฟลุคโตส น้ำตาลมอลโตส และน้ำตาลซูโครส อีกทั้งปริมาณที่เหมาะสมสำหรับการผลิตกรดแลกติก โดยเชื้อ *Lactobacillus casei* ATCC 10863 โดยการใช้อาหารสังเคราะห์ในการผลิตเพื่อเป็นแนวทางในการหาแหล่งคาร์บอนที่ดีและเหมาะสมสำหรับการเพิ่มผลผลิตของกรดแลกติกโดยกระบวนการทางชีวภาพ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงานพิเศษ

1.2.1 ศึกษาการเจริญเติบโตของเชื้อ *Lactobacillus casei* ATCC 10863 ในอาหารสังเคราะห์

1.2.2 ศึกษาสภาวะต่าง ๆ ที่เหมาะสมต่อการผลิตกรดแลกติก ได้แก่

1) ศึกษาแหล่งคาร์บอนที่เหมาะสมต่อการผลิตกรดแลกติกโดยเชื้อ *Lactobacillus casei* ATCC 10863

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ศึกษาปริมาณความเข้มข้นที่เหมาะสมของแหล่งคาร์บอน

1.2.3 ศึกษาศักยภาพในการผลิตกรดแลกติกจากเชื้อ *Lactobacillus casei* ATCC 10863 ในระดับฟลาสก์เปรียบเทียบกับถังหมักขนาด 2 ลิตร

1.3 ขอบเขตของโครงงานพิเศษ

ศึกษาการผลิตกรดแลกติกจากอาหารสังเคราะห์โดยเชื้อ *Lactobacillus casei* ATCC 10863 ทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตกรดแลกติก ได้แก่ ศึกษาชนิดและปริมาณของแหล่งคาร์บอนที่มีผลต่อการผลิตกรดแลกติก การศึกษาการผลิตกรดแลกติกในระดับฟลาสก์เปรียบเทียบกับการผลิตในถังหมักขนาด 2 ลิตร และวิเคราะห์หาค่าการเจริญเติบโตของเซลล์ กรดแลกติก น้ำตาลชนิดต่าง ๆ ที่นำมาทดลองทั้งก่อนและหลังทำการหมัก

1.4 ขั้นตอนการวิจัยและวิธีการดำเนินงาน

1.4.1 จุลินทรีย์ที่ใช้ในการวิจัย

1.5.1.1 การเก็บรักษาเชื้อที่ใช้ในการวิจัย

1.5.1.2 การเตรียมกล้าเชื้อเริ่มต้น

1.4.2 การศึกษาสภาวะต่าง ๆ ที่เหมาะสมต่อการผลิตกรดแลกติก

1.5.2.1 การศึกษาแหล่งคาร์บอนที่เหมาะต่อการผลิตกรดแลกติก

1.5.2.2 การศึกษาปริมาณความเข้มข้นที่เหมาะสมของแหล่งคาร์บอน

1.5.2.3 การศึกษาเปรียบเทียบศักยภาพในการผลิตกรดแลกติกที่ใช้แหล่งคาร์บอนและความเข้มข้นที่เหมาะสม ในระดับฟลาสก์และระดับถังหมักขนาด 2 ลิตร

1.4.3 การวิเคราะห์ผล

1.4.4 การวิเคราะห์ทางสถิติ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 สามารถผลิตกรดแลกติก โดยกระบวนการทางชีวภาพโดยเชื้อ *Lactobacillus casei* ATCC 10863

1.5.2 ทราบถึงสภาวะต่าง ๆ ที่เหมาะสมต่อการผลิตกรดแลกติกโดยเชื้อ *Lactobacillus casei* ATCC 10863 เพื่อใช้เป็นแนวทางศึกษาและพัฒนาสู่ระดับอุตสาหกรรมต่อไป

1.5.3 ทำให้ทราบถึงศักยภาพในการผลิตกรดแลกติกที่ได้จากกระบวนการหมักอาหารสังเคราะห์โดยเชื้อ *Lactobacillus casei* ATCC 10863

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
วารสารปริทัศน์

ข้าวเป็นอาหารหลักของประชากรในแถบเอเชีย เป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญของประเทศไทย ข้าวเป็นธัญพืชที่มีหลายพันธุ์ จึงมีองค์ประกอบและลักษณะทางเคมีที่แตกต่างอย่างมากเมื่อเทียบกับธัญพืชชนิดอื่นๆ ข้าวที่รับประทานกันอยู่มี 2 ประเภท คือ *Oryza sativa* และ *Oryza glaberrima* โดยข้าว *Oryza sativa* จะปลูกในเอเชียเป็นส่วนใหญ่และแบ่งได้ 3 ชนิดคือ *O. sativa japonica*, *O. sativa indica* และ *O. sativa javanica* (ฉรงค์, 2538)

ข้าวกล้องหมายถึงข้าวที่สีเอาเปลือกออกโดยยังมีจมูกข้าวและเยื่อหุ้มเมล็ดข้าวอยู่ ในขณะที่ข้าวขาวหรือข้าวสาร หมายถึง ข้าวที่เกิดจากการสีและขัดหลายๆครั้ง จนเยื่อหุ้มเมล็ดและจมูกข้าวหลุดออกไปเหลือแต่เนื้อในของข้าว (แป้ง) ข้าวขาวจะมีโปรตีนสูญหายไปประมาณ 30% ของข้าวกล้อง (http://www.elib-online.com)

องค์ประกอบของข้าวกล้อง

โดยปกติข้าวกล้องประกอบด้วยโปรตีนร้อยละ 8 และความชื้นร้อยละ 12 นอกจากนี้ยังพบไขมัน สารเยื่อใย วิตามิน และเกลือแร่ ในปริมาณที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ สิ่งแวดล้อม และวิธีการวิเคราะห์ การเปรียบเทียบคุณค่าทางอาหารระหว่างข้าวกล้องและข้าวขาวพบว่าข้าวกล้องมีปริมาณสารอาหารทุกชนิดมากกว่าข้าวขาวดังแสดงใน ตารางที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบคุณค่าทางอาหารระหว่างข้าวกล้องและข้าวขาวในปริมาณ 100 กรัม

สารอาหาร	หน่วย	ข้าวกล้อง	ข้าวขาว
โปรตีน	กรัม	7.60	6.4
วิตามินบีรวม			
บี 1 (B1 Thaiamine)	มิลลิกรัม	0.34	0.07
บี 2 (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
แคลเซียม	มิลลิกรัม	32.0	24.0
แมกนีเซียม	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
ซิลีเนียม	ไมโครกรัม	38.8	31.8
ไอโอดีน	ไมโครกรัม	2.2	2.0

ที่มา : http://www.elib-online.com

สารอาหารในข้าวกล้องที่มีคุณค่าและเป็นประโยชน์ต่อร่างกาย (http://www.elib-online.com) คือ

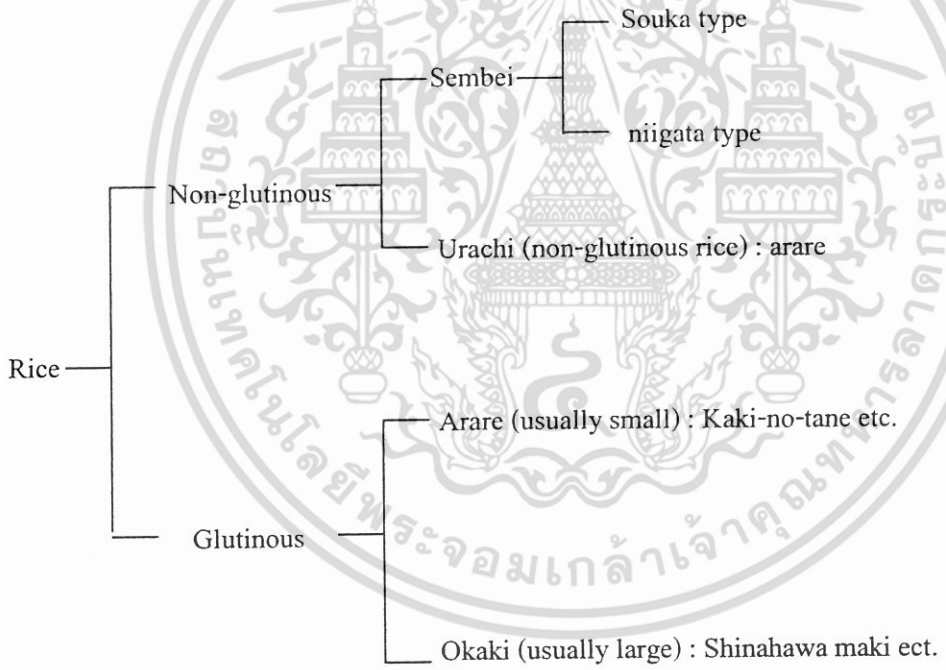
- วิตามินบี ช่วยป้องกันโรคเหน็บชา
- วิตามินบี ป้องกันโรคปากนกกระจอก
- ไนอะซิน ช่วยรักษาระบบผิวหนัง ละระบบประสาท ป้องกันโรคเพ็ลเลกระ ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดอาการท้องเสีย ประสาทไหว
- ฟอสฟอรัส ช่วยในการเจริญเติบโตของกระดูกและฟัน
- แคลเซียม ทำให้กระดูกแข็งแรง ป้องกันไม่ให้เป็นตะคริว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ทองแดง สร้างเม็ดโลหิตและฮีโมโกลบิน
- ธาตุเหล็ก ป้องกันโรคโลหิตจาง
- โปรตีน เสริมสร้างส่วนที่สึกหรอ
- ไขมัน ให้พลังงานแก่ร่างกาย
- คาร์โบไฮเดรต ให้พลังงานแก่ร่างกาย
- เส้นใย ข้าวกล้องมีกากอาหารมาก ซึ่งจะทำให้ท้องไม่ผูก และช่วยป้องกันโรคมะเร็งในลำไส้

ผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าว

ไรซ์แครกเกอร์ เป็นขนมขบเคี้ยวชนิดหนึ่งที่ทำจากข้าวเป็นส่วนประกอบหลัก ซึ่งมีชื่อเรียกตามวัตถุดิบหลักที่ใช้ทำ คือ ถ้าทำจากข้าวเหนียวจะเรียกว่า อาราเร และถ้าทำจากข้าวเจ้าจะเรียกว่า เซมเบ ขนมอบกรอบจากข้าวถือเป็นขนมขบเคี้ยวของประเทศญี่ปุ่น แบ่งตามวัตถุดิบที่ใช้นำมาทำการผลิตดังแสดงในภาพที่ 1



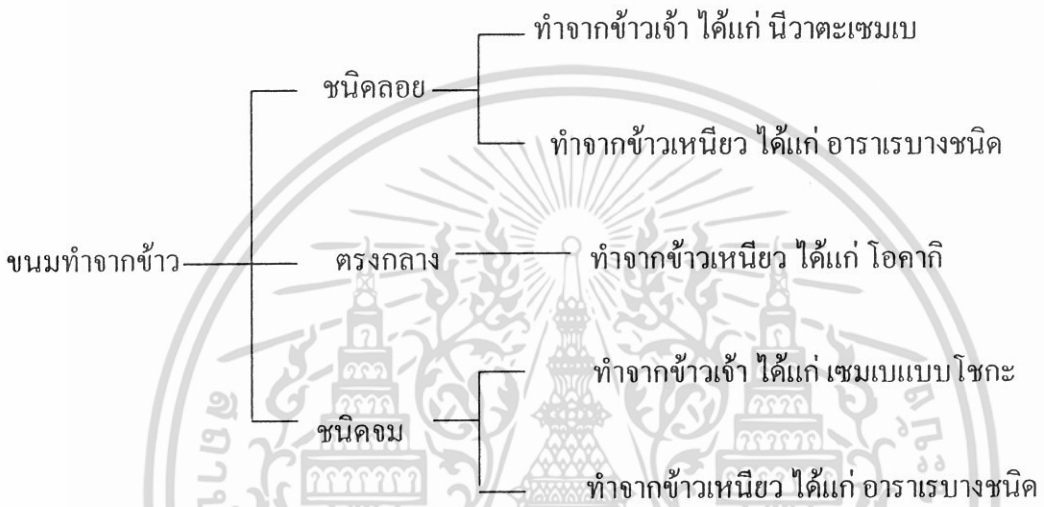
ภาพที่ 1 แสดงการจำแนกประเภทของไรซ์แครกเกอร์ โดยใช้วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต
ที่มา: Luh (1991)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ ยังสามารถแบ่งชนิดของขนมจากข้าว (ภาพที่ 2) โดยทำการแบ่งแยกตามความถ่วงจำเพาะของขนม แบ่งแยกได้ 2 ประเภท คือ

- ขนมอบกรอบจากข้าวชนิดลอยจะให้ลักษณะทางประสาทสัมผัสนุ่ม ฟู มีปริมาตรมาก และมีลักษณะผิวเรียบสม่ำเสมอ

- ขนมชนิดจมจะมีลักษณะตรงกันข้ามกับชนิดลอย คือลักษณะภายนอกจะไม่พองมาก บางครั้งไส้ยังแข็งอยู่ ผิวหน้าของขนมไม่เรียบสม่ำเสมอ

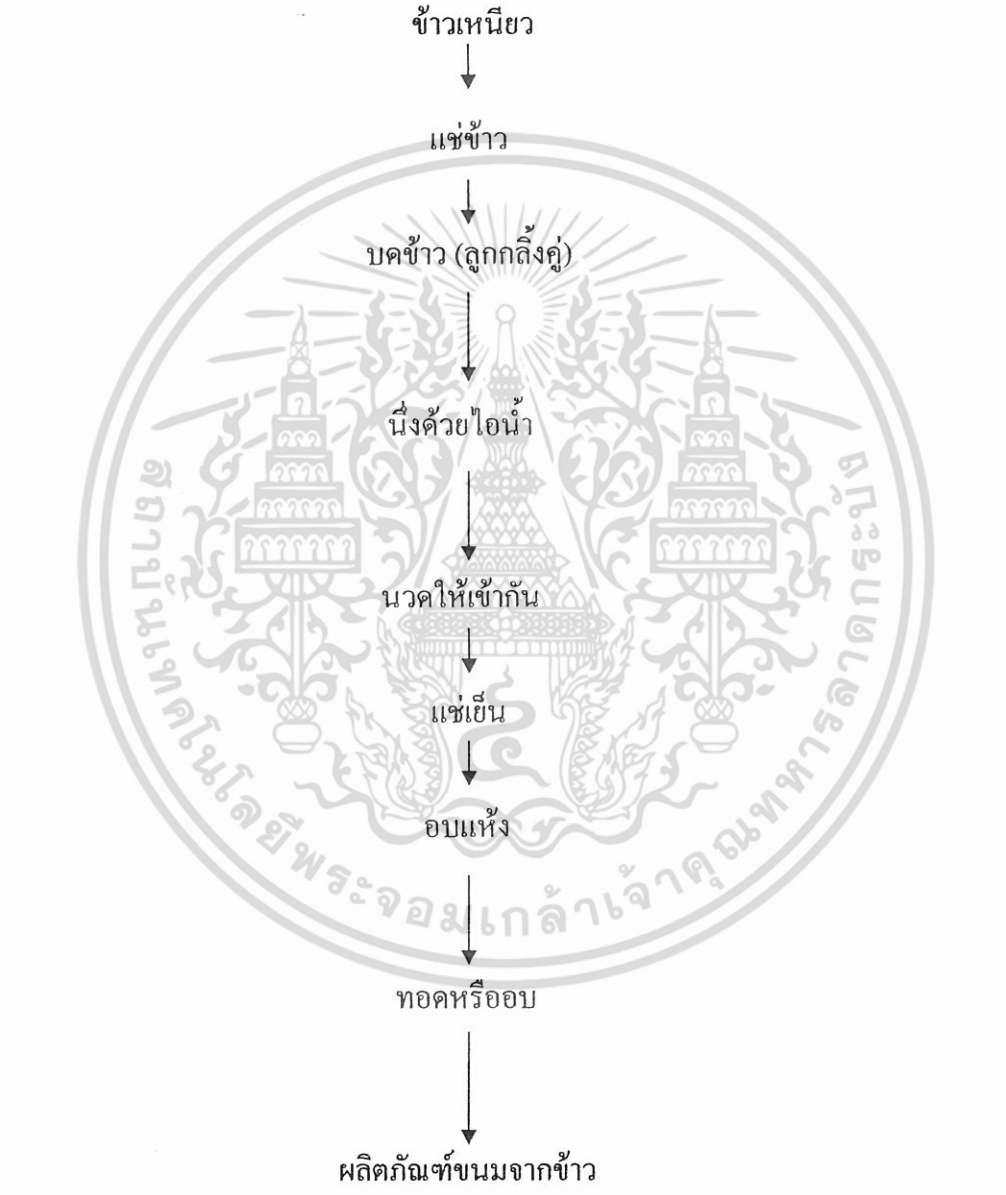


ภาพที่ 2 แสดงการจำแนกประเภทของไรซ์แครกเกอร์ โดยใช้ความถ่วงของขนม
ที่มา : อรรณพ (2537)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบวนการผลิตขนมอบกรอบจากข้าว

กระบวนการผลิตขนมอบกรอบจากข้าวเป็นการนำข้าวสารมาทำการแปรรูป โดยการบดการเจลาติไนเซชันของเม็ดแป้ง, นวด ขึ้นรูป จากนั้นให้ความร้อนภายใต้สูงทำให้เกิดการพองตัว ทำให้เกิดเป็นขนมอบกรอบแบบต่างๆ ขึ้นอยู่กับ ชนิดของข้าวและกรรมวิธีการผลิต กระบวนการผลิตขนมอบกรอบจากข้าวมีกรรมวิธีการผลิตดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แสดงกรรมวิธีการผลิตไรซ์แครกเกอร์

ที่มา: Noomhorm และคณะ (1997)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปลี่ยนแปลงในระหว่างกระบวนการผลิต

ในกระบวนการผลิตขนมอบกรอบ ผลิตภัณฑ์จะมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างและลักษณะเนื้อสัมผัส เนื่องจากการให้ความร้อนกับผลิตภัณฑ์ ทำเกิดการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบภายในของข้าวกล้อง โดยเฉพาะแป้ง ซึ่งแป้งเมื่อได้รับความร้อนในกระบวนการผลิตจะเกิดปรากฏการณ์ เจลาติไนเซชันรีโทรกราเดชัน และการพองตัว

1. การเกิดเจลาติไนเซชัน (gelatinization)

โมเลกุลของแป้งประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl group) จำนวนมากยึดเกาะกันด้วยพันธะไฮโดรเจน มีสมบัติชอบน้ำ (hydrophilic) เนื่องจากเม็ดแป้งอยู่ในรูปของร่างแห micelle การจัดเรียงตัวลักษณะนี้ทำให้เม็ดแป้งละลายในน้ำเย็นได้ยาก เมื่อเม็ดแป้งอยู่ในน้ำเย็นเม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำและพองตัวได้เล็กน้อย การเกิดเจลาติไนเซชัน(gelatinization) เป็นค่าที่ใช้ในบอกถึงลักษณะเฉพาะของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น เมื่อเม็ดแป้งและน้ำได้รับความร้อนจนถึงอุณหภูมิระดับหนึ่งที่แน่นอน เม็ดแป้งจะเกิดการพองตัวและมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง ภายในเม็ดแป้งจะมีการสูญเสียรอยกากบาก (birefringence) การเกิดเจลาติไนเซชันของเม็ดแป้งมี 3 ระยะ (กล้าณรงค์, 2542) คือ

- ระยะแรก เม็ดแป้งจะดูดน้ำเย็นได้จำกัด และเกิดการพองตัวแบบผันกลับได้เนื่องจากร่างแหระหว่าง micelle ยืดหยุ่นได้จำกัด ความหนืดของสารแขวนลอยจะไม่เพิ่มขึ้นจนเห็นได้ชัดเม็ดแป้งยังคงรักษารูปร่างและโครงสร้างแบบ birefringence ได้

- ระยะที่สอง เม็ดแป้งจะพองตัวอย่างรวดเร็ว ร่างแหระหว่าง micelle ภายในเม็ดแป้งจะอ่อนแอลงเนื่องจากพันธะไฮโดรเจนถูกทำลาย เม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำเข้ามามากและเกิดการพองตัวแบบผันกลับไม่ได้ เรียกว่าการเกิดเจลาติไนเซชัน เม็ดแป้งมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างและโครงสร้าง birefringenceความหนืดของสารแขวนลอยจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว

- ระยะที่สาม เมื่อให้ความร้อนต่อไปอีกรูปร่างของเม็ดแป้งจะไม่แน่นอน การละลายของเม็ดแป้งจะเพิ่มขึ้น เมื่อนำไปทำให้เย็นจะเกิดเจล

ในระหว่างการเกิดเจลาติไนเซชัน เม็ดแป้งจะเกิดการพองตัวแบบผันกลับไม่ได้ และอะไมโลสจะไหลออกจากโครงสร้างร่างแหสามมิติ เมื่อการพองตัวของเม็ดแป้งเกิดขึ้นลักษณะของของเพสต์ (paste) จะปรากฏเมื่อมีการสูญเสียร่างแห ซึ่งรูปร่างของเจล หรือเพสต์ เป็นปัจจัยเบื้องต้นที่จะต้องมีการควบคุม เพราะส่งผลกระทบถึงคุณภาพและเนื้อสัมผัสของอาหารได้ (กล้าณรงค์, 2542)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. รีโทรกราเดชัน (Retrogradation)

เมื่อแป้งได้รับความร้อนจนถึงอุณหภูมิที่เริ่มเจลาติไนเซชัน (gelatinization temperature) แล้วยังคงให้ความร้อนต่อไป เม็ดแป้งจะพองตัวเพิ่มขึ้นจนถึงจุดที่เม็ดแป้งพองตัวเต็มที่และแตกออก โมเลกุลของอะไมโลสขนาดเล็กจะกระจัดกระจายออกมาทำให้ความหนืดลดลง เมื่อปล่อยให้เย็นตัว โมเลกุลอะไมโลสที่อยู่ใกล้กันจะเกิดการจัดเรียงตัวกันใหม่ด้วยพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุล เกิดเป็นร่างแหสามมิติที่มีโครงสร้างใหม่ที่สามารถอุ้มน้ำและไม่มีการดูดน้ำเข้ามาอีก มีความหนืดคงตัวมากขึ้น เกิดลักษณะเจลเหนียวคล้ายฟิล์มหรือผลึก เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า การเกิดรีโทรกราเดชัน (Retrogradation) หรือการคืนตัว เมื่อลดอุณหภูมิให้ต่ำลงไปอีก ลักษณะการเรียงตัวของโครงสร้างจะแน่นมากขึ้น โมเลกุลอิสระของน้ำที่อยู่ภายในจะถูกบีบออกมานอกเจล เรียกว่า syneresis ซึ่งปรากฏการณ์ทั้งสองนี้จะทำให้เจลมีลักษณะขาวขุ่นและมีความหนืดเพิ่มขึ้น (กล้าณรงค์, 2542)

อัตราของการเกิดรีโทรกราเดชันขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น แหล่งของแป้ง อุณหภูมิกระบวนการให้ความร้อน กระบวนการให้ความเย็น ระยะเวลาในการเก็บ ปริมาณของอะไมโลสและอะไมโลเพกติน ความเข้มข้นของเกลือ ความเข้มข้นของกรด ปริมาณของไขมันและ surfactant รวมทั้งความเข้มข้นของน้ำตาล อะไมโลสที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่จะมีอัตราการเกิดรีโทรกราเดชันต่ำกว่าอะไมโลสที่มีขนาดโมเลกุลเล็ก (กล้าณรงค์, 2542)

3. การพองตัว

การพองตัวของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวมีความสำคัญต่อผลิตภัณฑ์ เพราะเป็นปัจจัยคุณภาพอย่างหนึ่งในการยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค การพองตัวของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 ประการ คือ ความดันและความต้านทาน ความดันเกิดจากน้ำที่แทรกอยู่ในอาหารเกิดการขยายตัวดันให้เนื้ออาหารเป็นโพรง หรือรูพรุน เพื่อให้ความชื้นออกจากเนื้ออาหารได้ ในขณะเดียวกันก็จะเกิดแรงต้าน หรือแรงยึดมิให้น้ำขยายตัวหลุดออกไป ถ้าใช้พลังงานพอเหมาะจะทำให้ความดันเท่ากับความต้านทาน การพองตัวที่ได้จะสม่ำเสมอทั่วทั้งชิ้นอาหาร ความชื้นที่เหลืออยู่พอเหมาะที่จะทำให้มีความกรอบพอเหมาะพอดี และมีโครงสร้างเนื้อสัมผัสดีไปด้วย แต่ถ้าความดันน้อยกว่าความต้านทาน ลักษณะเนื้อสัมผัสจะไม่ดี มีรูพรุนไม่สม่ำเสมอ ส่วนที่ไม่เป็นรูพรุนก็จะแห้ง (Charles, 1969)

Murray และคณะ (1968) รายงานว่า สัดส่วนของอะไมโลสและอะไมโลเพกตินในแป้งมีผลต่อคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปที่ได้ โดยอะไมโลเพกตินจะช่วยให้ผลิตภัณฑ์พองตัว มีลักษณะโปร่งเบาและแตกหักได้ สำหรับการใช้แป้งที่มีปริมาณอะไมโลสสูงจะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้แข็งกว่า และมีข้อจำกัดในการพองตัว นอกจากนั้นยังพบอัตราส่วนของอะไมโลสและอะไมโลเพกตินมีอิทธิพลทางอ้อมต่อการดูดซับน้ำมันของผลิตภัณฑ์ระหว่างทอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วย ดังนั้นผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวแต่ละชนิดจะต้องมีปริมาณอะไมโลสและอะไมโลเพกตินในแป้งอยู่ในอัตราส่วนที่เหมาะสม โดยแป้งที่มีอะไมโลสร้อยละ 5-20 จะให้คุณสมบัติที่พองตัวดีแต่ไม่ดูดซับน้ำมากเกินไป (Matz, 1984)

Case และคณะ (1992) รายงานว่า อุณหภูมิของการเจลาติไนซ์ที่สูงเกินพอ จะให้ผลิตภัณฑ์ที่มีความพองตัวสูง และพบว่าการเพิ่มอุณหภูมิของการเอกซ์ทรูชันจะทำให้การเกิดเจลาติไนเซชั่นที่สมบูรณ์ และได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความพองตัวสูง ความหนาแน่นต่ำ ต่อมา Chinnasawamy และ Hanna (1998) แสดงให้เห็นว่า สัดส่วนในการพองตัวของแป้งจะเพิ่มขึ้นตั้งแต่ 8 ถึง 16.4 เท่า เมื่อมีปริมาณอะไมโลสเพิ่มขึ้นตั้งแต่ร้อยละ 0 ถึง 50 ของน้ำหนักแห้ง และแป้งที่ต่างชนิดกันจะมีอุณหภูมิที่เหมาะสมในกระบวนการเอกซ์ทรูชันที่แตกต่างกัน และนอกจากนี้ยังพบว่าโปรตีนมีอยู่ในวัตถุดิบมีผลต่อความพองตัว โดยที่ปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นทำให้อัตราส่วนในการพองตัวในผลิตภัณฑ์ลดลง นอกจากนี้หากมีการเติมสารอื่นๆ ลงไปในระหว่างกระบวนการเอกซ์ทรูชันยังทำให้มีผลต่อสมบัติในการพองตัวหรือขยายตัวด้วย เช่น การเติมโซเดียมคลอไรด์ จะช่วยให้การพองตัวของแป้งต่างๆ เพิ่มขึ้น 0.5 ถึง 5.5 หน่วย แต่เมื่อใช้ร่วมกันกับโซเดียมไบคาร์บอเนตและยูเรียจะทำให้อัตราส่วนในการพองตัวของแป้งต่างๆลดลง ตั้งแต่ 1 ถึง 6 หน่วย สำหรับไขมันและเยื่อใยอาหารที่พบในวัตถุดิบก็จะมีส่วนลดการพองตัวทางปริมาตรของอาหารขบเคี้ยวด้วย

คุณภาพด้านการพองตัวของผลิตภัณฑ์แสดงถึงคุณภาพของขนมอบกรอบจากข้าว ซึ่งขึ้นอยู่กับพันธุ์ของข้าวที่ใช้ในการผลิต อุณหภูมิที่ใช้ในการผลิต วิธีการนวดแป้ง ความชื้นของแป้งข้าว อัตราการดูดซึมน้ำ และความร้อนที่ใช้ในการนึ่งแป้ง (Luh, 1991)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

- ข้าวกล้องมันปู
- ปลายข้าวหอมมะลิ
- น้ำตาลทราย
- เกลือ

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

3.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบ

- เครื่องบดข้าว (WACO รุ่น BS 215 B, ไทย)
- เครื่องครัว
- เครื่องชั่ง (AND รุ่น HR 200, ญี่ปุ่น)
- เครื่องผสมแป้ง
- เครื่องรีดแป้ง
- ตู้อบลมร้อน (Patch รุ่น OV 663, ญี่ปุ่น)
- เครื่องอบย่าง
- pin mill (Retsch รุ่น ZM 1000, เยอรมัน)

3.2.2 อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางเคมีกายภาพ

<u>อุปกรณ์</u>

- เครื่องวัดสี (Minolta Chroma meter รุ่น CR 300, ญี่ปุ่น)
- เครื่องวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ (Thermoconstanter รุ่น TH 200, สวิสเซอร์แลนด์)
- เวอร์เนียคาลิปเปอร์
- Texture analyzer (รุ่นTA TX2i, อังกฤษ)
- Halogen Moisture Analyzer (Mettler Toledoรุ่น HR 73, เยอรมัน)
- hot air oven (Memmert , เยอรมัน)
- desicator
- distillation unit
- Spectrophotometer (Shimadzu UV-Vis รุ่น UV-1601, ออสเตรเลีย)
- Water bath (Memmert, เยอรมัน)
- บีกเกอร์
- Tong

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แท่งแก้วคน
- ปิเปต
- ขวดวัดปริมาตร 100 มิลลิลิตร
- ถาดฮาโลเจน
- ลูกยาง
- กรวย
- กระบอกน้ำกลั่น
- ตะแกรง

<u>สารเคมี</u>

- TBA
- 90% glacial acetic acid
- Hydrochloric acid 4 M

3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.3.1 การเตรียมวัตถุดิบและกรรมวิธีการผลิตเบื้องต้น ดังภาพที่ 4

ข้าวมันปู

↓

บดให้ละเอียดเป็นผง

↓

ผสมกับแป้งข้าวหอมมะลิ และส่วนผสมอื่นๆ เติมน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 100°C ในอัตราส่วน 1:6 ผสมให้เข้ากัน นำไปนึ่ง 45 นาที

↓

นวดเป็นเนื้อเดียวกัน แล้วรีดเป็นแผ่นหนา 1 มม. ตัดให้ได้ขนาดเดียวกัน อบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 3 ชม.

↓

พักแป้ง 12-18 ชม.

↓

อบแห้งต่อในตู้อบลมร้อน 60 °C เป็นเวลา 1 ชม.

↓

พักแป้งไว้ 8 ชม.

↓

อบย่าง

ภาพที่ 4 แสดงขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบและกรรมวิธีการผลิตเบื้องต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 แผนการทดลอง

1. การทดลองหาสูตรขนมอบกรอบที่เหมาะสม

1.1 การศึกษาอัตราส่วนของแป้งจากข้าวกล้องมันปูและแป้งจากปลายข้าวหอมมะลิ

อัตราส่วนของแป้งจากข้าวกล้องมันปูและแป้งจากปลายข้าวหอมมะลิที่เหมาะสมในการผลิตขนมอบกรอบโดยใช้อัตราส่วนดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงอัตราส่วนระหว่างแป้งจากข้าวกล้องมันปูและแป้งจากปลายข้าวหอมมะลิ

แป้งจากข้าวกล้องมันปู	1	1	1	1
แป้งจากปลายข้าวหอมมะลิ	0	1	2	4

การทดสอบผลิตภัณฑ์ทางประสาทสัมผัสและทางเคมีกายภาพ

การยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบต่อผลิตภัณฑ์

ทำการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบต่อผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบที่ผ่านการอบย่างแล้ว โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 20 คน ทำการประเมินคุณภาพทางด้าน สี กลิ่น รสชาติ ความกรอบและการยอมรับโดยรวม โดยใช้วิธีทดสอบแบบ 7 hedonic scale ดังปรากฏในภาคผนวก (ง) โดยคะแนนที่ 1 คือ ไม่ชอบมากที่สุด 2 คือไม่ชอบมาก 3 คือ ไม่ชอบ 4 คือ เฉยๆ5 คือ ชอบ 6 คือ ชอบมาก 7 คือ ชอบมากที่สุด

การทดสอบทางเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์

- อัตราส่วนการพองตัว (Expansion ratio)

ทำการวัดความหนาของตัวอย่างแผ่นแป้งก่อนอบย่างและหลังการอบย่างซึ่งนำวางซ้อนกัน โดยใช้ตัวอย่างจำนวน 5 ตัวอย่างด้วยเวอร์เนียคาลิปเปอร์

$$\text{อัตราส่วนการพองตัว} = \frac{\text{ความหนาของแผ่นแป้งหลังการอบย่าง}}{\text{ความหนาของแผ่นแป้งก่อนการอบย่าง}}$$

- ความหนาแน่นโดยรวม (Bulk density)

ทำการหาน้ำหนักของตัวอย่างและคำนวณหาปริมาตรของตัวอย่างทั้งหมด โดยผลิตภัณฑ์มีลักษณะเป็นวงกลมมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.66 เซนติเมตร(r) คูณด้วยความหนา(h) โดยใช้สูตร

$$\text{ปริมาตร} = \pi r^2 h$$

$$\text{และหา ความหนาแน่นโดยรวม} = \frac{\text{น้ำหนักของตัวอย่างทั้งหมด}}{\text{ปริมาตรของตัวอย่างทั้งหมด}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ปริมาณความชื้น (Moisture content)

บดขนมอบกรอบให้เป็นผงละเอียด ประมาณ 3 กรัมทำการวัดปริมาณความชื้นทั้งหมดด้วยเครื่อง Halogen Moisture Analyzer

- ค่าสี (Color measurement)

วัดสีบนแผ่นขนมอบกรอบที่วางซ้อนกัน 5 ชิ้นด้วยเครื่องวัดสี Minolta Chroma meter CR 300 โดยทำการวัดสีให้ทั่วทั้งแผ่นโดยวัดตัวอย่างละ 10 ครั้ง

- วอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w)

วัดวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w)ของตัวอย่างขนมอบกรอบที่บดละเอียดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสทำการวัดตัวอย่างละ 2 ซ้ำ ด้วยเครื่อง Thermoconstanter

- ความกรอบของผลิตภัณฑ์

นำแผ่นขนมอบกรอบมาทดสอบแรงกดแตกด้วยเครื่อง Texture analyzer (TA TX2i) ซึ่งใช้หัววัดแบบ Spherical stainless (P0.25s), ใช้ความเร็วของหัววัด 1 มิลลิเมตรต่อวินาที ระยะทาง 3 มิลลิเมตร นำค่าแรงสูงสุดที่ใช้มาเป็นค่าแรงกดแตก ทำซ้ำ 5 ตัวอย่างแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

1.2 การศึกษาความชื้นในแผ่นแป้งที่เหมาะสม

- ศึกษาความชื้นในแผ่นแป้งที่เหมาะสม ที่ความชื้น 3 ระดับคือ 10%, 12% และ14%

- ทำการทดสอบคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ในด้านการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบและการทดสอบทางเคมีกายภาพต่อผลิตภัณฑ์เช่นเดียวกับข้อ 1.1

1.3 การศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบย่าง

- ศึกษาอุณหภูมิที่ใช้ในการอบย่างขนมอบกรอบ ที่อุณหภูมิ 3 ระดับคือ 170, 200 และ 300 องศาเซลเซียส

- ทำการทดสอบคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ในด้านการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบและการทดสอบทางเคมีกายภาพต่อผลิตภัณฑ์เช่นเดียวกับข้อ 1.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การทดสอบการเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษา

ทำการเก็บตัวอย่างถุงละ 24 ชิ้น โดยทำการปิดผนึกแบบสภาวะปกติและสภาวะสุญญากาศ โดยนำมาทดสอบสัปดาห์ละ 1 ครั้ง เป็นเวลา 6 สัปดาห์ และนำมาทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางด้าน ความกรอบของผลิตภัณฑ์, ปริมาณความชื้น, วอเตอร์แอคติวิตี้(a_w), สี, การเหม็นหืน

3. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผลการคำนวณด้วย ANOVA และคำนวณค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan multiple range test (DMRT) โดยใช้โปรแกรม SPSS version 11.0 ในการประเมินผลดังนี้

- ผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบต่อผลิตภัณฑ์ ได้แก่ สี กลิ่นรสชาติ ความกรอบ และการยอมรับโดยรวม
- ผลการทดสอบทางเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ อัตราส่วนการพองตัว ความหนาแน่นโดยรวม, ความชื้นของแผ่นแป้ง, ความชื้นหลังอบ, วอเตอร์แอคติวิตี้, ความกรอบ และ การเปลี่ยนแปลงของสี (ΔE)
- การเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษา ได้แก่ ความกรอบของผลิตภัณฑ์, ปริมาณความชื้น, วอเตอร์แอคติวิตี้(a_w), สี และ การเหม็นหืน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลและวิจารณ์การทดลอง

1. การทดลองหาสูตรและสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตขนมอบกรอบ

1.1 การศึกษาหาอัตราส่วนของแป้งข้าวกล้องมันปูต่อแป้งข้าวหอมมะลิที่เหมาะสมในการผลิตขนมอบกรอบ

การทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างแป้งข้าวกล้องมันปูและแป้งข้าวหอมมะลิ สามารถหาสูตรที่เหมาะสมของแผ่นแป้งและผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบได้จากการนำแป้งข้าวกล้องมันปูและแป้งปลายข้าวหอมมะลิมาผสมกันในอัตราส่วนต่างๆ ดังแสดงดังภาพที่ 5 จากผลการทดลอง เมื่อเพิ่มอัตราส่วนของแป้งข้าวหอมมะลิ พบว่าสีน้ำตาลของแผ่นแป้งและผลิตภัณฑ์มีสีจางลง เนื่องจากข้าวหอมมะลิเป็นข้าวขัดขาว แต่ข้าวมันปูมีสีน้ำตาลแดง เมื่อเพิ่มอัตราส่วนของข้าวหอมมะลิจึงทำให้สีน้ำตาลของแผ่นแป้งและผลิตภัณฑ์จางลง และผลิตภัณฑ์ที่มีอัตราส่วนข้าวหอมมะลิเพิ่มขึ้นจะมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่มีความกรอบ และมีการพองตัวที่ดีแปรผันตามปริมาณข้าวหอมมะลิที่เพิ่มขึ้น

ภาพที่ 5 แสดงลักษณะของผลิตภัณฑ์หลังอบ **(A)** และก่อนอบ **(B)** ที่ใช้แป้งข้าวมันปูและแป้งข้าวหอมมะลิในอัตราส่วนต่างๆ

ผลการทดสอบลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ที่มีอัตราส่วนแป้งข้าวกล้องมันปูและแป้งข้าวหอมมะลิ พบว่า ความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกับค่าความกรอบที่แสดงให้อยู่ในรูปค่าแรงกดแตก(กรัม) ในขณะที่อัตราส่วนการพองตัว, ความชื้นก่อนอบ(เปอร์เซ็นต์), ความชื้นหลังอบ(เปอร์เซ็นต์) และค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ นั้น มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 แสดงผลการทดสอบทางกายภาพต่อผลิตภัณฑ์ที่มีอัตราส่วนของแป้งข้าวมันปูต่อแป้งข้าวหอมมะลิต่างๆ เพื่อศึกษาอัตราส่วนของแป้งที่เหมาะสม

ลักษณะทางกายภาพ	อัตราส่วนแป้งข้าวมันปูต่อแป้งข้าวหอมมะลิ			
	1:0	1:1	1:2	1:4
อัตราส่วนการพองตัว	1.50 ± 0.02^{a}	1.59 ± 0.02^{b}	1.58 ± 0.40^{b}	1.72 ± 0.06^{c}
ความหนาแน่น(กรัม/ลบ.ซม.)	0.12 ± 0.03^{a}	0.11 ± 0.03^{a}	0.11 ± 0.02^{a}	0.11 ± 0.04^{a}
ความชื้นก่อนอบ(%)	14.00 ± 0.13^{a}	13.76 ± 0.07^{b}	13.07 ± 0.12^{c}	12.61 ± 0.23^{d}
ความชื้นหลังอบ(%)	5.52 ± 0.12^{a}	4.12 ± 0.12^{b}	4.85 ± 0.06^{c}	3.53 ± 0.10^{d}
วอเตอร์แอคติวิตี้	0.475 ± 0.00^{a}	0.257 ± 0.01^{b}	0.199 ± 0.02^{c}	0.176 ± 0.00^{c}
ความกรอบ(กรัม)	1021 ± 60^{a}	1261 ± 299^{a}	1124 ± 255^{a}	1304 ± 371^{a}
สีหลังอบ(ΔE)	10.58	6.21	3.19	-

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%(α=0.05)

ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากอัตราส่วนของแป้งข้าวกล้องมันปูต่อแป้งข้าวหอมมะลิเท่ากับ1:4 มีอัตราส่วนการพองตัวสูงสุด คือ 1.72 ± 0.06 เท่า ในขณะที่ผลิตภัณฑ์จากแป้งข้าวมันปูมีอัตราส่วนการพองตัวต่ำสุด คือ เท่ากับ 1.50 ± 0.02 เท่า การเพิ่มอัตราส่วนแป้งข้าวหอมมะลิจะทำให้อัตราส่วนการพองตัวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าองค์ประกอบในแป้งที่ได้จากข้าวทั้งสองชนิดอาจมีผลต่ออัตราส่วนการพองตัวของผลิตภัณฑ์ เช่น ปริมาณอะไมโลส, อะไมโลเพกติน, ไขมันและเยื่อใยอาหารที่พบในวัตถุดิบก็จะช่วยมีส่วนลดการพองตัวของปริมาตรของอาหารขบเคี้ยวด้วย (Case และคณะ,1992)

ในขณะที่ความชื้นก่อนอบและความชื้นหลังอบในผลิตภัณฑ์จากแป้งข้าวกล้องมันปูอย่างเดียวจะมีความชื้นสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมแป้งข้าวหอมมะลิโดยมีความชื้นเท่ากับ 14.00 ± 0.13 และ 5.52 ± 0.12 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมแป้งข้าวหอมมะลิสูงจะมีความชื้นต่ำกว่า คือ มีความชื้นก่อนอบย่างและหลังอบย่าง เท่ากับ 12.61 ± 0.23 และ 3.53 ± 0.10 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และเมื่อวิเคราะห์หาค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ในผลิตภัณฑ์ พบว่า มีความสอดคล้องกับปริมาณความชื้นก่อนหลังอบ กล่าวคือโดยผลิตภัณฑ์จากแป้งข้าวกล้องมันปูอย่างเดียวมีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ สูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมแป้งข้าวหอมมะลิ คือ มีค่าเท่ากับ 0.475 ± 0.00 และ 0.176 ± 0.00 ตามลำดับ การเพิ่มปริมาณของแป้งข้าวหอมมะลิจะทำให้ความชื้นก่อบอบ, ความชื้นหลังอบ และค่าวอเตอร์แอคติวิตี้มีค่าลดลง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องค์ประกอบของแป้งข้าวหอมมะลิมีปริมาณปริมาณอะไมโลส, อะไมโลเพกติน และใยอาหารที่แตกต่างจากข้างกล้องมันปู จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีการดูดซับน้ำที่ต่ำกว่าผลิตภัณฑ์จากข้าวกล้องมันปูเพียงอย่างเดียว

ผลการทดลองการเปลี่ยนแปลงสี(ΔE) ของผลิตภัณฑ์หลังการอบย่าง โดยใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีอัตราส่วนของแป้งข้าวกล้องมันปูและแป้งข้าวหอมมะลิอัตราส่วน 1:4 เป็นตัวเปรียบเทียบ พบว่าการลดอัตราส่วนของข้าวหอมมะลิจะทำให้ค่าการเปลี่ยนแปลงสีเพิ่มสูงขึ้น ผลิตภัณฑ์ที่มีเติมแป้งข้าวหอมมะลิลดลง 2 เท่าจะมีการเปลี่ยนแปลงสีเท่ากับ 3.19 ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากข้าวกล้องมันปูอย่างเดียวจะมีการเปลี่ยนสีมากที่สุด (10.58)

การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบ โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 20 คน ทำการประเมินคุณภาพทางด้าน สี กลิ่น รสชาติ ความกรอบและการยอมรับโดยรวม โดยใช้วิธีทดสอบแบบ 7 hedonic scale แสดงคะแนนการทดสอบผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบเพื่อหาอัตราส่วนของแป้งที่เหมาะสมสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4 โดยใช้ผลคะแนนการยอมรับโดยรวมเป็นเกณฑ์การคัดเลือกอัตราส่วนที่เหมาะสมในการหาสูตรผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 4 แสดงผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสต่อผลิตภัณฑ์ที่มีอัตราส่วนของแป้งข้าวมันปูต่อแป้งข้าวหอมมะลิต่างๆ

คุณลักษณะ	อัตราส่วนแป้งข้าวมันปูต่อแป้งข้าวหอมมะลิ			
	1:0	1:1	1:2	1:4
สี	3.00 ± 1.30^{a}	3.95 ± 1.10^{b}	5.00 ± 0.80^{c}	4.05 ± 1.91^{b}
กลิ่น	3.95 ± 1.40^{a}	4.10 ± 1.33^{ab}	5.10 ± 0.64^{c}	3.35 ± 0.93^{ad}
รสชาติ	3.35 ± 1.53^{a}	3.35 ± 1.46^{a}	4.60 ± 1.19^{b}	3.45 ± 1.47^{a}
ความกรอบ	4.10 ± 1.25^{a}	3.85 ± 1.45^{a}	4.95 ± 0.69^{b}	4.45 ± 1.36^{abc}
การยอมรับโดยรวม	3.45 ± 1.10^{a}	3.95 ± 0.10^{ab}	5.10 ± 0.97^{bC}	4.25 ± 1.52^{C}

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%(α=0.05)

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่มีอัตราส่วนของแป้งข้าวมันปูต่อแป้งข้าวหอมมะลิเป็น 1:2 สูงสุดในคุณลักษณะทางด้านกลิ่น, รสชาติและความกรอบ โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

97107

สถิติคือ เท่ากับ 5.10±0.64, 4.60±1.19 และ 4.95±0.69 ตามลำดับ แสดงว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ที่มีอัตราส่วนของแป้งข้าวมันปู 1 ส่วนต่อแป้งข้าวหอมมะลิ 2 ส่วน (ตารางที่ 4)

เมื่อวิเคราะห์คะแนนการทดสอบทางด้านสีของผลิตภัณฑ์ พบว่า ผู้ทดสอบให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ที่ได้จากแป้งข้าวมันปูต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณของแป้งข้าวหอมมะลิมากขึ้น โดยผลิตภัณฑ์ที่ใช้แป้งข้าวมันปูต่ำ คือ 1:0 มีคะแนนการทดสอบเท่ากับ 3.00±1.30 ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่ใช้แป้งข้าวหอมมะลิสูงกว่า คือ 1:2 มีคะแนนการทดสอบสูงกว่า เท่ากับ 5.00±0.80 แสดงว่าผลิตภัณฑ์จากแป้งข้าวมันปูเพียงอย่างเดียวมีการยอมรับด้านสีต่ำกว่า การเติมแป้งข้าวหอมมะลิทั้งนี้อาจเนื่องจาก ผลิตภัณฑ์จากแป้งข้าวมันปูมีสีคล้ำมาก ดูไม่น่ารับประทาน

ในขณะการยอมรับโดยรวมมีคะแนนการทดสอบสูงที่สุดในผลิตภัณฑ์ที่มีอัตราส่วนของแป้งข้าวมันปูต่อแป้งข้าวหอมมะลิเป็น 1:2 คือ 5.10±0.97 แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในผลิตภัณฑ์ที่มีอัตราส่วนของแป้งข้าวมันปูต่อแป้งข้าวหอมมะลิเป็น 1:4 หรือ 1:1 แสดงว่าผู้ทดสอบยอมรับผลิตภัณฑ์ที่ได้จากแป้งข้าวมันปูและแป้งข้าวหอมมะลิในอัตราส่วน 1:2 หรือ 1:4 ไม่มีความแตกต่างกัน หรือ ผลิตภัณฑ์ในอัตราส่วน 1:2 หรือ 1:1 ไม่มีความแตกต่างกัน แต่ ผลิตภัณฑ์ในอัตราส่วน 1:1 หรือ 1:4 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นในการยอมรับโดยรวม สามารถใช้ แป้งข้าวหอมมะลิ 1 ถึง 2 ส่วนได้ แม้ว่าจะมีคะแนนการยอมรับโดยรวมต่ำกว่า จากผลการทดลองดังกล่าวจึงเลือกใช้อัตราส่วนของแป้งข้าวมันปูต่อแป้งข้าวหอมมะลิเท่ากับ 1:2 ในการทดสอบปัจจัยที่มีผลในกระบวนการผลิตต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 การศึกษาปริมาณความชื้นของแผ่นแป้งที่เหมาะสมในกระบวนการผลิตขนมอบกรอบ

การทดลองหาปริมาณความชื้นของแผ่นแป้งที่เหมาะสมในกระบวนการผลิต โดยให้แผ่นแป้งก่อนอบย่างมีความชื้นระหว่าง 10 ถึง 14 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตารางที่ 5 เมื่อความชื้นของแผ่นแป้งเพิ่มขึ้น พบว่า สีของผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาลเข้มขึ้นกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นของแผ่นแป้งต่ำกว่า แสดงว่าปริมาณน้ำมีผลต่อการกระเจิงของแสงทำดูเหมือนว่าให้สีของผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างกัน ปริมาณน้ำเริ่มต้นในแผ่นแป้งมีผลต่อความกรอบ, อัตราส่วนการพองตัว, ความชื้นหลังอบ(%), วอเตอร์แอคติวิตี้ที่มีค่ามากขึ้นเมื่อความชื้นของแผ่นแป้งเพิ่มขึ้นในขณะที่ความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์จะมีค่าลดลง

ตารางที่ 5 แสดงผลของปริมาณความชื้นแผ่นแป้งต่อกระบวนการผลิตขนมอบกรอบทางกายภาพ

ลักษณะทางกายภาพ	ความชื้น(%)		
	10%	12%	14%
อัตราส่วนการพองตัว	2.10 ± 0.11^{a}	2.31 ± 0.13^{b}	2.59 ± 0.06^{c}
ความหนาแน่น(กรัม/ลบ.ซม.)	0.049 ± 0.003^{a}	0.046 ± 0.002^{ab}	0.045 ± 0.003^{b}
ความชื้นหลังอบ(%)	4.52 ± 0.12^{a}	5.13 ± 0.11^{b}	5.89 ± 0.08^{c}
วอเตอร์แอคติวิตี้	0.198 ± 0.004^{a}	0.229 ± 0.008^{b}	0.269 ± 0.007^{c}
ความกรอบ(กรัม)	1624 ± 294^{a}	1706 ± 723^{a}	1742 ± 499^{a}
สีหลังอบ(ΔE)	0.76	2.05	3.92

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%(α=0.05)

ผลการทดสอบลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ที่ระดับความชื้นแตกต่างกัน พบว่า ค่าความกรอบที่แสดงให้อยู่ในรูปค่าแรงกดแตก(กรัม) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่อัตราส่วนการพองตัว, ความหนาแน่น(กรัม/ลบ.ซม.), ความชื้นก่อนอบ(เปอร์เซ็นต์), ความชื้นหลังอบ(เปอร์เซ็นต์) และค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ นั้น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 5) โดยที่ผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นก่อนอบสูงที่สุด (14 เปอร์เซ็นต์) จะมีอัตราส่วนการพองตัวสูงสุด เท่ากับ 2.59 ± 0.06 เท่า ในขณะที่ผลิตภัณฑ์มีความชื้นก่อนอบ 10 เปอร์เซ็นต์ จะมีอัตราส่วนการพองตัวต่ำสุด เท่ากับ 2.10 ± 0.11 เท่า ปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้นจะทำให้อัตราส่วนการพองตัวเพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าปริมาณความชื้นในแผ่นแป้งก่อนอบมีผลต่อการพองตัวของผลิตภัณฑ์โดยความดันเกิดจากน้ำที่แทรกอยู่ในอาหารเกิดการขยายตัวดันให้เนื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาหารเป็นโพรง หรือรูพรุน เพื่อให้ความชื้นออกจากเนื้ออาหารได้ (Charles, 1969) อัตราส่วนการพองตัวจะแปรผกผันกับความหนาแน่น เนื่องจากถ้าผลิตภัณฑ์มีการพองตัวสูง จะทำให้เกิดการ เปลี่ยนแปลงของปริมาตรมาก ทำให้ความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์ลดลง จากผลการทดลองความหนาแน่นจะแปรผกผันกับปริมาณความชื้นและอัตราส่วนการพองตัวที่เพิ่มขึ้น โดยที่ความหนาแน่นแผ่นของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากแป้งความชื้น 10 และ 14 เปอร์เซ็นต์จะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่แผ่นแป้งความชื้น 12 เปอร์เซ็นต์ไม่มีความแตกต่างกันทั้งที่ระดับความชื้น 10 และ 14 เปอร์เซ็นต์

เมื่อทำการวิเคราะห์หาค่าวอเตอร์แอคติวิตี้กับความชื้นหลังอบในผลิตภัณฑ์ พบว่า มีสอดคล้องกับความชื้นก่อนการอบย่าง โดยผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นก่อนการอบย่างสูงกว่าจะมีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้และความชื้นหลังอบย่างสูงกว่า คือ เท่ากับ 0.269$\pm$0.007 และ 5.89$\pm$0.08 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นก่อนการอบย่างต่ำกว่าจะมีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้และความชื้นหลังอบต่ำกว่าคือ เท่ากับ 0.198$\pm$0.004 และ 4.52$\pm$0.12 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แสดงว่าในการอบย่างมีการระเหยของน้ำในปริมาณที่เท่ากันในผลิตภัณฑ์ที่มีความแตกต่างของปริมาณความชื้นก่อนการอบย่าง

ผลการวัดการเปลี่ยนแปลงสี(ΔE) ของผลิตภัณฑ์หลังการอบย่างโดยใช้อัตราส่วนของแป้งข้าวมันปูและแป้งข้าวหอมมะลิอัตราส่วน 1:4 เป็นค่ามาตรฐาน (ตารางภาคผนวก ข) พบว่าผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณความชื้นก่อนอบเท่ากับ 10 เปอร์เซ็นต์ มีการเปลี่ยนแปลงสีต่ำกว่าที่ 14 เปอร์เซ็นต์ คือเท่ากับ 0.76 และ 3.92 ตามลำดับ แสดงว่าปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความแตกต่างของสีสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นต่ำ จึงทำให้ค่า ΔE สูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

21043

ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบเพื่อศึกษาหาความชื้นของแผ่นแป้งที่เหมาะสม (ตารางที่ 6) พบว่าคะแนนคุณลักษณะทางด้านสี, กลิ่น, รสชาติและความกรอบของผลิตภัณฑ์ที่ได้แผ่นแป้งความชื้น 10, 12 และ 14 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่คะแนนการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากแผ่นแป้งความชื้น 14 เปอร์เซ็นต์ มีค่า 5.25±0.85 และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับผลิตภัณฑ์ที่ได้จากแผ่นแป้งความชื้น 10 และ 12 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จากแผ่นแป้งความชื้นอื่นๆ ดังนั้นจากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสดังกล่าว จึงเลือกใช้แผ่นแป้งความชื้น 14 เปอร์เซ็นต์ ในการศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบย่าง

ตารางที่ 6 แสดงผลของคะแนนการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบต่อปริมาณความชื้นของแผ่นแป้งก่อนการอบย่าง

คุณลักษณะ	ความชื้น(%)		
	10	12	14
สี	4.00±1.12[a]	4.45±1.47[a]	3.75±1.45[a]
กลิ่น	3.65±1.35[a]	4.20±1.51[a]	4.00±1.49[a]
รสชาติ	4.05±1.23[a]	4.50±1.28[a]	4.20±1.28[a]
ความกรอบ	4.75±1.48[a]	4.75±0.97[a]	4.80±1.40[a]
การยอมรับโดยรวม	4.25±1.12[a]	4.55±0.95[a]	5.25±0.85[b]

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%(α=0.05)

1.3 การศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบย่างในกระบวนการผลิตขนมอบกรอบ

การทดลองหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบย่าง ทำให้สามารถหาสูตรและสภาวะที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบได้โดยการใช้อุณหภูมิในการอบย่างระหว่าง 170 – 230 องศาเซลเซียส จากผลการทดลองว่า เมื่ออุณหภูมิที่ใช้ในการอบย่างเพิ่มขึ้น พบว่า สีของผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาลที่เข้มขึ้น ความกรอบ และอัตราส่วนการพองตัวเพิ่มขึ้น แต่ความชื้นหลังอบ(%), วอเตอร์แอคติวิตี้ และความหนาแน่นมีค่าลดลง (ตารางที่ 7)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
หองสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

ตารางที่ 7 แสดงผลของอุณหภูมิในการอบย่างต่อกระบวนการผลิตขนมอบกรอบทางกายภาพ

ลักษณะทางกายภาพ	อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)		
	170	200	230
อัตราส่วนการพองตัว	2.03 ± 0.07^{a}	2.46 ± 0.08^{b}	2.69 ± 0.07^{c}
ความหนาแน่น(กรัม/ลบ.ซม.)	0.07 ± 0.01^{a}	0.06 ± 0.01^{b}	0.06 ± 0.00^{b}
ความชื้นหลังอบ(เปอร์เซ็นต์)	6.42 ± 0.04^{a}	6.09 ± 0.03^{b}	5.64 ± 0.07^{c}
วอเตอร์แอคติวิตี้	0.348 ± 0.041^{a}	0.340 ± 0.032^{a}	0.204 ± 0.072^{b}
ความกรอบ	1318 ± 262^{a}	1381 ± 284^{a}	1388 ± 392^{a}
สีหลังอบ(ΔE)	1.91	1.26	2.05

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%(α=0.05)

ผลการทดสอบลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ที่ใช้อุณหภูมิในการอบย่าง 170 ถึง 230 องศาเซลเซียส พบว่า ค่าความกรอบที่แสดงให้อยู่ในรูปค่าแรงกดแตก(กรัม) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่อัตราส่วนการพองตัว, ความชื้นหลังอบ(เปอร์เซ็นต์) และค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ นั้น มีความแตกต่างกันทางสถิติ ผลิตภัณฑ์ที่ใช้อุณหภูมิ 230 องศาเซลเซียส มีอัตราส่วนการพองตัวสูงที่สุด คือ 2.69 ± 0.07 เท่า ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่ใช้อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียสจะมีอัตราส่วนการพองตัวต่ำที่สุดเท่ากับ 2.03 ± 0.07 การใช้อุณหภูมิในการอบย่างเพิ่มขึ้นจะทำให้อัตราส่วนการพองตัวเพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าพลังงานที่พอเหมาะจะทำให้ความดันเท่ากับความต้านทาน การพองตัวที่ได้จะดีสม่ำเสมอทั่วทั้งชิ้นอาหาร (Charles, 1969) ในขณะที่ความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์จะมีค่ามากที่สุด เท่ากับ 0.07 ± 0.01 (กรัม/ลบ.ซม.) และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการใช้อุณหภูมิ 200 และ 230 องศาเซลเซียส แสดงว่า การใช้อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส ให้พลังงานไม่เพียงพอ จึงทำให้ความดันน้อยกว่าความต้านทาน เกิดการพองตัวต่ำและไม่สม่ำเสมอ ลักษณะเนื้อสัมผัสที่ได้จะไม่ดี

ในขณะที่ความชื้นหลังอบ และค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ จะมีค่าสูงสุดเมื่อในผลิตภัณฑ์ที่ใช้อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส คือมีค่าเท่ากับ 6.42 ± 0.04 เปอร์เซ็นต์ และ 0.348 ± 0.041 ตามลำดับ แต่เมื่อใช้อุณหภูมิในการอบย่างที่ 230 องศาเซลเซียส จะมีค่าความชื้นต่ำสุดเท่ากับ 5.64+0.07 เปอร์เซ็นต์ และค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ 0.204 ± 0.072 ตามลำดับ แสดงว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการอบย่างมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลต่อความชื้นหลังอบ และค่าวอเตอร์แอคติวิตี้โดย เมื่อใช้อุณหภูมิในการอบย่างเพิ่มขึ้นจะทำให้เกิดการระเหยน้ำเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นความชื้นหลังอบ และค่าวอเตอร์แอคติวิตี้มีค่าลดลง

การวิเคราะห์ผลการเปลี่ยนแปลงสี(ΔE) ของผลิตภัณฑ์หลังการอบย่างโดยใช้อัตราส่วนของแป้งข้าวกล้องมันปูและแป้งข้าวหอมมะลิอัตราส่วน 1:4 เป็นค่ามาตรฐาน ในการทดลองหาอัตราส่วนของแป้งที่เหมาะสม พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ใช้อุณหภูมิในการอบย่างสูงที่ 230 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงสีมากที่สุด (2.05) ในขณะที่การใช้อุณหภูมิ 170องศาเซลเซียสมีค่าเท่ากับ 1.91 การใช้อุณหภูมิที่ในการอบย่างเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าการเปลี่ยนแปลงสีเพิ่มขึ้น แสดงว่าอุณหภูมิสูงจะเร่งให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีสูงขึ้น เช่น การเกิด Browning reaction ทำให้สีของผลิตภัณฑ์เข้มขึ้น

การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบเพื่อศึกษาหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบย่าง พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์ทางด้านกลิ่น, รสชาติ, ความกรอบ และการยอมรับโดยรวม สูงสุดเมื่อใช้อุณหภูมิในการอบย่างสูงที่ 230 องศาเซลเซียส เท่ากับ 4.65$\pm$1.35, 5.00$\pm$1.38, 5.50$\pm$1.15 และ5.80$\pm$0.62 ตามลำดับ และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการใช้อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตามผู้ทดสอบมีความชอบสีของผลิตภัณฑ์ที่ใช้อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส ในการอบย่าง โดยมีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสสูงสุด เท่ากับ 5.00$\pm$1.30 และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 8) ดังนั้นการทดลองนี้จึงเลือกใช้การอบย่างที่อุณหภูมิ 230 องศาเซลเซียส เนื่องจากคะแนนความชอบโดยรวมสูงกว่าและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากสีของผลิตภัณฑ์สามารถใช้วิธี coating เพื่อให้ผู้ทดสอบยอมรับมากขึ้นได้

ตารางที่ 8 แสดงผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบเพื่อศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบย่าง

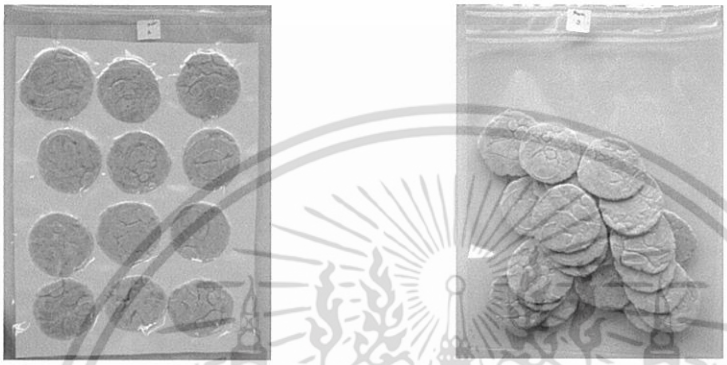
คุณลักษณะ	อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)		
	170	200	230
สี	5.00$\pm$1.30^{a}	4.05$\pm$1.57^{b}	4.10$\pm$1.62^{b}
กลิ่น	3.90$\pm$1.12^{a}	4.10$\pm$1.12^{ab}	4.65$\pm$1.35^{bc}
รสชาติ	3.90$\pm$1.30^{a}	4.35$\pm$1.14^{ab}	5.00$\pm$1.38^{bc}
ความกรอบ	4.55$\pm$1.57^{a}	5.40$\pm$1.00^{b}	5.50$\pm$1.15^{b}
การยอมรับโดยรวม	4.40$\pm$1.31^{a}	4.55$\pm$1.10^{a}	5.80$\pm$0.62^{b}

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%(α=0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การทดสอบการเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษา

การทดสอบการเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษา ทำโดยการเก็บตัวอย่างถุงละ 24 ชิ้น และเก็บใน 2 สภาวะได้แก่ การปิดผนึกแบบสภาวะสุญญากาศ และสภาวะปกติ (ภาพที่ 6) แล้วทำการทดสอบการเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 สัปดาห์ โดยการศึกษาความกรอบ ค่าการเหม็นหืน วอเตอร์แอคติวิตี้ ปริมาณความชื้น และการเปลี่ยนแปลงของสี



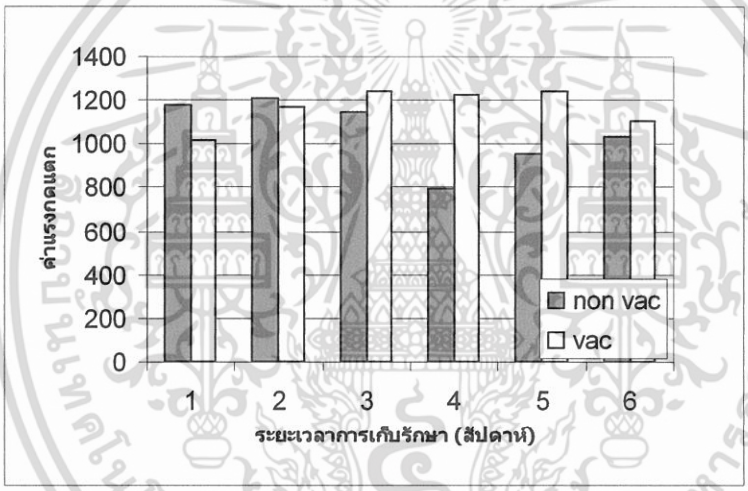
ปิดผนึกแบบสุญญากาศ (A) ปิดผนึกแบบธรรมดา(B)

ภาพที่ 6 แสดงสภาวะการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวกล้องมันปูแบบปิดผนึกแบบสุญญากาศ (A) และปิดผนึกแบบธรรมดา (B)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1 ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษา

ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงค่าความกรอบของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษา สามารถแสดงดังภาพที่ 7 จากผลการทดลองพบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ค่าความกรอบของผลิตภัณฑ์ที่ปิดผนึกแบบสุญญากาศและปิดผนึกแบบธรรมดามีแนวโน้มคงที่ และเมื่อวิเคราะห์ค่าความกรอบของผลิตภัณฑ์ที่ปิดผนึกแตกต่างกัน ณ ระยะเวลาการเก็บรักษาเท่ากัน พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าวิธีการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ทั้งสองไม่มีความแตกต่างกัน ดังนั้นการเก็บรักษาโดยวิธีทั้งสองจะให้ผลเช่นเดียวกัน ทั้งปัจจัยด้านระยะเวลาการเก็บรักษา และสภาวะการเก็บรักษา อย่างไรก็ตาม ในสัปดาห์ที่ 4 และ 5 พบว่าค่าความกรอบมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในระหว่างวิธีการเก็บรักษาทั้งสอง ทั้งนี้อาจเนื่องจากความผิดพลาดในการทดสอบ

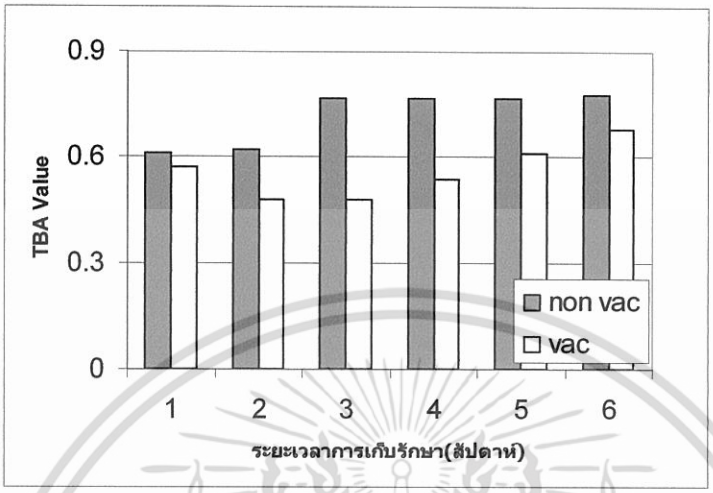


ภาพที่ 7 แสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าความกรอบในระหว่างการเก็บรักษา : การบรรจุแบบสภาวะปกติ (สีฟ้า) และการบรรจุแบบสภาวะสุญญากาศ (สีเหลือง)

ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงค่าการเหม็นหืนของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษา (ดังภาพที่ 8) พบว่าผลิตภัณฑ์ที่มีการบรรจุทั้ง 2 แบบมีแนวโน้มของค่า TBA สูงขึ้น เมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น แต่ผลิตภัณฑ์ที่ปิดผนึกแบบปกติจะมีการเพิ่มขึ้นของค่า TBA สูงกว่าการปิดผนึกแบบสุญญากาศ ทั้งนี้อาจเนื่องจาก ผลิตภัณฑ์ที่ปิดผนึกแบบปกติจะมีกาซ ภายในผลิตภัณฑ์ ทำให้เกิดการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันที่เป็นองค์ประกอบของข้าวกล้อง ในขณะที่บรรจุภัณฑ์ที่ปิดผนึกแบบสุญญากาศจะดึงอากาศออกให้เหลือน้อยที่สุด ดังนั้น ผลิตภัณฑ์ในบรรจุภัณฑ์แบบปิดผนึกแบบธรรมดา จึงมีค่าการเหม็นหืนสูงกว่าผลิตภัณฑ์ในบรรจุภัณฑ์แบบปิดผนึกแบบ อย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

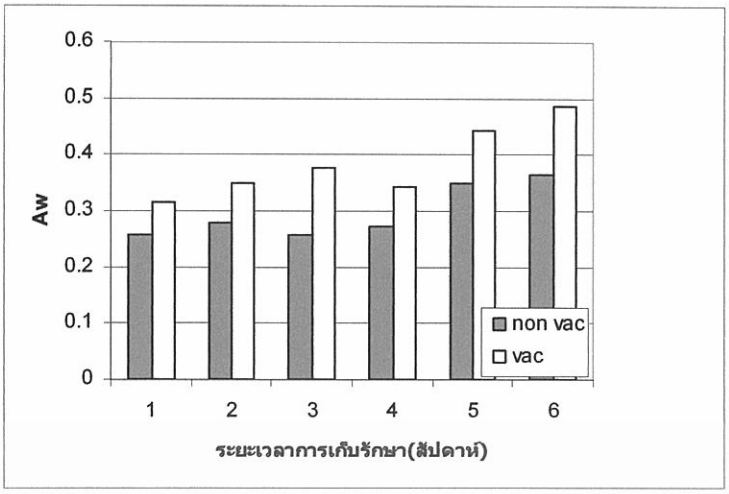
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา จากผลการทดลองจึงควรเก็บผลิตภัณฑ์ในบรรจุภัณฑ์แบบปิดผนึกแบบสุญญากาศ หรือเก็บภายใต้กาซไนโตรเจน เพื่อป้องกันปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันจากการเร่งปฏิกิริยาโดยออกซิเจน



ภาพที่ 8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการเหม็นหืนกับระยะเวลาการเก็บรักษา การบรรจุแบบสภาวะปกติ (สีฟ้า) และการบรรจุแบบสภาวะสุญญากาศ (สีเหลือง)

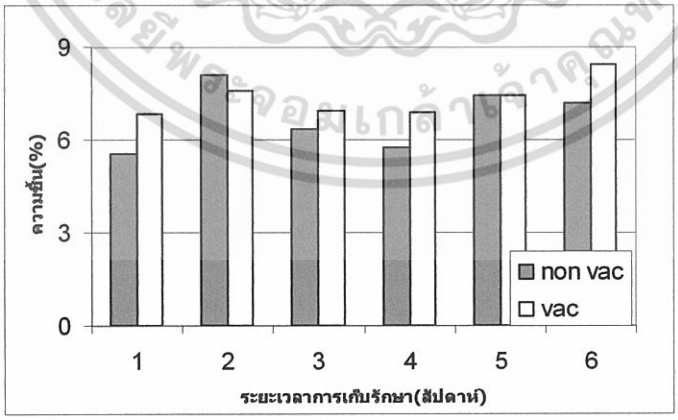
ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษา พบว่า ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ในผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มสูงขึ้นทั้ง 2 สภาวะการเก็บ ตลอดอายุการเก็บรักษา (ภาพที่ 9) โดยผลิตภัณฑ์ที่ปิดผนึกแบบสุญญากาศจะมีค่าสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่ปิดผนึกแบบธรรมดาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากผลิตภัณฑ์ที่ปิดผนึกแบบสุญญากาศนั้น ผลิตภัณฑ์จะแนบอยู่กับภาชนะบรรจุ ทำให้ไอน้ำจากบรรยากาศซึมผ่านเข้าสู่บรรจุภัณฑ์และสามารถดูดซับได้โดยผลิตภัณฑ์ได้ตรง ในขณะที่การปิดผนึกแบบปกติ เมื่อไอน้ำจากบรรยากาศซึมผ่านเข้าสู่บรรจุภัณฑ์จะถูกดูดซับโดยอากาศรอบๆ ผลิตภัณฑ์ และปรับสมดุลย์ของอากาศก่อนที่ผลิตภัณฑ์จะดูดซับน้ำ จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ปิดผนึกแบบสุญญากาศจะมีค่าค่าวอเตอร์แอคติวิตี้สูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่ปิดผนึกแบบธรรมดา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าวอเตอร์แอคติวิตี้กับระยะเวลาการเก็บรักษา การบรรจุแบบสภาวะปกติ (สีฟ้า) และการบรรจุแบบสภาวะสุญญากาศ (สีเหลือง)

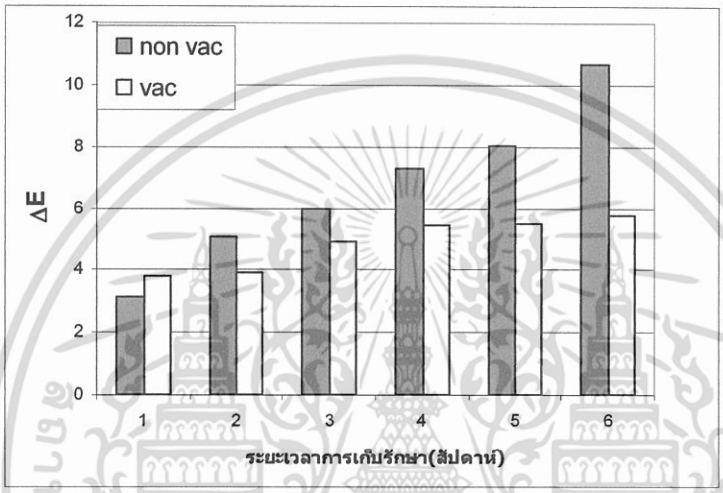
จากผลการทดลองการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นในระหว่างการเก็บรักษา (ภาพที่ 10) พบว่ามีความสอดคล้องกับค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ โดยผลิตภัณฑ์ที่มีการบรรจุทั้ง 2 แบบมีแนวโน้มสูงขึ้นตลอดระยะเวลาเก็บรักษาแต่ไม่ชัดเจน นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ที่ปิดผนึกแบบปกติส่วนใหญ่จะมีปริมาณความชื้นต่ำกว่าในผลิตภัณฑ์ที่ปิดผนึกแบบสุญญากาศ การทดลองนี้ ใช้ถุงโพลีเอธิลีนในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ ถุงชนิดดังกล่าวอาจไม่สามารถควบคุมการเข้าออกของความชื้นได้อย่างสมบูรณ์ ทำให้เกิดการแปรปรวนของข้อมูล จึงไม่สามารถบ่งบอกความสัมพันธ์ได้อย่างชัดเจน อีกทั้งการทดสอบหาปริมาณความชื้นอาจมีความผิดพลาด เนื่องจากเตรียมตัวอย่างเพื่อทำการวัดไว้นานเกินไป ทำให้ช่วงนี้ขนมอบกรอบอาจดูดความชื้นเข้าไปภายในผลิตภัณฑ์



ภาพที่ 10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นกับระยะเวลาการเก็บรักษา การบรรจุแบบสภาวะปกติ (สีฟ้า) และการบรรจุแบบสภาวะสุญญากาศ (สีเหลือง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงค่าสี (ΔE) ของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษาสามารถแสดงดังภาพที่ 11 จากผลการทดลองพบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น ค่าการเปลี่ยนแปลงของสี (ΔE) ในการเก็บผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 แบบ มีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างชัดเจน โดยที่ผลิตภัณฑ์ที่ปิดผนึกแบบธรรมดามีค่าสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่ปิดผนึกแบบสุญญากาศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้เนื่องจากการปิดผนึกแบบธรรมดานั้น มีปริมาณอากาศสูงกว่าจึงอาจเร่งปฏิกิริยาเคมีต่างๆ ภายในผลิตภัณฑ์ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง อีกทั้งการทดลองนี้ทำการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิห้อง จึงทำให้เร่งปฏิกิริยามากขึ้น ผลิตภัณฑ์จึงมีการเปลี่ยนแปลงของสีเพิ่มสูงขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา



ภาพที่ 11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงค่าสี (ΔE) กับระยะเวลาการเก็บรักษา การบรรจุแบบสภาวะปกติ (สีฟ้า) และการบรรจุแบบสภาวะสุญญากาศ (สีเหลือง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

1. การศึกษาอัตราส่วนระหว่างข้าวกล้องมันปูกับข้าวหอมมะลิ เปอร์เซ็นต์ความชื้นและอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการอบย่าง โดยการยอมรับโดยรวมของการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี hedonic scales พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมเท่ากับ แป้งข้าวมันปู 1ส่วน ต่อแป้งข้าวหอมมะลิ 2 ส่วน, ความชื้นของแผ่นแป้งก่อนอบย่างเท่ากับ 14 เปอร์เซ็นต์ และอุณหภูมิที่ใช้ในการอบย่างเท่ากับ 230 องศาเซลเซียส

2. การทดสอบการเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษา พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ผลิตภัณฑ์ที่ปิดผนึกแบบสุญญากาศ มีค่าความกรอบ ปริมาณความชื้น และค่าวอเตอร์แอคติวิตี้สูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่ปิดผนึกแบบธรรมดา ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่ปิดผนึกแบบธรรมดามีค่าการเปลี่ยนแปลงของสี (ΔE) และค่า TBA value หรือค่าการเหม็นหืนนั้นสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่ปิดผนึกแบบสุญญากาศ

3. จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษา พบว่า เปอร์เซ็นต์ความชื้น ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ ค่าการเปลี่ยนแปลงของสี (ΔE) และค่า TBA value หรือค่าการเหม็นหืน มีความแตกต่างกันในแต่ละรูปแบบของการบรรจุผลิตภัณฑ์ และระยะเวลาการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ค่าความกรอบของผลิตภัณฑ์ ที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % (α= 0.05)

ข้อเสนอแนะ

ในการทำปัญหาพิเศษเรื่องขนมอบกรอบจากข้าวกล้องมันปู ควรมีการคำนวณหาปริมาณเส้นใยอาหาร วิตามิน และไขมัน เพื่อให้ผู้บริโภคทราบถึงปริมาณสารอาหารที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ หรืออาจมีการเปลี่ยนชนิดของข้าวที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบ เป็นสายพันธุ์อื่นๆ ที่มีคุณค่าทางอาหารสูง และทดสอบเพื่อหากระบวนการที่เหมาะสมในการผลิตขนมอบกรอบ นอกจากนี้ควรมีการศึกษาบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบ เพื่อให้สามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน และลดการเปลี่ยนแปลงที่ไม่ดีทางด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กล้าณรงค์ ศรีรอด. 2542. เอกสารคำสอน **เทคโนโลยีของแป้ง.** ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะอุตสาหกรรมเกษตรมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน, กรุงเทพฯ. 220 น.

ณรงค์ นิยมวิทย์. 2538. **ธัญชาติและพืชหัว.** คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน, กรุงเทพฯ. 235 น.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2541. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมขนมอบกรอบจากธัญชาติ.** มอก. 1534-2541 น.

อรรณพ วงศ์ธิติโรจน์. 2537. ขนมทำจากข้าว. **เอกสารประชุมวิชาการ เรื่องศักยภาพข้าวไทย ทิศทางใหม่สู่อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 32.** สาขาอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน, กรุงเทพฯ. 100 น.

"ข้าวขาว ข้าวกล้อง". 17 February 2006. (Online). Available:http://www.elib-online.com

Case, S.E., D.D. Hamann and Schwartz, S.J., 1992. Effect of starch gelatinization of physical properties of extruded wheat and corn based products. **Cereal Chem.** 69(4): 401- 404.

Charles, F. 1969. Extruded starch-based snacks. **Cereal Sci. Today**. 14(1): 212-214

Chinnaswamy, R. and M.H. Hanna. 1988. Optimum extrusion-cooking conditions for maximum expansion of corn starch. **J. Food Sci**. 53(6): 834-836, 840.

Luh, B.S. 1991. **Rice, Vol. 2 Utilization**. Second Edition. Van Nostrand Reinhold. New York. 413 p.

Matz, S.M. 1984. **Snack Food Technology**. 2nd ed., the AVI Publishing Company, Inc., Connecticut. 415 p.

Noomhorm, A., N. Kongseree and M. Apintanapong. 1997. Effect of aging on the quality of glutinous rice crackers. **Cereal Chem**. 74(1): 12-15

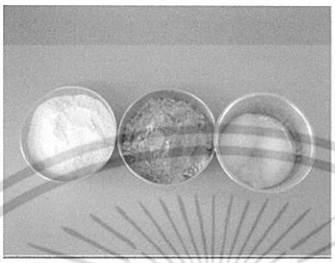
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

วิธีการผลิตผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวกล้องมันปู

ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

ขั้นตอนที่ 1 นำแป้งข้าวกล้องมันปู 100 กรัม ผสมกับแป้งข้าวหอมมะลิ 100 กรัม เติมเกลือ 6 กรัม และน้ำตาล 25 กรัม ดังแสดงในภาพภาคผนวกที่ 1



ภาพภาคผนวกที่ 1 แสดงส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวกล้องมันปู

ขั้นตอนที่ 2 ผสมส่วนผสมทั้งหมดจากนั้นเติมน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ปริมาตร 50 มิลลิลิตร นวดให้เข้ากัน ดังแสดงในภาพภาคผนวกที่ 2

ภาพภาคผนวกที่ 2 แสดงแป้งที่นวดผสมเข้ากันดีแล้วในการผลิตผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวกล้องมันปู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

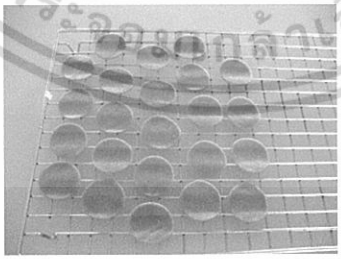
ขั้นตอนที่ 3 นำก้อนแป้งที่นวดเข้ากันดีแล้วไปนึ่งในลังถึงเป็นเวลา 45 นาที ดังแสดงในภาพภาคผนวกที่ 3

ภาพภาคผนวกที่ 3 แสดงลักษณะการนึ่งแป้งที่นวดผสมเข้ากันดีแล้วในการผลิตผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวกล้องมันปู

ขั้นตอนที่ 4 นวดแป้งผสมทั้งหมดให้เป็นเนื้อเดียวกัน โดยใช้เครื่องผสมแป้ง ดังแสดงในภาพภาคผนวกที่ 4

ภาพภาคผนวกที่ 4 แสดงลักษณะการนวดแป้งที่ผ่านการนึ่งแล้วในการผลิตผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวกล้องมันปู

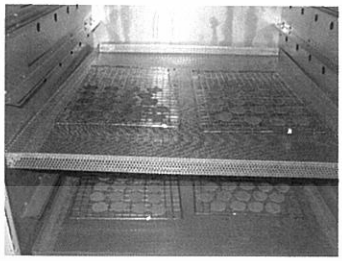
ขั้นตอนที่ 5 แล้วรีดด้วยเครื่องรีดแป้งให้เป็นแผ่นหนา 1 มิลลิเมตร จากนั้นใช้พิมพ์วงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.66 เซนติเมตร กดแผ่นแป้งเพื่อให้ได้แผ่นแป้งที่มีขนาดเดียวกัน ดังแสดงในภาพภาคผนวกที่ 5



ภาพภาคผนวกที่ 5 แสดงลักษณะแผ่นแป้งที่ผ่านการขึ้นรูปแล้วในการผลิตผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวกล้องมันปูก่อนนำไปอบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 6 นำแผ่นแป้งวงกลมทั้งหมดไปอบในตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้ว พักแผ่นแป้งไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 12-18 ชั่วโมง และนำแผ่นแป้งทั้งหมดไปอบอีกครั้งในตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมงเก็บแผ่นแป้งไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 8 ชั่วโมง ดังแสดงในภาพภาคผนวกที่ 6



ภาพภาคผนวกที่ 6 แสดงลักษณะการอบแผ่นแป้งที่ผ่านการขึ้นรูปแล้วในตู้อบลมร้อนในการผลิตผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวกล้องมันปู

ขั้นตอนที่ 7 นำแผ่นแป้งที่ผลิตตามขั้นตอนที่เหมาะสมแล้วไปอบย่างได้เป็นผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวกล้องมันปู ดังแสดงในภาพภาคผนวกที่ 7

ภาพภาคผนวกที่7 แสดงลักษณะของผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวกล้องมันปู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

วิธีการตรวจสอบและวิเคราะห์ทางเคมีกายภาพ

ของผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวกล้องมันปู

การวิเคราะห์ปริมาณ Malonaldehyde (TBA-Test)

สารเคมี

- TBA
- 90% glacial acetic acid
- Hydrochloric acid 4 m

เครื่องมือ

- Spectrophotometer ยี่ห้อ Shimadzu UV-Vis รุ่น UV-1601 ประเทศออสเตรเลีย
- distillation unit
- Water bath

อุปกรณ์

- บีกเกอร์ 300 มิลลิลิตร
- ขวดวัดปริมาตร 100 มิลลิลิตร
- กรวย
- บีกเกอร์ 50 มิลลิลิตร
- แท่งแก้วคน
- ลูกยาง
- ปิเปต 1 มิลลิลิตร
- ปิเปต 10 มิลลิลิตร
- กระบอกน้ำกลั่น

วิธีการทดลอง

1. บดขนมอบกรอบให้ละเอียด แล้วชั่งมา 10 กรัม นำไปปั่นกับน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร นาน 2 นาที
2. เทขนมอบกรอบที่บดละเอียดลงในขวดกลั่น ล้างตัวอย่างออกจากเครื่องปั่นด้วยน้ำกลั่น 47.5 มิลลิลิตร เทลงในขวดกลั่น
3. เติมกรด HCl 4 M จำนวน 2.5 มิลลิลิตร เพื่อปรับ pH ประมาณ 1.5 เติม glass beads
4. นำไปกลั่น โดยกลั่นได้ของเหลว 50 มิลลิลิตร ภายในเวลา 10 นาที หลังจากที่เริ่มเดือด
5. ดูดของเหลวที่กลั่นได้ (distillate) 5 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดแก้วสะอาดที่มีฝาปิด
6. เติมสารละลาย TBA 5 มิลลิลิตร เขย่าสารละลายและจุ่มในอ่างน้ำเดือดนาน 35 นาที
7. เตรียม blank โดยใช้น้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร แทน
8. เมื่อครบเวลาทำให้ของเหลวเย็นลงภายในเวลา 10 นาที โดย ice-bath
9. นำสารละลายไปวัดค่า Absorbance ที่ 538 nm

การคำนวณ

TBA Value เท่ากับ 7.8A หน่วยเป็นมิลลิกรัมของ Malonaldehyde ต่อตัวอย่าง 1 กิโลกรัม (A เท่ากับค่า absorbance)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณค่าสี(ΔE)

ความหมายค่าสีในระบบ Hunter

L คือค่า Value ซึ่งแสดงถึงความสว่างของสี มีค่า 0-100

: 0 แสดงถึงสีดำ

: 100 แสดงถึงสีขาว

a, b คือค่า Hue ซึ่งเป็นค่าที่บอกสีโดยแสดงในสองแกน

: a คือสีแดง - เขียว

: b คือสีเหลือง – น้ำเงิน

ΔE คือค่าแสดงการเปลี่ยนแปลงสี คำนวณได้จาก

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$$

การวัดความเข้มสีของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบด้วยเครื่องวัดสี ยี่ห้อ Minolta Chroma meter รุ่น CR 300 ตามวิธีการต่อไปนี้

1. เปิดเครื่องก่อนการใช้งาน 1 ชั่วโมง
2. การวัดสีมาตรฐานด้วยแผ่นสีขาวมาตรฐาน ซึ่งจะได้ค่ามาตรฐาน ดังนี้

   L = 97.50

   a = -0.1

   b = 2.07
3. เมื่อได้ค่ามาตรฐานแล้วกด reset
4. วางแผ่นขนมอบกรอบซ้อนกัน 3 ชั้น แล้วทำการวัดค่าสี
5. บันทึกค่า L, a และ b

ค่า L หมายถึง การสะท้อนออกจากคลื่นแสงทำให้เกิดสี ดำ-ขาว หรือเห็นสีแก่-อ่อน

ค่า a หมายถึง การข่มกันของคลื่นแสง ทำให้เห็นเป็นไปตามสีของคลื่นแสงที่ข่ม โดยค่า a ที่มีค่าเป็นบวกแสดงสีแดง และค่า a ที่มีค่าเป็นลบ แสดงค่าสีเขียว

ค่า b หมายถึง การรวมกันของคลื่นแสงที่สะท้อนจากวัตถุ โดยค่า b ที่มีค่าเป็นบวกแสดงสีเหลือง และค่า b ที่มีค่าเป็นลบแสดงสีฟ้า

ตัวอย่าง วัดค่าสีของลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบด้วยเครื่องวัดสี ยี่ห้อ Minolta Chroma meter รุ่น CR 300 ได้ค่าสีดังนี้ L = 88.90, a = 9.50, b = 14.25 และวัดค่าสีมาตรฐานของแผ่นสีขาวมาตรฐาน ได้ค่ามาตรฐาน L = 97.50, a = -0.1, b = 2.07 สามารถคำนวณค่า ΔE ได้ดังนี้

จากสูตร $\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$

แทนค่า จะได้ $\Delta E = \sqrt{(97.50 - 88.90)^2 + (9.50 - (-0.1))^2 + (14.25 - 2.07)^2}$

$= 17.73$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการทดสอบทางเคมีกายภาพ

1. การทดลองหาสูตรและสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตขนมอบกรอบ

1.1 การทดสอบทางเคมีกายภาพเพื่อศึกษาอัตราส่วนของแป้งที่เหมาะสม

ตารางภาคผนวกที่ 1 การวิเคราะห์ทางสถิติทางเคมีกายภาพด้านอัตราส่วนการพองตัวของผลิตภัณฑ์ในการศึกษาอัตราส่วนของแป้งจากข้าวกล้องมันปูต่อแป้งจากปลายข้าวหอมมะลิ

RATIO

	TREAT	N	Subset for alpha = .05		
			1	2	3
Duncan[a]	A	5	1.5000		
	C	5		1.5800	
	B	5		1.5900	
	D	5			1.7200
	Sig.		1.000	.696	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

ตารางภาคผนวกที่ 2 การวิเคราะห์ทางสถิติทางเคมีกายภาพด้านความหนาแน่นโดยรวมของผลิตภัณฑ์ในการศึกษาอัตราส่วนของแป้งจากข้าวกล้องมันปูต่อแป้งจากปลายข้าวหอมมะลิ

DENSITY

	TREAT	N	Subset for alpha = .05
			1
Duncan[a]	B	5	.1100
	C	5	.1100
	D	5	.1100
	A	5	.1200
	Sig.		.383

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

ตารางภาคผนวกที่ 3 การวิเคราะห์ทางสถิติทางเคมีกายภาพด้านความชื้นก่อนอบของผลิตภัณฑ์ในการศึกษาอัตราส่วนของแป้งจากข้าวกล้องมันปูต่อแป้งจากปลายข้าวหอมมะลิ

MOISTURE

	TREAT	N	Subset for alpha = .05			
			1	2	3	4
Duncan[a]	D	5	12.6100			
	C	5		13.0700		
	B	5			13.7600	
	A	5				14.0000
	Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 4 การวิเคราะห์ทางสถิติทางเคมีกายภาพด้านความชื้นหลังอบของผลิตภัณฑ์ในการศึกษาอัตราส่วนของแป้งจากข้าวกล้องมันปูต่อแป้งจากปลายข้าวหอมมะลิ

MOISTURE

	TREAT	N	Subset for alpha = .05			
			1	2	3	4
Duncan[a]	D	5	3.5300			
	B	5		4.1200		
	C	5			4.8500	
	A	5				5.5200
	Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

ตารางภาคผนวกที่ 5 การวิเคราะห์ทางสถิติทางเคมีกายภาพด้านวอเตอร์แอคติวิตี้ของผลิตภัณฑ์ในการศึกษาอัตราส่วนของแป้งจากข้าวกล้องมันปูต่อแป้งจากปลายข้าวหอมมะลิ

AW

	TREAT	N	Subset for alpha = .05		
			1	2	3
Duncan[a]	D	2	.17600		
	C	2	.19950		
	B	2		.25750	
	A	2			.47550
	Sig.		.135	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางภาคผนวกที่ 6 การวิเคราะห์ทางสถิติทางเคมีกายภาพด้านความกรอบของผลิตภัณฑ์ในการศึกษาอัตราส่วนของแป้งในการศึกษาอัตราส่วนของแป้งจากข้าวกล้องมันปูต่อแป้งจากปลายข้าวหอมมะลิ

RESULT

	TREAT	N	Subset for alpha = .05
			1
Duncan[a]	A	5	1020.960
	C	5	1124.400
	B	5	1260.860
	D	5	1304.320
	Sig.		.148

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 การทดสอบทางเคมีกายภาพเพื่อศึกษาความชื้นของแผ่นแป้งที่เหมาะสม

ตารางภาคผนวกที่ 7 การวิเคราะห์ทางสถิติทางเคมีกายภาพด้านอัตราส่วนการพองตัวของผลิตภัณฑ์ในการศึกษาความชื้นของแผ่นแป้งที่เหมาะสม

RATIO

	MOISTURE	N	Subset for alpha = .05		
			1	2	3
Duncan[a]	A	5	2.1000		
	B	5		2.3100	
	C	5			2.5900
	Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

ตารางภาคผนวกที่ 8 การวิเคราะห์ทางสถิติทางเคมีกายภาพด้านความหนาแน่นโดยรวมของผลิตภัณฑ์ในการศึกษาความชื้นของแผ่นแป้งที่เหมาะสม

DENSITY

	MOISTURE	N	Subset for alpha = .05	
			1	2
Duncan[a]	C	5	.04500	
	B	5	.04600	.04600
	A	5		.04900
	Sig.		.579	.112

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

ตารางภาคผนวกที่ 9 การวิเคราะห์ทางสถิติทางเคมีกายภาพด้านความชื้นหลังอบของผลิตภัณฑ์ในการศึกษาความชื้นของแผ่นแป้งที่เหมาะสม

FINAL

	MOISTURE	N	Subset for alpha = .05		
			1	2	3
Duncan[a]	A	5	4.5200		
	B	5		5.1300	
	C	5			5.8900
	Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 10 การวิเคราะห์ทางสถิติทางเคมีกายภาพด้านวอเตอร์แอคติวิตี้ของผลิตภัณฑ์ในการศึกษาความชื้นของแผ่นแป้งที่เหมาะสม

AW

	MOISTURE	N	Subset for alpha = .05		
			1	2	3
Duncan[a]	A	2	.19800		
	B	2		.22900	
	C	2			.26900
	Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางภาคผนวกที่ 11 การวิเคราะห์ทางสถิติทางเคมีกายภาพด้านอัตราส่วนการพองตัวของผลิตภัณฑ์ในการศึกษาความชื้นของแผ่นแป้งที่เหมาะสม

RESULT

	TREAT	N	Subset for alpha = .05
			1
Duncan[a]	A	5	1624.420
	B	5	1705.940
	C	5	1741.980
	Sig.		.747

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

1.3 การทดสอบทางเคมีกายภาพเพื่อศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบย่าง

ตารางภาคผนวกที่ 12 การวิเคราะห์ทางสถิติทางเคมีกายภาพด้านอัตราส่วนการพองตัวของผลิตภัณฑ์ในการศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบย่าง

RATIO

	TEMP	N	Subset for alpha = .05		
			1	2	3
Duncan[a]	A	5	2.03000		
	B	5		2.46000	
	C	5			2.69000
	Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 13 การวิเคราะห์ทางสถิติทางเคมีกายภาพด้านความหนาแน่นโดยรวมของผลิตภัณฑ์ในการศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบย่าง

DENSITY

	TEMP	N	Subset for alpha = .05	
			1	2
Duncan[a]	C	5	.05900	
	B	5	.06200	
	A	5		.07300
	Sig.		.541	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

ตารางภาคผนวกที่ 14 การวิเคราะห์ทางสถิติทางเคมีกายภาพด้านความชื้นของผลิตภัณฑ์ในการศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบย่าง

MOISTURE

	TEMP	N	Subset for alpha = .05		
			1	2	3
Duncan[a]	C	5	5.64000		
	B	5		6.09000	
	A	5			6.42000
	Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

ตารางภาคผนวกที่ 15 การวิเคราะห์ทางสถิติทางเคมีกายภาพด้านวอเตอร์แอคติวิตี้ของผลิตภัณฑ์ในการศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบย่าง

AW

	TEMP	N	Subset for alpha = .05	
			1	2
Duncan[a]	C	2	.20400	
	B	2		.34000
	A	2		.34750
	Sig.		1.000	.564

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 16 การวิเคราะห์ทางสถิติทางเคมีกายภาพด้านความกรอบของผลิตภัณฑ์ในการศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบย่าง

RESULT

	TREAT	N	Subset for alpha = .05
			1
Duncan[a]	A	5	1318.080
	C	5	1380.800
	B	5	1388.140
	Sig.		.746

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การทดสอบการเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษา

ตารางภาคผนวกที่ 17 การวิเคราะห์ทางสถิติทางเคมีกายภาพในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษา

ลักษณะทางกายภาพ / สัปดาห์ที่	สภาวะการเก็บ									
	สภาวะปกติ					สภาวะสุญญากาศ				
	ความกรอบ (กรัม)	ค่าการเหม็นหืน	a_w	ปริมาณความชื้น(%)	สี(ΔE)	ความกรอบ (g)	ค่าการเหม็นหืน	a_w	ปริมาณความชื้น(%)	สี(ΔE)
0	1471 ± 389^{b}	0.50 ± 0.02^{a}	0.20 ± 0.01^{a}	5.53 ± 0.09^{a}	3.05	1312 ± 416^{ab}	0.46 ± 0.03^{a}	0.20 ± 0.00^{a}	6.53 ± 0.27^{bcd}	3.05
1	1270 ± 273^{ab}	0.61 ± 0.03^{abcd}	0.26 ± 0.01^{b}	5.57 ± 0.13^{ab}	3.10	1125 ± 450^{ab}	0.57 ± 0.03^{ab}	0.32 ± 0.01^{c}	6.87 ± 0.39^{cde}	3.80
2	1019 ± 343^{ab}	0.62 ± 0.09^{abcd}	0.28 ± 0.01^{b}	8.09 ± 0.01^{fg}	5.05	1284 ± 327^{ab}	0.48 ± 0.10^{a}	0.35 ± 0.00^{d}	7.59 ± 0.01^{efg}	3.90
3	1136 ± 209^{ab}	0.77 ± 0.01^{d}	0.27 ± 0.01^{a}	6.33 ± 0.31^{abc}	6.00	$1043\pm87a^{b}$	0.48 ± 0.13^{a}	0.38 ± 0.01^{e}	6.96 ± 0.23^{cde}	4.91
4	1296 ± 190^{ab}	0.77 ± 0.07^{d}	0.27 ± 0.02^{b}	5.75 ± 0.18^{ab}	7.32	1198 ± 224^{ab}	0.54 ± 0.02^{ab}	0.34 ± 0.01^{d}	6.88 ± 0.01^{cde}	5.43
5	850 ± 133^{a}	0.77 ± 0.08^{d}	0.35 ± 0.01^{d}	7.47 ± 0.90^{def}	8.05	1200 ± 457^{ab}	0.61 ± 0.08^{abc}	0.44 ± 0.01^{f}	7.47 ± 0.09^{def}	5.49
6	1070 ± 288^{ab}	0.76 ± 0.01^{cd}	0.36 ± 0.02^{de}	7.19 ± 0.67^{cdef}	10.66	981 ± 221^{ab}	0.68 ± 0.01^{bcd}	0.49 ± 0.01^{g}	8.47 ± 0.92^{g}	5.77

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%(α=0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 18 การวิเคราะห์ทางสถิติทางเคมีกายภาพด้านความชื้นของผลิตภัณฑ์ใน
การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษา

MOISTURE

			Subset						
	DAY	N	1	2	3	4	5	6	7
Duncan[a,t]	s0room	2	5.52500						
	s1room	2	5.57000	5.57000					
	s4room	2	5.74500	5.74500					
	s3room	2	6.33000	6.33000	6.33000				
	s0vac	2		6.53000	6.53000	6.53000			
	s1vac	2			6.86500	6.86500	6.86500		
	s4vac	2			6.87500	6.87500	6.87500		
	s3vac	2			6.95500	6.95500	6.95500		
	s6room	2			7.18500	7.18500	7.18500	7.18500	
	s5room	2				7.46500	7.46500	7.46500	
	s5vac	2				7.46500	7.46500	7.46500	
	s2vac	2					7.59000	7.59000	7.59000
	s2room	2						8.09000	8.09000
	s6vac	2							8.47000
	Sig.		.098	.052	.089	.067	.146	.070	.065

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = .176.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

b. Alpha = .05.

ตารางภาคผนวกที่ 19 การวิเคราะห์ทางสถิติทางเคมีกายภาพด้านวอเตอร์แอคติวิตี้ของผลิตภัณฑ์ใน
การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษา

AW

			Subset						
	DAY	N	1	2	3	4	5	6	7
Duncan[a,t]	s0room	2	.20350						
	s0vac	2	.20400						
	s1room	2		.25700					
	s3room	2		.25700					
	s4room	2		.27300					
	s2room	2		.27900					
	s1vac	2			.31500				
	s4vac	2				.34300			
	s2vac	2				.34950			
	s5room	2				.35000			
	s6room	2				.36300	.36300		
	s3vac	2					.37750		
	s5vac	2						.44250	
	s6vac	2							.48600
	Sig.		.964	.083	1.000	.112	.206	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 1.194E-04.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

b. Alpha = .05.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 20 การวิเคราะห์ทางสถิติทางเคมีกายภาพด้าน TBA-Value ของผลิตภัณฑ์ใน การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษา

TBA

	DAY	N	Subset 1	2	3	4
Duncan[a,b]	s0vac	2	.46000			
	s3vac	2	.47500			
	s2vac	2	.48000			
	s0room	2	.49500			
	s4vac	2	.53500	.53500		
	s1vac	2	.57000	.57000		
	s5vac	2	.60500	.60500	.60500	
	s1room	2	.61000	.61000	.61000	.61000
	s2room	2	.61500	.61500	.61500	.61500
	s6vac	2		.68000	.68000	.68000
	s6room	2			.75500	.75500
	s3room	2				.77000
	s4room	2				.77000
	s5room	2				.77000
	Sig.		.064	.076	.064	.055

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 4.621E-03.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

b. Alpha = .05.

ตารางภาคผนวกที่ 21 การวิเคราะห์ทางสถิติทางเคมีกายภาพด้านความกรอบของผลิตภัณฑ์ใน การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษา

TEXTURE

	DAY	N	Subset 1	2
Duncan[a,b]	s5room	4	849.5500	
	s6vac	4	981.1250	981.1250
	s2room	4	1018.800	1018.800
	s3vac	4	1042.650	1042.650
	s6room	4	1069.525	1069.525
	s1vac	4	1125.450	1125.450
	s3room	4	1136.150	1136.150
	s4vac	4	1197.750	1197.750
	s5vac	4	1199.775	1199.775
	s1room	4	1270.300	1270.300
	s2vac	4	1283.975	1283.975
	s4room	4	1295.925	1295.925
	s0vac	4	1312.200	1312.200
	s0room	4		1470.575
	Sig.		.082	.066

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 94394.962.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4.000.

b. Alpha = .05.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

แบบทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส

ขนมอบกรอบจากข้าวกล้องมันปู

("Munpu" Brown Rice crackers)

ชื่อ..... วันที่.....

กรุณาทดสอบจากซ้ายไปขวาและให้คะแนนความชอบตามสเกลที่ให้มาให้ตรงกับรหัสตัวอย่าง

1 = ไม่ชอบมากที่สุด

2 = ไม่ชอบมาก

3 = ไม่ชอบ

4 = เฉยๆ

5 = ชอบ

6 = ชอบมาก

7 = ชอบมากที่สุด

รหัสตัวอย่าง	.....	.....	.....	.....
สี	_____	_____	_____	_____
กลิ่น	_____	_____	_____	_____
รสชาติ	_____	_____	_____	_____
ความกรอบ	_____	_____	_____	_____
การยอมรับโดยรวม	_____	_____	_____	_____

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการทดสอบคุณภาพ
ทางประสาทสัมผัสของขนมอบกรอบจากแป้งข้าวมันปู

1.การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบเพื่อศึกษาอัตราส่วนของแป้งที่เหมาะสม

ทำการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบต่อผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบที่ผ่านการอบย่างแล้ว โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 20 คน ทำการประเมินคุณภาพทางด้าน สี กลิ่น รสชาติ ความกรอบและการยอมรับโดยรวม โดยใช้วิธีทดสอบแบบ 7 hedonic scale โดยที่ 1 คือ ไม่ชอบมากที่สุด 2 คือไม่ชอบมาก 3 คือ ไม่ชอบ 4 คือ เฉยๆ 5 คือ ชอบ 6 คือ ชอบมาก 7 คือ ชอบมากที่สุด โดยทำการวิเคราะห์ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวกที่ 22 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวคุณลักษณะด้านสีของผลิตภัณฑ์ในการศึกษาอัตราส่วนของแป้งจากข้าวกล้องมันปูต่อแป้งจากปลายข้าวหอมมะลิ

COLOR

	TREAT	N	Subset 1	2	3
Duncan[a,b]	A	20	3.00		
	B	20		3.95	
	D	20		4.05	
	C	20			5.00
	Sig.		1.000	.819	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 1.893.
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 20.000.
b. Alpha = .05.

ตารางภาคผนวกที่ 23 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวคุณลักษณะด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์ในการศึกษาอัตราส่วนของแป้งจากข้าวกล้องมันปูต่อแป้งจากปลายข้าวหอมมะลิ

ODOR

	TREAT	N	Subset 1	2	3
Duncan[a,b]	D	20	3.35		
	A	20	3.95	3.95	
	B	20		4.10	
	C	20			5.10
	Sig.		.090	.668	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 1.208.
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 20.000.
b. Alpha = .05.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 24 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวคุณลักษณะด้านรสชาติของผลิตภัณฑ์ในการศึกษาอัตราส่วนของแป้งจากข้าวกล้องมันปูต่อแป้งจากปลายข้าวหอมมะลิ

FLAVOR

	TREAT	N	Subset 1	Subset 2
Duncan[a,b]	A	20	3.35	
	B	20	3.35	
	D	20	3.45	
	C	20		4.60
	Sig.		.811	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 1.516.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 20.000.

b. Alpha = .05.

ตารางภาคผนวกที่ 25 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวคุณลักษณะด้านความกรอบของผลิตภัณฑ์ในการศึกษาอัตราส่วนของแป้งจากข้าวกล้องมันปูต่อแป้งจากปลายข้าวหอมมะลิ

CRISP

	TREAT	N	Subset 1	Subset 2
Duncan[a,b]	B	20	3.85	
	A	20	4.10	
	D	20	4.45	4.45
	C	20		4.95
	Sig.		.051	.086

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = .818.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 20.000.

b. Alpha = .05.

ตารางภาคผนวกที่ 26 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวคุณลักษณะด้านการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ในการศึกษาอัตราส่วนของแป้งจากข้าวกล้องมันปูต่อแป้งจากปลายข้าวหอมมะลิ

OVERALL

	TREAT	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3
Duncan[a,b]	A	20	3.45		
	B	20	3.95	3.95	
	D	20		4.25	
	C	20			5.10
	Sig.		.130	.361	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 1.062.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 20.000.

b. Alpha = .05.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบเพื่อศึกษาความชื้นของแผ่นแป้งที่เหมาะสม

ตารางภาคผนวกที่ 27 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวคุณลักษณะด้านสีของผลิตภัณฑ์ในการศึกษาความชื้นของแผ่นแป้งก่อนการอบย่าง

COLOR

Duncan[a,b]

TREAT	N	Subset 1
C	20	3.75
A	20	4.00
B	20	4.45
Sig.		.125

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 1.780.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 20.000.

b. Alpha = .05.

ตารางภาคผนวกที่ 28 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวคุณลักษณะด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์ในการศึกษาความชื้นของแผ่นแป้งก่อนการอบย่าง

ODOR

Duncan[a,b]

TREAT	N	Subset 1
A	20	3.65
C	20	4.00
B	20	4.20
Sig.		.278

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 2.217.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 20.000.

b. Alpha = .05.

ตารางภาคผนวกที่ 29 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวคุณลักษณะด้านรสชาติของผลิตภัณฑ์ในการศึกษาความชื้นของแผ่นแป้งก่อนการอบย่าง

FLAVOR

Duncan[a,b]

TREAT	N	Subset 1
A	20	4.05
C	20	4.20
B	20	4.50
Sig.		.133

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = .769.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 20.000.

b. Alpha = .05.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 30 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวคุณลักษณะด้านความกรอบของผลิตภัณฑ์ในการศึกษาความชื้นของแผ่นแป้งก่อนการอบย่าง

CRISP

Duncan[a,b]

TREAT	N	Subset 1
B	20	4.75
A	20	4.75
C	20	4.80
Sig.		.898

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 1.315.
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 20.000.
b. Alpha = .05.

ตารางภาคผนวกที่ 31 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวคุณลักษณะด้านการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ในการศึกษาความชื้นของแผ่นแป้งก่อนการอบย่าง

OVERALL

Duncan[a,b]

TREAT	N	Subset 1	Subset 2
A	20	4.25	
B	20	4.55	
C	20		5.25
Sig.		.299	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = .811.
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 20.000.
b. Alpha = .05.

3 การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบเพื่อศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบย่าง

ตารางภาคผนวกที่ 32 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวคุณลักษณะด้านสีของผลิตภัณฑ์ในการศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบย่าง

COLOR

Duncan[a,b]

TREAT	N	Subset 1	Subset 2
B	20	4.05	
C	20	4.10	
A	20		5.00
Sig.		.896	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 1.436.
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 20.000.
b. Alpha = .05.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 33 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวคุณลักษณะด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์ในการศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบย่าง

ODOR

Duncan[a,b]

TREAT	N	Subset 1	Subset 2
A	20	3.90	
B	20	4.10	4.10
C	20		4.65
Sig.		.541	.098

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 1.052.
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 20.000.
b. Alpha = .05.

ตารางภาคผนวกที่ 34 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวคุณลักษณะด้านรสชาติของผลิตภัณฑ์ในการศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบย่าง

FLAVOR

Duncan[a,b]

TREAT	N	Subset 1	Subset 2
A	20	3.90	
B	20	4.35	4.35
C	20		5.00
Sig.		.256	.104

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 1.520.
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 20.000.
b. Alpha = .05.

ตารางภาคผนวกที่ 35 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวคุณลักษณะด้านความกรอบของผลิตภัณฑ์ในการศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบย่าง

CRISP

Duncan[a,b]

TREAT	N	Subset 1	Subset 2
A	20	4.55	
B	20		5.40
C	20		5.50
Sig.		1.000	.804

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 1.608.
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 20.000.
b. Alpha = .05.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 36 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวคุณลักษณะด้านการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ในการศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบย่าง

OVERALL

Duncan[a,b]

TREAT	N	Subset 1	Subset 2
A	20	4.40	
B	20	4.55	
C	20		5.80
Sig.		.591	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = .764.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 20.000.

b. Alpha = .05.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นางสาวรินดา รัชพรม เกิดเมื่อวันที่ 5 สิงหาคม พ.ศ. 2525 ที่จังหวัดสระบุรี สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนสระบุรีวิทยาคม ปีการศึกษา 2543 และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิตจาก สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2548 ปัจจุบันอาศัยอยู่ที่ 33 ม.3 ต. สองคอน อ. แก่งคอย จ. สระบุรี 18110 (06-9043671)

นางสาวสาวิตรี เพ็ชรเกลี้ยง เกิดเมื่อวันที่ 9 พฤษภาคม พ.ศ. 2526 ที่จังหวัดนครศรีธรรมราช สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนกัลยาณีศรีธรรมราช ปีการศึกษา 2544 และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิตจาก สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2548 ปัจจุบันอาศัยอยู่ที่ 1/1 ม.3 ต. ปากนคร อ. เมือง จ. นครศรีธรรมราช 80000 (09-1275652)

นางสาวสิริยาภรณ์ ไกรมาก เกิดเมื่อวันที่ 1 มิถุนายน พ.ศ. 2526 ที่จังหวัดชุมพร สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนศรียาภัย ปีการศึกษา 2543 และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิตจาก สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2548 ปัจจุบันอาศัยอยู่ที่ 249/1 ม.5 ต. สองพี่น้อง อ. ท่าแซะ จ. ชุมพร 86140 (01-5519680)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้