ข้าวเกรียบจากแป้งข้าวผสมแครอทสำหรับอบด้วยไมโครเวฟ

นางสาววรวัลย์ พนมวัลย์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2552
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CARROT ADDED RICE CRACKER FOR BAKING WITH MICROWAVE

Miss Warawan Panomwan

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science Program in Food Technology

Department of Food Technology

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2009

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ข้าวเกรียบจากแป้งข้าวผสมแครอทสำหรับอบด้วยไมโครเวฟ
โดย	นางสาววรวัลย์ พนมวัลย์
สาขาวิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วรภา คงเป็นสุข
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	อาจารย์ ดร. ขนิษฐา ธนานุวงศ์

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

…….. คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร. สุพจน์ หารหนองบัว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

…… ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุวรรณา สุภิมารส)

…….. อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วรภา คงเป็นสุข)

…… อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(อาจารย์ ดร. ขนิษฐา ธนานุวงศ์)

…… กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จิรารัตน์ ทัตติยกุล)

…… กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร. เพ็ญขวัญ ชมปรีดา)

วรวัลย์ พนมวัลย์ : ข้าวเกรียบจากแป้งข้าวผสมแครอทสำหรับอบด้วยไมโครเวฟ. (Carrot Added Rice Cracker for Baking with Microwave) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ผศ.ดร. วรภา คงเป็นสุข, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม : อ.ดร. ขนิษฐา ธนานุวงศ์ ,165 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเสริมแครอทสำหรับอบด้วยไมโครเวฟ งานวิจัยส่วนแรกเป็นการทดสอบแนวความคิดผลิตภัณฑ์จากผู้ทดสอบ 100 คน พบว่าร้อยละ 71 ให้การยอมรับในแนวคิดผลิตภัณฑ์และสนใจที่จะซื้อ ส่วนที่สองเป็นการศึกษาผลของปริมาณแอมิโลสและความชื้นในแผ่นข้าวเกรียบดิบต่อลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ แปรอัตราส่วนแป้งข้าวเหนียวต่อแป้งข้าวเจ้าในสูตรเป็น 4 ระดับ (40:0, 35:5, 30:10, และ 25:15) และแปรเวลาในการอบแห้งแผ่นข้าวเกรียบดิบที่อุณหภูมิ 55 °C เป็น 10, 12 และ 14 ชั่วโมง พบว่าปัจจัยทั้ง 2 มีอิทธิพลร่วมกันต่อค่าความชื้น a_w และลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์ที่ใช้เวลาอบนานและมีปริมาณแอมิโลสสูงมีอัตราส่วนการพองตัวต่ำกว่า มีความแข็งและเปราะมากกว่า จึงเลือกสูตรแป้งข้าวเหนียวต่อแป้งข้าวเจ้า 40:0 และ 35:5 ใช้เวลาอบแห้งข้าวเกรียบดิบ 12 ชั่วโมง ศึกษาการลดความชื้น และ a_w ของแผ่นข้าวเกรียบดิบโดยใช้มอลโตเดกซ์ทรินหรือกัวร์กัม โดยแปรระดับของสารเป็น 0, 0.1 และ 0.2% พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินหรือกัวร์กัมทำให้ผลิตภัณฑ์มีความชื้น a_w และอัตราส่วนการพองตัวลดลง แต่แข็งและเปราะมากขึ้น โดยสูตรที่เติมมอลโตเดกซ์ทรินทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งและเปราะมากกว่าสูตรที่เติมกัวร์กัมในระดับที่เท่ากัน นอกจากนี้พบว่า สูตรผสมแป้งข้าวเจ้า (35:5) มีความแข็งมากกว่า และมีอัตราส่วนการพองตัวน้อยกว่าสูตรที่ไม่ผสมแป้งข้าวเจ้า (40:0) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จึงเลือกสูตรที่ไม่ผสมแป้งข้าวเจ้า (40:0) โดยเติมมอลโตเดกซ์-ทรินหรือกัวร์กัม 0.1 % สำหรับการศึกษาในขั้นต่อไป ส่วนที่สามเป็นการศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการอบพองข้าวเกรียบดิบด้วยเตาอบไมโครเวฟ 3 ระดับ (800, 900, 1100 วัตต์) และเวลาในการอบ (30, 35, 40 วินาที) พบว่ากำลังไฟไม่มีอิทธิพลต่อลักษณะทางกายภาพ แต่ที่ระยะเวลาการอบมากขึ้นทำให้ความชื้นและ a_w ลดลง อัตราส่วนการพองตัวเพิ่มขึ้น สรุปสูตรและภาวะที่เหมาะสมในการผลิตได้แก่ สูตรแป้งข้าวเหนียวล้วน (40:0) เติมกัวร์กัม 0.1% อบแห้งในเครื่องอบแห้งแบบถาด ที่อุณหภูมิ 55 ° C เป็นเวลา 12 ชั่วโมง เนื่องจากเป็นสูตรที่ผลิตภัณฑ์มีค่า a_w ต่ำ (0.689) และมีค่าทางคุณภาพและประสาทสัมผัสที่ยอมรับ โดยสามารถอบพองด้วยเตาอบไมโครเวฟที่ 800 – 1100 วัตต์ เป็นเวลา 35± 5 วินาที เมื่อพิจารณาคุณค่าทางโภชนาการพบว่า ผลิตภัณฑ์ 100 กรัม ประกอบด้วยไขมัน 9.53 กรัม ใยอาหาร 10.57 กรัม ให้พลังงาน 375.37 กิโลแคลอรี่ ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้มีไขมันอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรมขนมกรอบจากธัญชาติ (มอก.1534-2541) และใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบที่ขายตามท้องตลาด แต่มีใยอาหารสูงกว่า เมื่อทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ด้วยวิธี Home Use Test พบว่าตัวแทนผู้บริโภค ร้อยละ 94.3 ยอมรับในผลิตภัณฑ์ เมื่อศึกษาเปลี่ยนแปลงคุณภาพผลิตภัณฑ์โดยเก็บผลิตภัณฑ์ในถุง meltallized aluminium ภายใต้บรรยากาศปกติและเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง พบว่าสามารถเก็บผลิตภัณฑ์ได้อย่างน้อย 3 เดือน โดยที่ผู้บริโภคยังให้การยอมรับในผลิตภัณฑ์

ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา เทคโนโลยีทางอาหาร ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....

ปีการศึกษา 2552 ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม.....

5072451623 : MAJOR FOOD TECHNOLOGY
KEYWORDS : RICE CRACKER / CARROT ADDED RICE CRACKER / BAKING WITH MICROWAVE

WARAWAN PANOMWAN : CARROT ADDED RICE CRACKER FOR BAKING WITH MICROWAVE.THESIS ADVISOR :ASST.PROF VARAPHA KONGPENSOOK, Ph. D , THESIS CO-ADVISOR : KANITHA TANANUWONG, Ph. D., 165 pp.

The objective of this research was to develop the carrot added rice cracker for baking with microwave. The first part was a consumer study for testing the product concept. From 100 respondents, 71 percent accepted the product concept and were interested in purchasing. The second part was to study the effects of amylose content in the formulas and the moisture content in pellets on the physical properties. Four formulas with different levels of amylose contents were prepared by varying ratio of glutinous rice flour to rice flour (40:0, 35:5, 30:10, and 25:15). The pellets were dried at 55 °C for 10, 12 or 14 hours.The results showed interactions between the 2 factors on moisture content, a_w and physical properties of products. Products with higher amylose content and dried at longer time had lower puffing ratios, but had higher hardness and fracturability. Therefore, 2 formulas with glutinous rice flour: rice flour of 40:0 and 35:5 dried for 12 hr. were selected for the study on reduction of moisture content and a_w of pellets, maltodextrin or guar gum were added at 0%, 0.1% or 0.2% . The results showed that adding maltodextrin or guar gum at higher percentage resulted in lower moisture content , a_w and the puffing ratio, higher hardness and fracturability of the products. Products adding maltodextrin were harder and higher in fracturability when compare to the products adding guar gum at the same level. The products from the formulas with rice flour (35:5) were significantly harder and had less puffing ratio than the products from formulas without rice flour added (40:0) ($p \leq 0.05$). Therefore, 2 formulas without rice flour (40:0) adding 0.1% maltodextrin or guar gum were selected. The third part was to study the puffing conditions by baking in microwave oven at 800, 900 and 1100 watt for 30, 35 and 40 sec. The results showed that electric power of the microwave oven did not significantly affect physical properties of the products. However, the product baked for longer time had lower moisture content and a_w, but had higher puffing ratio. The selected formula was the one without rice flour (40:0) adding 0.1% guar gum, dried at 55 °C for 12 hr. Giving the pellet with low a_w (0.689). It could be baked in microwave oven at 800- 1100 watt for 35± 5 sec. The 100 grams of the product contained 9.53 grams fat, 10.57 grams fiber and provided 375.37 calories, Fat content was under the industrial standard of cereal snack (TIS 1534-2541) and was similar to that of the commercial product. However the developed product had higher dietary fiber. From the Home Use Test, 94.3% of the respondents accepted the product . Shelf life study showed that the pellets could be kepted in metallized aluminum pouches and stored at room temperature for at least 3 month.

Department: Food Technology Student's Signature .....

Field of Study : Food Technology Advisor's Signature .....

Academic Year : 2009 Co-Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. สุวรรณา สุภิมารส ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วรภา คงเป็นสุข อาจารย์ที่ปรึกษา และ อาจารย์ ดร. ขนิษฐา ธนานุวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จิรารัตน์ ทัตติยกุล และรองศาสตราจารย์ ดร. เพ็ญขวัญ ชมปรีดา กรรมการสอบวิทยานิพนธ์เป็นอย่างสูงที่คอยให้ความช่วยเหลือ ให้คำปรึกษา แนะนำข้อคิดเห็น อีกทั้งยังช่วยตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ในภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารทุกๆคน ที่ช่วยแนะนำ และให้ความช่วยเหลือในการใช้เครื่องมืออุปกรณ์ในการทำวิจัยให้สำเร็จลุล่วง ขอขอบคุณพี่นิสิตปริญญาเอกรุ่นพี่นิสิตปริญญาโท เพื่อนๆและน้องร่วมสถาบันทุกท่านและผู้มีส่วนเกี่ยวข้องที่ไม่ได้เอ่ยนามที่ให้ความช่วยเหลือในรูปแบบต่างๆ จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ ที่คอยเป็นกำลังใจ ให้ความรัก ความเข้าใจ และสนับสนุนด้านการศึกษา และขอบคุณน้องชายที่คอยให้กำลังใจอย่างดีเสมอมาตลอดการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย……	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญภาพ.....	ฑ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
บทที่ 2 วารสารปริทัศน์.....	2
2.1 ขนมขบเคี้ยว.....	2
2.2 ข้าว.....	4
2.3 แครอท.....	11
2.4 มอลโตเดกซ์ทริน.....	13
2.5 กัวร์กัม.....	13
2.6 ไมโครเวฟ……..	14
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย……..	18
3.1 วัตถุดิบ อุปกรณ์ และสารเคมี.....	18
3.2 ขั้นตอนและวิธีดำเนินงานวิจัย.....	21
ทดสอบแนวคิดผลิตภัณฑ์.....	21
ศึกษาหาสูตรและกระบวนการในการผลิตข้าวเกรียบจากแป้งข้าวผสมแครอท สำหรับอบด้วยเตาอบไมโครเวฟ.....	23
ศึกษาผลของการอบผลิตภัณฑ์ด้วยเตาอบไมโครเวฟต่อคุณภาพของ ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้น.....	27
ศึกษาสมบัติของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบจากแป้งข้าวผสมแครอทสำหรับ อบด้วยเตาอบไมโครเวฟ ……..	28
ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบจากแป้งข้าวผสม แครอทสำหรับอบด้วยเตาอบไมโครเวฟระหว่างการเก็บรักษา.....	29
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์……	31

4.1 ทดสอบแนวคิดผลิตภัณฑ์..... 31
4.2 การศึกษาหาสูตรและกรรมวิธีในการผลิตข้าวเกรียบจากแป้งข้าวผสมแครอทสำหรับอบด้วยไมโครเวฟ..... 40
4.3 ผลของการอบผลิตภัณฑ์ด้วยเตาอบไมโครเวฟต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้น..... 59
4.4 ผลการศึกษาสมบัติของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบจากแป้งข้าวผสมแครอทสำหรับอบด้วยเตาอบไมโครเวฟ..... 66
4.5 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบจากแป้งข้าวผสมแครอทสำหรับอบด้วยเตาอบไมโครเวฟระหว่างการเก็บรักษา..... 75
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ..... 81
รายการอ้างอิง..... 83
ภาคผนวก..... 88
ภาคผนวก ก..... 89
ภาคผนวก ข..... 97
ภาคผนวก ค..... 108
ภาคผนวก ง..... 109
ภาคผนวก จ..... 111
ภาคผนวก ฉ..... 112
ภาคผนวก ช..... 114
ภาคผนวก ซ..... 123
ภาคผนวก ฌ..... 127
ภาคผนวก ญ..... 159
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 165

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1.	การแบ่งประเภทข้าวตามปริมาณแอมิโลส.....	6
2.2	คุณค่าทางอาหารของแครอทต้มสุก 100 กรัม…….	12
3.1	ความหมายของความชอบและความสำคัญต่อช่วงคะแนนต่างๆในการวิเคราะห์แบบสอบถาม…….....	22
3.2	ปริมาณส่วนประกอบของแป้งผสม 4 สูตรที่กำหนดโดย Mixture design.....	23
3.3	ปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินหรือกัวร์กัมในแป้งผสม.....	26
4.1	ร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถามจำแนกตามเพศและอายุ ……	31
4.2	ร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถามจำแนกตามเกณฑ์ด้านการศึกษา อาชีพ รายได้ สถานภาพครอบครัว…….	32
4.3	ร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถามในส่วนข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภค และทัศนคติ ต่อขนมขบเคี้ยว.....	33
4.4	ความถี่ (ร้อยละ) ของผู้ที่ชอบรับประทานขนมขบเคี้ยวจำแนกตามเพศ และอายุ……	34
4.5	ร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถามตามระดับการยอมรับแนวความคิดผลิตภัณฑ์และค่าเฉลี่ย.....	36
4.6	จำนวนร้อยละของผู้ตอบคำถาม “จะทดลองผลิตภัณฑ์นี้หรือไม่”.....	37
4.7	ความถี่ของผู้ตอบคำถาม“จะบริโภคผลิตภัณฑ์นี้ในช่วงเวลาและระหว่างกิจกรรมใด”.....	37
4.8	คะแนนความชอบต่อคุณสมบัติของแนวคิดผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวประเภทกึ่งสำเร็จรูปสำหรับอบด้วยไมโครเวฟ……	38
4.9	คะแนนความสำคัญต่อคุณสมบัติของแนวคิดผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวประเภทกึ่งสำเร็จรูปสำหรับอบด้วยไมโครเวฟ.....	38
4.10	จำนวนร้อยละของผู้ตอบคำถาม “จะซื้อผลิตภัณฑ์หรือไม่ หากผลิตภัณฑ์ตามแนวคิดนี้ออกวางขายตามตลาด”……..	39
4.11	ปริมาณแอมิโลสของวัตถุดิบแป้งข้าวเจ้า และแป้งข้าวเหนียว คำนวณโดย น้ำหนักเปียก……	40
4.12	ปริมาณร้อยละของแป้งข้าวเหนียว แป้งข้าวเจ้า และแอมิโลสในสูตร……..	40
4.13	ความชื้นของข้าวเกรียบดิบจากแป้งข้าว 4 สูตร อบแห้งเป็นเวลาต่างกัน 3 ระดับ…	41

4.14 a_w ของข้าวเกรียบดิบจากแป้งข้าว 4 สูตร อบแห้งเป็นเวลาต่างกัน 3 ระดับ..... 42

4.15 ความชื้นของข้าวเกรียบจากแป้งข้าว 4 สูตร อบแห้งเป็นเวลาต่างกัน 3 ระดับหลังอบพองด้วยไมโครเวฟ..... 42

4.16 a_w ของข้าวเกรียบจากแป้งข้าว 4 สูตร อบแห้งเป็นเวลาต่างกัน 3 ระดับหลังอบพองด้วยไมโครเวฟ..... 43

4.17 ค่าความแข็งของข้าวเกรียบดิบจากแป้งข้าว 4 สูตร อบแห้งเป็นเวลาต่างกัน 3 ระดับ..... 43

4.18 ค่าความแข็งของข้าวเกรียบจากแป้งข้าว 4 สูตร อบแห้งเป็นเวลาต่างกัน 3 ระดับหลังอบพองด้วยไมโครเวฟ..... 44

4.19 ค่าความเปราะของข้าวเกรียบจากแป้งข้าว 4 สูตร อบแห้งเป็นเวลาต่างกัน 3 ระดับหลังอบพองด้วยไมโครเวฟ..... 44

4.20 อัตราส่วนการพองตัวของข้าวเกรียบจากแป้งข้าว 4 สูตร อบแห้งเป็นเวลาต่างกัน 3 ระดับหลังอบพองด้วยไมโครเวฟ..... 45

4.21 ค่าความสว่างของข้าวเกรียบดิบจากแป้งข้าว 4 สูตร อบแห้งเป็นเวลาต่างกัน 3 ระดับ..... 46

4.22 ค่าสีแดงของข้าวเกรียบดิบจากแป้งข้าว 4 สูตร อบแห้งเป็นเวลาต่างกัน 3 ระดับ.... 46

4.23 ค่าสีเหลืองของข้าวเกรียบดิบจากแป้งข้าว 4 สูตร อบแห้งเป็นเวลาต่างกัน 3 ระดับ 46

4.24 ความชื้นของข้าวเกรียบดิบจากแป้งข้าว 2 สูตร ที่แปรปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินหรือกัวร์กัม..... 48

4.25 ความชื้นของข้าวเกรียบจากแป้งข้าว 2 สูตร ที่แปรปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินหรือกัวร์กัมหลังอบพองด้วยไมโครเวฟ..... 48

4.26 a_w ของข้าวเกรียบดิบจากแป้งข้าว 2 สูตร ที่แปรปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินหรือกัวร์กัม..... 49

4.27 a_w ของข้าวเกรียบจากแป้งข้าว 2 สูตร ที่แปรปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินหรือกัวร์กัมหลังอบพองด้วยซไมโครเวฟ..... 49

4.28 อัตราส่วนการพองตัวของข้าวเกรียบจากแป้งข้าว 2 สูตร ที่แปรปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินหรือกัวร์กัมหลังอบพองด้วยไมโครเวฟ..... 49

4.29 ความแข็งของข้าวเกรียบดิบจากแป้งข้าว 2 สูตร ที่แปรปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินหรือกัวร์กัม..... 50

4.30 ความแข็งของข้าวเกรียบจากแป้งข้าว 2 สูตร ที่แปรปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินหรือกัวร์กัมหลังอบพองด้วยไมโครเวฟ..... 50

4.31 ความเปราะของข้าวเกรียบจากแป้งข้าว 2 สูตร ที่แปรปริมาณมอลโตเดกซ์ทริน หรือกัวร์กัมหลังอบพองด้วยไมโครเวฟ…….. 51

4.32 ค่าความสว่างของข้าวเกรียบดิบจากแป้งข้าว 2 สูตร ที่แปรปริมาณ มอลโตเดกซ์ทรินหรือกัวร์กัม……... 52

4.33 ค่าสีแดงของข้าวเกรียบดิบจากแป้งข้าว 2 สูตร ที่แปรปริมาณมอลโตเดกซ์ทริน หรือกัวร์กัม..... 53

4.34 ค่าสีเหลืองของข้าวเกรียบดิบจากแป้งข้าวข้าว 2 สูตร ที่แปรปริมาณ มอลโตเดกซ์ทริน หรือกัวร์กัม..... 53

4.35 คะแนนความชอบทางด้านประสาทสัมผัสของข้าวเกรียบจากแป้งข้าว 2 สูตร ที่ แปรปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินหรือกัวร์กัมหลังอบพองด้วยไมโครเวฟ…… 54

4.36 ร้อยละของระดับความพอดีด้านความหวานที่ผู้ทดสอบตอบแบบสอบถาม..... 55

4.37 ร้อยละของระดับความพอดีด้านความเค็มที่ผู้ทดสอบตอบแบบสอบถาม..... 56

4.38 ร้อยละของระดับความพอดีด้านความแข็งที่ผู้ทดสอบตอบแบบสอบถาม..... 57

4.39 ร้อยละของระดับความพอดีด้านความเปราะที่ผู้ทดสอบตอบแบบสอบถาม..... 58

4.40 ลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่เติมมอลโตเดกซ์ทริน 0.1% เมื่ออบผลิตภัณฑ์ครั้งละ 1 ชิ้น ด้วยไมโครเวฟที่กำลังไฟและเวลาการอบต่างกัน…… 59

4.41 ลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่เติมกัวร์กัม 0.1% เมื่ออบผลิตภัณฑ์ครั้งละ 1 ชิ้น ด้วย ไมโครเวฟที่กำลังไฟและเวลาการอบต่างกัน…… 60

4.42 ก ความชื้นของข้าวเกรียบจากแป้งข้าวผสมแครอทเมื่อเติมมอลโตเดกซ์ทริน 0.1% ที่ อบพองด้วยไมโครเวฟที่เวลาและกำลังไฟต่างกัน…… 62

4.42 ข ความชื้นของข้าวเกรียบจากแป้งข้าวผสมแครอทเมื่อเติมกัวร์กัม 0.1%ที่อบพอง ด้วยไมโครเวฟที่เวลาและกำลังไฟต่างกัน..... 62

4.43 ก a_w ของข้าวเกรียบจากแป้งข้าวผสมแครอทเมื่อเติมมอลโตเดกซ์ทริน 0.1%ที่อบ พองด้วยไมโครเวฟที่เวลาและกำลังไฟต่างกัน..... 63

4.43 ข a_w ของข้าวเกรียบจากแป้งข้าวผสมแครอทเมื่อเติมกัวร์กัม 0.1%ที่อบพองด้วย ไมโครเวฟที่เวลาและกำลังไฟต่างกัน…..... 63

4.44 ก ความแข็ง (gf) ของข้าวเกรียบจากแป้งข้าวผสมแครอทเมื่อเติมมอลโตเดกซ์ทริน 0.1%ที่พองตัวด้วยไมโครเวฟเวลาและกำลังไฟต่างกัน..... 63

4.44 ข ความแข็ง (gf) ของข้าวเกรียบจากแป้งข้าวผสมแครอทเมื่อเติมกัวร์กัม 0.1%ที่ อบพองด้วยไมโครเวฟที่เวลาและกำลังไฟต่างกัน..... 64

4.45 ก ความเปราะ (gf) ของข้าวเกรียบจากแป้งข้าวผสมแครอทเมื่อเติมมอลโตเดกซ์ทริน 0.1%ที่อบพองด้วยไมโครเวฟที่เวลาและกำลังไฟต่างกัน..... 64

4.45 ข ความเปราะ (gf) ของข้าวเกรียบจากแป้งข้าวผสมแครอทเมื่อเติมกัวร์กัม 0.1%ที่อบพองด้วยไมโครเวฟที่เวลาและกำลังไฟต่างกัน..... 64

4.46 ก อัตราส่วนการพองตัวของข้าวเกรียบจากแป้งข้าวผสมแครอทเมื่อเติมมอลโตเดกซ์ทริน 0.1%ที่อบพองด้วยไมโครเวฟที่เวลาและกำลังไฟต่างกัน..... 65

4.46 ข อัตราส่วนการพองตัวของข้าวเกรียบจากแป้งข้าวผสมแครอทเมื่อเติมกัวร์กัม 0.1%ที่อบพองด้วยไมโครเวฟที่เวลาและกำลังไฟต่างกัน..... 65

4.47 ผลการวิเคราะห์ทางเคมี ปริมาณใยอาหาร (dietary fiber) และพลังงานที่ได้รับจากการบริโภคผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบจากแป้งข้าวผสมแครอทสำหรับอบด้วยไมโครเวฟ 100 กรัม (วัดจากผลิตภัณฑ์หลังอบพอง)..... 66

4.48 การเปรียบเทียบข้อมูลทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบจากแป้งข้าวผสมแครอทสำหรับอบด้วยไมโครเวฟเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบในท้องตลาด..... 66

4.49 การเปรียบเทียบข้อมูลทางโภชนาการต่อหนึ่งหน่วยบริโภค (30 กรัม) ของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบจากแป้งข้าวผสมแครอทสำหรับอบด้วยไมโครเวฟเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด..... 67

4.50 จำนวนของผู้ตอบแบบสอบถามการยอมรับจำแนกตามเพศและอายุจำนวน 35 คน..... 68

4.51 จำนวนความถี่และร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถามจำแนกตามการศึกษา อาชีพ รายได้ สถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถามด้านการยอมรับจำนวน 35 คน..... 69

4.52 คะแนนความชอบทางด้านประสาทสัมผัสจากการทดสอบ Home Use Test ของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบจากแป้งข้าวเสริมแครอท..... 71

4.53 ร้อยละของระดับความพอดีด้านต่างๆจากการทดสอบ Home Use Test ของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบจากแป้งข้าวเสริมแครอท..... 71

4.54 ร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถามตามระดับการยอมรับผลิตภัณฑ์และค่าเฉลี่ย..... 73

4.55 จำนวนร้อยละของผู้ตอบคำถาม "ผลิตภัณฑ์นี้มีความสะดวกรวดเร็วในการเตรียมการหรือไม่" และ "ท่านคิดว่าท่านยอมรับผลิตภัณฑ์นี้หรือไม่"..... 74

4.56 สมบัติทางกายภาพของข้าวเกรียบดิบจากแป้งข้าวผสมแครอทระหว่างการเก็บ 12 สัปดาห์..... 76

4.57 สมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์หลังอบพองด้วยไมโครเวฟระหว่างการเก็บ 12 สัปดาห์..... 76
4.58 สมบัติทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบดิบจากแป้งข้าวผสมแครอทระหว่างการเก็บ 12 สัปดาห์..... 77
4.59 ค่าทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่ระยะเวลาเก็บต่างกันหลังอบพองด้วยไมโครเวฟระหว่างการเก็บ 12 สัปดาห์..... 77
4.60 ร้อยละของระดับความพอดีของผลิตภัณฑ์หลังอบพองด้วยไมโครเวฟระหว่างการเก็บ 12 สัปดาห์..... 79
4.61 ร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถาม “มีกลิ่นรสไม่พึงปรารถนา (off-flavor) หรือไม่” ของผลิตภัณฑ์หลังอบพองด้วยไมโครเวฟระหว่างการเก็บ 12 สัปดาห์..... 80

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
2.1	กระบวนการผลิตแป้ง.....	5
2.2	โครงสร้างของแอมิโลส.....	7
2.3	ลักษณะเกลียวของแอมิโลส.....	7
2.4	โครงสร้างของแอมิโลเพกติน.....	8
2.5	ระยะการเกิดเจลาติไนเซชันของเม็ดแป้ง.....	10
2.6	การเกิดรีโทรเกรเดชันของสตาร์ช.....	11
3.1	กรรมวิธีการผลิตข้าวเกรียบจากแป้งข้าวผสมแครอท.....	24
3.2	ตัวอย่างฉลากบนซองผลิตภัณฑ์.....	29
4.1	%puffing efficiency ของข้าวเกรียบจากแป้งข้าวผสมแครอทที่อบด้วยไมโครเวฟที่กำลังไฟและเวลาการอบต่างกัน.....	61

บทที่ 1

บทนำ

ตลาดขนมขบเคี้ยวในประเทศไทยมีการขยายตัวอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายจากผู้บริโภคทุกเพศทุกวัย จากรายงานการวิจัยตลาดของบริษัท มาร์เก็ตอินโฟ แอนด์ คอมมิวนิเคชั่น จำกัด (2549) พบว่า ตลาดรวมของขนมขบเคี้ยวมีมูลค่ามากกว่า 10,000 ล้านบาทต่อปี โดยมันฝรั่งแผ่นได้รับความนิยมจากผู้บริโภคมากที่สุดคือ ร้อยละ 68 ต่อมาคือขนมขบเคี้ยวประเภท ปลาเส้น ปลาแผ่น ได้รับความนิยมรองลงมาด้วยสัดส่วนร้อยละ 10 ขนมขึ้นรูปได้รับความนิยมร้อยละ 6 ขนมขบเคี้ยวประเภทข้าวเกรียบกุ้ง/ปลาได้รับความนิยมร้อยละ 5 ข้าวโพดอบเนยได้รับความนิยมร้อยละ 4 ปลาหมึกเส้นปลาหมึกอบกรอบได้รับความนิยมร้อยละ 2 และขนมขบเคี้ยวประเภทต่างๆ ได้รับความนิยมร้อยละ 5 ขนมขบเคี้ยวส่วนใหญ่ที่มีจำหน่ายในท้องตลาดทำจากแป้งทอดกรอบที่มีน้ำตาล เกลือ ไขมัน และผงชูรสเป็นสารปรุงรสผสมอยู่มาก ดังนั้นเมื่อผู้บริโภคโดยเฉพาะกลุ่มเด็กและวัยรุ่นบริโภคมากเกินความต้องการอาจส่งผลให้เกิดภาวะโภชนาการเกิน จนเป็นโรคอ้วน อันจะก่อให้เกิดโทษต่อสุขภาพตามมาเมื่อเข้าสู่วัยผู้ใหญ่ เช่น เพิ่มความเสี่ยงต่อการเป็นโรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง และโรคหัวใจ (กองสุขศึกษา, 2547) ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์เสริมแคอทสำหรับอบด้วยไมโครเวฟด้วยการเสริมใยอาหารและลดไขมันเพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีประโยชน์ต่อสุขภาพของผู้บริโภคมากขึ้น อีกทั้งการใช้แป้งข้าวมาเป็นวัตถุดิบหลักยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้าเกษตรที่สำคัญของประเทศ งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากแป้งข้าวโดยการเสริมแคอทเพื่อเพิ่มใยอาหารและลดไขมันในผลิตภัณฑ์ เพื่อแก้ปัญหาด้านโภชนาการของผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ที่มีอยู่ และขยายตลาดให้เป็นผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูปพร้อมบริโภคที่สามารถเก็บรักษาได้ และพองกรอบด้วยการให้ผู้บริโภคอบผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นด้วยไมโครเวฟเอง

บทที่ 2
วารสารปริทัศน์

2.1 ขนมขบเคี้ยว

2.1.1 นิยามและประเภทของขนมขบเคี้ยว

ขนมขบเคี้ยว เป็นอาหารว่างที่ใช้รับประทานเล่นระหว่างมื้อหลัก เป็นอาหารที่ผ่านการแปรรูปมาแล้ว สามารถบริโภคได้ทันที หรืออาจมีการเตรียมเพียงเล็กน้อยก็สามารถบริโภคได้ (Gordon,1990) มีลักษณะที่จูงใจต่อการซื้อ มีรสชาติและเนื้อสัมผัสอร่อยเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และพกพาสะดวก (จุฬาลักษณ์ จารุนุช, 2550)

สินค้าประเภทขนมขบเคี้ยวมีการพัฒนารูปแบบและรสชาติใหม่ๆออกสู่ตลาดอยู่ตลอดเวลาเพื่อขยายฐานการตลาดให้กว้างขวางขึ้น เนื่องจากสภาพการแข่งขันที่รุนแรง ซึ่งนับว่าเป็นข้อดีที่ทำให้สินค้ามีความหลากหลายเสนอเป็นทางเลือกให้กับผู้บริโภค หากจำแนกประเภทของขนมขบเคี้ยวที่มีในตลาดส่วนใหญ่จำแนกได้เป็น 7 ประเภทหลัก ดังนี้ (บริษัท มาร์เก็ตอินโฟแอนด์ คอมมิวนิเคชั่น จำกัด, 2549)

ประเภทที่ 1 มันฝรั่งทอด/อบเนย ทั้งชนิดแผ่นและแท่ง (Stick)

ประเภทที่ 2 ปลาเส้น ปลาแผ่น ปรุงรสต่าง ๆ

ประเภทที่ 3 ขนมขึ้นรูป ได้แก่ ขนมอบกรอบที่ผลิตจากวัตถุดิบประเภทแป้ง เช่น แป้งข้าวโพด และ ส่วนผสมอื่น ขึ้นรูปเพื่อให้มีรูปร่างต่าง ๆกัน

ประเภทที่ 4 ถั่วประเภทต่าง ๆ

ประเภทที่ 5 ข้าวเกรียบ (กุ้ง ปลา และอื่น ๆ)

ประเภทที่ 6 ข้าวโพดอบเนย

ประเภทที่ 7 ปลาหมึกปรุงรส

ขนมอบกรอบจากแป้งข้าว (rice cracker) เป็นขนมขบเคี้ยวที่ทำจากข้าวเป็นส่วนประกอบหลัก มีชื่อเรียกตามวัตถุดิบหลักที่ใช้ทำ เช่น ขนมอบกรอบที่ทำจากแป้งข้าวเหนียวเรียกว่า อาราเร่ (arare) ขนมอบกรอบที่ทำจากแป้งข้าวเจ้า เรียกว่า เซมเบ้ (senbei) (คำรบ สมะวรรธนะ, 2546)

ข้าวเกรียบ คือ ขนมขบเคี้ยวที่ทำจากแป้ง เช่น แป้งมันสำปะหลัง และแป้งข้าว เป็นส่วนประกอบหลัก อาจมีส่วนประกอบของเนื้อสัตว์ ผัก ผลไม้ หรือเมล็ดพืชน้ำมัน เช่น ปลา กุ้ง ฟักทอง เผือก งาดำ งาขาว บดผสมให้เข้ากับเครื่องปรุงรส นำไปนึ่งให้สุก ตัดให้เป็นแผ่นบางๆ

แล้วนำไปทำให้แห้งด้วยแสงแดดหรือวิธีอื่นที่เหมาะสม อาจทอดก่อนบรรจุหรือไม่ก็ได้ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2530)

2.1.2 การพองตัวของขนมอบกรอบจากแป้งข้าว

ผลิตภัณฑ์อาหารพองกรอบจากแป้งข้าวมีหลายชนิด ทำได้ด้วยวิธีการต่างๆกันดังนี้ (งามชื่น คงเสรี, 2538)

2.1.2.1 การพองตัวด้วยการอบหรือย่าง (baking) โดยใช้พลังงานความร้อนจากการย่างทำให้น้ำที่อยู่ในแป้งระเหยกลายเป็นไอน้ำ ดันเนื้อแป้งให้ได้ชิ้นขนมที่มีความกรอบและพองขึ้น ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ได้แก่ ผลิตภัณฑ์อาราเร่ เซมเบ้ ข้าวเกรียบว่าว

2.1.2.2 การพองด้วยแรงอัดที่อุณหภูมิสูง (extrusion) เกิดจากการที่แป้งได้รับความร้อนจากภายในบาร์เรล และความดันสูงจากการขับเคลื่อนของแท่งเกลียว ทำให้แป้งเกิดการหลอมตัว เมื่อแป้งเหลวนี้เคลื่อนตัวออกสู่บรรยากาศ ความดันจะลดลงกระทันหัน ไอน้ำที่อยู่ในก้อนแป้งเหลวจะกระจายระเหยออกทันทีและดันก้อนแป้งเกิดรูพรุนกระจายทั่ว เมื่อเย็นลงจะคงความกรอบของผลิตภัณฑ์ไว้ เครื่อง extrusion มีทั้งชนิด single screw และ twin screw เทคโนโลยีนี้สามารถทำผลิตภัณฑ์ได้หลายรูปแบบและยังเอื้ออำนวยต่อการเติมสารอาหารเพื่อเสริมคุณค่าทางโภชนาการอีกด้วย

2.1.2.3 การพองตัวด้วย puffing machine หลักการของเทคโนโลยีนี้เกิดขึ้นในทำนองเดียวกันกับการพองด้วยแรงอัดที่อุณหภูมิสูง แต่ความดันที่ได้รับเกิดจากแรงกดและการเคลื่อนกลับของแผ่นให้ความร้อน 2 แผ่นประกบกัน ผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ได้แก่ rice cake

2.1.2.4 การพองที่เกิดจากการอบหรือทอดในน้ำมันร้อน (Oven or deep fry puffing) เช่น ข้าวตอกที่ทำจากข้าวเหนียว ข้าวตังทอด ขนมนางเล็ด ข้าวเกรียบ จากการศึกษาการพองของข้าวที่ทอดในน้ำมันพบว่า ข้าวที่เหมาะสมควรเป็นข้าวสุกอบแห้ง ข้าวแอมิโลสต่ำและข้าวเหนียวจะมีการพองตัวได้ดีกว่าข้าวชนิดอื่น

2.2 ข้าว

ข้าวเป็นพืชล้มลุกตระกูลหญ้า (วงศ์ Graminae) ลำต้นเป็นไม้เนื้ออ่อน จัดเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว (monocotyledon) และมีระบบรากฝอย (fibrous root system) เจริญเติบโตได้ดีทั้งในเขตร้อนและเขตอบอุ่น ข้าวที่เพาะปลูกเพื่อใช้ในการบริโภคแบ่งออกเป็น 2 ชนิดได้แก่ *Oryza sativa* และ *Oryza glaberrima* แต่ข้าวที่ปลูกในแถบเอเชียและมีการซื้อขายในตลาดโลกเป็น *Oryza sativa* เกือบทั้งหมด แบ่งเป็น 3 ชนิดย่อย (ณรงค์ นิยมวิทย์, 2532) ได้แก่

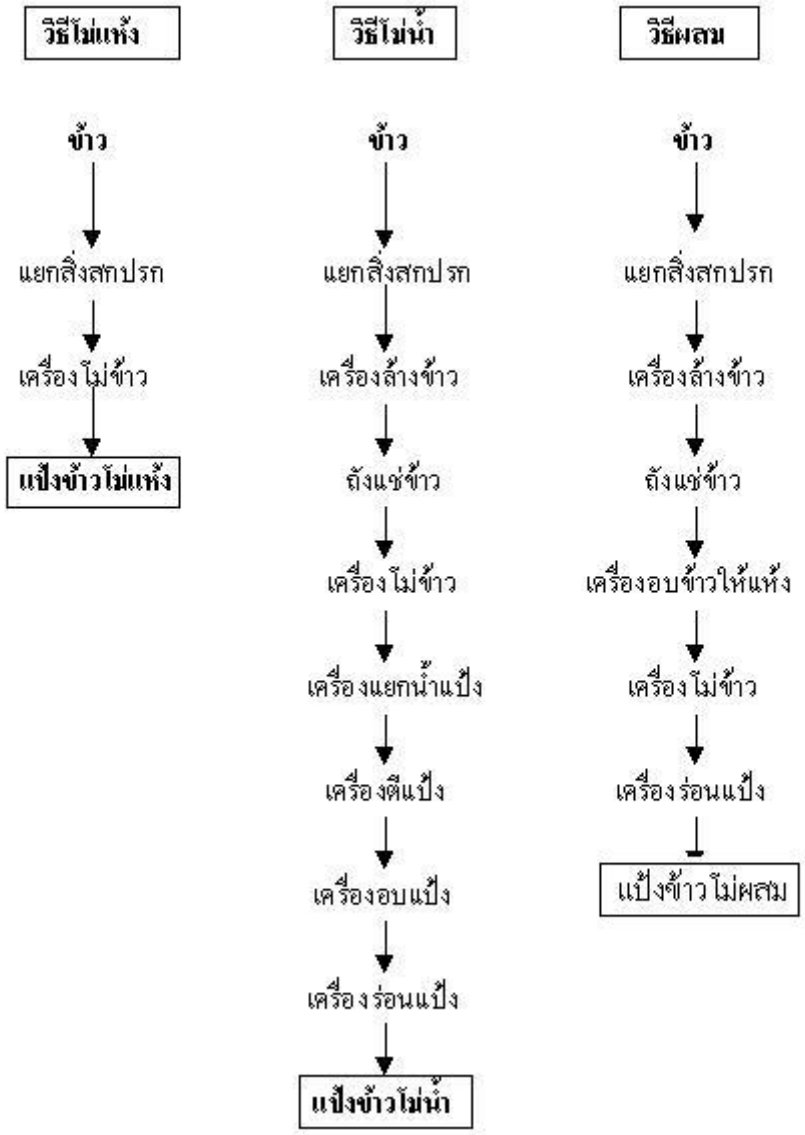
- Indica type เป็นข้าวที่มีลักษณะเมล็ดยาวเรียว ปลูกในเขตร้อน เช่น ไทย ฟิลิปปินส์ อินเดีย
- Javanica type เป็นข้าวที่มีลักษณะเมล็ดขนาดกลาง อยู่ระหว่าง Indica type และ Japonica type ปลูกในประเทศอินโดนีเซีย
- Japonica type เป็นข้าวที่มีลักษณะเมล็ดป้อมสั้น ปลูกในเขตอบอุ่น เช่น ญี่ปุ่น จีน เกาหลี สหรัฐอเมริกา

ข้าวสามารถนำมาแปรรูปได้เป็นผลิตภัณฑ์มากมายหลายชนิด ทั้งในรูปแบบอาหารสำเร็จรูป หรือกึ่งสำเร็จรูป เป็นอาหารคาวหรือขนมต่างๆ เช่น ข้าวพอง ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำจากข้าว หรือแป้งข้าว มีลักษณะพองเบา มีรูพรุน (ณรงค์ นิยมวิทย์, 2532)

การผลิตและสมบัติของแป้งข้าว

2.2.1 การผลิตแป้งข้าว

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตแป้งข้าวคือ ข้าวหักหรือปลายข้าวจากข้าวเจ้าหรือข้าวเหนียว กระบวนการผลิตมี 3 วิธี คือ วิธีโม่แห้ง วิธีโม่น้ำ และวิธีผสม (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรมเกษตร, 2544) มีกระบวนการผลิตดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 กระบวนการผลิตแป้ง
ที่มา: ดัดแปลงจาก งามชื่น คงเสรี (มปป)

แป้งที่ได้จากการโม่แห้งจะมีคุณภาพต่ำ เพราะมีอนุภาคที่ค่อนข้างหยาบและมีสิ่งเจือปนสูง อายุการเก็บรักษาสั้นเพราะเกิดกลิ่นหืนและถูกทำลายจากแมลงได้ง่าย สำหรับวิธีการโม่น้ำเป็นวิธีการผลิตแป้งข้าวที่แพร่หลาย แป้งจะมีคุณภาพดี มีความละเอียดและสิ่งเจือปนน้อย การผลิตแป้งข้าววิธีผสมเป็นการโม่แป้งจากข้าวที่แช่น้ำและอบแห้งด้วยความร้อนก่อนโม่เป็นแป้ง แป้งชนิดนี้มีคุณสมบัติเฉพาะและนำไปใช้ทำขนมเฉพาะอย่าง เช่น ขนมโก๋จากแป้งข้าวเหนียว (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2534)

2.2.2 การจำแนกประเภทของแป้งข้าวและการนำไปใช้

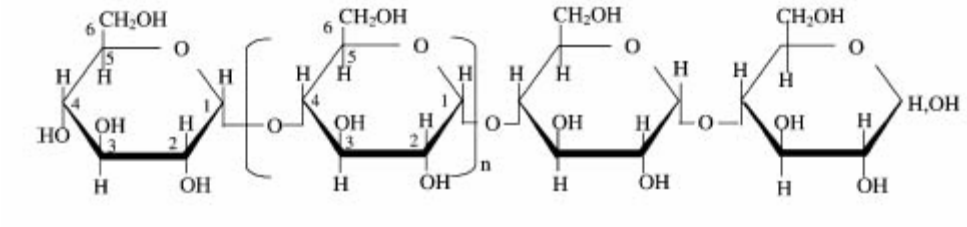
แป้งข้าวมีลักษณะเป็นผงละเอียดสีขาว ไม่จับตัวเป็นก้อน ความชื้นไม่ควรเกินร้อยละ 13 เมื่อนำมาส่องกล้องจุลทรรศน์กำลังขยายสูงจะพบเม็ดสตาร์ชขนาดเล็กประมาณ 2-9 ไมครอนและบางส่วนจับกันเป็นกลุ่มก้อน แป้งข้าวประกอบด้วยพอลิเมอร์ของน้ำตาลกลูโคส 2 ชนิดคือ แอมิโลส และ แอมิโลเพกติน โดยจะมีปริมาณแอมิโลเพกทินมากกว่าปริมาณแอมิโลส (กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2550) (ตารางที่2.1)

ตารางที่ 2.1 การแบ่งประเภทข้าวตามปริมาณแอมิโลส

ประเภทของข้าว	ปริมาณแอมิโลส	ตัวอย่างพันธุ์ข้าว	ลักษณะข้าวสุก
ข้าวเหนียว	น้อยกว่า 2%	ข้าวเหนียวเขี้ยวงู	เหนียวมาก
ข้าวเจ้าแอมิโลสต่ำ	10-19%	ขาวดอกมะลิ 105 กข 15	เหนียวนุ่ม
ข้าวเจ้าแอมิโลสปานกลาง	20-25%	สุพรรณบุรี 60 กข 23	ค่อนข้างร่วน
ข้าวเจ้าแอมิโลสสูง	26-34%	สุพรรณบุรี1 ชัยนาท 1	ร่วนแข็ง

ที่มา: ดัดแปลงจาก งามชื่น คงเสรี (2538)

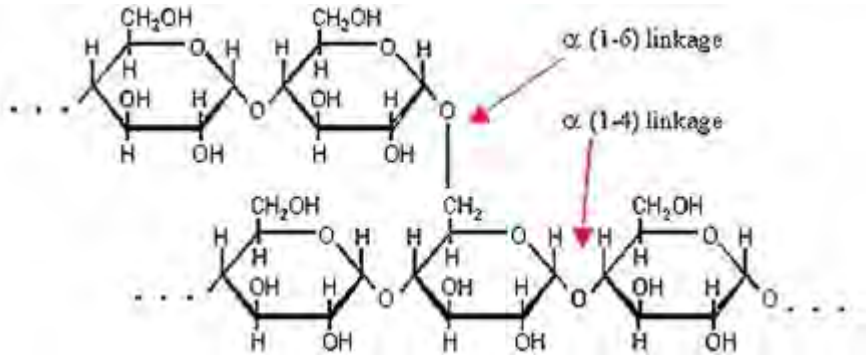
แอมิโลสเป็นพอลิเมอร์เชิงเส้นที่ประกอบด้วยกลูโคสประมาณ 2,000 หน่วย เชื่อมต่อกันด้วยพันธะแอลฟา-1,4-กลูโคซิดิก ดังรูปที่ 2.2 เมื่ออยู่ในสารละลายแอมิโลสจะมีโครงสร้างหลายรูปแบบคือ ในสารละลายที่อุณหภูมิห้องแอมิโลสลักษณะเป็นเกลียวม้วน (helix) เกลียวที่คลายตัว (interrupted helix) หรือขดสายโซ่อิสระ (random coil) (Whistler and Daniel, 1984) (รูปที่ 2.3) แอมิโลสสามารถรวมตัวกับสารอื่นๆ เช่น กรดไขมัน ไอโอดีน และสารลดแรงตึงผิวได้เป็นสารประกอบเชิงซ้อน (Jane *et al*., 1999)



รูปที่ 2.2 โครงสร้างของแอมิโลส
ที่มา: Juliano (1972)

รูปที่ 2.3 ลักษณะเกลียวของแอมิโลส
ที่มา: ดัดแปลงจาก Whistler และ Daniel (1984)

แอมิโลเพกตินเป็นพอลิเมอร์ที่มีทั้งส่วนที่เป็นเส้นตรงและกิ่งก้านของกลูโคส ส่วนที่เป็นเส้นตรงของกลูโคสเชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α-1,4-กลูโคซิดิก และส่วนที่เป็นกิ่งก้านที่เป็นกลูโคสสายสั้น เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α-1,6-กลูโคซิดิก ดังภาพที่ 2.2 ความยาวของสายกิ่งของแอมิโลเพกติน มีความสัมพันธ์กับโครงสร้างที่มีลักษณะเป็นผลึกของสตาร์ช โดยจะมีผลต่อการเกิดเจลาติไนเซชัน การเกิดรีโทรกราเดชัน และสมบัติทางความหนืดของสตาร์ช (Jane *et al*., 1999)



รูปที่ 2.4 โครงสร้างของแอมิโลเพกติน
ที่มา: Juliano (1972)

โครงสร้างของแอมิโลเพกตินในเม็ดแป้งทั้งส่วนที่เป็นผลึก (crystalline region) และส่วนอสัณฐาน (amorphous region) โดยมีแอมิโลเพกตินอยู่ในทั้งสภาพอิสระ สภาพที่อยู่รวมกับไขมัน และอยู่ร่วมกับแอมิโลสเป็นเกลียวคู่ (double helix) (Robin *et al*.,1974)

ลักษณะโครงสร้างแบบกิ่งของแอมิโลเพกตินประกอบด้วยสายโซ่ 3 ชนิด (Robin *et al*., 1974) คือ

- สาย A (A-chain) เชื่อมต่อกับสายอื่นที่ตำแหน่งเดียว ไม่มีกิ่งเชื่อมต่อ (unbranched structure)
- สาย B (B-chain) มีโครงสร้างแบบกิ่งเชื่อมต่อกับสายอื่นๆ 2 สาย หรือมากกว่า
- สาย C (C-chain) เป็นสายแกนซึ่งประกอบด้วยหมู่ รีดิวซิง 1 หมู่ ซึ่งในแอมิโลเพกทิน 1 โมเลกุลจะมีสายโซ่ชนิด C เพียง 1 สายเท่านั้น

สัดส่วนของแอมิโลสและแอมิโลเพกตินมีผลต่อการพองตัวของของเม็ดแป้ง รวมถึงความเหนียวและความใสของแป้งเปียกที่ได้หลังการเกิดเจล เนื่องจากแอมิโลสจะละลายน้ำได้ดี แต่เมื่อต้มในน้ำจะให้ความหนืดน้อยกว่า มีความขุ่นมากกว่า และเกิดเจลได้ดีกว่าแอมิโลเพกติน (Whistler and Smart, 1953)

เนื่องจากปริมาณแอมิโลสที่แตกต่างกันในแป้งข้าวเหนียว แป้งข้าวเจ้าแอมิโลสต่ำ แป้งข้าวเจ้าแอมิโลสปานกลาง แป้งข้าวเจ้าแอมิโลสสูง รูปแบบการนำไปใช้ของแป้งแต่ละชนิดก็จะแตกต่างกัน ดังนี้ แป้งข้าวเหนียวนิยมนำมาใช้เป็นส่วนผสมในของหวาน ซอสต่างๆ และใช้ทำผลิตภัณฑ์ประเภทพองกรอบ (expanded product) เช่น อาราเร่ (arare) เนื่องจากมีความสามารถในการพองตัวได้ดี

แป้งข้าวเจ้าแอมิโลสต่ำนิยมนำมาใช้ผลิตอาหารเช้าจากธัญพืชพร้อมบริโภค (ready to eat breakfast cereal) อาหารเด็กอ่อน (baby food) อาหารประเภทพองกรอบเช่น เซมเบ้ (senbei) และใช้ทดแทนแป้งสาลีในการผลิตขนมปัง

แป้งข้าวเจ้าแอมิโลสปานกลางนิยมนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์ซุปกระป๋อง ใช้ทดแทนแป้งสาลีในการผลิตบะหมี่ หมี่ซั่ว หรือขนมคุกกี้

แป้งข้าวเจ้าชนิดแอมิโลสสูง เหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์ประเภทก๋วยเตี๋ยว เส้นหมี่ ขนมจีน หรือใช้ทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ขนมเค้ก (งามชื่น คงเสรี, 2538)

สัดส่วนของปริมาณแอมิโลสและแอมิโลเพกตินมีผลต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์โดยที่แอมิโลเพกตินจะทำให้ผลิตภัณฑ์พองตัวดี มีความหนาแน่นต่ำ แต่ผลิตภัณฑ์จะเปราะแตกง่าย ในขณะที่แอมิโลสทำให้ผลิตภัณฑ์แข็งและพองตัวได้น้อย (Matz, 1976) กมลทิพย์ สัจจาอนันตกุล (2546) ศึกษาผลของปริมาณแอมิโลสต่อคุณลักษณะของแผ่นแป้งข้าวเจ้าทอด โดยนำแป้งข้าวเจ้าและสตาร์ชจากแป้งข้าว (ได้จากการสกัดไขมัน และโปรตีนออกจากแป้งข้าว โดยการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์) มาผสมกันเพื่อให้ได้ปริมาณแอมิโลสร้อยละ 20 25 30 และ 35 ทอดแป้งข้าวเจ้าแบบน้ำมันท่วมที่ 170 และ 180 °C เป็นเวลา 2 3 และ 4 นาที พบว่าเมื่อปริมาณแอมิโลสเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ความชื้นและปริมาณการดูดซับน้ำมันมีแนวโน้มลดลง ยกเว้นแผ่นแป้งที่มีปริมาณแอมิโลสร้อยละ 35 มีปริมาณการดูดซับน้ำมันมากขึ้น เนื่องจากเมื่อปริมาณแอมิโลสเพิ่มขึ้นทำให้แผ่นแป้งทอดมีการพองตัวต่ำลง ทำให้มีพื้นที่ในการสัมผัสกับน้ำมันน้อยจึงมีการดูดซับน้ำมันน้อยลง และสตาร์ชที่มีปริมาณแอมิโลสสูงจะให้ฟิล์มที่แข็งแรง ซึ่งจะขัดขวางการดูดซับน้ำมัน นอกจากนี้ปริมาณแอมิโลสที่เพิ่มขึ้นยังทำให้แผ่นแป้งข้าวเจ้าทอดมีแนวโน้มกรอบร่วนมากขึ้นและมีแนวโน้มที่จะมีสีเหลืองทองมากขึ้น และผลจากการทอดที่อุณหภูมิสูงหรือทอดเป็นเวลานานขึ้นส่งผลให้ความชื้นของแผ่นแป้งทอดมีแนวโน้มลดลง แต่แผ่นแป้งทอดมีแนวโน้มดูดซับน้ำมันมากขึ้นและพองตัวมากขึ้น มีความกรอบร่วนมากขึ้นและมีสีเหลืองทองมากขึ้น

2.2.3 สมบัติของแป้งข้าว : การเกิดเจลาติไนเซชันและรีโทรกราเดชัน (กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2550)

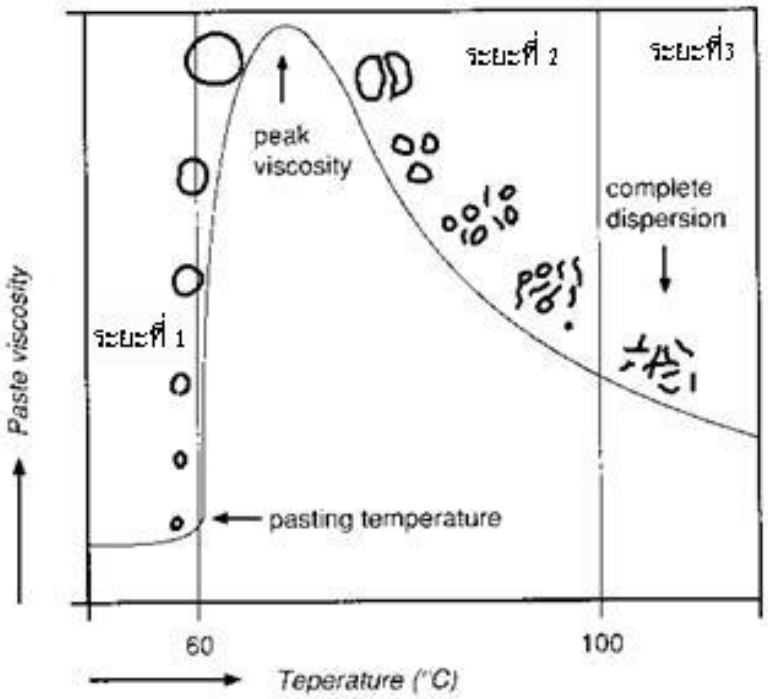
เนื่องจากเม็ดแป้งมีโครงสร้างกึ่งผลึก ประกอบด้วยพอลิเมอร์ที่มีหมู่ไฮดรอกซิลจำนวนมากมายึดเกาะกันด้วยพันธะไฮโดรเจน จึงไม่ละลายในน้ำเย็น แต่จะดูดซึมน้ำและพองตัวได้เล็กน้อย (Leach, McCowen and Schoch, 1959) การเกิดเจลาติไนเซชันเป็นการทำลายโครงสร้างผลึกภายในเม็ดแป้งโดยการให้ความร้อนแก่เม็ดแป้งในสภาวะที่มีน้ำเพียงพอ เมื่อน้ำแป้งได้รับความร้อนจนมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิการเกิดเจลาติไนเซชัน (gelatinization temperature) เม็ดแป้งจะดูดซับน้ำแล้วพองตัว น้ำแป้งจะมีความหนืดมากขึ้นและใสขึ้น เนื่องจากโมเลกุล

ของน้ำอิสระรอบๆเม็ดแป้งเหลือน้อยลง เม็ดแป้งเคลื่อนไหวได้ยากขึ้น ทำให้เกิดความหนืด ปรากฏการณ์นี้เรียกว่าการเจลาติไนเซชัน ซึ่งแบ่งได้เป็น 3 ระยะ (ดังแสดงในรูปที่ 2.5)

ระยะแรก เม็ดแป้งจะดูดน้ำเย็นได้จำกัดและเกิดการพองตัวแบบผันกลับได้ (reversible) ความหนืดของสารแขวนลอยจะไม่เพิ่มขึ้นจนเห็นได้ชัด

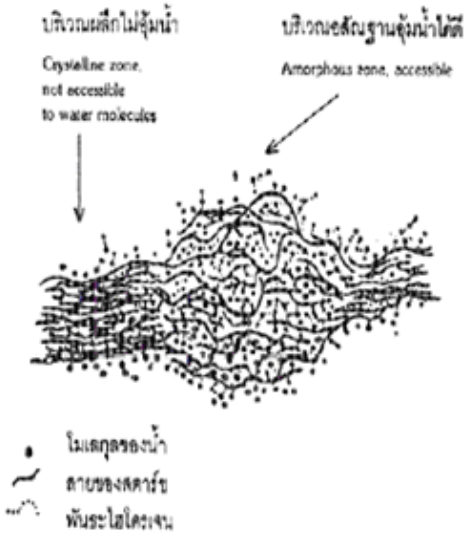
ระยะที่สอง ผลของการให้ความร้อนในระบบที่มีน้ำเกินพอจะทำให้เม็ดแป้งดูดน้ำและพองตัวอย่างรวดเร็วแบบผันกลับไม่ได้ เนื่องจากพันธะไฮโดรเจนถูกทำลาย ความหนืดของสารละลายน้ำแป้งจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว แอมิโลสจะเริ่มละลายออกมา

ระยะที่สาม เมื่อให้ความร้อนต่อไป รูปร่างของเม็ดแป้งจะไม่แน่นอน แอมิโลสจะละลายออกมาเพิ่มมากขึ้น เมื่อนำไปทำให้เย็นจะเกิดเจล



รูปที่ 2.5 ระยะการเกิดเจลาติไนเซชันของเม็ดแป้ง
ที่มา: กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ (2550)

การเกิดรีโทรกราเดชันเป็นปรากฏการณ์เกิดขึ้นเมื่อน้ำแป้งสุกซึ่งร้อนมีอุณหภูมิลดต่ำลง ขณะที่อุณหภูมิลดลง โมเลกุลอิสระของแอมิโลสและแอมิโลเพกตินซึ่งอยู่ใกล้กันจะจับตัวกันด้วยพันธะไฮโดรเจน ทำให้เกิดการจัดเรียงตัวของโมเลกุลใหม่ เกิดเป็นกลุ่มของสายพอลิเมอร์ (polymer aggregates) และโครงสร้างผลึก (รูปที่ 2.6) ถ้าน้ำแป้งสุกมีความเข้มข้นต่ำ การจัดเรียงตัวของโมเลกุลเหล่านี้จะทำให้เกิดลักษณะตะกอนขุ่นขาว แต่ถ้าน้ำแป้งสุกมีความเข้มข้นสูง จำนวนโมเลกุลที่มาจัดเรียงตัวกันใหม่มีมากและระหว่างเคลื่อนที่เข้ามาจับกันจะสามารถเก็บกักน้ำไว้ได้ ทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้น และในที่สุดเกิดลักษณะเจลที่อ่อนนุ่ม (Collison, 1968)



รูปที่ 2.6 การเกิดรีโทรเกรเดชันของสตาร์ช
ที่มา: อรอนงค์ นัยวิกุล (2547)

2.3 แครอท

แครอท (*Daucus Carota* Var. *sativa*) อยู่ในวงศ์ Apiaceae (Umbelliferae) มีถิ่นกำเนิดในยุโรป และเอเชียกลาง มีหลายขนาด ตั้งแต่ขนาดเล็กเท่าแท่งดินสอ หรือที่เรียกว่าเบบี้แครอท ไปจนถึง ขนาดใหญ่ แครอทเป็นพืชสองฤดู (หมายถึง พืชที่ใช้เวลาสองปีจึงจบวัฏจักรปลูก) โดยฤดูแรกเจริญทางต้น ใบ และราก ฤดูที่สองจะเจริญทางดอก และเมล็ด แครอทเป็นพืชกินหัวชนิดหนึ่ง มีลักษณะยาว หัวแครอทมีหลายสี เช่น เหลือง ม่วง ส้ม แต่ที่นิยมรับประทานในปัจจุบันคือสีส้ม แครอทชอบดินร่วนและอากาศเย็น ดังนั้นจึงสามารถปลูกได้ดีในภาคเหนือของประเทศไทย

แครอทเป็นผักที่มีคุณค่าทางอาหารสูง (ตารางที่ 2.2) เป็นพืชที่อุดมไปด้วยวิตามินเอ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2547) สามารถรับประทานได้ทั้งดิบและสุก และนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น ผลิตภัณฑ์อาหารเช้าจากแครอท แครอทแผ่นกรอบ (carrot flake) แยมแครอท เยลลี่แครอท เครื่องดื่มน้ำแครอทกึ่งสำเร็จรูป น้ำแครอทพร้อมดื่ม ข้าวแต๋นน้ำแครอท อาหารว่างแครอทชนิดกรอบพอง (carrot snack) ที่ผลิตโดยเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์ และข้าวเกรียบแครอท (กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2553)

ตารางที่ 2.2 คุณค่าทางอาหารของแครอทต้มสุก 100 กรัม

องค์ประกอบ	ปริมาณ
พลังงาน (กิโลแคลอรี่)	35
ไขมันทั้งหมด (กิโลแคลอรี่)	0
ไขมันอิ่มตัว (กิโลแคลอรี่)	0
ไขมันไม่อิ่มตัว (กิโลแคลอรี่)	0
คอเลสเตอรอล (มิลลิกรัม)	0
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	8
ใยอาหาร (กรัม)	3
น้ำตาล (กรัม)	3
โปรตีน (กรัม)	1
โซเดียม (มิลลิกรัม)	58
วิตามินเอ (IU)	1618
วิตามินซี (มิลลิกรัม)	3.6
วิตามินบี 1(มิลลิกรัม)	0.04
วิตามินบี 2 (มิลลิกรัม)	0.04
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	30
เหล็ก (มิลลิกรัม)	0.3

ที่มา: USDA, 2008

2.4 มอลโตเดกซ์ทริน

มอลโตเดกซ์ทริน ผลิตได้จากการย่อยสลายแป้งด้วยกรด หรือด้วยเอนไซม์ จนมีค่าสมมูลเดกซ์โทรส (Dextrose equivalent , DE) น้อยกว่า 20 (Brook and Griffin, 1987) มีทั้งลักษณะเป็นของเหลวคล้ายน้ำเชื่อม และชนิดผงสีขาวคล้ายแป้ง สามารถละลายน้ำได้ และไม่มีรสหวาน (Harjes and Wermer, 1976)

มอลโตเดกซ์ทริน ช่วยกักเก็บความชื้นไว้ในผลิตภัณฑ์โดยจับกับโมเลกุลของน้ำอิสระและเปลี่ยนให้อยู่ในรูปน้ำผูกพัน (bound water) ช่วยไม่ให้น้ำตาลในขนมหวานตกผลึก เพิ่มความข้นหนืด (thickening) และช่วยให้เกิดเจลในผลิตภัณฑ์อาหาร (Marchal, Beeftink and Tramper, 1999) มีการนำมอลโตเดกซ์ทรินมาใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารประเภทเบเกอรี่ เช่น Witczak และคณะ (2010) ศึกษาการใช้มอลโตเดกซ์ทรินที่มีค่า DE 3.6, 15.3, 18.0 และ 21.8 ในผลิตภัณฑ์ขนมปังไร้กลูเตนที่ทำจากแป้งข้าวโพดผสมแป้งมันฝรั่ง พบว่าเมื่อ DE ของมอลโตเดกซ์ทรินเพิ่มขึ้นจะช่วยเพิ่มความหนืดให้กับโดของแป้ง สูตรที่เติมมอลโตเดกซ์ทริน DE ต่ำ (3.6) จะมีปริมาตรภายในของขนมปังน้อย ขนมปังไม่นุ่มฟู ซึ่งถือเป็นลักษณะที่ไม่ดีของขนมปัง แต่เมื่อเติมมอลโตเดกซ์ทรินที่ DE สูงขึ้น (18.0 และ 21.8) ขนมปังจะมีปริมาตรภายในมากขึ้น ขนมปังจะมีลักษณะฟูนุ่ม มีการเกิดรีโทรกราเดชันลดลง ทำให้เก็บรักษาขนมปังได้นานขึ้น

ยังไม่พบงานวิจัยเกี่ยวกับขนมอบกรอบจากแป้งที่ใช้มอลโตเดกซ์ทรินเป็นส่วนประกอบเพื่อยืดอายุในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงได้ทดลองนำ มอลโตเดกซ์ทรินมาใช้ในงานวิจัย โดยจะศึกษาผลของการใส่มอลโตเดกซ์ทรินต่อคุณภาพด้านกายภาพและเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ร่วมด้วย

2.5 กัวร์กัม

กัวร์กัมเป็นกัมประเภทหนึ่ง ซึ่งได้จากการสกัดจากพืชประเภทฝักที่มีชื่อว่า *Cyamoposis tetragonolba* มีถิ่นกำเนิดในประเทศอินเดียและปากีสถาน ปลูกมากในรัฐเทกซัส สหรัฐอเมริกา โครงสร้างของกัวร์กัมเป็นโพลิเมอร์สายยาวของ mannose ที่ต่อกันด้วยพันธะ β-1,4-กลูโคซิดิก และมีกิ่งแขนงของ galactose โดยทุกๆ 2 โมเลกุลของ mannose ต่อกับ 1 โมเลกุลของ galactose ด้วยพันธะ α-1,6 กลูโคซิดิก ทำให้อัตราส่วนของ mannose ต่อ galactose เป็น 2:1 (Dea and Morrison, 1975) กัวร์กัมไม่สามารถเกิดเจล แต่ละลายได้ดีในน้ำเย็น จึงมีหน้าที่หลักเป็นสารเพิ่มความหนืด เพิ่มความคงตัวและช่วยอุ้มน้ำ (Wang, Ellis and Ross-Murphy, 2000)

Wang , Jin and Yuan, 2007 ศึกษาผลของกัวร์กัมและกรดซิตริกต่อคุณภาพด้านความหนืดปรากฏของแป้งโดก่อนพองตัว ความหนาแน่น และอัตราส่วนการพองตัว ของผลิตภัณฑ์แป้งข้าวโพดที่ผ่านการพองตัวด้วยการเอ็กซ์ทรูด แปรปริมาณกัวร์กัมเป็น 2, 5 และ 10 % พบว่า เมื่อ

เพิ่มกัวร์กัมในผลิตภัณฑ์ โดของผลิตภัณฑ์ก่อนการพองตัวจะมีความหนืดมากขึ้น เมื่อพองตัวด้วยการเอกซ์ทรูดแล้วผลิตภัณฑ์จะมีความหนาแน่นมากขึ้น อัตราส่วนการพองตัวลดลง

การใช้กัวร์กัมในงานวิจัยอื่นที่เกี่ยวกับการอบพองขนมขบเคี้ยว ผู้วิจัยจะมุ่งเน้นในการใช้เป็นสารช่วยปรับปรุงลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ แต่ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยหวังจะใช้ กัวร์กัม เพื่อยืดอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบดิบก่อนการอบพอง แม้จะมีรายงานว่ากัวร์กัมอาจทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแน่นแข็งมากขึ้น แต่หากใส่กัวร์กัมในปริมาณต่ำ (0.1 – 0.2%) ไม่น่าจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งจนผู้บริโภคไม่ยอมรับ

2.6 ไมโครเวฟ

2.6.1 หลักการทำงานของเตาอบไมโครเวฟ

เตาอบไมโครเวฟให้ความร้อนกับอาหารโดยการแผ่คลื่นไมโครเวฟ โดยปกติจะใช้ความถี่ 2450 เมกะเฮิรตซ์ (หรือ ความยาวคลื่น 12.24 เซนติเมตร) ผ่านเข้าไปในโมเลกุลของน้ำ ไขมัน และ น้ำตาล ซึ่งเป็นโมเลกุลที่มีขั้วเหล่านี้จะหมุนหรือเคลื่อนที่ตามสนามไฟฟ้า ถูกเหนี่ยวนำและหมุนขั้วเปลี่ยนแปลงสลับไปมาหลายล้านครั้งต่อวินาที ทำให้เกิดความเสียดทานกับตัวกลางที่อยู่รอบๆ จนเกิดความร้อนขึ้น การทำให้เกิดความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟนี้จะมีประสิทธิภาพสูงสุดกับน้ำ แต่มีประสิทธิภาพต่ำกับไขมัน น้ำตาล และน้ำแข็ง เรียกกระบวนการนี้ได้ว่าการเกิดความร้อนในสารไดอิเล็กทริก (dielectric heating) (ไพศาล วุฒิจำนงค์ และ รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต, 2550)

2.6.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ

ปัจจัยต่างๆ ที่จะมีผลต่อการให้ความร้อนในไมโครเวฟนั้น จะขึ้นอยู่กับระบบของไมโครเวฟ และตัววัตถุที่ถูกทำให้ร้อน (ไพศาล วุฒิจำนงค์ และ รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต, 2550)

2.6.2.1. อุณหภูมิเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์

ในกระบวนการให้ความร้อนใดๆก็ตาม หากอุณหภูมิเริ่มต้นของวัตถุดิบยิ่งสูงอาหารจะยิ่งสุกเร็วขึ้น

2.6.2.2. ขนาด

เมื่อให้ความร้อนกับชิ้นอาหาร อาหารที่มีขนาดเหมือนกันจะร้อนขึ้นอย่างสม่ำเสมอ และขนาดของชิ้นอาหารที่เล็กกว่าต้องการพลังงานที่น้อยกว่าขนาดของชิ้นอาหารที่ใหญ่กว่า ทำให้อาหารที่มีขนาดเล็กกว่าจะสุกเร็วกว่าอาหารที่มีขนาดใหญ่กว่า

2.6.2.3. รูปร่าง

อาหารที่มีรูปร่างกลมมนมีแนวโน้มที่จะร้อนขึ้นอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งแตกต่างจากอาหารที่มีมุม หรืออาหารที่มีทั้งส่วนหนาและบางที่จะมีส่วนตรงกลางที่ร้อนกว่า

2.6.2.4. ความหนาแน่นหรือความเป็นเนื้อเดียวกัน

อาหารส่วนใหญ่มักมีโครงสร้างภายในไม่สม่ำเสมอ ไม่เป็นเนื้อเดียวกัน จะมีความร้อนไม่เท่ากัน โดยที่อาหารส่วนที่มีความหนาแน่นมากกว่ามีแนวโน้มจะใช้เวลาในการให้ความร้อนนานกว่าอาหารที่มีความหนาแน่นน้อย หรืออาหารที่มีองค์ประกอบที่เปิดและเป็นรูพรุนมากกว่า

2.6.2.5. ความร้อนจำเพาะ

ความร้อนจำเพาะเป็นสมบัติพื้นฐานที่ควบคุมการให้ความร้อนในอาหาร นิยามได้ว่า เป็นปริมาณความร้อนที่ต้องการเพื่อเพิ่มอุณหภูมิของมวลหนึ่งหน่วยขึ้น 1°C เป็นการวัดความสามารถของสารในการจุความร้อนเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำ หน่วยของความจุความร้อนจำเพาะคือ จูล/กรัม.องศาเซลเซียส (J/kg°C) ความร้อนจำเพาะของน้ำจะมีค่าเท่ากับ 1 ในขณะที่ไขมันจะมีค่าประมาณ 0.5 ซึ่งหมายความว่า น้ำและไขมันที่น้ำหนักเท่ากัน ไขมันจะต้องการความร้อนเพียงครึ่งเดียวของน้ำเพื่อที่จะเพิ่มอุณหภูมิของมวลที่มีอยู่ขึ้น 1°C ดังนั้นเมื่อใช้เตาอบไมโครเวฟให้ความร้อนปริมาณพลังงานที่ใช้เพื่อทำให้น้ำมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1°C จะมากกว่าพลังงานที่ใช้เพื่อทำให้ไขมันมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1°C

2.6.2.6. สัมประสิทธิ์การนำความร้อน

สัมประสิทธิ์การนำความร้อนมีผลต่อสภาวะการให้ความร้อน ชั้นนอกของผิวจะร้อนมากในขณะที่ภายในยังเย็นอยู่ เกิดจากการให้ความร้อนที่มากเกินไปต่อผิวอาหารที่มีสัมประสิทธ์การนำความร้อนต่ำ ดังนั้น จำเป็นที่จะต้องให้ความร้อนอย่างช้าๆ เพื่อให้การถ่ายเทความร้อนไปยังชั้นในของอาหารเกิดขึ้นอย่างเหมาะสม หากในอาหารนั้นๆ มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำ เช่นในผักอบแห้งจะมีสัมประสิทธิ์การนำความร้อนเท่ากับ 0.21 W/m°C ในขณะที่นมจะมีสัมประสิทธิ์การนำความร้อนเท่ากับ 0.54 W/m°C (King, 1989 อ้างโดย ไพศาล วุฒิจำนงค์ และ รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต, 2550) เมื่อให้พลังงานไมโครเวฟสูงๆ กับอาหารจำพวกผักอบแห้ง ผิวภายนอกของผลิตภัณฑ์จะร้อนมากแต่ภายในผลิตภัณฑ์อาจจะยังเย็นอยู่ ในขณะที่เมื่อให้ความร้อนกับนมความร้อนที่ผิวนอกและภายในผลิตภัณฑ์จะแตกต่างกันน้อยกว่า

2.6.3 การพองตัวของผลิตภัณฑ์จากแป้งด้วยเตาอบไมโครเวฟ

การใช้เตาอบไมโครเวฟทำให้ผลิตภัณฑ์จากแป้งพองตัวได้เนื่องจากความร้อนที่เกิดขึ้นทำให้น้ำที่กระจายในส่วนผสมระเหยเป็นไอน้ำและดันก้อนแป้งเกิดรูพรุนกระจายทั่ว ทำให้แป้งเกิดการพองตัวอย่างรวดเร็ว เมื่อเย็นลงจะคงความกรอบของผลิตภัณฑ์ไว้ การเพิ่มคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการพองด้วยวิธีนี้ น้ำในผลิตภัณฑ์จะต้องมีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ มีความชื้นประมาณร้อยละ 12 -26 โดยน้ำหนัก หากพองตัวที่สภาวะสุญญากาศการพองตัวจะดีขึ้น (ณรงค์ นิยมวิทย์, 2532)

มีงานวิจัยหลายงานศึกษาปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการพองตัวด้วยไมโครเวฟเช่น

Chen และ Yeh (2001) ได้ศึกษาผลของปริมาณแอมิโลส (ร้อยละ 9.03, 11.32, 13.84, 16.70, 17.25, 19.25, 22.50) ต่อการพองตัวของผลิตภัณฑ์แป้งข้าว (rice pellet) ที่ผ่านการเอกซ์ทรูดแล้วนำไปอบพองด้วยเตาอบไมโครเวฟ พบว่าผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณแอมิโลสมากขึ้นผลิตภัณฑ์จะยิ่งมีการพองตัวลดลง โดยที่สูตรที่มีปริมาณแอมิโลสต่ำที่สุด (ร้อยละ 9.03) จะมีอัตราส่วนการพองตัวสูงที่สุด ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณแอมิโลสสูงที่สุด (ร้อยละ22.50) จะมีอัตราส่วนการพองตัวต่ำที่สุด

Lee, Lim และ Lim (2000) ศึกษาผลของระดับการเกิดเจลาติไนเซชันและความชื้นของแผ่นแป้งข้าวโพด (ความชื้น 13 %) ผ่านการเอกซ์ทรูดที่แปรอุณหภูมิภายในบาร์เรลเป็น 70, 90 และ 110 ºC และ water injection rate 21 – 63 g/m เพื่อให้ได้ระดับการเกิดเจลาติไนเซชันที่แตกต่างกัน (44.3 – 74.7 %) แล้วนำไปอบพองด้วยเตาอบไมโครเวฟ พบว่าที่ระดับการเกิดเจลาติไนเซชันต่ำกว่า 50 % ผลิตภัณฑ์จะไม่เกิดการพองตัว และจะมีค่า expansion bulk volume ต่ำ bulk density สูง เนื่องจาก เมื่อมีระดับการเกิดเจลาติไนเซชันต่ำ ผลิตภัณฑ์มีความยืดหยุ่นน้อย แรงดันไอน้ำจากการอบด้วยไมโครเวฟน้อยกว่าความต้านทานในผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์จึงไม่สามารถพองตัวได้ (Charles, 1969) แต่ถ้าระดับการเกิดเจลาติไนเซชันสูง ผลิตภัณฑ์จะพองตัวมาก ได้รูพรุนขนาดใหญ่ ไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีความยืดหยุ่นมาก ความต้านทานภายในผลิตภัณฑ์น้อยกว่าแรงดันไอน้ำที่เกิดจากการอบด้วยไมโครเวฟ ผลิตภัณฑ์จะมีรูพรุนภายในพอเหมาะ พองตัวสม่ำเสมอทั่วทั้งชิ้นเมื่อผลิตภัณฑ์มีความยืดหยุ่นพอดีกับแรงดันไอน้ำที่ให้กับผลิตภัณฑ์ และยังศึกษาผลของความชื้นต่อการพองตัวของผลิตภัณฑ์ (5 – 30 %) พบว่า ผลิตภัณฑ์จะพองตัวได้เมื่อมีความชื้นมากกว่า 5% ค่า expansion bulk volume จะเพิ่มขึ้นจนผลิตภัณฑ์มีความชื้นประมาณ 16% หลังจากนั้น expansion bulk volume จะลดลงอย่างรวดเร็ว ดังนั้น ผู้วิจัยสรุปว่าสภาวะที่เหมาะสมต่อการพองตัวของผลิตภัณฑ์แป้งข้าวโพดที่ผ่านการเอ็กซ์ทรูดควรมีความชื้น 10 – 13 %

Boischot, Moraru และ Kokini (2003) ศึกษากลไกการพองตัวของแผ่นแป้งเอ็กซ์ทรูดระหว่างการอบด้วยไมโครเวฟ โดยใช้แป้งข้าวโพดที่มีแอมิโลเพกตินสูง (Amioca corn starch) (ความชื้น 12.3 %) โดยแปร a_w เท่ากับ 0.11, 0.33, 0.66 และ 0.75 อบผลิตภัณฑ์ด้วยเตาอบไมโครเวฟ เป็นเวลา 0 – 60 วินาที ศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะผลิตภัณฑ์ โดยเปรียบเทียบที่ a_w=0.67 พบว่าแผ่นแป้งจะเริ่มพองตัวจากจุดกึ่งกลางประมาณวินาทีที่ 10 และจะพองตัวอย่างรวดเร็วในช่วงวินาทีที่ 10 – 20 หลังจากนั้นการพองตัวจะเริ่มคงที่ ในขณะที่การสูญเสียความชื้นในผลิตภัณฑ์จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วใน 30 วินาทีแรกของการอบ หลังจากนั้นการสูญเสียความชื้นจะเกิดขึ้นน้อยลงจนผลิตภัณฑ์เกิดการไหม้ ที่ a_w ยิ่งสูงผลิตภัณฑ์จะยิ่งมีระดับการพองตัวสูงขึ้น แต่อย่างไรก็ตามหากมี a_w สูงเกินไป (a_w=0.75) ผลิตภัณฑ์จะเกิดการยุบตัว เนื่องจากโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ไม่สามารถทนต่อแรงดันไอน้ำที่เกิดจากการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟสูงๆได้

ดวงหทัย ชาวชุมนุม, นารีรัตน์ นวฤทธิกุลชัย และ พิชญา วงศ์ถาวรพินิจ (2550) ศึกษาการผลิตข้าวพองจากข้าวเหนียว (ความชื้น 1.74 - 3.59%) โดยใช้เตาอบไมโครเวฟ (ที่ระดับ 640 720 และ 800 วัตต์ เป็นเวลา 40 45 และ 50 วินาที) แทนการทอดแบบน้ำมันท่วม พบว่าความชื้นของข้าวหลังอบแห้ง ระดับพลังงานไมโครเวฟ และเวลาในการอบไม่มีผลต่อความพองและความแข็งของข้าวพองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยที่ความพองและความแข็งจะเพิ่มขึ้นเมื่อความชื้นในข้าวพองดิบลดลง การลดระดับพลังงานไมโครเวฟจะทำให้การพองตัวมีแนวโน้มสูงขึ้น และการเพิ่มเวลาที่ใช้ในการอบพองข้าวพองด้วยเตาอบไมโครเวฟส่งผลให้ความแข็งมีแนวโน้มสูงขึ้น ผู้วิจัยได้สรุปว่าภาวะที่เหมาะสมในการผลิตข้าวพองโดยใช้ไมโครเวฟคือ ความชื้นของข้าวหลังการอบแห้ง 2.64% ใช้ระดับพลังงานในไมโครเวฟ 720 วัตต์ เป็นเวลา 41 วินาที

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัตถุดิบ อุปกรณ์ และสารเคมี

3.1.1 วัตถุดิบ

- แป้งข้าวเจ้า (ตรา ช้างสามเศียร บริษัทโรงเส้นหมี่ซอเฮง จำกัด)
- แป้งข้าวเหนียว (ตรา ช้างสามเศียร บริษัทโรงเส้นหมี่ซอเฮง จำกัด)
- shortening (ตราครีมท็อปป์)
- น้ำตาลทราย (ตรา วังขนาย)
- เกลือ (ตรา ปรุงทิพย์)
- แครอทนอก จากประเทศออสเตรเลีย (ขูดเป็นฝอยด้วยที่ขูดหัวไชเท้า)
- กัวร์กัม (บริษัท รวมเคมี 1986 จำกัด)
- มอลโตเด็กซ์ทริน (DE 10) (บริษัท รวมเคมี 1986 จำกัด)
- ผงปรุงรส (artificial flavour รส Japanese soy sauce seasoning บริษัท MANE จำกัด)

3.1.2 สารเคมี

- กรดซัลฟูริกเข้มข้น (A.R. grade)
- ปิโตรเลียมอีเทอร์ (A.R. grade)
- สารละลายกรดบอริก (A.R. grade) ความเข้มข้น 4 % (w/v)
- สารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้น 1 N
- สารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้น 90 %
- สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 1 N

- สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (A.R. grade) ความเข้มข้น 35 % (w/v)
- สารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริก(A.R. grade)
- สารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 4 N
- สารละลายไอโอดีน
- เอทิลแอลกอฮอล์ 95 %
- Selenium reagent mixture (A.R. grade)
- Thiobarbituric acid reagent (TBA Reagent)

3.1.3 **อุปกรณ์การผลิตผลิตภัณฑ์**

- เครื่องนวดแป้ง (Kenwood Major รุ่น A907D, Great Britain)
- เครื่องชั่งทศนิยม 3 ตำแหน่ง (Sartorius รุ่น O8D1006, Switzerland)
- ตู้อบลมร้อน (ABC รุ่น 601.107, Germany)
- ตู้เย็น (LG รุ่น R 207 WTC, ประเทศไทย)
- เตาอบไมโครเวฟ 800 วัตต์ 22 ลิตร (SHARP รุ่น R-251, ประเทศไทย)
- เตาอบไมโครเวฟ 900 วัตต์ 26 ลิตร (LG รุ่น MC-766YS, ประเทศไทย)
- เตาอบไมโครเวฟ 1100 วัตต์ 34 ลิตร (SHARP รุ่น R-46PS, ประเทศไทย)
- หม้อนึ่งไอน้ำ หม้ออลูมิเนียม
- ไม้นวดแป้ง แผ่นรองนวดแป้ง มีด พิมพ์กดขนม ถาดอลูมิเนียม

3.1.4 **อุปกรณ์วิเคราะห์ทางเคมี**

- เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Mettler Toledo รุ่น AB204, Switzerland)
- เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Spectophotometer, Spectonic รุ่น Genesys-20, USA)

- Rotary Vacuum Evaporator (Eyela รุ่น SB-651, Japan)
- ชุดสกัดไขมันแบบ Soxhlet
- ชุดวิเคราะห์โปรตีน (เครื่องย่อยโปรตีน BUCHI รุ่น K-424, Switzerland, เครื่องกลั่นหาปริมาณไนโตรเจน VELP รุ่น UDK 127, USA)
- เดสิกเคเตอร์
- ถ้วยอะลูมิเนียม
- ตู้อบลมร้อน (hot air oven, Memmert รุ่น W350, Germany)
- เตาเผา (Muffle furnace, Carbolite รุ่น CWF 1200, England)
- อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water bath, Memmert รุ่น E350, Germany)

3.1.5 **อุปกรณ์วิเคราะห์ทางกายภาพ**

- เครื่องวัดสี (Minolta Chroma Meter รุ่น CR 300 Series, Japan)
- เครื่องวัดค่า Water activity (Aqua Lab รุ่น 3TE, USA)
- เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Instron texture analyzer รุ่น 5565, USA)
- เวอร์เนียคาลิปเปอร์

3.1.6 **อุปกรณ์บรรจุ และภาชนะบรรจุ**

- เครื่องปิดผนึก Impulse sealer (Glory-Pack รุ่น PHS 450 10D, Korea)
- ถุง metallized aluminium (PET12/LDPE20/MPET12/D21/LLDPE50) ขนาด 10 x 7 เซนติเมตร

3.2 ขั้นตอนและวิธีดำเนินงานวิจัย

3.2.1 ทดสอบแนวคิดผลิตภัณฑ์

ทดสอบผู้บริโภคเพื่อสำรวจข้อมูลพฤติกรรมการบริโภคและทัศนคติต่อขนมขบเคี้ยวประเภทกึ่งสำเร็จรูป และทดสอบแนวคิดผลิตภัณฑ์เสริมแครอทสำหรับอบด้วยไมโครเวฟ โดยสร้างแบบสอบถาม (แสดงในภาคผนวก ก.) รวบรวมข้อมูลจากตัวแทนผู้บริโภค ในกลุ่มวัยรุ่นและวัยทำงาน (อายุ 13 ปีขึ้นไป) จำนวน 100 คน ในกรุงเทพมหานคร (พื้นที่บริเวณถนนสุขุมวิท 33 ใกล้สถานีรถไฟฟ้าบีทีเอสพร้อมพงษ์ และที่ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย) วิเคราะห์ข้อมูลและแปรผลเพื่อประเมินการยอมรับของตัวแทนผู้บริโภคต่อแนวคิดผลิตภัณฑ์ดังกล่าว โดยแบบสอบถามแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

<u>ส่วนที่ 1</u> ข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม เป็นการสอบถามเกี่ยวกับ เพศ อายุ การศึกษา อาชีพ รายได้ต่อเดือน สถานภาพ ลักษณะการอยู่อาศัยในบ้าน สร้างคำถามด้วยมาตรานามบัญญัติ (nominal scale) ผู้ตอบสามารถเลือกตอบได้เพียงข้อเดียว

<u>ส่วนที่ 2</u> ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภค และทัศนคติ ต่อขนมขบเคี้ยว โดยการสร้างคำถามด้วยมาตร 2 แบบ ได้แก่

- มาตรานามบัญญัติ ซึ่งมีคำตอบให้เลือกหลายคำตอบ ผู้ตอบเลือกตอบได้เพียงข้อเดียวจำนวน 8 ข้อ และเลือกตอบได้มากกว่า 1 ข้อ จำนวน 3 ข้อ รวมทั้งคำถามแบบปลายเปิดจำนวน 2 ข้อ
- มาตราอันดับ (ordinal scale) ซึ่งมีคำตอบให้เลือกหลายคำตอบ ผู้ตอบแบบสอบถามจัดเรียงข้อมูลลำดับจาก 1 (มากที่สุด) – 3 โดยไม่คำนึงถึงช่วงห่างระหว่างระดับต่างๆ จำนวน 1 ข้อ

<u>ส่วนที่ 3</u> ข้อมูลเกี่ยวกับการทดสอบแนวคิดผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวประเภทกึ่งสำเร็จรูปสำหรับอบด้วยไมโครเวฟ โดยการสร้างคำถาม 2 แบบ ได้แก่

- มาตรานามบัญญัติ ซึ่งมีคำตอบให้เลือกหลายคำตอบ ผู้ตอบสามารถเลือกตอบได้เพียงข้อเดียวจำนวน 2 ข้อ และเลือกตอบได้มากกว่า 1 ข้อ จำนวน 1 ข้อ รวมคำถามแบบปลายเปิดจำนวน 1 ข้อ

- มาตราอันตรภาค (interval scale) เพื่อประเมินระดับการยอมรับแนวความคิดผลิตภัณฑ์ในด้านความชอบ ความโดดเด่น ความสนใจ และความชอบในคุณสมบัติต่างๆ ของแนวคิดผลิตภัณฑ์ จำนวน 8 ข้อ และความสำคัญต่อการตัดสินใจในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ ซึ่งให้ผู้ตอบแสดงระดับความชอบ โดยมีคำตอบให้เลือก 7 ระดับ ใช้มาตรวัดทัศนคติตามวิธีของลิเคิร์ท ซึ่งคำนวณจากสูตร ได้ความหมายดังตารางที่ 3.1 ทดสอบแบบสอบถาม (pretesting) ก่อนนำไปใช้เก็บข้อมูลจริงด้วยกลุ่มตัวอย่างจำนวน 20 คน เพื่อปรับปรุงแบบสอบถาม โดยการระบุหรือกำจัดปัญหาที่อาจเกิดขึ้น ตัวอย่างแบบสอบถามที่ออกแบบและปรับปรุงแสดงในภาคผนวก ก. ประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยการแจกแจงความถี่ของทุกตัวแปร แล้วคำนวณค่าร้อยละสำหรับข้อมูลจากมาตรานามบัญญัติและมาตราอันดับ ส่วนข้อมูลจากมาตราอันตรภาควิเคราะห์ผลโดยคำนวณคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจในแต่ละข้อและแปลความหมายตามช่วงคะแนนตาตารางที่ 3.1 (Berk,1979 อ้างโดย ศุภมาศ การะเกตุ, 2542) ซึ่งคำนวณจากสมการที่ 1.

$$\frac{\text{คะแนนสูงสุด - คะแนนต่ำสุด}}{\text{จำนวนระดับ}} = \frac{7-1}{7} = 0.86 \quad \text{---------- 1.}$$

ตารางที่ 3.1 ความหมายของความชอบและความสำคัญต่อช่วงคะแนนต่างๆในการวิเคราะห์แบบสอบถาม

ค่าคะแนนเฉลี่ย	ความหมาย	
6.22 – 7.00	ชอบมากที่สุด	สำคัญมากที่สุด
5.35 - 6.21	ชอบมาก	สำคัญมาก
4.48 - 5.34	ค่อนข้างชอบ	ค่อนข้างสำคัญ
3.61 - 4.47	เฉยๆ	เฉยๆ
2.74 - 3.60	ไม่ค่อยชอบ	ไม่ค่อยสำคัญ
1.87 - 2.73	ชอบน้อย	สำคัญน้อย
1.00 - 1.86	ชอบน้อยที่สุด	สำคัญน้อยที่สุด

3.2.2 ศึกษาหาสูตรและกระบวนการในการผลิตข้าวเกรียบจากแป้งข้าวผสมแครอทสำหรับอบด้วยเตาอบไมโครเวฟ

3.2.2.1 วิเคราะห์หาปริมาณแอมิโลสในแป้งข้าว

วิเคราะห์หาปริมาณแอมิโลสของแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียวตามวิธีของ Juliano (1971) แสดงรายละเอียดวิธีการวิเคราะห์ในภาคผนวก ข1. (วิเคราะห์ 3 ซ้ำ)

3.2.2.2 ศึกษาผลของปริมาณแอมิโลส และความชื้นของแผ่นข้าวเกรียบดิบ (กำหนดจากเวลาในการอบ) ต่อสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์

ผลิตข้าวเกรียบจากแป้งข้าวผสมแครอทโดยใช้สูตรและภาวะของการผลิตที่ดัดแปลงจาก สรัญ บินมิตตอร์ (2550) แปรเวลาการอบแห้งของข้าวเกรียบดิบเป็น 3 ระดับ ได้แก่ 10, 12 และ 14 ชั่วโมง เพื่อให้มีความชื้นสุดท้ายของข้าวเกรียบดิบแตกต่างกัน (ข้อมูลความชื้นที่เวลาการอบต่างกันแสดงในภาคผนวก ค.) แปรสัดส่วนของแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียว และวางแผนการทดลองแบบ Mixture design ที่ช่วงปริมาณแป้งข้าวเหนียวร้อยละ 25 - 40 แป้งข้าวเจ้าร้อยละ 0 – 15 เพื่อให้แต่ละสูตรมีปริมาณแอมิโลสแตกต่างกัน กำหนดส่วนผสมอื่นๆ ได้แก่ น้ำ แครอทขูดฝอย น้ำตาล และเกลือ คงที่ในทุกๆสูตร ดังแสดงในตารางที่ 3.2 และแสดงกรรมวิธีการผลิตดังรูปที่ 3.1 (แสดงรูปขั้นตอนการผลิตในภาคผนวก ซ1.)

ตารางที่ 3.2 ปริมาณส่วนประกอบของแป้งผสม 4 สูตรที่กำหนดโดย Mixture design

สูตรที่	แป้งข้าวเหนียว (ร้อยละ)	แป้งข้าวเจ้า (ร้อยละ)	น้ำ (ร้อยละ)	แครอท (ร้อยละ)	น้ำตาล (ร้อยละ)	เกลือ (ร้อยละ)	shortening (ร้อยละ)
1	40	-	45	10	3	2	5
2	35	5	45	10	3	2	5
3	30	10	45	10	3	2	5
4	25	15	45	10	3	2	5

เตรียมส่วนผสมทั้งหมด

- ล้างแครอทให้สะอาด ปอกเปลือก ขูดแครอทเป็นเส้นฝอยด้วยที่ขูดหัวไชเท้า
- ชั่งส่วนผสมทั้งหมดตามสูตรดังตารางที่ 3.2

↓

ผสมส่วนผสมทั้งหมดเข้าด้วยกันด้วยเครื่องผสมอาหาร (หัวใบไม้)
ปั่นด้วยความเร็วปานกลางให้เข้ากัน 3 นาที

↓

นำก้อนโดที่ได้ (น้ำหนักประมาณ 1 กิโลกรัม) ไปนึ่งเป็นเวลา 30 นาที

↓

นวดโดที่ได้จากการนึ่งด้วยเครื่องผสมอาหาร 5 นาที (หัวตะขอ)
รีดเป็นแผ่นด้วยไม้นวดแป้งให้มีความหนาประมาณ 0.5 cm. ทิ้งแป้งให้เย็น

↓

จัดเรียงแป้งใส่ถาด หุ้มด้วยอลูมิเนียมฟอยล์

↓

นำไปแช่เย็นที่อุณหภูมิประมาณ 4 ºC 24 ชั่วโมง

↓

กดแป้งเป็นวงกลม เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2 เซนติเมตร อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่ 55 °C *
ตามระยะเวลาที่กำหนด 3 ระดับ

↓

อบข้าวเกรียบดิบที่ได้ด้วยเตาอบไมโครเวฟ (กำลังไฟ 800 วัตต์ เวลา 30 วินาที)

รูปที่ 3.1 กรรมวิธีการผลิตข้าวเกรียบจากแป้งข้าวผสมแครอท

ที่มา: ดัดแปลงจาก สรัญ บินมิตตอร์ (2550)

* วางผลิตภัณฑ์เรียงกันในถาด 4 ถาด (ประมาณ 200 ชิ้น) สลับชั้นของถาดทุกๆ 1 ชั่วโมง และกลับด้านชิ้นผลิตภัณฑ์ทุกๆ 2 ชั่วโมง

วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ (แสดงวิธีตรวจวัดในภาคผนวก ง.) ของแผ่นข้าวเกรียบดิบก่อนอบด้วยเตาอบไมโครเวฟดังนี้

- ความชื้น (AOAC, 2000) ทดลอง 3 ซ้ำ (ภาคผนวก ง1.)
- ค่า water activity (a_w) ด้วยเครื่องวัดค่า water activity ทดลอง 3 ซ้ำ (ภาคผนวก ง2.)
- ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความแข็ง (hardness) และ ความเปราะ (fracturability) ด้วยเครื่อง Instron Texture analyzer (Noomhorm *et al*., 1997) (ภาคผนวก ง3.) ทดลอง 5 ซ้ำ (5 ตัวอย่างต่อ 1 ซ้ำ) โดยวัดที่จุดกึ่งกลางของชิ้นข้าวเกรียบ (แสดงตัวอย่างรูป texture profile ในภาคผนวก จ.)
- ค่าสีในระบบ L*a*b * ด้วยเครื่อง chroma meter ทดลอง 10 ซ้ำ (ซ้ำละ 10 ชิ้น) โดยวัดที่จุดกึ่งกลางของชิ้นข้าวเกรียบ (ภาคผนวก ง4.)

วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของข้าวเกรียบจากแป้งข้าวผสมแครอทหลังอบพอง ด้วยเตาอบไมโครเวฟ โดยอบพองครั้งละ 1 ชิ้น ในถ้วยกระดาษ กำลังไฟ 800 วัตต์ เวลา 30 วินาที) ดังนี้

- ความชื้น, ค่า water activity (a_w), ลักษณะเนื้อสัมผัส เช่นเดียวกับตัวอย่างก่อนอบ
- อัตราส่วนการพองตัว (ดัดแปลงจากวิธีของ Noomhorm *et al*., 1997) (ภาคผนวก ง5.) ทดลอง 3 ซ้ำ

เปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพของตัวอย่าง โดยวางแผนการทดลองแบบ 4x3 Factorial in Completely Randomized Design (CRD) วิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS เพื่อคัดเลือกสูตรและภาวะที่เหมาะสม 2 สูตร โดยพิจารณาจากค่าทางกายภาพต่างๆที่วัดได้

3.2.2.3 ศึกษาผลของมอลโตเดกซ์ทรินหรือกัวร์กัมต่อคุณภาพของขนมอบกรอบเสริมแคลอทสำหรับอบด้วยเตาอบไมโครเวฟ

ปรับสูตรที่คัดเลือกได้จากข้อ 3.2.2.2 โดยปรับอัตราส่วนน้ำตาลและเกลือเป็น ร้อยละ 4 และร้อยละ 1 ตามลำดับเพื่อปรับปรุงด้านรสชาติและช่วยลด a_w เติมมอลโตเดกซ์ทรินหรือกัวร์กัมทดแทนเกลือบางส่วนในสูตร โดยแปรปริมาณ 0, 0.1 และ 0.2% เพื่อลดความชื้นและ a_w ของข้าวเกรียบดิบ

จัดสิ่งทดลองแบบ Nested-Factorial เพื่อศึกษาอิทธิพลของสูตรแป้ง 2 สูตร และสารลดความชื้น 2 ชนิด (มอลโตเดกซ์ทรินหรือกัวร์กัม) โดยแปรระดับของมอลโตเดกซ์ทรินหรือกัวร์กัม 2 ระดับ (0.1 และ 0.2%) เพื่อเทียบกับ Controls 2 สูตร (ไม่ใส่สารเพื่อลดความชื้น) สูตรทั้งหมดแสดงในตารางที่ 3.3 และภาวะของการผลิตที่เลือกจากข้อ 3.2.2.2

ตารางที่ 3.3 ปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินหรือกัวร์กัมในแป้งผสมจัด

สูตรที่	แป้งข้าวเหนียว (ร้อยละ)	แป้งข้าวเจ้า (ร้อยละ)	Additive	
			มอลโตเดกซ์ทริน (ร้อยละ)	กัวร์กัม (ร้อยละ)
1 (control)	40	0	-	-
2	40	0	0.1	-
3	40	0	0.2	-
4	40	0	-	0.1
5	40	0	-	0.2
6 (control)	35	5	-	-
7	35	5	0.1	-
8	35	5	0.2	-
9	35	5	-	0.1
10	35	5	-	0.2

วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของแผ่นข้าวเกรียบจากแป้งข้าวเกรียบดิบก่อนและหลังอบด้วยเตาอบไมโครเวฟ (กำหนดกำลังไฟ 800 วัตต์ เวลาอบไมโครเวฟ 30 วินาที) โดยตรวจวัดค่าต่างๆ เช่นเดียวกับข้อ 3.2.2.2 เปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพของตัวอย่าง จากแผนการทดลอง Nested - Factorial Design in Completely Randomized Design (CRD) วิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

ทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส (Acceptance test) โดยทดสอบการยอมรับด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ด้วย 9 - point hedonic scale (เพ็ญขวัญ ชมปรีดา, 2550) และระดับความพอดี (Just-About-Right) ด้านรสหวาน รสเค็ม ความแข็ง ความเปราะ ด้วย 5 – point JAR scale (Lori and Merry, 2009) โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 50 คน โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วน ส่วนละ 5 ตัวอย่าง ให้ผู้ทดสอบพัก แล้วจึงทำการทดสอบต่อ (แสดงแบบทดสอบในภาคผนวก ช1.) วางแผนการทดลองแบบ RCBD วิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

คัดเลือกสูตรที่ให้ผลทางกายภาพ และทางประสาทสัมผัสที่เหมาะสม 2 สูตร เพื่อศึกษาผลของการอบด้วยเตาอบไมโครเวฟ

3.2.3 ศึกษาผลของการอบผลิตภัณฑ์ด้วยเตาอบไมโครเวฟต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้น

3.2.3.1 หาช่วงเวลาที่เหมาะสมสำหรับอบผลิตภัณฑ์ด้วยเตาอบไมโครเวฟ นำสูตรที่คัดเลือกจากข้อ 3.2.2 มาศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ระหว่างการอบด้วยเตาอบไมโครเวฟโดยกำหนดกำลังไฟของไมโครเวฟ 3 ระดับ (800, 900 และ1100 วัตต์) ดังนี้

- ทดลองอบผลิตภัณฑ์ครั้งละ 1 ชิ้น และบันทึกเวลาที่ผลิตภัณฑ์เริ่มพองตัว พองตัวสมบูรณ์ และเริ่มไหม้
- ทดลองอบผลิตภัณฑ์ครั้งละ 15 ชิ้นต่อ 1 ถุง (ประมาณ 30 กรัม) และบันทึกจำนวนชิ้นตัวอย่างที่พองตัวที่เวลาต่างๆ ระหว่างการอบเพื่อนำมาคำนวณค่า %puffing efficiency (หาได้จากร้อยละของจำนวนตัวอย่างที่พองตัวสมบูรณ์ต่อจำนวนตัวอย่างทั้งหมด)

3.2.3.2 ศึกษาผลของเวลาและกำลังไฟในการอบด้วยเตาอบไมโครเวฟต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์

เลือกเวลาในการอบจากข้อ 3.2.3.1 3 ระดับ แปรกำลังไฟในการอบเป็น 800, 900 และ 1100 วัตต์ นำสูตรที่คัดเลือกจากข้อ 3.2.2 มาศึกษาผลของการอบด้วยเตาอบไมโครเวฟ (อบครั้งละ1 ซอง หรือ 15 ชิ้น) วางแผนการทดลองแบบ 3x3 Factorial design

วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของแผ่นข้าวเกรียบจากแป้งข้าวผสมแครอทหลังอบด้วยเตาอบไมโครเวฟ เช่นเดียวกับข้อ 3.2.2.2 คัดเลือกสูตรที่ให้ผลทางกายภาพที่เหมาะสมที่สุด 1 สูตร สำหรับทดลองขั้นต่อไป

3.2.4 ศึกษาสมบัติของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบจากแป้งข้าวผสมแครอทสำหรับอบด้วยเตาอบไมโครเวฟ

3.2.4.1 สมบัติทางเคมี

วิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี (Proximate analysis) ได้แก่ ไขมัน โปรตีน เถ้า เส้นใยทั้งหมด (Total dietary fiber) และความชื้น (AOAC, 2000) (แสดงวิธีตรวจวัดในภาคผนวก ข2-6.)

3.2.4.2 ทดสอบการยอมรับจากผู้บริโภคด้วยการทำ Home use Test

ทดสอบการยอมรับจากการใช้และความชอบของผลิตภัณฑ์โดยให้ผู้ทดสอบอบข้าวเกรียบด้วยเตาอบไมโครเวฟเองตามวิธีที่กำหนดให้ เก็บและรวบรวมข้อมูลจากผู้ทดสอบ (ผู้ทดสอบคนละกลุ่มกับการทดสอบแนวคิดผลิตภัณฑ์) กลุ่มวัยรุ่นและวัยทำงาน 35 คน ในกรุงเทพมหานคร ในพื้นที่ บริเวณถนนสุขุมวิท 33 (รถไฟฟ้าบีทีเอส สถานีพร้อมพงษ์), ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ผู้ทดสอบแต่ละคนจะได้รับผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง metallized aluminium (PET12/LDPE20/MPET12/D21/ LLDPE50) ปริมาณ 15 ชิ้นต่อ 1 ถุง (ประมาณ 30 กรัม) โดยภายในบรรจุภัณฑ์มีซองเครื่องปรุงรส (รสโชยุ) ปริมาณ 0.6 กรัม พร้อมติดฉลากแสดงส่วนประกอบและวิธีการปรุงเพื่อให้ผู้ทดสอบปรุงผลิตภัณฑ์ด้วยตัวเองตามวิธีการที่ระบุไว้ในฉลากผลิตภัณฑ์ (แสดงฉลากผลิตภัณฑ์ในรูปที่ 3.2 และแสดงตัวอย่างผลิตภัณฑ์ในภาคผนวก ซ3.) พร้อมด้วยแบบทดสอบ (ภาคผนวก ซ2.) เพื่อกลับไปประเมินผลิตภัณฑ์ในที่พักอาศัยของตนเอง

ข้าวเกรียบจากแป้งข้าวเสริมแครอท

ส่วนประกอบ: แป้งข้าวเหนียว, shortening, แครอท, กัวร์กัม, เครื่องปรุงรส

วิธีทำ

•ฉีกซอง แยกซองเครื่องปรุงไว้ต่างหาก

•เทผลิตภัณฑ์ใส่ถ้วย หรือจาน นำเข้าอบด้วยเตาอบไมโครเวฟโดยไม่ต้องปิดฝา ประมาณ 35 ±5 วินาที (ขึ้นอยู่กับกำลังไฟ และความจุของไมโครเวฟของท่าน)

•ทิ้งไว้ให้เย็นประมาณ 2 นาที ฉีกซองเครื่องปรุงคลุกเคล้าให้เข้ากัน

รูปที่ 3.2 ตัวอย่างฉลากบนซองผลิตภัณฑ์

3.2.5 **ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบจากแป้งข้าวผสมแครอทสำหรับอบด้วยเตาอบไมโครเวฟระหว่างการเก็บรักษา**

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้น บรรจุผลิตภัณฑ์ภายใต้บรรยากาศปกติ ประกอบด้วยข้าวเกรียบดิบ 15 ชิ้น (ประมาณ 30 กรัม) และซองเครื่องปรุงรส 0.6 กรัม (บรรจุในถุงพลาสติกชนิด PP) ภายในถุง metallized aluminium (PET12/LDPE20/MPET12/D21/LLDPE50) บรรจุและซีลปิดผนึกที่ภาวะบรรยากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเป็นเวลา 3 เดือน นำมาวัดสมบัติดังนี้

3.2.5.1 สมบัติทางกายภาพ

วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของแผ่นข้าวเกรียบจากแป้งข้าวผสมแครอทก่อนและหลังอบ เช่นเดียวกับข้อ 3.2.2.2 สุ่มตัวอย่างทุกๆ 2 สัปดาห์

3.2.5.2 สมบัติทางเคมี

วิเคราะห์ความหืนของแผ่นข้าวเกรียบจากแป้งข้าวผสมแครอทหลังอบด้วยไมโครเวฟ ด้วยวิธี Thiobarbituric Acid Reactive Substances (TBARS) test (ภาคผนวก ข7.) ทดลอง 3 ซ้ำ สุ่มตัวอย่างทุกๆ 2 สัปดาห์

3.2.5.3 สมบัติทางจุลินทรีย์

วิเคราะห์สมบัติทางจุลินทรีย์ของแผ่นข้าวเกรียบจากแป้งข้าวผสมแครอทก่อนอบด้วยไมโครเวฟ ได้แก่ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา ตามวิธี AOAC (2000) (ภาคผนวก ฉ.) ทดลอง 2 ซ้ำ สุ่มตัวอย่างทุกๆ 4 สัปดาห์

สำหรับการทดลองข้อ 3.2.5.1 – 3.2.5.3 วางแผนการทดลองแบบ CRD วิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

3.2.5.4 สมบัติทางประสาทสัมผัส

ทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส (Acceptance test) จากตัวแทนผู้บริโภคจำนวน 35 คน โดยการทดสอบการยอมรับด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ด้วย 9-point hedonic scale และระดับความพอดี (Just-About-Right) ด้านรสหวาน รสเค็ม ความแข็ง ความเปราะ ด้วย 5-point JAR scale (แสดงแบบทดสอบในภาคผนวก ช3.) ทดสอบโดยอบข้าวเกรียบ 1 ซอง (15 ชิ้น) ด้วยไมโครเวฟที่กำลังไฟ 800 วัตต์ เป็นเวลา 35 วินาที ใส่เครื่องปรุงรสรสโชยุ 2% ลงในผลิตภัณฑ์หลังอบด้วยไมโครเวฟ สุ่มตัวอย่างทุกๆ 4 สัปดาห์

วางแผนการทดลองแบบ RCBD วิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ทดสอบแนวคิดผลิตภัณฑ์

กำหนดแนวความคิดผลิตภัณฑ์ให้มีความแปลกใหม่และยังไม่มีขายในท้องตลาด โดยกำหนดเป็นผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบกึ่งสำเร็จรูปพร้อมบริโภคสำหรับอบด้วยไมโครเวฟ ทดสอบการยอมรับแนวคิดผลิตภัณฑ์จากผู้ทดสอบที่ตอบแบบสอบถาม (ตัวแทนผู้บริโภคกลุ่มวัยรุ่นและวัยทำงาน) 100 คน จำแนกผลตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการสำรวจ

ผลการสำรวจข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ทดสอบที่ตอบแบบสอบถาม แสดงดังตารางที่ 4.1 และ 4.2 ส่วนข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภคขนมขบเคี้ยวแสดงดังตารางที่ 4.3 และ 4.4

ตารางที่ 4.1 ร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถามจำแนกตามเพศและอายุ

	เพศ (ร้อยละ)		
อายุ	ชาย	หญิง	รวม
13 – 16 ปี	9	4	13
17 – 20 ปี	10	12	22
21 – 30 ปี	8	17	25
31 – 45 ปี	10	8	18
มากกว่า 46 ปีขึ้นไป	9	13	22
รวม	46	54	100

ตารางที่ 4.2 ร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถามจำแนกตามเกณฑ์ด้านการศึกษา อาชีพ รายได้ สถานภาพครอบครัว

ข้อมูลส่วนบุคคล	ร้อยละ
การศึกษา	
กำลังศึกษาอยู่	53
จบการศึกษาแล้ว	47
ในระดับ	
ต่ำกว่ามัธยมศึกษา	5
มัธยมศึกษา	19
อนุปริญญา หรือ เทียบเท่า	10
ปริญญาตรี	31
สูงกว่าปริญญาตรี	35
อาชีพ	
ราชการ และรัฐวิสาหกิจ	14
ประกอบธุรกิจส่วนตัว	5
พนักงานบริษัทเอกชน	25
อื่นๆ	56
รายได้ต่อเดือน (เฉพาะบุคคล)	
ต่ำกว่า 7000 บาท / เดือน	36
7001 – 15000 บาท / เดือน	22
15001 – 20000 บาท / เดือน	4
20001 – 30000 บาท / เดือน	18
มากกว่า 30000 บาท / เดือน	20
สถานภาพทางครอบครัว	
โสด	62
สมรส	38

ตารางที่ 4.2 (ต่อ) ร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถามจำแนกตามเกณฑ์ด้านการศึกษา อาชีพ รายได้ สถานภาพครอบครัว

ข้อมูลส่วนบุคคล	ร้อยละ
จำนวนบุตร	
ไม่มีบุตร	11
1 คน	8
2 คน	18
3 คน	1
ลักษณะการอยู่อาศัย	
อยู่คนเดียว	17
อยู่กับครอบครัว / ญาติ	73
อยู่ร่วมกับผู้อื่น (เช่น เพื่อน)	10

ตารางที่ 4.3 ร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถามในส่วนข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภค และทัศนคติ ต่อขนมขบเคี้ยว

ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภค	ร้อยละ
ความชอบรับประทานขนมขบเคี้ยว	
ชอบ	45
เฉยๆ	45
ไม่ชอบ	10
ความบ่อยในการบริโภค	
ทุกวัน	6
4 – 6 ครั้งต่อสัปดาห์	26
2 – 3 ครั้งต่อสัปดาห์	34
ประมาณ 1 ครั้งต่อสัปดาห์	21
ประมาณ 1 ครั้งต่อเดือน	7
น้อยกว่า 1 ครั้งต่อเดือน	6
ส่วนใหญ่ซื้อขนมขบเคี้ยวเองหรือไม่	
ใช่	95
ไม่ใช่	5

ตารางที่ 4.3 (ต่อ) ร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถามในส่วนข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภคและทัศนคติ ต่อขนมขบเคี้ยว

ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภค	ร้อยละ
รับประทานขนมขบเคี้ยวเนื่องจาก	
รับประทานเป็นอาหารว่าง	90
รับประทานแทนมื้ออาหาร	10
เคยซื้อขนมขบเคี้ยวข้าวเกรียบหรือไม่	
เคย	98
เคยซื้อข้าวเกรียบไปทอดเองที่บ้าน	29
ตนเองเป็นผู้ทอด	28
ผู้อื่นทอด	1
ไม่เคยซื้อข้าวเกรียบไปทอดเองที่บ้าน	69
ไม่เคย	2
รู้จักขนมขบเคี้ยวประเภทกึ่งสำเร็จรูปสำหรับอบด้วยไมโครเวฟ เช่น ข้าวโพดคั่วสำหรับอบด้วยไมโครเวฟ หรือไม่	
รู้จัก	90
เคยซื้อ	64
ไม่เคยซื้อ	21
ไม่รู้จัก	15

ตารางที่ 4.4 ความถี่ (ร้อยละ) ของผู้ที่ชอบรับประทานขนมขบเคี้ยวจำแนกตามเพศและอายุ

	เพศ		รวม%
ความชอบ	ชาย	หญิง	
ชอบ	21	24	45
เฉยๆ	19	26	45
ไม่ชอบ	6	4	10
รวม	46	54	100

ตารางที่ 4.4 (ต่อ) ความถี่ (ร้อยละ) ของผู้ที่ชอบรับประทานขนมขบเคี้ยวจำแนกตามเพศและอายุ

	อายุ (ปี)					รวม%
ความชอบ	13-16	17- 20	21-30	31-45	มากกว่า 46	
ชอบ	7	11	14	4	9	45
เฉยๆ	5	9	10	11	10	45
ไม่ชอบ	1	2	1	3	3	10
รวม	13	22	25	18	22	100

จากผลการสำรวจ พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามร้อยละ 45 ชอบรับประทานขนมขบเคี้ยว ซึ่งเป็นชาย 21 คน หญิง 24 คน ช่วงอายุ 13 -16 ปี 7 คน 17 – 20 ปี 11 คน 21 -30 ปี 14 คน 31 – 45 ปี 4 คน และมากกว่า 46 ปีขึ้นไป 9 คน ร้อยละ 45 รู้สึกเฉยๆ และมีเพียงร้อยละ10 เท่านั้นที่ไม่ชอบขนมขบเคี้ยว ผู้ตอบแบบสอบถามร้อยละ 72 จะรับประทานขนมขบเคี้ยวมากกว่าหรือเท่ากับ 1 ครั้งต่อสัปดาห์ และส่วนใหญ่เป็นผู้ซื้อขนมขบเคี้ยวมารับประทานเอง โดยกลุ่มเป้าหมายเคยซื้อข้าวเกรียบถึงร้อยละ 98 แต่มีเพียงร้อยละ 29 เท่านั้น ที่ซื้อข้าวเกรียบประเภทข้าวเกรียบดิบมาทอดเองที่บ้าน เนื่องจากผู้ที่ไม่ซื้อตอบว่าไม่สะดวกและยุ่งยากในการทอดข้าวเกรียบรับประทานเอง ดังนั้นแนวคิด ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบให้เป็นแบบกึ่งสำเร็จรูปพร้อมบริโภคจึงอาจเป็นวิธีที่ช่วยดึงดูดให้ผู้บริโภครู้สึกว่าสามารถเตรียมเพื่อบริโภคได้ง่ายขึ้น โดยที่ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่รู้จักอาหารประเภทกึ่งสำเร็จรูปสำหรับอบด้วยไมโครเวฟ และมากถึงร้อยละ 64 ที่เคยซื้อผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูปประเภทอบด้วยไมโครเวฟมาอบรับประทานเองที่บ้าน

ระดับการยอมรับแนวคิดผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวประเภทกึ่งสำเร็จรูปสำหรับอบด้วยไมโครเวฟเมื่อกำหนดข้อความแนวคิดผลิตภัณฑ์ไว้ว่า “หากคุณรู้สึกหิวระหว่างทำงานยุ่งเคร่งเครียดกับการอ่านหนังสือสอบ เพลิดเพลินกับการสังสรรค์กับเพื่อนๆ นั่งลุ้นฟุตบอลนัดสำคัญ หรือดูซีรี่ส์โปรดตอนดึก เราขอเสนอ ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบผสมแครอทสำหรับอบด้วยไมโครเวฟ แค่เพียงฉีกซองแล้วนำไปอบด้วยไมโครเวฟไม่เกิน 2 นาทีคุณก็จะได้อาหารว่างแสนอร่อยที่ดีกับสุขภาพด้วยใยอาหารจากผัก และมีไขมันต่ำอีกด้วย” แสดงในตารางที่ 4.5 (ตารางแจกแจงความถี่แสดงในภาคผนวก ญ. ตารางที่ ญ.1)

ตารางที่ 4.5 ร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถามตามระดับการยอมรับแนวความคิดผลิตภัณฑ์และค่าเฉลี่ย

ข้อมูลแนวคิดผลิตภัณฑ์	ร้อยละ	ค่าเฉลี่ย	ความหมาย *
ความชอบ		5.46 ± 1.10	ชอบ
7 = ชอบอย่างยิ่ง	23		
6 = ชอบ	22		
5 = ค่อนข้างชอบ	35		
4 = เฉยๆ	19		
3 = ไม่ค่อยชอบ	0		
2 = ไม่ชอบ	1		
1 = ไม่ชอบอย่างยิ่ง	0		
ความโดดเด่น		5.32 ± 0.92	ค่อนข้างโดดเด่น
7 = โดดเด่นอย่างยิ่ง	5		
6 = โดดเด่น	45		
5 = ค่อนข้างโดดเด่น	29		
4 = เฉยๆ	20		
3 = ไม่ค่อยโดดเด่น	0		
2 = ไม่โดดเด่น	1		
1 = ไม่โดดเด่น	0		
ความสนใจ		5.10 ± 1.04	ค่อนข้างสนใจ
7 = สนใจอย่างยิ่ง	8		
6 = สนใจ	27		
5 = ค่อนข้างสนใจ	39		
4 = เฉยๆ	20		
3 = ไม่ค่อยสนใจ	5		
2 = ไม่สนใจ	1		
1 = ไม่สนใจอย่างยิ่ง	0		

*การแปลความหมายตามตารางที่ 3.1

จากข้อมูลในตารางที่ 4.5 พบว่าร้อยละ 80 ของผู้ตอบแบบสอบถามชอบแนวความคิดผลิตภัณฑ์ ร้อยละ 79 เห็นว่าแนวความคิดผลิตภัณฑ์ค่อนข้างโดดเด่น และร้อยละ 74 คิดว่าแนวคิดผลิตภัณฑ์มีความน่าสนใจ

ข้อมูลในตารางที่ 4.6 และ 4.7 พบว่า ส่วนใหญ่แล้วผู้ตอบแบบสอบถามให้ความสนใจที่จะลองผลิตภัณฑ์ โดยจะรับประทานเป็นอาหารว่างในช่วงระหว่างมื้ออาหาร หรือเป็นอาหารว่างรอบดึก โดยรับประทานระหว่างดูโทรทัศน์ซึ่งตรงกับแนวคิดผลิตภัณฑ์ที่กำหนดไว้

ตารางที่ 4.6 จำนวนร้อยละของผู้ตอบคำถาม “จะทดลองผลิตภัณฑ์นี้หรือไม่”

ทดลองบริโภคผลิตภัณฑ์นี้หรือไม่	ร้อยละ
ทดลอง	95
ไม่ทดลอง	5
รวม	100

ตารางที่ 4.7 ความถี่ของผู้ตอบคำถาม “จะบริโภคผลิตภัณฑ์นี้ในช่วงเวลาและระหว่างกิจกรรมใด”

ช่วงเวลาและกิจกรรม	จำนวนผู้ตอบ(จาก 100 คน)
เป็นอาหารเช้า	15
เป็นอาหารทานเล่นระหว่างอาหารเช้ากับอาหารกลางวัน	62
เป็นอาหารกลางวัน	10
เป็นอาหารทานเล่นระหว่างอาหารกลางวันกับอาหารเย็น	68
เป็นอาหารเย็น	6
เป็นอาหารทานเล่นรอบดึก	59
ระหว่างทำงาน	19
ระหว่างอ่านหนังสือ	30
ระหว่างดูโทรทัศน์	73
ระหว่างทำกิจกรรมอื่นๆ เช่น ปาร์ตี้ สังสรรค์	35
อื่นๆ	1

ตารางที่ 4.8 คะแนนความชอบต่อคุณสมบัติของแนวคิดผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวประเภทกึ่งสำเร็จรูปสำหรับอบด้วยไมโครเวฟ

คุณสมบัติแนวคิดผลิตภัณฑ์	ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบ	ความหมาย *
เป็นผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูปสำหรับอบด้วย		
ไมโครเวฟ	5.35 ± 1.15	ชอบมาก
สะดวก รวดเร็วในการเตรียมและการบริโภค	5.89 ± 1.00	ชอบมาก
อาหารว่าง	5.40 ± 0.96	ชอบมาก
รสชาติอร่อย	5.50 ± 1.28	ชอบมาก
มีใยอาหาร	5.35 ± 1.42	ชอบมาก
ไขมันต่ำ	5.03 ± 1.35	ค่อนข้างชอบ
ผสมแครอท	5.43 ± 1.91	ชอบมาก

* แปลความหมายตามตารางที่ 3.1

ตารางที่ 4.9 คะแนนความสำคัญต่อคุณสมบัติของแนวคิดผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวประเภทกึ่งสำเร็จรูปสำหรับอบด้วยไมโครเวฟ

คุณสมบัติแนวคิดผลิตภัณฑ์	ค่าเฉลี่ยคะแนนความสำคัญ	ความหมาย *
รูปแบบของผลิตภัณฑ์ กึ่งสำเร็จรูปสำหรับอบด้วย		
ไมโครเวฟ	5.58 ± 0.96	สำคัญมาก
ตรงกับความต้องการ	5.66 ± 1.09	สำคัญมาก
เป็นสินค้าใหม่ในท้องตลาด	5.34 ± 1.26	ค่อนข้างสำคัญ
ความสะดวก รวดเร็วในการเตรียมการ	5.79 ± 1.03	สำคัญมาก
มีใยอาหาร	5.24 ± 0.95	ค่อนข้างสำคัญ
ไขมันต่ำ	5.73 ± 0.97	สำคัญมาก
การออกแบบบรรจุภัณฑ์	5.42 ± 0.74	สำคัญมาก
ภาพลักษณ์ของสินค้า	5.83 ± 0.84	สำคัญมาก
สถานที่ในการวางจำหน่าย	5.61 ± 0.78	สำคัญมาก
โปรโมชั่น	5.68 ± 1.35	สำคัญมาก

* แปลความหมายตามตารางที่ 3.1

จากตารางที่ 4.8 (แสดงค่าเฉลี่ยความชอบและตารางแจกแจงความถี่ในภาคผนวก ญ ตารางที่ ญ.2) แสดงว่าผู้ตอบแบบสอบถามมีความชอบในแนวคิดที่เป็นผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูปสำหรับอบด้วยไมโครเวฟ มีความสะดวกรวดเร็วในการเตรียมการ, เป็นอาหารว่าง รสชาติอร่อย, มีใยอาหารและผสมแครอทในระดับชอบมาก และค่อนข้างชอบในแนวคิดที่มีไขมันต่ำ และจากตารางที่ 4.9 (แสดงค่าเฉลี่ยความสำคัญและตารางแจกแจงความถี่ใน

ภาคผนวก ญ ตารางที่ ญ.3) แสดงว่าผู้ตอบแบบสอบถามให้ความสำคัญต่อแนวคิดผลิตภัณฑ์ด้านรูปแบบของผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูปสำหรับอบด้วยไมโครเวฟ, ตรงกับความต้องการ, มีความสะดวกรวดเร็วในการเตรียมการไขมันต่ำ, การออกแบบบรรจุภัณฑ์, ภาพลักษณ์ของสินค้า, สถานที่ในการวางจำหน่าย, โปรโมชั่นที่ระดับสำคัญมาก ส่วนข้อมูลเป็นสินค้าใหม่ในท้องตลาดและมีใยอาหาร ผู้ตอบแบบสอบถามให้ระดับความสำคัญไว้ที่ระดับค่อนข้างสำคัญ ซึ่งจากข้อมูลทั้งความชอบและความสำคัญของแนวคิดผลิตภัณฑ์ข้างต้น พบว่าค่าความชอบ และความสำคัญในสมบัติต่างๆ ของแนวคิดผลิตภัณฑ์มีค่าค่อนข้างสูง ซึ่งแสดงว่าผู้ตอบแบบสอบถามให้การยอมรับในแนวคิดผลิตภัณฑ์นี้มาก

ตารางที่ 4.10 จำนวนร้อยละของผู้ตอบคำถาม “จะซื้อผลิตภัณฑ์หรือไม่ หากผลิตภัณฑ์ตามแนวคิดนี้ออกวางขายตามตลาด”

ข้อมูลการซื้อผลิตภัณฑ์	ร้อยละ
ซื้ออย่างแน่นอน	71
อาจจะซื้อหรือไม่ซื้อก็ได้	28
ไม่ซื้ออย่างแน่นอน	1
รวม	100

จากตารางที่ 4.10 จะเห็นได้ว่าผู้ตอบแบบสอบถามร้อยละ 71 ตอบว่าจะซื้อผลิตภัณฑ์นี้อย่างแน่นอนหากมีการจัดทำขึ้น และร้อยละ 28 บอกว่า อาจจะซื้อหรือไม่ซื้อก็ได้ มีเพียงร้อยละ 1 เท่านั้น ที่บอกว่าจะไม่ซื้ออย่างแน่นอน โดยราคาเฉลี่ยที่ผู้ตอบแบบสอบถามยอมจ่ายเพื่อซื้อผลิตภัณฑ์นี้ (ต่อ 100 กรัม) เท่ากับ 30.48 บาท (ราคาสูงที่สุดที่ผู้ตอบแบบสอบถามตอบว่าจะซื้อคือ 70 บาท และราคาที่ต่ำที่สุดผู้ตอบแบบสอบถามตอบว่าจะซื้อ 10 บาท

จากการทดสอบแนวความคิดของผลิตภัณฑ์พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่สนใจและให้การยอมรับในแนวคิดผลิตภัณฑ์ที่จะพัฒนาขึ้น ดังนั้นจากข้อมูลการสำรวจการยอมรับของตัวแทนผู้บริโภคจึงสามารถประเมินได้ว่า หากมีการผลิตผลิตภัณฑ์ตามแนวความคิดนี้โอกาสที่ผู้บริโภคจะยอมรับในผลิตภัณฑ์จะมีค่อนข้างมาก ดังนั้นผลิตภัณฑ์นี้จึงมีความเหมาะสมที่จะทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์ตามแนวความคิดนี้ต่อไป

4.2 ผลการศึกษาหาสูตรและกระบวนการในการผลิตข้าวเกรียบจากแป้งข้าวผสมแครอทสำหรับอบด้วยเตาอบไมโครเวฟ

4.2.1 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณแอมิโลสในแป้งข้าว

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณแอมิโลสของแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียว แสดงดังตารางที่ 4.11 ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับงานวิจัยของสรัญ บินมิตตอร์ (2550) ที่พบว่าแป้งข้าวเจ้ามีแอมิโลสร้อยละ 35.46 และแป้งข้าวเหนียวมีแอมิโลสร้อยละ 8.84

ตารางที่ 4.11 ปริมาณแอมิโลสของวัตถุดิบแป้งข้าวเจ้า และแป้งข้าวเหนียว คำนวณโดยน้ำหนักเปียก

องค์ประกอบ	แป้งข้าวเจ้า (ร้อยละ)	แป้งข้าวเหนียว (ร้อยละ)
ปริมาณแอมิโลส	37.59 ± 0.23	8.89 ± 0.27

แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

4.2.2 ผลของปริมาณแอมิโลส และความชื้นของแผ่นข้าวเกรียบดิบ (เวลาในการอบ) ต่อสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์

สัดส่วนของปริมาณแอมิโลสและแอมิโลเพกตินมีผลต่อคุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ โดยที่แอมิโลเพกตินจะทำให้ผลิตภัณฑ์พองตัวดี ความแน่นเนื้อในผลิตภัณฑ์ต่ำ แต่ผลิตภัณฑ์จะเปราะ แตกง่าย ในขณะที่แอมิโลสจะทำให้ผลิตภัณฑ์แข็ง และมีข้อจำกัดในด้านการพองตัว (Matz, 1976) เพื่อแปรปริมาณแอมิโลสในสูตรจึงกำหนดสัดส่วนของแป้ง 2 ชนิด โดยแทนแป้งข้าวเจ้าในสูตรแป้งข้าวเหนียว 0 - 15 %แสดงในตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ปริมาณร้อยละของแป้งข้าวเหนียว แป้งข้าวเจ้า และแอมิโลสในสูตร

สูตรที่	แป้งข้าวเหนียว (ร้อยละ)	แป้งข้าวเจ้า (ร้อยละ)	ปริมาณแอมิโลส (ร้อยละ)
1	40	0	8.9
2	35	5	12.4
3	30	10	16.0
4	25	15	19.6

ความชื้นเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ เนื่องจากเมื่อผลิตภัณฑ์ได้รับความร้อนหรือแรงดัน ปริมาณน้ำที่กระจายในส่วนผสมระเหยกลายเป็นไอน้ำทันทีและดันก้อนแป้งเกิดรูพรุนกระจายทั่วและพองตัวอย่างรวดเร็ว เมื่อเย็นลงจะคงโครงสร้างนั้นไว้ (ณรงค์ นิยมวิทย์, 2532) แรงดันไอน้ำที่พอเหมาะกับแรงต้านทานในเนื้อแป้ง จะทำให้ขนมมีคุณภาพด้านลักษณะปรากฏและเนื้อสัมผัสที่ดีเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (Charles, 1969) Lee, Lim และ Lim (2000) ศึกษาผลของความชื้นต่อการพองตัวของผลิตภัณฑ์แป้งข้าวโพดที่ผ่านการเอ็กซ์ทรูด ที่ทำให้พองตัวด้วยไมโครเวฟ พบว่าความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมต่อการพองตัวมีค่า 10 – 13 % นอกจากนี้มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเรื่องข้าวเกรียบ (มผช.107/2546) ยังกำหนดไว้ว่าข้าวเกรียบดิบจะต้องมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 12 โดยน้ำหนัก อย่างไรก็ตาม ความชื้นของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบดิบเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่ออายุการเก็บ จากการทดลองหาความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่เวลาการอบต่างๆ (drying curve แสดงในภาคผนวก ค.) พบว่าผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบทั้ง 4 สูตรมีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 12 เมื่ออบแห้งที่อุณหภูมิ 55 °C เป็นเวลานานกว่า 10 ชั่วโมง

ตารางที่ 4.13 ความชื้นของข้าวเกรียบดิบจากแป้งข้าว 4 สูตร อบแห้งเป็นเวลาต่างกัน 3 ระดับ

ปริมาณแป้งข้าว	ความชื้น		
เหนียว : แป้งข้าวเจ้า	อบแห้ง 10 ชั่วโมง	อบแห้ง 12 ชั่วโมง	อบแห้ง 14 ชั่วโมง
40:0	$11.65^{a} \pm 0.01$	$10.23^{f} \pm 0.01$	$9.51^{h} \pm 0.01$
35:5	$11.59^{b} \pm 0.02$	$10.21^{e} \pm 0.01$	$9.5^{h} \pm 0.00$
30:10	$11.42^{c} \pm 0.00$	$10.19^{ef} \pm 0.01$	$9.49^{h} \pm 0.01$
25:15	$11.14^{d} \pm 0.03$	$10.15^{g} \pm 0.03$	$9.39^{i} \pm 0.01$

a,b,… ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.14 a_w ของข้าวเกรียบดิบจากแป้งข้าว 4 สูตร อบแห้งเป็นเวลาต่างกัน 3 ระดับ

ปริมาณแป้งข้าว	a_w		
เหนียว : แป้งข้าวเจ้า	อบแห้ง 10 ชั่วโมง	อบแห้ง 12 ชั่วโมง	อบแห้ง 14 ชั่วโมง
40:0	$0.756^{a} \pm 0.03$	$0.735^{c} \pm 0.03$	$0.731^{cd} \pm 0.02$
35:5	$0.752^{ab} \pm 0.00$	$0.732^{c} \pm 0.00$	$0.724^{ef} \pm 0.00$
30:10	$0.749^{ab} \pm 0.01$	$0.735^{c} \pm 0.00$	$0.720^{f} \pm 0.04$
25:15	$0.749^{b} \pm 0.02$	$0.727^{de} \pm 0.03$	$0.715^{g} \pm 0.01$

a,b,… ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.13 และ 4.14 พบว่า สัดส่วนของแป้งข้าวเหนียวต่อแป้งข้าวเจ้า (ปริมาณแอมิโลส) และเวลาที่ใช้ในการอบแห้งผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบดิบมีอิทธิพลร่วมกันต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นและ a_w ของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ผลวิเคราะห์ ANOVA แสดงในภาคผนวก ฌ1.- ฌ2.) โดยที่เมื่อเวลาที่ใช้ในการอบแห้งผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบดิบนานขึ้น น้ำในผลิตภัณฑ์จะระเหยออกไปได้มากขึ้น ผลิตภัณฑ์จะมีปริมาณความชื้น และ a_w ลดลง และเมื่อปริมาณแอมิโลสเพิ่มขึ้น (ที่ระยะเวลาการอบแห้งเท่ากัน) พบว่าผลิตภัณฑ์จะมีปริมาณความชื้นและ a_w ลดลง ซึ่งจะเห็นแนวโน้มดังกล่าวชัดเจนที่สุดที่เวลาอบแห้ง 10 ชั่วโมง แต่เมื่อระยะเวลาการอบที่นานขึ้น (12, 14 ชั่วโมง) ตัวอย่างที่มีปริมาณแอมิโลสต่างกันกลับมีความชื้นใกล้เคียงกัน ทั้งนี้แอมิโลสทำให้เกิดโครงสร้างของเจลที่แข็งแรง (กล้าณรงค์ ศรีรอต และ เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2550) เมื่อมีแอมิโลสในแป้งมาก โมเลกุลของแอมิโลสจะสร้างพันธะไฮโดรเจนจับกันเองได้ดี จึงอาจมีพันธะที่จับกับน้ำได้น้อยลง และสูญเสียน้ำออกจากเจลแป้งได้ดีกว่าในขณะอบแห้ง แต่เมื่อระยะเวลาการอบที่นานขึ้นทำให้น้ำอิสระหลงเหลืออยู่ในโครงสร้างน้อย ผลิตภัณฑ์จึงมีความชื้นที่ใกล้เคียงกันแม้ว่าจะมีปริมาณแอมิโลสต่างกัน

ตารางที่4.15 ความชื้นของข้าวเกรียบจากแป้งข้าว 4 สูตร อบแห้งเป็นเวลาต่างกัน 3 ระดับหลังอบพองด้วยไมโครเวฟ

ปริมาณแป้งข้าว	ความชื้น		
เหนียว : แป้งข้าวเจ้า	อบแห้ง 10 ชั่วโมง	อบแห้ง 12 ชั่วโมง	อบแห้ง 14 ชั่วโมง
40:0	$7.57^{a} \pm 0.014$	$7.51^{c} \pm 0.042$	$6.84^{g} \pm 0.021$
35:5	$7.55^{ab} \pm 0.007$	$7.45^{d} \pm 0.021$	$6.78^{h} \pm 0.014$
30:10	$7.51^{b} \pm 0.021$	$7.39^{e} \pm 0.014$	$6.54^{I} \pm 0.021$
25:15	$7.34^{b} \pm 0.028$	$7.28^{f} \pm 0.021$	$6.31^{j} \pm 0.007$

a,b,… ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.16 a_w ของข้าวเกรียบจากแป้งข้าว 4 สูตร อบแห้งเป็นเวลาต่างกัน 3 ระดับหลังอบพองด้วยไมโครเวฟ

ปริมาณแป้งข้าว	a_w		
เหนียว : แป้งข้าวเจ้า	อบแห้ง 10 ชั่วโมง	อบแห้ง 12 ชั่วโมง	อบแห้ง 14 ชั่วโมง
40:0	$0.483^{a} \pm 0.002$	$0.463^{b} \pm 0.001$	$0.416^{e} \pm 0.001$
35:5	$0.479^{a} \pm 0.001$	$0.453^{c} \pm 0.003$	$0.402^{f} \pm 0.001$
30:10	$0.463^{b} \pm 0.003$	$0.453^{c} \pm 0.001$	$0.404^{f} \pm 0.003$
25:15	$0.445^{d} \pm 0.003$	$0.445^{d} \pm 0.003$	$0.395^{g} \pm 0.001$

a,b,… ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.17 ค่าความแข็งของข้าวเกรียบดิบจากแป้งข้าว 4 สูตร อบแห้งเป็นเวลาต่างกัน 3 ระดับ

ปริมาณแป้งข้าว	ความแข็ง(gf)		
เหนียว : แป้งข้าวเจ้า	อบแห้ง 10 ชั่วโมง	อบแห้ง 12 ชั่วโมง	อบแห้ง 14 ชั่วโมง
40:0	$3402.91^{l} \pm 2.30$	$5068.48^{h} \pm 17.26$	$5436.30^{d} \pm 7.26$
35:5	$3635.83^{k} \pm 13.30$	$5249.27^{g} \pm 4.19$	$5463.34^{c} \pm 26.00$
30:10	$3804.95^{j} \pm 3.18$	$5316.58^{f} \pm 3.46$	$5560.45^{b} \pm 4.50$
25:15	$4649.70^{i} \pm 12.08$	$5386.13^{e} \pm 5.27$	$5676.90^{a} \pm 4.70$

a,b,… ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.15 และ 4.16 พบว่า ระยะเวลาการอบแห้งแผ่นข้าวเกรียบดิบและปริมาณแอมิโลสมีอิทธิพลร่วมกันต่อปริมาณความชื้นและ a_w ของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบหลังการอบพองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ผลวิเคราะห์ ANOVA แสดงในภาคผนวก ฌ3.- ฌ4.) ซึ่งสัมพันธ์กับค่าความชื้นและ a_w ของแผ่นข้าวเกรียบดิบ และจากตารางที่ 4.17 (ตาราง ANOVA แสดงในภาคผนวก ฌ5.) พบว่าเมื่อใช้เวลาในการอบแห้งผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบดิบนานขึ้น ผลิตภัณฑ์จะสูญเสียความชื้นออกไปได้มากขึ้น ผลิตภัณฑ์จะมีความแข็งมากขึ้น และที่เวลาอบเท่ากันสูตรที่มีปริมาณแอมิโลสสูงกว่าจะมีความแข็งมากกว่า

ตารางที่ 4.18 ค่าความแข็งของข้าวเกรียบจากแป้งข้าว 4 สูตร อบแห้งเป็นเวลาต่างกัน 3 ระดับหลังอบพองด้วยไมโครเวฟ

ปริมาณแป้งข้าว	ความแข็ง(gf)		
เหนียว : แป้งข้าวเจ้า	อบแห้ง 10 ชั่วโมง	อบแห้ง 12 ชั่วโมง	อบแห้ง 14 ชั่วโมง
40:0	$1435.51^{j} \pm 14.27$	$1930.80^{g} \pm 4.24$	$2156.49^{e} \pm 13.25$
35:5	$1675.30^{i} \pm 7.35$	$2066.06^{f} \pm 7.34$	$2132.15^{e} \pm 110.24$
30:10	$1808.32^{h} \pm 2.58$	$2227.76^{d} \pm 2.26$	$2607.59^{c} \pm 6.07$
25:15	$2564.98^{c} \pm 33.91$	$2916.76^{b} \pm 4.72$	$3358.71^{a} \pm 20.93$

a,b,... ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.19 ค่าความเปราะของข้าวเกรียบจากแป้งข้าว 4 สูตร อบแห้งเป็นเวลาต่างกัน 3 ระดับหลังอบพองด้วยไมโครเวฟ

ปริมาณแป้งข้าว	ความเปราะ(gf)		
เหนียว : แป้งข้าวเจ้า	อบแห้ง 10 ชั่วโมง	อบแห้ง 12 ชั่วโมง	อบแห้ง 14 ชั่วโมง
40:0	$269.41^{k} \pm 17.01$	$405.63^{j} \pm 4.88$	$481.62^{l} \pm 21.69$
35:5	$1675.30^{h} \pm 7.35$	$2066.06^{f} \pm 7.34$	$2132.15^{e} \pm 110.24$
30:10	$1808.32^{g} \pm 2.58$	$2227.76^{d} \pm 2.26$	$2607.59^{c} \pm 6.07$
25:15	$2564.98^{c} \pm 33.91$	$2916.76^{b} \pm 4.72$	$3358.71^{a} \pm 20.93$

a,b,... ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.20 อัตราส่วนการพองตัวของข้าวเกรียบจากแป้งข้าว 4 สูตร อบแห้งเป็นเวลาต่างกัน 3 ระดับหลังอบพองด้วยไมโครเวฟ

ปริมาณแป้งข้าว	อัตราส่วนการพองตัว		
เหนียว : แป้งข้าวเจ้า	อบแห้ง 10 ชั่วโมง	อบแห้ง 12 ชั่วโมง	อบแห้ง 14 ชั่วโมง
40:0	$3.49^{a} \pm 0.36$	$2.77^{ab} \pm 0.67$	$3.02^{ab} \pm 1.53$
35:5	$3.07^{ab} \pm 0.96$	$2.45^{ab} \pm 0.37$	$2.91^{ab} \pm 0.89$
30:10	$3.41^{ab} \pm 0.57$	$2.69^{ab} \pm 0.20$	$2.56^{ab} \pm 0.27$
25:15	$3.14^{ab} \pm 0.18$	$3.55^{a} \pm 0.59$	$2.05^{b} \pm 0.50$

a,b,… ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เมื่ออบพองข้าวเกรียบด้วยไมโครเวฟพบว่า ปริมาณแอมิโลสและเวลาในการอบแห้งข้าวเกรียบดิบมีอิทธิพลร่วมกันต่อค่าความแข็งและค่าความเปราะของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ผลวิเคราะห์ ANOVA แสดงในภาคผนวก ฌ6.- ฌ7.) (ตารางที่ 4.18 – 4.19) และ จากตารางที่ 20 พบว่าปริมาณแอมิโลสมีอิทธิพลต่ออัตราส่วนการพองตัวของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ผลวิเคราะห์ ANOVA แสดงในภาคผนวก ฌ8.) โดยผลิตภัณฑ์จากสูตรที่มีปริมาณแอมิโลสสูงกว่ามีค่าความแข็งมากกว่าสูตรที่มีแอมิโลสต่ำ เนื่องจากแป้งที่มีแอมิโลสสูงจะเกิดรีโทรกราเดชันได้ดีและให้เจลที่แข็งแรง ดังนั้นโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณแอมิโลสสูงกว่าจึงมีความหนาแน่นและแข็งแรงกว่า ผลิตภัณฑ์จึงมีความแข็งมาก และโครงสร้างที่แข็งแรงจะทำให้มีแรงต้านต่อการพองตัวสูงกว่าสูตรที่มีปริมาณแอมิโลสต่ำกว่า (Hegenbart, 1996) ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่มีแอมิโลสมากกว่าเมื่อนำไปอบพองด้วยไมโครเวฟแล้วผลิตภัณฑ์ที่ได้มีอัตราส่วนการพองตัวต่ำกว่าสูตรที่มีแอมิโลสต่ำกว่า สำหรับผลของอัตราส่วนการพองตัวที่มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่อนข้างมาก เนื่องจากตัวอย่างมีการพองตัวไม่สม่ำเสมอทั่วกันทั้งชิ้น

ค่าความเปราะ คือ ค่าแรงที่ทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการแตกร้าวขึ้น (แสดงตัวอย่างดังภาคผนวก จ.) ดังนั้นจึงมีความสัมพันธ์กับค่าความแข็ง คือ เมื่อผลิตภัณฑ์มีค่าความแข็งเพิ่มขึ้นผลิตภัณฑ์ก็จะมีค่าความเปราะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

ตารางที่ 4.21 ค่าความสว่างของข้าวเกรียบดิบจากแป้งข้าว 4 สูตร อบแห้งเป็นเวลาต่างกัน 3 ระดับ

ปริมาณแป้งข้าวเหนียว : แป้งข้าวเจ้า	ค่าความสว่าง (L*)		
	อบแห้ง 10 ชั่วโมง	อบแห้ง 12 ชั่วโมง	อบแห้ง 14 ชั่วโมง
40:0	$49.92^{h} \pm 0.81$	$50.51^{fg} \pm 1.41$	$52.28^{bcde} \pm 0.43$
35:5	$51.76^{def} \pm 1.19$	$51.35^{efg} \pm 2.06$	$53.29^{ab} \pm 0.89$
30:10	$50.60^{fg} \pm 0.90$	$50.58^{fg} \pm 1.31$	$51.82^{cdef} \pm 0.58$
25:15	$53.19^{abcd} \pm 1.11$	$54.19^{a} \pm 1.07$	$53.24^{abc} \pm 2.81$

a,b,… ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.22 ค่าสีแดงของข้าวเกรียบดิบจากแป้งข้าว 4 สูตร อบแห้งเป็นเวลาต่างกัน 3 ระดับ

ปริมาณแป้งข้าวเหนียว : แป้งข้าวเจ้า	ค่าสีแดง (+a*)		
	อบแห้ง 10 ชั่วโมง	อบแห้ง 12 ชั่วโมง	อบแห้ง 14 ชั่วโมง
40:0	$4.95^{b} \pm 1.18$	$5.06^{b} \pm 0.61$	$5.25^{ab} \pm 2.66$
35:5	$4.50^{b} \pm 2.38$	$4.58^{b} \pm 0.67$	$4.71^{b} \pm 2.91$
30:10	$6.47^{ab} \pm 2.54$	$5.41^{ab} \pm 1.63$	$4.98^{b} \pm 2.40$
25:15	$5.69^{ab} \pm 1.31$	$7.09^{a} \pm 1.71$	$6.38^{ab} \pm 2.02$

a,b,… ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.23 ค่าสีเหลืองของข้าวเกรียบดิบจากแป้งข้าว 4 สูตร อบแห้งเป็นเวลาต่างกัน 3 ระดับ

ปริมาณแป้งข้าวเหนียว : แป้งข้าวเจ้า	ค่าสีเหลือง (+b*)		
	อบแห้ง 10 ชั่วโมง	อบแห้ง 12 ชั่วโมง	อบแห้ง 14 ชั่วโมง
40:0	$26.80^{e} \pm 0.74$	$25.43^{f} \pm 0.85$	$28.90^{cd} \pm 0.78$
35:5	$27.9^{de} \pm 1.68$	$28.62^{cd} \pm 2.42$	$32.05^{a} \pm 2.74$
30:10	$28.14^{de} \pm 0.40$	$28.10^{de} \pm 1.70$	$27.63^{de} \pm 0.80$
25:15	$28.41^{cd} \pm 1.04$	$30.58^{b} \pm 0.77$	$29.61^{bc} \pm 1.00$

a,b,… ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

คุณภาพด้านลักษณะปรากฏที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งก็คือ คุณภาพทางด้านสีของผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบจากแป้งข้าวผสมแครอท จะมีสีเหลืองอ่อน ปนสีส้มจากชิ้นของแครอทที่ขูดฝอยด้วยที่ขูดหัวไชเท้า เมื่อวัดค่าสีตามระบบ L* a* b* โดยค่า L* เป็นค่าที่แสดงถึงความสว่าง (0 หมายถึงสีดำหรือมืด 100 หมายถึง สีขาวหรือสว่าง) ค่า +a* เป็นค่าที่แสดงถึงสีแดง (a* เป็นบวกแสดงถึงสีแดง เป็นลบ แสดงถึงสีเขียว) ค่า +b* เป็นค่าที่แสดงถึงค่าสีเหลือง (b* เป็นบวกแสดงถึงสีเหลือง เป็นลบแสดงถึงสีน้ำเงิน) (Macdougall, 2002) ค่าสีของแผ่นข้าวเกรียบดิบแสดงในตาราง 4.21 - 4.23 สัดส่วนของแป้งข้าวเหนียวต่อแป้งข้าวเจ้า (ปริมาณแอมิโลส) และเวลาที่ใช้ในการอบแห้งผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบดิบมีอิทธิพลร่วมกันต่อค่าความสว่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ผลวิเคราะห์ ANOVA แสดงในภาคผนวก ฌ9.) โดยสูตรที่มีปริมาณแป้งข้าวเจ้าในสูตรมากที่สุด (25:15) (ปริมาณแอมิโลสสูงที่สุด) มีค่าความสว่างมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญที่เวลาการอบ 10 และ 12 ชั่วโมง ($p \leq 0.05$) เนื่องจากเมื่อต้มแอมิโลสในน้ำแล้วจะให้ความขุ่น (Whistler and Smart, 1953) อีกทั้งสมบัติของแป้งข้าวเจ้าที่เมื่อพองตัวแล้วจะให้สีเป็นสีขาว (Moore, 1994) เมื่อพิจารณาจากค่าสีแดง (+a*) พบว่าสัดส่วนของแป้งข้าวเหนียวต่อแป้งข้าวเจ้า (ปริมาณแอมิโลส) มีอิทธิพลต่อค่าสีแดงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ผลวิเคราะห์ ANOVA แสดงในภาคผนวก ฌ10.) เมื่อพิจารณาจากค่าสีเหลือง (+b*) สัดส่วนของแป้ง (ปริมาณแอมิโลส) และเวลาที่ใช้ในการอบแห้งผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบดิบมีอิทธิพลร่วมกันต่อค่าสีเหลืองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ผลวิเคราะห์ ANOVA แสดงในภาคผนวก ฌ11.) แต่อย่างไรก็ตามเนื่องจากผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบที่พัฒนาขึ้นมีลักษณะเป็นชิ้นแครอทแทรกตัวอยู่ในแป้งข้าว ทำให้มีสีไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงค่าสีแดงและค่าสีเหลืองอาจสรุปเป็นแนวโน้มที่ชัดเจนไม่ได้

การคัดเลือกสูตรและเวลาที่ใช้ในการทำแห้งผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบดิบในการผลิตข้าวเกรียบจากแป้งข้าวผสมแครอทสำหรับอบด้วยไมโครเวฟนั้น พิจารณาจากลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ควบคู่ไปกับลักษณะเนื้อสัมผัส จากผลการทดลองพบว่า เมื่อผลิตภัณฑ์มีความชื้นต่ำค่าความแข็งและความเปราะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น อัตราส่วนการพองตัวมีแนวโน้มลดลง ซึ่งทำให้ลักษณะปรากฏ และเนื้อสัมผัสอาจไม่เป็นที่ยอมรับ อย่างไรก็ตาม หากมีความชื้น และ a_w สูงจะส่งผลให้อายุการเก็บของผลิตภัณฑ์สั้น จึงเลือกสูตรที่มีปริมาณแป้งข้าวเหนียว : แป้งข้าวเจ้า 40:0 และ 35:5 (มีปริมาณแอมิโลสร้อยละ 8.9 และ 12.4 ตามลำดับ) และใช้เวลาในการอบแห้งข้าวเกรียบดิบ 12 ชั่วโมงเพื่อพัฒนาต่อไป เนื่องจากมีความชื้น และ a_w ต่ำ (a_w ในการอบแห้งที่ 12 และ 14 ชั่วโมงมีค่าใกล้เคียงกันมากคือประมาณ 0.72 - 0.74) ผลิตภัณฑ์ที่พองตัวแล้วมีความแข็งและความเปราะน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการอบแห้งที่ 14 ชั่วโมง และใช้เวลาในการทำแห้งน้อยกว่า ซึ่งประหยัดต้นทุนมากกว่า

4.2.3 ผลการศึกษาผลของมอลโตเดกซ์ทรินหรือกัวร์กัมต่อคุณภาพของข้าวเกรียบเสริมแคลอทสำหรับอบด้วยเตาอบไมโครเวฟ

จากการทดลองในข้อ 4.2.2 พบว่า แผ่นข้าวเกรียบดิบ (ก่อนอบด้วยไมโครเวฟ) ยังมีค่า a_w ค่อนข้างสูง (0.725 - 0.735) ซึ่งยังอยู่ในระดับที่ราบางชนิดยังสามารถเจริญได้ (Beuchat, 2002) อาจส่งผลต่ออายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นเพื่อปรับสูตรที่คัดเลือกจากข้อ 4.2.2 (แป้งข้าวเหนียว : แป้งข้าวเจ้า 40:0 และ 35:5) จึงลดปริมาณเกลือลงเหลือ 1 % เพิ่มปริมาณน้ำตาลเป็น 4% ในทุก ๆ สูตรเพื่อปรับปรุงรสชาติและช่วยลด a_w และแปรปริมาณมอลโตเดกซ์-ทรินหรือกัวร์กัม 2 ระดับ คือ 0.1% และ 0.2% แทนที่เกลือบางส่วนในสูตร

ตารางที่ 4.24 ความชื้นของข้าวเกรียบดิบจากแป้งข้าว 2 สูตร ที่แปรปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินหรือกัวร์กัม

ปริมาณแป้งข้าวเหนียว: แป้งข้าวเจ้า	ความชื้น				
	สูตรควบคุม	มอลโตเดกซ์ทริน		กัวร์กัม	
		0.1%	0.2%	0.1%	0.2%
40:0	9.98^{ab}±0.005	9.91^{b} ±0.009	9.52^{f} ±0.016	10.04^{a} ± 0.188	9.98^{ab} ± 0.005
35:5	9.96^{b} ±0.001	9.75^{d}±0.044	9.42^{g} ±0.005	9.83^{c} ± 0.010	9.60^{e} ± 0.060

a,b,... ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.25 ความชื้นของข้าวเกรียบจากแป้งข้าว 2 สูตร ที่แปรปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินหรือกัวร์กัมหลังอบพองด้วยไมโครเวฟ

ปริมาณแป้งข้าวเหนียว: แป้งข้าวเจ้า	ความชื้น				
	สูตรควบคุม	มอลโตเดกซ์ทริน		กัวร์กัม	
		0.1%	0.2%	0.1%	0.2%
40:0	5.52^{a} ± 0.006	5.35^{c}± 0.006	4.73^{e}± .036	5.43^{b}± 0.032	4.82^{f}± 0.050
35:5	5.46^{b} ± 0.026	4.89^{d}± 0.015	4.39^{f}± .010	4.98^{d}± 0.005	4.54^{f}± 0.005

a,b,... ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.26 a_w ของข้าวเกรียบดิบจากแป้งข้าว 2 สูตร ที่แปรปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินหรือกัวร์กัม

ปริมาณแป้งข้าวเหนียว: แป้งข้าวเจ้า	a_w				
	สูตรควบคุม	มอลโตเดกซ์ทริน		กัวร์กัม	
		0.1%	0.2%	0.1%	0.2%
40:0	0.742^{a} ± 0.001	0.716^{b} ±0.002	0.704^{d} ±0.001	0.689^{g} ± 0.001	0.684^{h} ± 0.001
35:5	0.705^{c} ± 0.001	0.701^{e} ±0.001	0.693^{f} ±0.001	0.687^{h} ± 0.001	0.682^{i} ± 0.001

a,b,... ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.27 a_w ของข้าวเกรียบจากแป้งข้าว 2 สูตร ที่แปรปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินหรือกัวร์กัมหลังอบพองด้วยไมโครเวฟ

ปริมาณแป้งข้าวเหนียว: แป้งข้าวเจ้า	a_w				
	สูตรควบคุม	มอลโตเดกซ์ทริน		กัวร์กัม	
		0.1%	0.2%	0.1%	0.2%
40:0	0.411^{a}±0.002	0.342^{c}±0.001	0.321^{e}±0.002	0.305^{ef} ± 0.001	0.302^{ef} ± 0.001
35:5	0.382^{b}±0.002	0.322^{d}±0.002	0.302^{ef}±0.002	0.302^{ef} ± 0.002	0.300^{f} ± 0.003

a,b,... ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.28 อัตราส่วนการพองตัวของข้าวเกรียบจากแป้งข้าว 2 สูตร ที่แปรปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินหรือกัวร์กัมหลังอบพองด้วยไมโครเวฟ

ปริมาณแป้งข้าวเหนียว: แป้งข้าวเจ้า	อัตราส่วนการพองตัว				
	สูตรควบคุม	มอลโตเดกซ์ทริน		กัวร์กัม	
		0.1%	0.2%	0.1%	0.2%
40:0	2.73^{a} ± 0.686	2.29^{abc}±0.549	2.25^{abc}±0.435	2.55^{ab}± 0.435	1.90^{cd}± 0.293
35:5	2.14^{bc} ± 0.768	2.07^{bc} ± 0.420	1.83^{cd} ± 0.528	2.07^{bc}± 0.37	1.55^{d}± 0.190

a,b,...ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.29 ความแข็งของข้าวเกรียบดิบจากแป้งข้าว 2 สูตร ที่แปรปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินหรือกัวร์กัม

ปริมาณแป้งข้าว	ความแข็ง (gf)				
เหนียว : แป้งข้าวเจ้า	สูตรควบคุม	มอลโตเดกซ์ทริน		กัวร์กัม	
		0.1%	0.2%	0.1%	0.2%
40:0	7179.50 ^{h} ± 66.51	9837.59 ^{f} ± 33.50	11009.81 ^{d} ± 35.38	9221.88 ^{g} ± 110.72	10669.27 ^{e} ± 543.59
35:5	9979.71 ^{f} ± 47.99	13209.74 ^{b} ± 107.16	14423.90 ^{a} ± 232.13	9380.70 ^{g} ± 310.56	12236.92 ^{c} ± 202.76

a,b,…ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.30 ความแข็งของข้าวเกรียบจากแป้งข้าว 2 สูตร ที่แปรปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินหรือกัวร์กัมหลังอบพองด้วยไมโครเวฟ

ปริมาณแป้งข้าว	ความแข็ง (gf)				
เหนียว : แป้งข้าวเจ้า	สูตรควบคุม	มอลโตเดกซ์ทริน		กัวร์กัม	
		0.1%	0.2%	0.1%	0.2%
40:0	3339.11 ^{h} ± 108.53	4058.82 ^{f} ± 77.14	5349.57 ^{b} ± 79.58	3390.70 ^{g} ± 109.13	4631.81 ^{d} ± 147.10
35:5	4301.70 ^{e} ± 75.38	5039.30 ^{c} ± 80.70	6343.24 ^{a} ± 61.10	4390.79 ^{e} ± 123.30	6339.79 ^{a} ± 63.55

กำลังไฟa,b,…ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่แตกต่าง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.31 ความเปราะของข้าวเกรียบจากแป้งข้าว 2 สูตร ที่แปรปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินหรือกัวร์กัมหลังอบพองด้วยไมโครเวฟ

ปริมาณแป้งข้าวเหนียว : แป้งข้าวเจ้า	ความเปราะ (gf)				
	สูตรควบคุม	มอลโตเดกซ์ทริน		กัวร์กัม	
		0.1%	0.2%	0.1%	0.2%
40:0	666.53^{h} ±9.59	755.11^{g}±17.52	998.66^{f}±10.17	783.62^{g}±39.47	1240.30^{d}±75.38
35:5	1101.27^{e}±91.87	1662.95^{c}±39.0	2153.34^{b}±82.96	1606.31^{c}±90.22	2277.07^{a}±100.55

a,b,...ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ผลการทดลองในตารางที่ 4.24 – 4.31 พบว่า สัดส่วนของแป้งข้าวเหนียวต่อแป้งข้าวเจ้า (ปริมาณแอมิโลส) และการใส่กัวร์กัมหรือมอลโตเดกซ์ทริน มีอิทธิพลร่วมกันต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ก่อนและหลังอบพองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ผลวิเคราะห์ ANOVA แสดงในภาคผนวก ฌ12.- ฌ19.) สูตรผสมแป้งข้าวเจ้า (35:5) มีความชื้น a_w อัตราส่วนการพองตัวน้อยกว่า แต่จะมีความแข็งมากกว่าสูตรที่ไม่ผสมแป้งข้าวเจ้า (40:0) เมื่อเทียบกับสูตรที่ไม่ใส่มอลโตเดกซ์ทรินหรือกัวร์กัม (สูตรควบคุม) สูตรที่ใส่กัวร์กัมหรือมอลโตเดกซ์ทรินมีความชื้น a_w และอัตราส่วนการพองตัวลดลงโดยลดลงมากขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินหรือกัวร์กัม และมีความแข็งและเปราะมากขึ้นด้วย ยกเว้นสูตรที่ไม่ผสมแป้งข้าวเจ้า (40:0) และเติมกัวร์กัมกลับมีความชื้นไม่ต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ที่ปริมาณเท่ากันสูตรที่ใส่กัวร์กัมมี a_w ต่ำกว่าสูตรที่ใส่มอลโตเดกซ์ทริน แต่สูตรที่ใส่มอลโตเดกซ์ทรินทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งและความเปราะมากกว่าสูตรที่ใส่ กัวร์กัม

การพองตัวในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบด้วยไมโครเวฟนั้นขึ้นอยู่กับโครงสร้างของเจลแป้ง กล่าวคือข้าวเกรียบที่มีโครงสร้างเจลที่ยืดหยุ่นมากกว่าจะมีความต้านทานต่อแรงดันไอน้ำน้อยกว่า ทำให้ผลิตภัณฑ์พองตัวดีกว่า เนื่องจากกัวร์กัมหรือมอลโตเดกซ์ทรินทำให้โครงสร้างเจลหนาแน่นมากขึ้นทำให้เกิดแรงต้านต่อการพองตัวมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใส่มอลโตเดกซ์ทรินหรือกัวร์กัม

ตารางที่ 4.32 ค่าความสว่างของข้าวเกรียบดิบจากแป้งข้าว 2 สูตร ที่แปรปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินหรือกัวร์กัม

ปริมาณแป้งข้าวเหนียว: แป้งข้าวเจ้า	ค่าความสว่าง (L*)				
	สูตรควบคุม	มอลโตเดกซ์ทริน		กัวร์กัม	
		0.1%	0.2%	0.1%	0.2%
40:0	$50.91^{de} \pm 1.16$	$52.39^{cd} \pm 2.26$	$49.61^{e} \pm 1.91$	$55.10^{ab} \pm 2.31$	$56.82^{a} \pm 1.39$
35:5	$52.25^{cd} \pm 3.12$	$50.88^{de} \pm 1.63$	$51.32^{de} \pm 3.11$	$52.31^{cd} \pm 1.21$	$53.93^{bc} \pm 2.99$

a,b,…ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.33 ค่าสีแดงของข้าวเกรียบดิบจากแป้งข้าว 2 สูตร ที่แปรปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินหรือกัวร์กัม

ปริมาณแป้งข้าวเหนียว: แป้งข้าวเจ้า	ค่าสีแดง (+a*)				
	สูตรควบคุม	มอลโตเดกซ์ทริน		กัวร์กัม	
		0.1%	0.2%	0.1%	0.2%
40:0	6.89^{ab} ±2.19	6.04^{ab} ±2.18	5.96^{ab} ±1.66	5.08^{b} ±3.04	4.88^{b} ±2.58
35:5	5.50^{b} ± 2.44	7.01^{ab} ±2.06	5.83^{b} ± 1.20	7.24^{ab} ±2.5	8.26^{a} ±2.92

a,b,…ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.34 ค่าสีเหลืองของข้าวเกรียบดิบจากแป้งข้าว 2 สูตร ที่แปรปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินหรือกัวร์กัม

ปริมาณแป้งข้าวเหนียว: แป้งข้าวเจ้า	ค่าสีเหลือง (+b*)				
	สูตรควบคุม	มอลโตเดกซ์ทริน		กัวร์กัม	
		0.1%	0.2%	0.1%	0.2%
40:0	26.70^{d} ±1.44	26.46 ^{d}±1.51	23.19^{e}±1.91	32.12^{ab}±1.25	33.37^{a} ±1.52
35:5	23.95^{e} ± 1.38	23.71^{e}±0.89	26.05^{d}± 2.94	30.65^{bc} ±1.44	30.11^{c} ±3.11

a,b,…ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่แตกต่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ผลการทดลองด้านสีแสดงในตารางที่ 4.32 – 4.34 (ผลวิเคราะห์ ANOVA แสดงในภาคผนวก ฌ20.- ฌ22.) สัดส่วนของแป้ง (ปริมาณแอมิโลส) และการใส่มอลโตเดกซ์ทรินหรือกัวร์กัม มีอิทธิพลต่อค่าความสว่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ภาคผนวก ฌ20.) แต่ระดับที่ใส่จะไม่มีอิทธิพลต่อค่าความสว่าง เมื่อพิจารณาจากค่าสีแดง (+a*) พบว่าสัดส่วนของแป้ง (ผลวิเคราะห์ ANOVA แสดงในปริมาณแอมิโลส) มีอิทธิพลต่อค่าสีแดงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ผลวิเคราะห์ ANOVA แสดงในภาคผนวก ฌ21.) เมื่อพิจารณาจากค่าสีเหลือง (+b*) สัดส่วนของแป้ง (ปริมาณแอมิโลส) และการใส่มอลโต-เดกซ์ทรินหรือกัวร์กัมมีอิทธิพลต่อค่าความสว่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ผลวิเคราะห์ ANOVA แสดงในภาคผนวก ฌ22.) แต่อย่างไรก็ตามเนื่องจากผลิตภัณฑ์มีลักษณะไม่สม่ำเสมอจากชิ้นแครอทที่แทรกอยู่ในผลิตภัณฑ์ จึงอาจทำให้การเปลี่ยนแปลงค่าสีสรุปเป็นแนวโน้มที่ชัดเจนไม่ได้

ตารางที่ 4.35 คะแนนความชอบทางด้านประสาทสัมผัสของข้าวเกรียบจากแป้งข้าว 2 สูตร ที่แปรปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินหรือกัวร์กัมหลังอบพองด้วยไมโครเวฟ

สูตร (แป้งข้าวเหนียว: แป้งข้าวเจ้า) *	คะแนนความชอบ **			
	สี	กลิ่นรส	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
40:0	5.76 ^{b} ±1.86	5.92 ^{a} ±1.90	6.02 ^{a} ±1.80	6.34 ^{a} ±1.71
40:0 + ม. 0.1%	6.30 ^{ab} ±1.28	5.78 ^{a} ±1.83	6.10 ^{a} ±1.32	6.42 ^{a} ±0.99
40:0 + ม. 0.2%	6.42 ^{a} ±1.42	5.88 ^{a} ±1.18	5.88 ^{ab} ±1.86	6.16 ^{a} ±1.61
40:0 + ก. 0.1%	5.90 ^{ab} ±1.05	5.44 ^{ab} ±1.16	5.54 ^{ab} ±1.21	6.22 ^{a} ±1.01
40:0 + ก. 0.2%	5.88 ^{ab} ±1.02	5.38 ^{ab} ±1.28	5.36 ^{b} ±1.13	6.14 ^{a} ±0.99
35:5	5.90 ^{ab} ±1.09	5.22 ^{b} ±1.56	4.18 ^{c} ±1.62	4.88 ^{b} ±1.46
35:5 + ม. 0.1%	6.08 ^{ab} ±1.29	5.24 ^{b} ±0.96	4.28 ^{c} ±1.63	5.08 ^{b} ±1.38
35:5 + ม. 0.2%	6.10 ^{ab} ±1.56	5.00 ^{b} ±1.26	3.82 ^{c} ±1.52	4.26 ^{c} ±1.61
35:5 + (ก. 0.1%)	5.90 ^{ab} ±1.02	5.28 ^{b} ±1.14	3.96 ^{c} ±0.83	4.76 ^{bc} ±1.50
35:5 + (ก. 0.2%)	5.80 ^{b} ±0.95	5.26 ^{b} ±1.10	3.78 ^{c} ±0.93	4.70 ^{bc} ±1.50

a,b,…ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่กำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

* ม. แทน มอลโตเดกซ์ทริน ก. แทน กัวร์กัม

** ใช้แบบทดสอบ 9-point hedonic sale (1= ไม่ชอบมากที่สุด 9= ชอบมากที่สุด)

ผลการทดสอบผู้บริโภคทางด้านประสาทสัมผัส ด้วยผู้ทดสอบจำนวน 50 คนได้ผลดังตารางที่ 4.35 พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบรวมในสูตรแป้งข้าวเหนียวล้วน (40:0) มากกว่าสูตรผสมแป้งข้าวเจ้า (35:5) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และเมื่อเทียบระหว่างสูตรที่ใส่กัวร์กัมหรือมอลโตเดกซ์ทริน กับสูตรที่ไม่ใส่ ผู้ทดสอบมีแนวโน้มจะให้คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสลดลงเมื่อเพิ่มมอลโตเดกซ์-ทรินหรือกัวร์กัมลงในสูตร โดยสูตรที่ใส่กัวร์กัมจะมีค่าคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสน้อยกว่าสูตรที่ใส่มอลโตเดกซ์ทริน (ผลวิเคราะห์ ANOVA แสดงในภาคผนวก ฌ23.- ฌ26.) เมื่อพิจารณาจากปริมาณการใส่มอลโตเดกซ์ทรินหรือกัวร์กัม พบว่าปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินหรือกัวร์กัมที่ผู้ทดสอบยอมรับมากกว่าคือ 0.1%

ตารางที่ 4.36 ร้อยละของระดับความพอดีด้านความหวานที่ผู้ทดสอบตอบแบบสอบถาม

สูตร (แป้งข้าวเหนียว : แป้งข้าวเจ้า) *	ระดับ **				
	น้อยไป	น้อย	พอดี	มาก	มากไป
40:0	0	16	84	0	0
40:0 + ม. 0.1%	0	22	78	0	0
40:0 + ม. 0.2%	0	28	72	0	0
40:0 + ก. 0.1%	0	12	88	0	0
40:0 + ก. 0.2%	0	18	82	0	0
35:5	0	30	70	0	0
35:5 + ม. 0.1%	0	22	78	0	0
35:5 + ม. 0.2%	0	30	70	0	0
35:5 + ก. 0.1%	0	14	86	0	0
35:5 + ก. 0.2%	0	34	66	0	0

* ม. แทน มอลโตเดกซ์ทริน ก. แทน กัวร์กัม

** ใช้แบบทดสอบ 5 – point JAR scale (1= น้อยไป 5 = มากไป)

ตารางที่ 4.37 ร้อยละของระดับความพอดีด้านความเค็มที่ผู้ทดสอบตอบแบบสอบถาม

สูตร (แป้งข้าวเหนียว : แป้งข้าวเจ้า) *	ระดับ **				
	น้อยไป	น้อย	พอดี	มาก	มากไป
40:0	4	8	88	0	0
40:0 + ม. 0.1%	0	34	66	0	0
40:0 + ม. 0.2%	0	36	64	0	0
40:0 + ก. 0.1%	0	40	60	0	0
40:0 + ก. 0.2%	0	30	70	0	0
35:5	0	40	60	0	0
35:5 + ม. 0.1%	0	36	64	0	0
35:5 + ม. 0.2%	0	38	62	0	0
35:5 + ก. 0.1%	0	44	56	0	0
35:5 + ก. 0.2%	0	41	58	0	0

* ม. แทน มอลโตเดกซ์ทริน ก. แทน กัวร์กัม

** ใช้แบบทดสอบ 5 – point JAR scale (1= น้อยไป 5 = มากไป)

ตารางที่ 4.38 ร้อยละของระดับความพอดีด้านความแข็งที่ผู้ทดสอบตอบแบบสอบถาม

สูตร (แป้งข้าวเหนียว : แป้งข้าวเจ้า) *	ระดับ **				
	น้อยไป	น้อย	พอดี	มาก	มากไป
40:0	0	12	88	0	0
40:0 + ม. 0.1%	0	0	86	14	0
40:0 + ม. 0.2%	0	2	26	66	6
40:0 + ก. 0.1%	0	0	12	76	12
40:0 + ก. 0.2%	0	0	12	86	2
35:5	0	0	4	70	26
35:5 + ม. 0.1%	0	0	90	10	0
35:5 + ม. 0.2%	0	2	30	62	6
35:5 + ก. 0.1%	0	0	14	74	12
35:5 + ก. 0.2%	0	42	58	0	0

* ม. แทน มอลโตเดกซ์ทริน ก. แทน กัวร์กัม

** ใช้แบบทดสอบ 5 – point JAR scale (1= น้อยไป 5 = มากไป)

ตารางที่ 4.39 ร้อยละของระดับความพอดีด้านความเปราะที่ผู้ทดสอบตอบแบบสอบถาม

สูตร (แป้งข้าวเหนียว : แป้งข้าวเจ้า) *	ระดับ **				
	น้อยไป	น้อย	พอดี	มาก	มากไป
40:0	0	18	80	2	0
40:0 + ม. 0.1%	0	8	86	6	0
40:0 + ม. 0.2%	0	14	84	2	0
40:0 + ก. 0.1%	0	76	24	0	0
40:0 + ก. 0.2%	6	82	6	6	0
35:5	24	76	0	0	0
35:5 + ม. 0.1%	0	10	88	2	0
35:5 + ม. 0.2%	0	16	84	0	0
35:5 + ก. 0.1%	0	80	20	0	0
35:5 + ก. 0.2%	0	42	58	0	0

* ม. แทน มอลโตเดกซ์ทริน ก. แทน กัวร์กัม

** ใช้แบบทดสอบ 5 – point JAR scale (1= น้อยไป 5 = มากไป)

ผลการทดสอบตัวแทนผู้บริโภคทางด้านความพอดีในตารางที่ 4.36 – 4.39 พบว่าผู้ทดสอบส่วนใหญ่ยอมรับความหวานของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากมากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 70 ของผู้ทดสอบตอบว่าความหวานของผลิตภัณฑ์อยู่ในระดับพอดี ยกเว้นสูตรที่ผสมแป้งข้าวเจ้า (35:5) ที่ผู้บริโภคเพียงร้อยละ 66 เท่านั้นที่ตอบว่าความหวานอยู่ในระดับที่พอดี

ในด้านความเค็มพบว่าผู้ทดสอบน้อยกว่าร้อยละ 70 ให้คะแนนอยู่ในระดับที่พอดี มีเพียงสูตรแป้งข้าวเหนียวล้วน สูตรควบคุมและสูตรที่เติมกัวร์กัม 0.2 % เท่านั้น ที่ผู้ทดสอบมากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 70 ให้ความพอดีในด้านความเค็ม

ในด้านความแข็งพบว่าผู้ทดสอบส่วนใหญ่ให้คะแนนในสูตรแป้งข้าวเหนียวล้วน และสูตรแป้งทั้งสองสูตรที่ใส่มอลโตเดกซ์ทริน 0.1 % อยู่ในระดับพอดี นอกเหนือจากนั้นผู้ทดสอบส่วนใหญ่รู้สึกว่าผลิตภัณฑ์มีความแข็งมาก

ในด้านความเปราะพบว่าผู้ทดสอบส่วนใหญ่ให้คะแนนในสูตรแป้งข้าวเหนียวล้วน และใส่ มอลโตเดกซ์ทริน (0.1 และ 0.2 %) อยู่ในระดับพอดี นอกเหนือจากนั้นผู้ทดสอบส่วนใหญ่รู้สึกว่าผลิตภัณฑ์มีความเปราะน้อย ซึ่งไม่สอดคล้องกับค่าที่วัดด้วยเครื่องมือทางกายภาพ (ตารางที่ 4.31) อาจเพราะผู้ทดสอบไม่เข้าใจคำศัพท์ที่ใช้ ซึ่งอาจหมายถึง “ความ

กรอบ” และค่าความแข็งและความเปราะที่วัดได้ไม่เพียงพอที่จะสรุปลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวมของผลิตภัณฑ์ได้ชัดเจน เช่น กรอบแข็ง หรือ กรอบร่วน ซึ่งจะมีผลต่อความชอบของผลิตภัณฑ์ด้วย

จากผลการทดสอบทางคุณภาพและการยอมรับของผู้บริโภคเมื่อเพิ่มมอลโตเดกซ์ทรินหรือกัวร์กัมสรุปเป็นแนวโน้มได้ว่า มอลโตเดกซ์ทรินหรือกัวร์กัมทำให้ผลิตภัณฑ์มีความชื้นและ a_w ลดลง แต่มีความแข็งมากขึ้น เมื่ออบพองแผ่นแป้งด้วยเตาอบไมโครเวฟ (800 วัตต์ 30 วินาที) พบว่าสูตรผสมแป้งข้าวเจ้า (35:5) มีความแข็งมากกว่า มีอัตราส่วนการพองตัวน้อยกว่าและมีคะแนนการยอมรับน้อยกว่าสูตรที่ไม่ผสมแป้งข้าวเจ้าเมื่อเพิ่มมอลโตเดกซ์ทรินหรือกัวร์กัมมากขึ้นทำให้ผลิตภัณฑ์มีความชื้น a_w และอัตราส่วนการพองตัวลดลง แต่แข็งและเปราะมากขึ้น โดยสูตรที่ใส่มอลโตเดกซ์ทรินจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งและความเปราะมากกว่าสูตรที่ใส่กัวร์กัม และเมื่อพิจารณาจากคะแนนความชอบรวมพบว่าตัวแทนผู้บริโภคจะยอมรับสูตรที่ไม่ผสมแป้งข้าวเจ้า (40:0) และใส่มอลโตเดกซ์ทรินหรือใส่กัวร์กัม 0.1 % มากที่สุด จึงเลือก 2 สูตรนี้เพื่อศึกษาในขั้นต่อไป

4.3 ผลของการอบผลิตภัณฑ์ด้วยเตาอบไมโครเวฟต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้น

4.3.1 หาช่วงเวลาที่เหมาะสมสำหรับอบผลิตภัณฑ์ด้วยเตาอบไมโครเวฟ

นำตัวอย่างจากสูตรที่คัดเลือกได้จากการทดลองข้อที่ 4.2 2 สูตร ได้แก่ สูตรแป้งข้าวเหนียวล้วนและเติมกัวร์กัมร้อยละ 0.1 หรือมอลโตเดกซ์ทรินร้อยละ 0.1 อบด้วยเตาอบไมโครเวฟที่ 800, 900 และ 1100 วัตต์ โดยอบผลิตภัณฑ์ด้วยไมโครเวฟทีละ 1 ชิ้น เพื่อหาช่วงเวลาที่เหมาะสมในการอบพอง ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.40 – 4.41

ตารางที่ 4.40 ลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่เติมมอลโตเดกซ์ทริน 0.1% เมื่ออบผลิตภัณฑ์ครั้งละ 1 ชิ้น ด้วยไมโครเวฟที่กำลังไฟและเวลาการอบต่างกัน

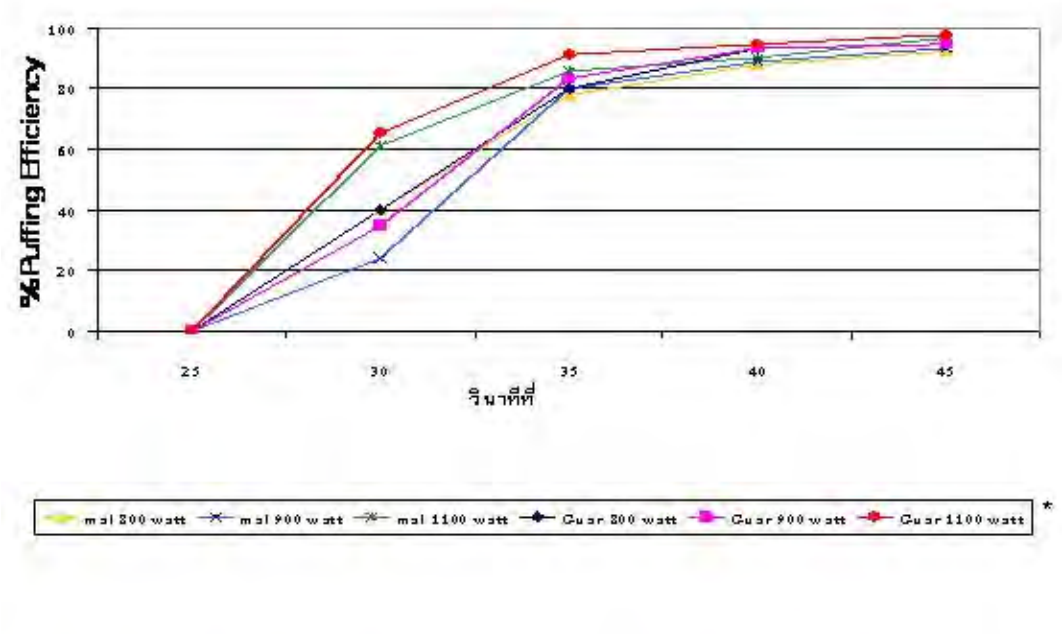
ลักษณะของผลิตภัณฑ์	800 watt	900 watt	1100 watt
เริ่มพองตัว	วินาทีที่ 4 ผลิตภัณฑ์เริ่มพองตัวที่ขอบด้านหนึ่ง	วินาทีที่ 6 ผลิตภัณฑ์พองตัวที่ขอบด้านนอก	วินาทีที่ 5 ผลิตภัณฑ์พองตัวที่ขอบด้านนอก
พองตัวสมบูรณ์ (ทั่วทั้งชิ้น)	วินาทีที่ 29	วินาทีที่ 31	วินาทีที่ 28
เริ่มไหม้ (ที่กึ่งกลางชิ้น)	วินาทีที่ 32	วินาทีที่ 32	วินาทีที่ 35

ตารางที่ 4.41 ลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่เติมกัวร์กัม 0.1% เมื่ออบผลิตภัณฑ์ครั้งละ 1 ชิ้น ด้วยไมโครเวฟที่กำลังไฟและเวลาการอบต่างกัน

ลักษณะของผลิตภัณฑ์	800 watt	900 watt	1100 watt
เริ่มพองตัว	วินาทีที่ 4 ผลิตภัณฑ์เริ่มพองตัวที่ขอบด้านหนึ่ง	วินาทีที่ 6 ผลิตภัณฑ์พองตัวที่ขอบด้านนอก	วินาทีที่ 4 ผลิตภัณฑ์เริ่มพองตัวที่ขอบด้านหนึ่ง
พองตัวสมบูรณ์ (ทั่วทั้งชิ้น)	วินาทีที่ 27	วินาทีที่ 30	วินาทีที่ 31
เริ่มไหม้ (ที่กึ่งกลางชิ้น)	วินาทีที่ 31	วินาทีที่ 35	วินาทีที่ 35

จากผลการทดลองดังตารางที่ 4.40 และ 4.41 พบว่าผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 สูตร มีเวลาที่เริ่มพองตัว พองตัวสมบูรณ์ และเริ่มไหม้ใกล้เคียงกัน โดยเวลาที่ผลิตภัณฑ์เริ่มพองจะเท่ากับเวลาในการอบประมาณ 4- 6 วินาที เวลาที่ผลิตภัณฑ์พองตัวสมบูรณ์เท่ากับ 31 - 37 วินาที โดยเวลาที่ผลิตภัณฑ์เริ่มไหม้ (จุดกึ่งกลางชิ้นมีการเปลี่ยนแปลงเป็นสีน้ำตาลเล็กน้อย) เมื่อใช้เวลาในการอบนานกว่า 31 วินาทีขึ้นไป จากข้อมูลดังกล่าวจึงคัดเลือกเวลาในการอบพองตัวด้วยไมโครเวฟเพื่อศึกษาต่อ 5 ระดับ คือ 25, 30, 35, 40 และ 45 วินาที

จากการศึกษา %puffing efficiency (หาได้จาก ร้อยละของจำนวนตัวอย่างที่พองตัวอย่างสมบูรณ์ต่อจำนวนตัวอย่างทั้งหมด) โดยอบพองผลิตภัณฑ์ครั้งละ 15 ชิ้น (1 ซอง) ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 %puffing efficiency ของข้าวเกรียบจากแป้งข้าวผสมแครอทที่อบด้วยไมโครเวฟที่กำลังไฟและเวลาการอบต่างกัน

* mal แทน มอลโตเดกซ์ทริน Guar แทน กัวร์กัม

จากผลการทดลองพบว่าผลิตภัณฑ์ทุกๆสูตรจะมี %puffing efficiency มากขึ้นเรื่อยๆ เมื่อเวลาในการอบพองด้วยไมโครเวฟเพิ่มขึ้น ที่เวลาในการอบพอง 35 วินาที ผลิตภัณฑ์จะเริ่มมี %puffing efficiency คงที่เข้าใกล้ 100 % แต่เมื่อให้เวลาในการอบพองมากเกิน 40 วินาที ผลิตภัณฑ์จะเริ่มเป็นสีเข้มขึ้นที่จุดกึ่งกลางชิ้นผลิตภัณฑ์ (เริ่มเกิดการไหม้) และเนื่องจากเวลาที่ใช้ในการอบที่ 25 วินาที ผลิตภัณฑ์ยังพองตัวไม่สมบูรณ์ และเวลาในการอบ 45 วินาที ผลิตภัณฑ์มี %puffing efficiency คงที่ใกล้เคียงกับการอบที่ 40 วินาทีและเริ่มมีการไหม้ จึงคัดเลือกเวลาอบเพื่อศึกษาต่อ 3 ระดับคือ 30, 35 และ 40 วินาที

4.3.2 ศึกษาเวลาและกำลังไฟในการอบด้วยเตาอบไมโครเวฟต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 4.42 ก. ความชื้นของข้าวเกรียบจากแป้งข้าวผสมแครอทเมื่อเติมมอลโตเดกซ์ทริน 0.1% ที่อบพองด้วยไมโครเวฟที่เวลาและกำลังไฟต่างกัน

กำลังไฟ	ความชื้น		
	30 วินาที	35 วินาที	40 วินาที
800 watt	$5.41^{a} \pm 0.031$	$5.32^{ab} \pm 0.012$	$5.19^{cd} \pm 0.066$
900 watt	$5.41^{a} \pm 0.040$	$5.30^{abc} \pm 0.020$	$5.16^{d} \pm 0.090$
1100 watt	$5.37^{ab} \pm 0.060$	$5.29^{bc} \pm 0.032$	$5.13^{d} \pm 0.132$

a,b,...ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.42 ข. ความชื้นของข้าวเกรียบจากแป้งข้าวผสมแครอทเมื่อเติมกัวร์กัม 0.1%ที่อบพองด้วยไมโครเวฟที่เวลาและกำลังไฟต่างกัน

กำลังไฟ	ความชื้น		
	30 วินาที	35 วินาที	40 วินาที
800 watt	$5.60^{a} \pm 0.061$	$5.45^{b} \pm 0.020$	$5.39^{bc} \pm 0.017$
900 watt	$5.61^{a} \pm 0.006$	$5.44^{bc} \pm 0.040$	$5.39^{bc} \pm 0.023$
1100 watt	$5.58^{a} \pm 0.063$	$5.43^{bc} \pm 0.020$	$5.37^{c} \pm 0.055$

a,b,...ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.43 ก. a_w ของข้าวเกรียบจากแป้งข้าวผสมแครอทเมื่อเติมมอลโตเดกซ์ทริน 0.1% ที่อบพองด้วยไมโครเวฟที่เวลาและกำลังไฟต่างกัน

กำลังไฟ	a_w		
	30 วินาที	35 วินาที	40 วินาที
800 watt	$0.399^{a} \pm 0.020$	$0.347^{c} \pm 0.005$	$0.302^{d} \pm 0.008$
900 watt	$0.394^{ab} \pm 0.012$	$0.343^{c} \pm 0.007$	$0.303^{d} \pm 0.011$
1100 watt	$0.377^{b} \pm 0.008$	$0.337^{c} \pm 0.007$	$0.331^{c} \pm 0.008$

a,b,...ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.43 ข. a_w ของข้าวเกรียบจากแป้งข้าวผสมแครอทเมื่อเติมกัวร์กัม 0.1%ที่อบพองด้วยไมโครเวฟที่เวลาและกำลังไฟต่างกัน

กำลังไฟ	a_w		
	30 วินาที	35 วินาที	40 วินาที
800 watt	$0.325^{a} \pm 0.006$	$0.305^{b} \pm 0.006$	$0.292^{c} \pm 0.004$
900 watt	$0.328^{a} \pm 0.003$	$0.307^{b} \pm 0.004$	$0.291^{c} \pm 0.004$
1100 watt	$0.321^{b} \pm 0.010$	$0.302^{b} \pm 0.004$	$0.288^{c} \pm 0.005$

a,b,...ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.44 ก. ความแข็ง (gf) ของข้าวเกรียบจากแป้งข้าวผสมแครอทเมื่อเติมมอลโตเดกซ์ทริน 0.1%ที่พองตัวด้วยไมโครเวฟเวลาและกำลังไฟต่างกัน

กำลังไฟ	ความแข็ง (gf)		
	30 วินาที	35 วินาที	40 วินาที
800 watt	$4478.68^{a} \pm 94.87$	$4053.83^{c} \pm 90.98$	$4065.47^{c} \pm 81.24$
900 watt	$4334.86^{b} \pm 74.95$	$4091.80^{c} \pm 143.36$	$4108.27^{c} \pm 72.04$
1100 watt	$4310.55^{b} \pm 119.75$	$4179.11^{c} \pm 82.52$	$4149.03^{c} \pm 87.3$

a,b,...ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.44 ข. ความแข็ง (gf) ของข้าวเกรียบจากแป้งข้าวผสมแครอทเมื่อเติมกัวร์กัม 0.1%ที่อบพองด้วยไมโครเวฟที่เวลาและกำลังไฟต่างกัน

กำลังไฟ	ความแข็ง (gf)		
	30 วินาที	35 วินาที	40 วินาที
800 watt	$3813.19^{a}\pm50.43$	$3296.83^{bc}\pm43.82$	$3307.42^{b}\pm61.45$
900 watt	$3786.49^{a}\pm58.89$	$3218.42^{c}\pm60.05$	$3301.01^{b}\pm42.13$
1100 watt	$3752.45^{a}\pm49.98$	$3239.81^{bc}\pm89.79$	$3314.74^{b}\pm16.48$

a,b,...ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.45 ก. ความเปราะ (gf) ของข้าวเกรียบจากแป้งข้าวผสมแครอทเมื่อเติมมอลโตเดกซ์ทริน 0.1%ที่อบพองด้วยไมโครเวฟที่เวลาและกำลังไฟต่างกัน

กำลังไฟ	ความเปราะ (gf)		
	30 วินาที	35 วินาที	40 วินาที
800 watt	$977.98^{a}\pm66.72$	$764.05^{d}\pm31.08$	$867.54^{bc}\pm31.79$
900 watt	$972.89^{a}\pm59.03$	$809.72^{cd}\pm36.35$	$891.35^{b}\pm31.48$
1100 watt	$967.83^{a}\pm72.75$	$792.51^{d}\pm43.98$	$834.90^{bcd}\pm47.82$

a,b,...ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.45 ข. ความเปราะ (gf) ของข้าวเกรียบจากแป้งข้าวผสมแครอทเมื่อเติมกัวร์กัม 0.1%ที่อบพองด้วยไมโครเวฟที่เวลาและกำลังไฟต่างกัน

กำลังไฟ	ความเปราะ (g)		
	30 วินาที	35 วินาที	40 วินาที
800 watt	$896.40^{a}\pm54.91$	$749.78^{b}\pm41.55$	$795.58^{b}\pm56.27$
900 watt	$896.30^{a}\pm60.04$	$729.37^{b}\pm22.181$	$804.36^{b}\pm41.72$
1100 watt	$937.81^{a}\pm76.51$	$751.58^{b}\pm32.10$	$790.90^{b}\pm55.85$

a,b,...ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.46 ก. อัตราส่วนการพองตัวของข้าวเกรียบจากแป้งข้าวผสมแครอทเมื่อเติมมอลโตเดกซ์ทริน 0.1%ที่อบพองด้วยไมโครเวฟที่เวลาและกำลังไฟต่างกัน

กำลังไฟ	อัตราส่วนการพองตัว		
	30 วินาที	35 วินาที	40 วินาที
800 watt	$2.05^{b} \pm 0.082$	$2.25^{a} \pm 0.063$	$2.26^{a} \pm 0.068$
900 watt	$2.08^{b} \pm 0.067$	$2.26^{a} \pm 0.078$	$2.27^{a} \pm 0.074$
1100 watt	$2.11^{b} \pm 0.089$	$2.27^{a} \pm 0.079$	$2.29^{a} \pm 0.046$

a,b,...ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.46 ข. อัตราส่วนการพองตัวของข้าวเกรียบจากแป้งข้าวผสมแครอทเมื่อเติมกัวร์กัม 0.1%ที่อบพองด้วยไมโครเวฟที่เวลาและกำลังไฟต่างกัน

กำลังไฟ	อัตราส่วนการพองตัว		
	30 วินาที	35 วินาที	40 วินาที
800 watt	$2.40^{a} \pm 0.055$	$2.51^{d} \pm 0.028$	$2.54^{abc} \pm 0.03$
900 watt	$2.42^{de} \pm 0.059$	$2.52^{bc} \pm 0.029$	$2.56^{ab} \pm 0.036$
1100 watt	$2.44^{d} \pm 0.059$	$2.53^{abc} \pm 0.022$	$2.56^{a} \pm 0.032$

a,b,...ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ผลการอบข้าวเกรียบด้วยไมโครเวฟกำลังไฟต่างกัน แสดงในตารางที่ 4.42 – 4.46 (ผลวิเคราะห์ ANOVA แสดงในภาคผนวก ฌ27.- ฌ31.) การอบพองข้าวเกรียบที่กำลังไฟต่างกัน ให้ค่าทางคุณภาพใกล้เคียงกันเนื่องจากใช้กำลังไฟต่างกันเพียงเล็กน้อย (1100 – 800 วัตต์) และเวลาที่ใช้อบพองที่ค่อนข้างสั้นคุณภาพของผลิตภัณฑ์จึงต่างกันไม่มากนัก ส่วนการอบข้าวเกรียบด้วยเวลามากขึ้นให้ค่าทางคุณภาพแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และไม่มีอิทธิพลร่วมกันต่อกำลังไฟที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่ออบพองนานขึ้นค่าความชื้น และ a_w ลดลง แต่อัตราส่วนการพองตัวจะเพิ่มขึ้น เมื่ออบข้าวเกรียบด้วยไมโครเวฟเป็นเวลา 30 วินาที ผลิตภัณฑ์จะมีความแข็งและความเปราะมากกว่าการอบเป็นเวลา 35 และ 45 วินาที ซึ่งอาจเกิดจากเวลาในการอบน้อยเกินไปข้าวเกรียบยังมีการพองตัวไม่สมบูรณ์ นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อเพิ่มกัวร์กัมใน

ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบดิบแล้วผลิตภัณฑ์มีค่า a_w ต่ำเท่ากับ 0.689 (ตารางที่ 4.26) เหมาะสมกับการเก็บรักษากว่าสูตรที่เติมมอลโตเดกซ์ทริน ผลิตภัณฑ์ที่พองตัวแล้วยังมีค่าความแข็งน้อยกว่า และมีอัตราส่วนการพองตัวมากกว่า แม้ว่าค่าทางประสาทสัมผัสในสูตรที่ใส่มอลโตเดกซ์ทรินจะมากกว่า แต่ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ดังนั้น จึงคัดเลือกสูตรกัวร์กัม 0.1% สำหรับการศึกษาในขั้นตอนต่อไป

4.4 ผลการศึกษาสมบัติของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบจากแป้งข้าวผสมแครอทสำหรับอบด้วยเตาอบไมโครเวฟ

ตารางที่ 4.47 ผลการวิเคราะห์ทางเคมี ปริมาณใยอาหาร (dietary fiber) และพลังงานที่ได้รับจากการบริโภคผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบจากแป้งข้าวผสมแครอทสำหรับอบด้วยไมโครเวฟ 100 กรัม (วัดจากผลิตภัณฑ์หลังอบพอง)

ผลการวิเคราะห์	ปริมาณ
ความชื้น (กรัม)	5.36
ไขมัน (กรัม)	9.53
โปรตีน (กรัม)	4.40
คาร์โบไฮเดรต (กรัม) *	68
เถ้า (กรัม)	2.14
ใยอาหาร (กรัม)	10.57
พลังงาน (กิโลแคลอรี่)	375.37

* คาร์โบไฮเดรตคำนวณจาก 100 – [ความชื้น + ไขมัน + โปรตีน + ใยอาหาร + เถ้า]

ตารางที่ 4.48 การเปรียบเทียบข้อมูลทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบจากแป้งข้าวผสมแครอทสำหรับอบด้วยไมโครเวฟเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบในท้องตลาด

ชนิดผลิตภัณฑ์	ความชื้น (ข้าวเกรียบดิบ)	ความชื้น (หลังอบพอง)*	a_w (ข้าวเกรียบดิบ)	a_w (หลังอบพอง)*	อัตราส่วนการพองตัว
ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบจากแป้งข้าวผสมแครอท	9.91	5.43	0.686	0.306	2.58
ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบชนิด A	9.81	5.74	0.637	0.229	3.29
ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบชนิด B	9.72	5.35	0.625	0.301	1.51
ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบชนิด C	9.64	5.17	0.631	0.281	2.24

* อบพองผลิตภัณฑ์ด้วยเตาอบไมโครเวฟกำลังไฟ 800 วัตต์ เป็นเวลา 5 – 35 วินาที

ตารางที่ 4.49 การเปรียบเทียบข้อมูลทางโภชนาการต่อหนึ่งหน่วยบริโภค (30 กรัม) ของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบจากแป้งข้าวผสมแครอทสำหรับอบด้วยไมโครเวฟเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด

ชนิดผลิตภัณฑ์	ไขมัน (กรัม)	โปรตีน (กรัม)	คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	ใยอาหาร (กรัม)	พลังงานทั้งหมด (กิโลแคลอรี่)
ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบจากแป้งข้าวผสมแครอท	2.86	1.32	20.4	3.17	112.61
ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบชนิด A	12	2	16	0	180
ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบชนิด B	8	0	21	1	155
ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบชนิด C	10	0	19	2	165

การวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีและพลังงานที่ได้รับจากการบริโภค ได้ผลดังตารางที่ 4.47 ในผลิตภัณฑ์ 100 กรัม จะมีไขมัน 9.53 กรัม หรือ 2.86 กรัมต่อหนึ่งหน่วยบริโภค (30 กรัม) เมื่อพิจารณาจากปริมาณไขมันตามมาตรฐานอุตสาหกรรมขนมกรอบจากธัญชาติ (มอก.1534-2541) ที่กำหนดไว้ว่าไม่ให้มีไขมันเกินร้อยละ 30 ของน้ำหนักแห้ง พบว่าผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นมีปริมาณไขมันต่ำกว่าที่มาตรฐานกำหนดไว้ และเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบที่ขายตามท้องตลาด (ตารางที่ 4.48 – 4.49) พบว่าผลิตภัณฑ์มีค่าทางกายภาพใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ที่ขายตามท้องตลาด และเมื่อพิจารณาจากข้อมูลโภชนาการพบว่าผลิตภัณฑ์ตามท้องตลาดมีปริมาณไขมันประมาณ 8 – 12 กรัมต่อหนึ่งหน่วยบริโภค (30 กรัม) เมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นพบว่ามีปริมาณไขมันที่ต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ตามท้องตลาดมาก เนื่องจากในสูตรมีปริมาณไขมันน้อยและใช้วิธีการอบพองข้าวเกรียบด้วยไมโครเวฟทดแทนการทอดข้าวเกรียบให้พองตัวด้วยน้ำมัน จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณไขมันต่ำ และยังพบว่าใน 100 กรัม ผลิตภัณฑ์จะมีใยอาหาร 10.57 กรัม หรือ 3.17 กรัมต่อหนึ่งหน่วยบริโภค (30 กรัม) ซึ่งเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด (ตารางที่ 4.49) พบว่าผลิตภัณฑ์มีใยอาหารสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่ขายตามท้องตลาด (มีปริมาณใยอาหารประมาณ 0 – 2 กรัมต่อหนึ่งหน่วยบริโภค) เมื่อพิจารณาจากพลังงานที่ได้รับต่อ 100 กรัม พบว่าผลิตภัณฑ์ให้พลังงาน 357 กิโลแคลอรี่ หรือ 112.61 กิโลแคลอรี่ต่อหนึ่งหน่วยบริโภค ซึ่งต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ตามท้องตลาด (ตารางที่ 4.49) จึงสรุปได้ว่าผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีใยอาหารมากขึ้นและมีปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์น้อยกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีทั่วไปในท้องตลาด

ผลการทดสอบผู้บริโภคเพื่อทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์สุดท้ายด้วยการทำ Home Use Test (แสดงตัวอย่างแบบทดสอบการยอมรับดัง ภาคผนวก ช2.) โดยให้ตัวแทนผู้บริโภค 35 คน (ผู้ทดสอบ) อบข้าวเกรียบด้วยไมโครเวฟเองตามวิธีที่กำหนดให้ จำแนกผลตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการสำรวจได้ดังนี้

- ข้อมูลส่วนบุคคล

ผลการสำรวจข้อมูลส่วนบุคคลของตัวแทนผู้บริโภคเป้าหมายที่ตอบแบบสอบถาม แสดงดังตารางที่ 4.50 – 4.51

ตารางที่ 4.50 จำนวนของผู้ตอบแบบสอบถามการยอมรับจำแนกตามเพศและอายุจำนวน 35 คน

	เพศ		รวม (คน)
อายุ	ชาย	หญิง	
13 – 16 ปี	1	2	3
17 – 20 ปี	1	2	3
21 – 30 ปี	7	4	11
31 – 45 ปี	4	6	10
มากกว่า 46 ปีขึ้นไป	5	3	8
รวม	18	17	35

ตารางที่ 4.51 จำนวนความถี่และร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถามจำแนกตามการศึกษา อาชีพ รายได้ สถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถามด้านการยอมรับจำนวน 35 คน

ข้อมูลส่วนบุคคล	ความถี่	ร้อยละ
การศึกษา		
กำลังศึกษาอยู่	9	25.7
จบการศึกษาแล้ว	26	74.3
ในระดับ		
ต่ำกว่ามัธยมศึกษา	4	11.4
มัธยมศึกษา	5	14.3
อนุปริญญา หรือ เทียบเท่า	2	5.7
ปริญญาตรี	11	31.4
สูงกว่าปริญญาตรี	13	37.1
อาชีพ		
ราชการ และรัฐวิสาหกิจ	10	28.6
ประกอบธุรกิจส่วนตัว	3	8.6
พนักงานบริษัทเอกชน	9	25.7
อื่นๆ	13	37.1
รายได้ต่อเดือน (เฉพาะบุคคล)		
ต่ำกว่า 7000 บาท / เดือน	7	20.0
7001 – 15000 บาท / เดือน	8	22.9
15001 – 20000 บาท / เดือน	2	5.7
20001 – 30000 บาท / เดือน	6	17.1
มากกว่า 30000 บาท / เดือน	12	34.3

ตารางที่ 4.51 (ต่อ) จำนวนความถี่และร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถามจำแนกตามการศึกษา อาชีพ รายได้ สถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถามด้านการยอมรับจำนวน 35 คน

ข้อมูลส่วนบุคคล	ความถี่	ร้อยละ
สถานภาพ		
โสด	17	48.6
สมรส	18	51.4
จำนวนบุตร		
ไม่มีบุตร		2
1 คน		2
2 คน		13
3 คน		1
5 คน		1
ลักษณะการอยู่อาศัย		
อยู่คนเดียว	9	25.7
อยู่กับครอบครัว / ญาติ	25	71.4
อยู่ร่วมกับผู้อื่น (เช่น เพื่อน)	1	2.9

- ข้อมูลเกี่ยวกับการยอมรับผลิตภัณฑ์

ผลการทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีแบบ Home Use Test ได้ผลดังตารางที่ 4.52 – 4.53

ตารางที่ 4.52 คะแนนความชอบทางด้านประสาทสัมผัสจากการทดสอบ Home Use Test ของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบจากแป้งข้าวเสริมแครอท

ลักษณะผลิตภัณฑ์	คะแนนความชอบ			
	สี	กลิ่นรส	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
ผลิตภัณฑ์ก่อนอบ	6.11 ± 0.87	5.34 ±1.11	4.82 ± 1.52	5.88 ±1.23
ผลิตภัณฑ์หลังอบ	5.37 ± 1.09	5.20 ± 1.02	4.91 ± 0.89	5.89 ± 0.96

ใช้แบบทดสอบ 9-point hedonic sale (1= ไม่ชอบมากที่สุด 9= ชอบมากที่สุด)

ตารางที่ 4.53 ร้อยละของระดับความพอดีด้านต่างๆจากการทดสอบ Home Use Test ของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบจากแป้งข้าวเสริมแครอท

ค่าความพอดี	ระดับคะแนน				
	น้อยไป	น้อย	พอดี	มาก	มากไป
ความหวาน	0	14.29	85.71	0	0
ความเค็ม	0	34.29	65.71	0	0
ความแข็ง	0	2.86	25.71	51.43	20
ความเปราะ	5.71	45.71	42.86	5.71	0

ใช้แบบทดสอบ jar sale (1= น้อยไป 5 = มากไป)

จากผลการทดลองพบว่าความชอบของผู้ทดสอบที่มีต่อผลิตภัณฑ์ก่อนอบทางด้านสีมีคะแนนเท่ากับ 6.11 แสดงว่าผู้ทดสอบชอบสีของผลิตภัณฑ์เล็กน้อย ทางด้านลักษณะปรากฏมีคะแนนเท่ากับ 5.34 แสดงว่าผู้ทดสอบรู้สึกเฉยๆ กับลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ ซึ่งผู้ทดสอบได้แสดงความคิดเห็นไว้ว่าลักษณะผลิตภัณฑ์มีความหนามากเกินไป จึงไม่เหมือนข้าวเกรียบที่ขายตามท้องตลาด คะแนนความชอบทางด้านกลิ่นรส มีคะแนนเท่ากับ 4.82 แสดงว่าผู้ทดสอบชอบกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์อยู่ในระดับเฉยๆ ผู้ทดสอบได้แสดงความคิดเห็นไว้ว่าผลิตภัณฑ์แบบก่อนอบด้วยไมโครเวฟ (ยังไม่ได้ใส่ผงปรุงรส) ไม่มีกลิ่นอะไรเลย คะแนนความชอบทางด้านความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ก่อนอบเท่ากับ 5.89 แสดงว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบรวมของผลิตภัณฑ์อยู่ในระดับชอบเล็กน้อย

ผลการทดสอบผู้บริโภคทางด้านประสาทสัมผัสในผลิตภัณฑ์สุดท้ายหลังอบด้วยไมโครเวฟ พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนด้านสีมีคะแนนเท่ากับ 5.34 แสดงว่า

ผู้ทดสอบชอบสีของผลิตภัณฑ์ในระดับเฉยๆ เนื่องจากในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบดิบจะมีสีเหลืองอ่อน แต่เมื่อนำมาอบพองแล้วสีเหลืองในผลิตภัณฑ์จะจาง ไม่มีสีเหลืองสวยเหมือนเดิม ผู้บริโภคให้คะแนนทางด้านลักษณะปรากฏเท่ากับ 4.91 แสดงว่าผู้ทดสอบชอบลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ในระดับเฉยๆ ซึ่งผู้ทดสอบได้แสดงความคิดเห็นไว้เช่นเดียวกับในผลิตภัณฑ์ก่อนอบว่าลักษณะผลิตภัณฑ์มีความหนามากเกินไป มีความแข็ง รู้สึกไม่เหมือนข้าวเกรียบที่ขายตามท้องตลาด ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบทางด้านกลิ่นรส มีคะแนนเท่ากับ 5.2 แสดงว่าผู้ทดสอบชอบกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์อยู่ในระดับเฉยๆ โดยผู้ทดสอบได้แสดงความคิดเห็นว่า เครื่องปรุงที่ใส่ในผลิตภัณฑ์เหม็นซอสถั่วเหลืองญี่ปุ่น (โชยุ) ไม่ค่อยเข้ากับผลิตภัณฑ์ คะแนนความชอบทางด้านความชอบรวมของผลิตภัณฑ์หลังอบด้วยไมโครเวฟเท่ากับ 5.89 แสดงว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบรวมของผลิตภัณฑ์อยู่ในระดับชอบเล็กน้อย

ผลการทดสอบผู้บริโภคทางด้านความพอดีในตารางที่ 4.53 พบว่า ผู้ทดสอบส่วนใหญ่ (แต่ไม่มากถึงร้อยละ 70) ให้คะแนนความพอดีในความรู้สึกด้านความหวาน ความเค็ม อยู่ในระดับพอดี ผู้ทดสอบส่วนใหญ่รู้สึกว่าผลิตภัณฑ์มีความแข็งมากเกินไป และผู้ทดสอบรู้สึกว่าผลิตภัณฑ์มีความเปราะน้อยเกินไปถึงพอดี

ตารางที่ 4.54 ร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถามตามระดับการยอมรับผลิตภัณฑ์และค่าเฉลี่ย

ข้อมูลแนวคิดผลิตภัณฑ์	ร้อยละ	ค่าเฉลี่ย	ความหมาย *
1. ความโดดเด่น		4.68 ± 0.76	ค่อนข้างโดดเด่น
7 = โดดเด่นอย่างยิ่ง	5.71		
6 = โดดเด่น	31.43		
5 = ค่อนข้างโดดเด่น	51.43		
4 = เฉยๆ	11.43		
3 = ไม่ค่อยโดดเด่น	0		
2 = ไม่โดดเด่น	0		
1 = ไม่โดดเด่นอย่างยิ่ง	0		
2. ความสนใจ		4.68 ± 0.68	ค่อนข้างสนใจ
7 = สนใจอย่างยิ่ง	2.86		
6 = สนใจ	34.29		
5 = ค่อนข้างสนใจ	54.28		
4 = เฉยๆ	0		
3 = ไม่ค่อยสนใจ	0		
2 = ไม่สนใจ	0		
1 = ไม่สนใจอย่างยิ่ง	0		

*การแปลความหมายตามตารางที่ 3.1

ข้อมูลการทดสอบตัวแทนผู้บริโภคด้านความโดดเด่นและความสนใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์สุดท้ายได้ผลดังตารางที่ 4.54 ตารางแจกแจงความถี่แสดงในภาคผนวก ญ (ตารางที่ ญ.4) ผู้ทดสอบรู้สึกว่าผลิตภัณฑ์มีความโดดเด่นอยู่ที่ระดับค่อนข้างโดดเด่น และผู้ทดสอบให้ความสนใจในผลิตภัณฑ์นี้อยู่ที่ระดับ ค่อนข้างสนใจ

ตารางที่ 4.55 จำนวนร้อยละของผู้ตอบคำถาม "ผลิตภัณฑ์นี้มีความสะดวกรวดเร็วในการเตรียมการหรือไม่" และ "ท่านคิดว่าท่านยอมรับผลิตภัณฑ์นี้หรือไม่"

ผลิตภัณฑ์นี้มีความสะดวกรวดเร็วในการเตรียมการหรือไม่	ร้อยละ
สะดวก	85.7
ไม่สะดวก	14.3
รวม	100
ท่านคิดว่าท่านยอมรับผลิตภัณฑ์นี้หรือไม่	**ร้อยละ**
ยอมรับ	94.3
ไม่ยอมรับ	5.7
รวม	100

จากตารางที่ 4.55 พบว่าผู้ทดสอบร้อยละ 85.7 ตอบว่า ผลิตภัณฑ์นี้มีความสะดวกรวดเร็วในการเตรียมการ ร้อยละ 14.3 ตอบว่า ไม่สะดวกรวดเร็ว เนื่องจากต้องเสียเวลาในการอบด้วยไมโครเวฟ ในขณะที่ผู้ทดสอบมากถึง ร้อยละ 94.3 ที่ตอบว่ายอมรับในผลิตภัณฑ์ มีเพียงร้อยละ 5.7 เท่านั้นที่ตอบว่าไม่ยอมรับในผลิตภัณฑ์ สำหรับผู้ทดสอบที่ไม่ยอมรับในผลิตภัณฑ์นั้นได้แสดงข้อคิดเห็นไว้ว่ายุ่งยากในการเตรียมการ อย่างไรก็ตามก็ยังถือว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบจากแป้งข้าวผสมแครอทสำหรับอบด้วยไมโครเวฟ โดยราคาสูงสุดที่ผู้บริโภคยอมจ่ายเพื่อซื้อผลิตภัณฑ์นี้ (ต่อ 30 กรัม) เท่ากับ 21.67 บาท (ราคาสูงที่สุดที่ผู้ทดสอบตอบแบบสอบถามตอบว่าจะซื้อคือ 30 บาท และราคาที่ต่ำที่สุดผู้ทดสอบตอบแบบสอบถามตอบว่าจะซื้อคือ 10 บาท) เมื่อเปรียบเทียบกับตารางที่ 4.10 ราคาเฉลี่ยที่ผู้ทดสอบยอมจ่ายเพื่อซื้อผลิตภัณฑ์นี้ (ต่อ 100 กรัม) ตามแนวคิดผลิตภัณฑ์เท่ากับ 30.48 บาท จะเห็นได้ว่าราคาที่ผู้ทดสอบยอมรับว่าจะซื้อมีราคาต่อหนึ่งหน่วยบริโภคสูงกว่าราคาที่ผู้ทดสอบยอมรับตามแนวคิดผลิตภัณฑ์ อาจเนื่องมาจากในขณะที่ทดสอบแนวคิดผลิตภัณฑ์ตัวแทนผู้บริโภคไม่สามารถคาดเดาลักษณะ และขนาดของผลิตภัณฑ์ ราคาของผลิตภัณฑ์ในการทดสอบแนวคิดผลิตภัณฑ์จึงมีค่าต่ำกว่าการทดสอบการยอมรับในผลิตภัณฑ์ และอาจเนื่องมาจากผลิตภัณฑ์ประเภทกึ่งสำเร็จรูปสำหรับอบด้วยไมโครเวฟ เช่น ข้าวโพดตรา pop secret มักเป็นผลิตภัณฑ์ที่นำเข้าจากต่างประเทศซึ่งมีราคาสูง ดังนั้นราคาของผลิตภัณฑ์เมื่อทดสอบการยอมรับจึงมีราคาสูง จากผลการทดลองพบว่าผู้ทดสอบซึ่งถือว่าเป็นตัวแทนของผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายส่วนใหญ่ให้การยอมรับในผลิตภัณฑ์

และตอบว่าจะซื้อหากมีการผลิตขึ้นจริง ดังนั้นผู้วิจัยจึงสรุปว่าสามารถนำสูตรและกรรมวิธีการผลิตไปปรับปรุงต่อเพื่อให้เป็นผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบกึ่งสำเร็จรูปสำหรับอบด้วยไมโครเวฟ

4.5 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบจากแป้งข้าวผสมแครอทสำหรับอบด้วยเตาอบไมโครเวฟระหว่างการเก็บรักษา

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพผลิตภัณฑ์ เมื่อเตรียมตัวอย่างที่คัดเลือกได้จากข้อ 4.3 บรรจุในถุง metallized aluminium (PET12/LDPE20/MPET12/D21/LLDPE50) โดยบรรจุตัวอย่างถุงละ 15 ชิ้น ซีลปิดผนึกถุงที่ความดันบรรยากาศปกติ แล้วเก็บที่อุณหูมิห้องนาน 3 เดือน แสดงผลการวิเคราะห์ได้ดังตารางที่ 4.56 (ภาคผนวก ฌ32.- ฌ37.) พบว่าที่ระยะเวลาการเก็บมากขึ้นผลิตภัณฑ์จะมีความชื้นและ a_w เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับค่าความแข็ง คือเมื่อผลิตภัณฑ์มีความชื้นมากขึ้น ผลิตภัณฑ์จะมีความแข็งลดลง อาจเป็นเพราะผลิตภัณฑ์ดูดความชื้นจากอากาศภายในบรรจุภัณฑ์ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความชื้นและ a_w เพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (+a*) และค่าสีเหลือง (+b*) ไม่มีความแตกต่างกันเมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น นั่นคือเมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบดิบที่ระยะเวลาการเก็บมากขึ้นสีของผลิตภัณฑ์จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ภาคผนวก ฌ 35.-ฌ37.)

เมื่ออบพองผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบด้วยไมโครเวฟ (ตารางที่ 4.57) (ภาคผนวก ฌ38.-ฌ43) พบว่าค่าความชื้น, a_w หลังอบพองด้วยไมโครเวฟของผลิตภัณฑ์มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับความชื้นและ a_w ของผลิตภัณฑ์ก่อนอบ นอกจากนี้ยังพบว่าผลิตภัณฑ์มีความแข็งลดลงแต่มีค่าความเปราะเพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษา เมื่อพิจารณาจากค่า TBARS พบว่าเมื่อเก็บผลิตภัณฑ์นานขึ้นผลิตภัณฑ์ก็จะมีค่า TBARS เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ การเก็บรักษาที่ระยะเวลาที่นานขึ้น ทำให้ไขมันในตัวอย่างถูกออกซิไดซ์ไปมากขึ้น เนื่องจากไม่ได้บรรจุภายใต้ภาวะปรับบรรยากาศหรือก๊าซเฉื่อย

ตารางที่ 4.56 สมบัติทางกายภาพของข้าวเกรียบดิบจากแป้งข้าวผสมแครอทระหว่างการเก็บ 12 สัปดาห์

ค่าทางกายภาพ		สัปดาห์ที่						
		0	2	4	6	8	10	12
ความชื้น		9.91 ^{e}±0.065	10.04 ^{e}±0.065	10.19 ^{d}±0.036	10.21 ^{d}±0.011	10.43 ^{c}±0.123	10.67 ^{b}±0.067	10.91 ^{a}±0.10
a_w		0.686 ^{a}±0.004	0.687 ^{a}±0.002	0.693 ^{b}±0.002	0.694 ^{b}±0.001	0.700 ^{c}±0.002	0.700 ^{c}±0.005	0.701 ^{c}±0.003
ความแข็ง (g)		9308.05^{a}±49.32	9249.75^{a}±49.85	9136.62^{ab}±123.24	9012.18^{bc}±167.47	8827.73^{c}±124.83	8541.40 ^{d}± 250.06	8418.67^{d}±151.10
สี	ค่าความสว่าง (L*) ^{ns}	55.46±1.92	54.64±2.34	55.10±1.87	54.06±3.43	55.44±3.63	54.85±3.73	54.90±3.74
	ค่าสีแดง (+a*) ^{ns}	5.19±0.857	5.11±0.642	5.09±0.054	4.92±0.656	5.25±0.423	5.18±0.822	5.11±0.539
	ค่าสีเหลือง (+b*) ^{ns}	32.10±2.08	31.71±1.83	32.12±2.91	32.36±1.52	31.99±1.90	31.16±1.46	31.0±1.68

a,b,…ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันที่กำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.57 สมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์หลังอบพองด้วยไมโครเวฟระหว่างการเก็บ 12 สัปดาห์

ค่าทางกายภาพ	สัปดาห์ที่						
	0	2	4	6	8	10	12
ความชื้น	5.43 ^{c}±0.072	5.45 ^{c}±0.031	5.46 ^{c}±0.083	5.53 ^{bc}±0.057	5.64 ^{ab}±0.100	5.66 ^{ab}±0.094	5.71 ^{a}±0.115
a_w	0.306 ^{a}±0.001	0.335 ^{b}±0.011	0.346 ^{bc}±0.009	0.359 ^{cd}±0.004	0.371 ^{de}±0.011	0.384 ^{ef}±0.005	0.391 ^{f}±0.009
ความแข็ง (g)	3534.74^{a}±240.93	3335.79 ± 43.71	3252.42^{bc}±41.96	3165.57 ^{cd}± 83.96	3080.03^{d}±123.06	2897.47^{e}±135.84	2689.55 ^{f}±68.75
ความเปราะ (g) ^{ns}	813.02±23.53	828.81±51.22	844.16±93.01	844.37±40.39	860.16±18.47	875.10±19.56	876.75±58.82
อัตราส่วนการพองตัว	2.58 ^{d}±0.044	2.60 ^{cd}±0.038	2.60 ^{cd}±0.065	2.65 ^{bcd}±0.056	2.71^{abc}±0.061	2.75 ^{ab}±0.072	2.77 ^{a}±0.055
TBARS	0.145^{f}± 0.009	0.184 ^{e}±0.009	0.210 ^{d}±0.008	0.250 ^{c}±.016	0.276 ^{b}±.009	0.289 ^{b}±.008	0.307 ^{a}±0.004

a,b,…ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันที่กำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.58 สมบัติทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบดิบจากแป้งข้าวผสมแครอทระหว่างการเก็บ 12 สัปดาห์

ค่าทางจุลินทรีย์	สัปดาห์ที่			
	0	4	8	12
จุลินทรีย์ทั้งหมด (cfu/g)	3.5×10^3	4.2×10^3	5.8×10^3	8.2×10^3
ยีสต์ รา (cfu/g)	น้อยกว่า 100	น้อยกว่า 100	น้อยกว่า 100	น้อยกว่า 100

เมื่อพิจารณาจากผลการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ (ตารางที่ 4.58) พบว่าจุลินทรีย์ทั้งหมดมีจำนวนเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บเพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตามเมื่ออ้างอิงจากมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเรื่องข้าวเกรียบ (มผช.107/2546) ที่กำหนดไว้ว่าในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบ (ทั้งดิบและเมื่อทอดแล้ว) ต้องมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน $1x10^4$ โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม และต้องมียีสต์ราไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัมแล้วพบว่าผลิตภัณฑ์มีปริมาณจุลินทรีย์ไม่เกินข้อกำหนดในผลิตภัณฑ์ จึงสรุปได้ว่าผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบดิบสามารถเก็บได้อย่างน้อย 3 เดือนโดยที่ยังไม่เกิดการเสื่อมเสียในผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 4.59 ค่าทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่ระยะเวลาเก็บต่างกันหลังอบพองด้วยไมโครเวฟระหว่างการเก็บ 12 สัปดาห์

ค่าทางประสามสัมผัส	สัปดาห์ที่			
	0	4	8	12
สี	$6.03^{a} \pm 1.03$	$6.00^{a} \pm 1.02$	$5.97^{a} \pm 1.00$	$5.80^{b} \pm 0.92$
กลิ่นรส	$5.23^{a} \pm 1.17$	$5.10^{ab} \pm 1.16$	$4.97^{bc} \pm 1.13$	$4.80^{c} \pm 0.96$
เนื้อสัมผัส	$4.67^{a} \pm 1.27$	$4.57^{ab} \pm 1.16$	$4.43^{bc} \pm 1.10$	$4.37^{c} \pm 1.10$
ความชอบรวม	$5.93^{a} \pm 1.23$	$5.83^{ab} \pm 1.12$	$5.67^{bc} \pm 1.18$	$5.50^{c} \pm 1.16$

a,b,...ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ผลการทดสอบผู้บริโภคทางด้านประสาทสัมผัสในผลิตภัณฑ์ ได้ผลดังตารางที่ 4.59 (ผลวิเคราะห์ ANOVA แสดงในภาคผนวก ฌ44.- ฌ47.) พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น ผู้ทดสอบให้คะแนนด้านสีลดลง โดยที่สัปดาห์ที่ 0 – 8 มีคะแนนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่ออายุการเก็บเพิ่มขึ้นจนถึงสัปดาห์ที่ 12 (สัปดาห์สุดท้าย) พบว่าผู้ทดสอบมีความชอบทางด้านสีหลังอบพองลดลงอย่างนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และเมื่ออายุการเก็บเพิ่มขึ้นพบว่าผู้ทดสอบมีความชอบทางด้านกลิ่นรส เนื้อสัมผัสและความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ลดลง แต่เมื่อพิจารณาจากสัปดาห์ที่ 12 พบว่าค่าทางประสาทสัมผัสด้านสี มีค่าเท่ากับ 5.8 ซึ่งอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย ทางด้านกลิ่นรส มีค่าเท่ากับ 4.80 ซึ่งอยู่ในระดับ เฉยๆ ทางด้านเนื้อสัมผัสมีค่าเท่ากับ 4.37 ซึ่งอยู่ที่ระดับไม่ชอบเล็กน้อย และเมื่อพิจารณาจากค่าความชอบรวมที่มีค่าเท่ากับ 5.50 ที่อยู่ในระดับชอบเล็กน้อย ซึ่งยังถือว่าผู้ทดสอบยังให้การยอมรับในผลิตภัณฑ์เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ 12 สัปดาห์ (3 เดือน)

ตารางที่ 4.60 ร้อยละของระดับความพอดีของผลิตภัณฑ์หลังอบพองด้วยไมโครเวฟระหว่างการเก็บ 12 สัปดาห์

ค่าความพอดี		สัปดาห์ที่			
		0	4	8	12
ความหวาน	น้อยไป	0	0	0	0
	น้อย	20	20	22.86	25.71
	พอดี	62.86	62.86	60	57.14
	มาก	2.86	2.86	2.86	2.86
	มากไป	0	0	0	0
ความเค็ม	น้อยไป	0	0	0	0
	น้อย	37.14	37.14	37.14	25.71
	พอดี	45.71	45.71	45.71	57.14
	มาก	2.86	2.86	2.86	2.86
	มากไป	0	0	0	0
ความแข็ง	น้อยไป	5.71	5.71	5.71	0
	น้อย	2.86	2.86	2.86	25.71
	พอดี	20	25.71	25.71	57.14
	มาก	45.71	40	45.71	2.86
	มากไป	17.14	17.14	11.43	0
ความเปราะ	น้อยไป	2.86	0	0	0
	น้อย	25.71	28.57	20	14.28
	พอดี	51.43	51.43	60	65.71
	มาก	5.71	5.71	5.71	5.71
	มากไป	2.86	0	0	0

จากผลการทดสอบผู้ทดสอบทางด้านความพอดีในตารางที่ 4.60 พบว่าเมื่อระยะเวลาในการเก็บเพิ่มขึ้นร้อยละของผู้ทดสอบที่ให้คะแนนความพอดีในความรู้สึกด้านความหวานมีค่าลดลง ในขณะที่ร้อยละของผู้ทดสอบที่ให้คะแนนความพอดีในความรู้สึกด้านความเค็มมีค่าคงที่จนถึงสัปดาห์ที่ 8 แต่เมื่อถึงสัปดาห์ที่ 12 ร้อยละของผู้ตอบว่าเค็มพอดีมีค่าเพิ่มขึ้น และเมื่อระยะเวลาในการเก็บเพิ่มขึ้นร้อยละของผู้ทดสอบที่ให้คะแนนความพอดีในความรู้สึกด้านความแข็งและความเปราะมีค่าเพิ่มขึ้น อาจเนื่องมาจากค่าความแข็งและความเปราะที่ลดลงระหว่างการเก็บรักษา

ตารางที่ 4.61 ร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถาม “มีกลิ่นรสไม่พึงปรารถนา (off-flavor) หรือไม่” ของผลิตภัณฑ์ที่ระยะเวลาเก็บต่างกันเมื่อพองตัวด้วยไมโครเวฟ

มีกลิ่นรสไม่พึงปรารถนา (off-flavor) หรือไม่	สัปดาห์ที่			
	0	4	8	12
ร้อยละผู้ตอบว่ามี	5.71	11.43	17.14	2.86

จากข้อมูลร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถาม “มีกลิ่นรสไม่พึงปรารถนา (off-flavor) หรือไม่” ของผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ระยะเวลาต่างๆ (ตารางที่ 4.61) พบว่าเมื่อระยะเวลาในการเก็บเพิ่มขึ้น ผู้ทดสอบโภคตอบว่ามีกลิ่นรสไม่พึงปรารถนามากขึ้น ยกเว้นในสัปดาห์สุดท้ายที่มีผู้ทดสอบเพียงร้อยละ 2.86 เท่านั้นที่ตอบว่าในผลิตภัณฑ์มีกลิ่นรสไม่พึงปรารถนา ผลการทดลองที่เกิดขึ้นอาจเนื่องมาจากความหมายของคำว่า “มีกลิ่นรสไม่พึงปรารถนา” สามารถแปลความหมายได้หลายกลิ่น เช่น กลิ่นหืนของไขมัน กลิ่นยางไม้จากกัวร์กัม ซึ่งผู้ทดสอบอาจแปลความหมายได้ไม่ตรงกันทำให้การตอบแบบสอบถามในแต่ละครั้งเกิดความคลาดเคลื่อน

เมื่อพิจารณาจากค่าทางกายภาพ ทางจุลินทรีย์ และค่าทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น สามารถสรุปได้ว่าสามารถเก็บผลิตภัณฑ์ได้อย่างน้อย 12 สัปดาห์ (3 เดือน) โดยที่ผู้ทดสอบหรือตัวแทนผู้บริโภคยังให้การยอมรับในผลิตภัณฑ์ และผลิตภัณฑ์ยังไม่เกิดการเสื่อมเสีย

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากแป้งข้าวโดยการเสริมผักเพื่อเพิ่มใยอาหาร ลดไขมันในผลิตภัณฑ์โดยการอบผลิตภัณฑ์ด้วยไมโครเวฟทดแทนการทอด และขยายตลาดผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูปพร้อมบริโภคด้วยการให้ผู้บริโภคอบผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นด้วยไมโครเวฟเอง โดยทดสอบแนวความคิดของผลิตภัณฑ์พบว่าตัวแทนผู้บริโภคร้อยละ 71 สนใจ และให้การยอมรับในแนวคิดผลิตภัณฑ์ที่จะพัฒนาขึ้น โดยตัวแทนผู้บริโภคส่วนใหญ่ตอบว่าจะซื้อผลิตภัณฑ์นี้อย่างแน่นอนหากมีการจัดทำขึ้น ดังนั้นจึงมีความเหมาะสมที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์ตามแนวความคิดนี้ต่อไป

จากการศึกษาหาสูตรและกระบวนการผลิตข้าวเกรียบจากแป้งข้าวเสริมแครอทพบว่า สูตรแป้งที่มีปริมาณแอมิโลสมากขึ้น หรือเมื่อใช้เวลาในการอบแห้งข้าวเกรียบดิบนานขึ้น ทำให้ข้าวเกรียบดิบมีความชื้น และ a_w ลดลง และมีความแข็งมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อนำไปอบพองด้วยไมโครเวฟพบว่า เมื่อมีปริมาณแอมิโลสมากขึ้น หรือใช้เวลาในการอบแห้งมากขึ้น ผลิตภัณฑ์จะมีความแข็งและความเปราะมากขึ้น แต่อัตราส่วนการพองตัวลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) คัดเลือกเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้งข้าวเกรียบดิบคือ 12 ชั่วโมง และเลือกสูตรแป้งข้าวเหนียว ต่อแป้งข้าวเจ้าที่ 40:0 และ 35:5 ไปศึกษาต่อโดยเพิ่มปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินหรือกัวร์กัมในผลิตภัณฑ์ พบว่าผลิตภัณฑ์ที่เติมมอลโตเดกซ์ทรินหรือกัวร์กัมมีความชื้น a_w และอัตราส่วนการพองตัวลดลง แต่แข็งและเปราะมากขึ้น โดยสูตรที่ใส่มอลโตเดกซ์ทรินจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งและเปราะมากกว่าสูตรที่ใส่กัวร์กัม นอกจากนี้พบว่าสูตรผสมแป้งข้าวเจ้า (35:5) มีความแข็งมากกว่า และมีอัตราส่วนการพองตัวน้อยกว่าสูตรที่ไม่ผสมแป้งข้าวเจ้า (40:0) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ผลการทดสอบผู้บริโภคทางด้านประสาทสัมผัส พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส ความชอบรวมในสูตร แป้งข้าวเหนียวล้วน (40:0) ดีกว่าสูตรผสมแป้งข้าวเจ้า (35:5) และพบว่าผู้ทดสอบจะให้คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสลดลงเมื่อเพิ่มมอลโตเดกซ์ทรินหรือกัวร์กัมลงในสูตร อย่างไรก็ดีพบว่าปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินหรือกัวร์กัมในผลิตภัณฑ์ที่ผู้ทดสอบยอมรับมากกว่าคือ 0.1% จึงคัดเลือกสูตรเพื่อนำไปศึกษาต่อไปได้แก่สูตรแป้งข้าวเจ้า (40:0) ที่ใส่มอลโตเดกซ์ทรินหรือกัวร์กัม 0.1% เพื่อศึกษาการอบพองด้วยไมโครเวฟต่อไป

ในการอบตัวอย่างด้วยเตาอบไมโครเวฟพบว่ากำลังไฟที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์มากนัก แต่ที่ระยะเวลาการอบมากขึ้น ทำให้ค่าความชื้นและ a_w ลดลง อัตราส่วนการพองตัวเพิ่มขึ้น เมื่ออบพองข้าวเกรียบด้วยไมโครเวฟเป็นเวลา 30 วินาที ผลิตภัณฑ์มีความ

แข็งมากกว่าเมื่ออบพองเป็นเวลา 35 และ 40 วินาที สูตรและภาวะการผลิตของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบที่คัดเลือกคือ สูตรแป้งข้าวเหนียวล้วน (40:0) เติมกัวร์กัม 0.1% อบแห้งในเครื่องอบแห้งแบบถาดที่อุณหภูมิ 55 °C เป็นเวลา12 ชั่วโมง เนื่องจากเป็นสูตรที่ผลิตภัณฑ์มีค่า a_w ต่ำ (0.689) เหมาะสมกับการเก็บรักษา และ มีค่าทางคุณภาพที่ยอมรับ โดยสามารถอบพองด้วยเตาอบไมโครเวฟที่ 800 – 1100 วัตต์ เป็นเวลา 35± 5 วินาที

จากผลการทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์สุดท้ายพบว่าผู้ทดสอบร้อยละ 94.3 ยอมรับในผลิตภัณฑ์ ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีพบว่าผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นมีปริมาณไขมัน และพลังงานต่อหน่วยบริโภคต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ที่ขายตามท้องตลาด อีกทั้งยังมีใยอาหารสูง ผู้วิจัยจึงสรุปได้ว่า สามารถพัฒนาผลิตภัณฑ์ได้ตรงตามจุดประสงค์ที่จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวที่มีมีใยอาหารสูง ไขมันและพลังงานต่ำ อีกทั้งยังเพิ่มความหลากหลายให้กับผลิตภัณฑ์โดยพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้เป็นแบบกึ่งสำเร็จรูปพร้อมบริโภค ด้วยการให้ผู้บริโภคอบผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นด้วยไมโครเวฟเอง และการศึกษาด้านอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์พบว่าสามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในถุง metallized aluminium ที่อุณหภูมิห้องได้อย่างน้อย 3 เดือน

จากผลการวิจัยที่ได้ ผู้วิจัยคิดว่ายังมีโอกาสที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้ดียิ่งขึ้น โดยสรุปแนวทางการวิจัยต่อไปไว้เป็นข้อเสนอแนะดังนี้คือ

1. อาจทดลองใช้สารลดความชื้น และ a_w ชนิดอื่น ที่ไม่ทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ลดลง
2. เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีความแข็งมาก ตัวแทนผู้บริโภควิจารณ์เรื่องความแข็งของผลิตภัณฑ์มาก ดังนั้นอาจปรับให้ความหนาของผลิตภัณฑ์อาจทำให้บางลง และอาจปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้มีรูปแบบต่างๆ เพื่อความสวยงาม เช่น รูปดาว รูปหัวใจ
3. ศึกษาการเติมผงปรุงรสแบบต่างๆ เพื่อให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์มากที่สุด และศึกษาการเติมเครื่องปรุงให้เกาะติดกับชิ้นผลิตภัณฑ์ หรืออาจเติมผงปรุงรสลงไปในเนื้อผลิตภัณฑ์เพื่อลดความยุ่งยากเมื่อนำไปปรุงบริโภค
4. เพิ่มระยะเวลาในการศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ให้นานขึ้น หรืออาจศึกษาอายุการเก็บในสภาวะเร่ง เพื่อให้ทราบอายุการเก็บที่แน่นอนของผลิตภัณฑ์
5. การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ด้วยเครื่อง Instron ควรเก็บข้อมูลให้ครบครัน รวมถึงการวิเคราห์ด้วยวิธีทางประสาทสัมผัสควรต้องปรับปรุงแบบสอบถามและทำความเข้าใจคำศัพท์ที่ใช้เพื่อการสรุปผลได้อย่างชัดเจนและถูกต้อง

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กมลทิพย์ สัจจาอนันตกุล. 2546. ผลของปริมาณแอมิโลสและสภาวะในการทอดต่อคุณลักษณะของแผ่นแป้งข้าวเจ้าทอด.[ออนไลน์]. การประชุมทางวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. แหล่งที่มา: http://www.lib.ku.ac.th/KUCONf/KC4106032.pdf. [2553,15 มกราคม]

กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. 2550. เทคโนโลยีของแป้ง. พิมพ์ครั้งที่3. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์เกษตรศาสตร์. 303 หน้า

คำรบ สมะวรรธนะ. 2546. ผลของการเกิดเจลาติไนเซชัน และรีโทรกราเดชันต่อคุณภาพของขนมขบเคี้ยวจากข้าว. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

งามชื่น คงเสรี. 2538. เอกสารการสอนชุดวิชา อาหารและโภชนาการ หน่วยที่ 1-7. สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. นนทบุรี. 360 หน้า

งามชื่น คงเสรี. มปป. ผลิตภัณฑ์จากข้าว.[ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://library.uru.ac.th/webdb/images/charpa_rice_products.html. [2553,15 มกราคม]

จุฬาลักษณ์ จารุนุช. 2550. เทคโนโลยีเอ็กซ์ทรูชั่น...กับการผลิตขนมขบเคี้ยวในระดับอุตสาหกรรม. ใน เนตรนภิส วัฒนสุชาติ (บรรณาธิการ), ขนมทางเลือกเพื่อสุขภาพ: เทคโนโลยีการผลิตและต้นแบบผลิตภัณฑ์.หน้า43-52. กรุงเทพฯ: พิฆณี.

ดวงหทัย ชาวชุมนุม, นารีรัตน์ นวฤทธิกุลชัย และพิชญา วงศ์ถาวรพินิจ. 2550. การผลิตข้าวพองโดยใช้เตาไมโครเวฟ. โครงการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์ปริญญาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีทางอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

บริษัท มาร์เก็ตอินโฟ แอนด์ คอมมิวนิเคชั่น จำกัด. 2549. ขนมขบเคี้ยว/สแน็ก. แหล่งที่มา: http://www.marketinfo.co.th/index.html.[2549,24 มกราคม]

ณรงค์ นิยมวิทย์. 2532. การแปรรูปข้าว. ใน เอกสารประกอบการบรรยายสัมมนาการแปรรูปอาหารและคลินิกปรึกษาแนะนำ 27- 28 มิถุนายน 2532. หน้า1-13. กรุงเทพฯ: ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมกรมส่งเสริมอุตสาหกรรม.

เพ็ญขวัญ ชมปรีดา. 2550. การทดสอบผู้บริโภคในกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์.ใน การพัฒนาผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมเกษตร. หน้า 88- 106. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ไพศาล วุฒิจำนงค์ และ รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. 2550. หลักการแปรรูปผลิตภัณฑ์ด้วยเทคนิคใหม่. ใน การพัฒนาผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมเกษตร. หน้า 208- 214. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิทยาศาสตร์บริการ,กรม. 2533. ผลิตภัณฑ์แครอท. ใน วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ. 48(152):32-34

ศุภมาศ การะเกตุ, 2542. การเปรียบเทียบความ เที่ยงและความคลาดเคลื่อนอย่างเป็นระบบ ในการประมาณค่าของมาตรประมาณค่าแบบลิเคอร์ท และมาตรประมาณค่าแบบยึดพฤติกรรมในการประเมินการสอนของครู. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิจัยการศึกษา. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ส่งเสริมการเกษตร, กรม. 2547. เอกสารวิชาการการปลูกผักบนพื้นที่สูง. กลุ่มงานพัฒนาพื้นที่สูง. กรุงเทพฯ. 69 หน้า

ส่งเสริมอุตสาหกรรมเกษตร, กรม. 2544. ร้อยแปดผลิตภัณฑ์จากข้าว. อุตสาหกรรมสาร. 44: 57-69.

สรัญ บินมิตตอร์. 2550. การพัฒนาขนมอบกรอบจากแป้งข้าวเสริมชิ้นผัก. วิทยานิพนธ์ปริญญา-มหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีทางอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุขศึกษา, กอง. 2547. สุขบัญญัติแห่งชาติ: การบริโภคอาหาร. แหล่งที่มา: http://www.thaihed.com/html/show.php?SID=86.[2553,6 พฤษภาคม]

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. 2530. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ผลิตภัณฑ์ชุมชน: ข้าวเกรียบ. มผช.107/2546. กรุงเทพฯ. 5 หน้า

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2541. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมขนมอบ-กรอบจากธัญชาติ. มอก. 1534-2541. กรุงเทพฯ. 7 หน้า

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2534. ผลิตภัณฑ์จากข้าวและคุณค่าทางโภชนาการ. วารสารอุตสาหกรรมเกษตร. 2: 109-115.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547. ข้าว : วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสร์ กรุงเทพมหานคร. 366 หน้า.

ภาษาอังกฤษ

AOAC. 2000. Official Methods of Analysis. 15 th ed. Washington DC: Association of Official Analytical Chemists.

Berk, R. A. 1979. The Construction of Rating Instruments for Faculty Evaluation: A Review of Methodological Issues. Journal of Higher Education 50,50: 650-669.

Boischot, C., Moraru, C. and Kokini, L. 2003. Factors that influence the microwave expansion of glassy amylopectin extrudates. Cereal Chemistry. 80(1): 56-61.

Brooks, J.R. and Griffin, V.K. 1987. Liquefaction of rice starch from milled rice flour using heat-stable alpha-amylase. Journal of Food Science 52: 712-717

Charles, F. 1969. Extruded starch-based snack. Cereal Science Today 14: 212-214.

Chen, C. M. and Yeh I. A. 2001. Effect of amylose content on expansion of extruded rice pellets. Cereal Chemistry 78(3): 261–266.

Collison, R. 1968. Swelling and gelation of starch. In: J.A. Radley, Editor, Starch and its Derivatives. 4th ed., Chapman & Hall, London, pp. 168–193.

Dea, I. C. M., and Morrison, A. 1975. Chemistry and interaction of seed galactomannans. Carbohydrate Chemistry and Biochemistry 31:241–312.

Gordon, R. B. 1990. Snack Food. New York: Van Nostrand Reinhold. 441pp.

Harjes, C. F. and Wermers, V. L. 1976. Maltodextrins of improved stability prepared by enzymatic hydrolysis of oxidized starch. US Patent. 3974033

Hegenbart, S. 1996. Understanding Starch Functionality. [Online]. Available from : http://www.foodproductdesign.com/archive/1996/0196CS.html.[15 January 2010]

Jane, J., Chen, Y.Y., Lee, L.F., Mcpherson, A.E., Wong, K.S., Radosavljevic, M. and Kasemsuwan, T. 1999. Effects of amylopectin branch chain length and amylose content on the gelatinization and pasting properties of starch. Cereal Chemistry 76:629-637.

Juliano, B.O. 1971. A simplified assay for milled-rice amylose. Cereal Science Today 16(10): 334-340.

Juliano, B.O. 1972. Rice Chemistry and Technology. Department of Cereal Chemistry International Rice Research Institute Los Banos Laguna Philippines. 773 pp.

Larry, R. B. 2002. Water activity and Microbial stability. [Online]. Available: www.wateractivity.org/BeuchatIFT2002.pdf.[2010,30 April]

Leach, H.W., McCowen, L.D., and Schoch, T.J. 1959. Structures of starch Granule. I. Swelling and solubility patterns of various starches. Cereal Chemistry 36: 534–544.

Lee, E., Lim, K., and Lim, S. 2000. Effect of gelatinization and moisture content of extruded starch pellets on morphology and physical properties of microwave-expanded product. Cereal Chemistry 77(6): 769-773.

Lori, R., Merry, J. P. 2009. Just-About-Right (JAR) Scales: Design, Usage, Benefits and Risks. [Online]. Available: www.astm.org/DIGITAL_LIBRARY/MNL/SOURCE_PAGES/ MNL63_foreword.pdf. [2010,6 May]

Macdougall, D.B. 2002. Color in Food: Improve Quality. Cambridge: Woodhead Publishing Limited. 378 pp.

Marchal, L.M., Beeftink, H.H., Tramper, and J. 1999. Towards a rational design of commercial maltodextrins, Trends in Food Science and Technology 10: 345–355

Matz, S. A. 1976. Snack Food Technology. Connecticut : The AVI Publishing Company, Inc. 349 pp.

Moore, G. 1994. Snack food extrusion In: N.D. Frame, Editors, The Technology of Extrusion Cooking. American Association of Cereal Chemists, St Paul, MN.pp. 111–143.

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

Robin, J. P., Mercier, C., Charbonniere, R., and Guilbot, J. A. 1974. Lintnerized Starches, gel filtration and enzymatic studies of insoluble residues from prolonged acid treatment of potato starch. Cereal Chemistry 51: 389-406.

Sasaki, T., and Matsuki, J. 1998. Effect of wheat starch structure on swelling power. Cereal Chemistry 75(4): 525-529.

United States Department of Agriculture. 2008. Carrots, Cooked, Boiled, Drained, Without salt. [Online]. Available: http://www.nutritiondata.com/facts/vegetables-and-vegetable-products/2384/2. [2010,15 January]

Wang, S.S., Chiang, W.C., Zhao, B., Zheng, X.G., and Kim, I.H. 1991. Experimental analysis and computer simulation of starch-water interactions during phase transition. Journal of Food Science 56:121–124

Wang, Q., Ellis, P. R., and Ross-Murphy, S. B. 2000. The stability of guar gum in an aqueous system under acidic conditions. Food Hydrocolloids 14:129–134.

Wang, J., Jin. Z., and Yuan, X. 2007. Preparation of resistant starch from starch–guar gum extrudates and their properties. Food Chemistry 101(1): 20-25

Whistler, R.L. and Daniel ,J.R. 1984. Molecular Structure of starch. pp. 153 – 182. In Whistle, R.L., Bemiller, J.N. and Paschall, E.F. (eds.). Starch Chemistry and Technology. Academic Press. New York. 718pp.

Whistler, R.L. and Smart,. L. 1953. Polysaccharide Chemistry. New York: Academic Press. 493 pp.

Witczak, M., Korus, J. Ziobro, R., and Juszczak, L. 2010. The effects of maltodextrins on gluten-free dough and quality of bread. Journal of Food Engineering 96(2): 258 – 265

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.
แบบสอบถาม

เรื่อง ทดสอบแนวคิดผลิตภัณฑ์ที่มีต่อขนมขบเคี้ยวประเภทกึ่งสำเร็จรูปสำหรับอบด้วยไมโครเวฟ

คำชี้แจง

แบบสอบถามชุดนี้จัดทำขึ้นเพื่อทำการศึกษาทดสอบแนวคิดผลิตภัณฑ์ที่มีต่อขนมขบเคี้ยวประเภทกึ่งสำเร็จรูปสำหรับอบด้วยไมโครเวฟ เพื่อประกอบการวิจัย โดยที่แบบสอบถามฉบับนี้ไม่มีการระบุชื่อ เบอร์โทรของผู้ตอบ ดังนั้นผู้ตอบคำถามสามารถที่จะตอบคำถามได้อย่างเสรี และจะไม่มีผลกระทบใดๆต่อผู้ตอบแบบสอบถามทั้งสิ้น

จึงใคร่ขอความร่วมมือกรุณาตอบแบบสอบถามตามความเป็นจริงและครบถ้วนสมบูรณ์ ข้อมูลจะนำไปใช้ประโยชน์สำหรับงานวิจัยเท่านั้น โดยแบบสอบถามฉบับนี้มี 3 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคล

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวพฤติกรรมการบริโภค และทัศนคติ ต่อขนมขบเคี้ยว

ส่วนที่ 3 ข้อมูลเกี่ยวกับการทดสอบแนวคิดผลิตภัณฑ์

<u>คำชี้แจง</u> โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน ( ) ที่ท่านเห็นว่าเหมาะสมและตรงกับความคิดเห็นของท่าน

<u>ส่วนที่ 1</u> **ข้อมูลส่วนบุคคล**

1. เพศ

( ) ชาย ( ) หญิง

2. อายุ

( ) 13 – 16 ปี ( ) 17 – 20 ปี

( ) 21 – 30 ปี ( ) 31 – 45 ปี

( ) 46 ปี ขึ้นไป

3. การศึกษา

( ) กำลังศึกษาอยู่ ( ) จบการศึกษาแล้ว

ในระดับ

( ) ต่ำกว่ามัธยมศึกษา ( ) มัธยมศึกษา

( ) อนุปริญญา หรือ เทียบเท่า ( ) ปริญญาตรี

( ) สูงกว่าปริญญาตรี

4. อาชีพ

( ) ราชการ และรัฐวิสาหกิจ ( ) ประกอบธุรกิจส่วนตัว

( ) พนักงานบริษัทเอกชน ( ) อื่นๆ .....

5. รายได้ต่อเดือน **(เฉพาะบุคคล)**

( ) ต่ำกว่า 7000 บาท / เดือน ( ) 7001 – 15000 บาท / เดือน

( ) 15001 – 20000 บาท / เดือน ( ) 20001 – 30000 บาท / เดือน

( ) มากกว่า 30000 บาท / เดือน

6. สถานภาพ

( ) โสด ( ) สมรส *มีบุตร.....คน*

7. ลักษณะการอยู่อาศัย (ในบ้าน)

( ) อยู่คนเดียว ( ) อยู่กับครอบครัว / ญาติ

( ) อยู่ร่วมกับผู้อื่น (เช่น เพื่อน)

<u>ส่วนที่ 2</u> ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภค และทัศนคติ ต่อขนมขบเคี้ยว

1. ท่าน<u>ชอบ</u>รับประทานขนมขบเคี้ยวหรือไม่

( ) ชอบ ( ) เฉยๆ ( ) ไม่ชอบ

2. ท่านบริโภคขนมขบเคี้ยว<u>บ่อยครั้ง</u>เพียงใด

( ) ทุกวัน ( ) 4 – 6 ครั้งต่อสัปดาห์

( ) 2 – 3 ครั้งต่อสัปดาห์ ( ) ประมาณ 1 ครั้งต่อสัปดาห์

( ) ประมาณ 1 ครั้งต่อเดือน ( ) น้อยกว่า 1 ครั้งต่อเดือน

3. ชนิดของขนมขบเคี้ยวที่ท่านชอบรับประทาน **(ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)**

( ) มันฝรั่งทอด / อบเนย ทั้งชนิดแผ่นและแท่ง (Stick) เช่น เลย์ เทสโต

( ) ปลาเส้น ปลาแผ่น ปรุงรสต่าง ๆ เช่น เบนโตะ ทาโร่

( ) ขนมขึ้นรูปจากแป้ง เช่น คอนเน่ ตูมตาม คอร์นพัฟ พริงเกิลส์ โปเต้

( ) ถั่วประเภทต่าง ๆ เช่น โก๋แก่ เจดีย์คู่

( ) ข้าวเกรียบ (กุ้ง ปลา และอื่น ๆ) เช่น มโนราห์ ฮานามิ คาลบี้

( ) ข้าวโพดอบเนย ข้าวโพดคั่ว เช่น โตโร่

( ) ปลาหมึกปรุงรส เช่น เต่าทอง สควิดดี้

( ) อื่นๆ .....

4. ส่วนใหญ่แล้วท่านซื้อผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากที่ใด **(ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)**

( ) ห้างสรรพสินค้า (Department Store) เช่น เซ็นทรัล โรบินสัน

( ) ซูเปอร์มาร์เก็ต (Supermarket) เช่น ท็อปส์ , ฟู้ดแลนด์

( ) ซูเปอร์สโตร์ (Superstore) เช่น แมคโคร

( ) ไฮเปอร์มาร์เก็ต (HyperMarket) เช่น คาร์ฟู, โลตัส

( ) ร้านสะดวกซื้อ (Convenience Store) เช่น 7 – 11

( ) ร้านสะดวกซื้อในปั๊มน้ำมัน (Gas-Station Store) เช่น เอสโซ่ บางจาก

( ) ร้านขายขนมขบเคี้ยวโดยเฉพาะ (Category Killer) เช่น อากิโกะ

( ) ตลาด ตลาดนัด หาบเร่ แผงลอย

( ) อื่นๆ.....

5. ส่วนใหญ่ท่านจะรับประทานขนมขบเคี้ยว<u>เนื่องจาก</u>เหตุใด

( ) รับประทานเป็นอาหารว่าง ( ) รับประทานแทนมื้ออาหาร

6. ส่วนใหญ่แล้วท่านเป็นผู้เลือกซื้อผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวเองหรือไม่

( ) ใช่ ( ) ไม่ใช่ (โปรดระบุผู้ซื้อ)..... *ข้ามไปข้อ 8.*

7. ค่าใช้จ่ายในการซื้อขนมขบเคี้ยวต่อครั้งประมาณ ..... บาท

8. ท่านคิดว่าปัจจัยใดที่**<u>สำคัญ</u>**ต่อการเลือกซื้อขนมขบเคี้ยว (**<u>เลือก</u> 3 คุณลักษณะต่อไปนี้ที่ท่านคิดว่าสำคัญตามลำดับ โดย 1 คือสำคัญ<u>มากที่สุด</u> และ 2 คือ สำคัญ<u>รองลงมาเป็นลำดับ 2</u> และ 3 คือสำคัญ<u>รองลงมาเป็นลำดับ 3</u>**)

( ) ราคา ( ) รสชาติ

( ) รูปร่างผลิตภัณฑ์ ( ) ประโยชน์ต่อสุขภาพ

( ) ปริมาณ ( ) การโฆษณา

( ) รูปแบบบรรจุภัณฑ์ ภาชนะบรรจุ ( ) มีของแถม

9. ท่านเคย**<u>ซื้อ</u>**ขนมขบเคี้ยวประเภทข้าวเกรียบ (กุ้ง ปลา และอื่น ๆ) หรือไม่

( ) เคย *ทำข้อ 10.* ( ) ไม่เคย *ข้ามไปข้อ 13.*

10. ท่านเคย**<u>ซื้อ</u>**ข้าวเกรียบแบบนำไปทอดเองที่บ้าน (แบบกึ่งสำเร็จรูป)หรือไม่

( ) เคย *ทำข้อ 11.* ( ) ไม่เคย *ทำข้อ 13.*

11. จากข้อ 10. เหตุใดถึง**<u>เลือก</u>**ซื้อข้าวเกรียบชนิดนี้

เพราะ.....

12. จากข้อ 10. ใครเป็นผู้ทอด

( ) ตัวเอง

( ) คนอื่น (ระบุ) .....

13.จากข้อ10. เหตุใดถึง**ไม่เลือก**ซื้อข้าวเกรียบชนิดนี้

เพราะ.....

14.ท่าน**รู้จัก**ขนมขบเคี้ยวประเภทกึ่งสำเร็จรูปสำหรับอบด้วยไมโครเวฟ (เช่น ข้าวโพดคั่วกึ่งสำเร็จรูปสำหรับอบด้วยไมโครเวฟ Pop Secret) หรือไม่

( ) รู้จัก ( ) ไม่รู้จัก *ข้ามไปส่วนที่ 3.*

15. ท่านเคย**ซื้อ**ขนมขบเคี้ยวประเภทข้าวโพดคั่วกึ่งสำเร็จรูปสำหรับอบด้วยไมโครเวฟ (เช่น Pop Secret) หรือไม่

( ) เคย ( ) ไม่เคย

ส่วนที่ 3 ข้อมูลเกี่ยวกับการทดสอบแนวคิดผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวประเภทกึ่งสำเร็จรูปสำหรับอบด้วยไมโครเวฟ

กรุณาอ่านคำบรรยายแนวคิดผลิตภัณฑ์ เพื่อตอบคำถาม

“ หากคุณรู้สึกหิวระหว่างทำงานยุ่ง เคร่งเครียดกับการอ่านหนังสือสอบ เพลิดเพลินกับการสังสรรค์กับเพื่อนๆ นั่งลุ้นฟุตบอลนัดสำคัญ หรือดูซีรี่ส์โปรดตอนดึก เราขอเสนอผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบผสมแครอทสำหรับอบด้วยไมโครเวฟ แค่เพียงฉีกซองแล้วนำไปอบด้วยไมโครเวฟไม่เกิน 2 นาที คุณก็จะได้อาหารว่างแสนอร่อยที่ดีกับสุขภาพด้วยใยอาหารจากผัก และมีไขมันต่ำอีกด้วย ”

1. โปรดเลือกให้คะแนน**ความชอบ**ของท่านที่มีต่อแนวคิดผลิตภัณฑ์ข้างต้น

1 ไม่ชอบอย่างยิ่ง	2 ไม่ชอบ	3 ไม่ค่อยชอบ	4 เฉยๆ	5 ค่อนข้างชอบ	6 ชอบ	7 ชอบอย่างยิ่ง

2. โปรดเลือกให้คะแนน**<u>ความโดดเด่น</u>**ของแนวคิดผลิตภัณฑ์ข้างต้น

1 ไม่โดดเด่น อย่างยิ่ง	2 ไม่โดดเด่น	3 ไม่ค่อย โดดเด่น	4 เฉยๆ	5 ค่อนข้าง โดดเด่น	6 โดดเด่น	7 โดดเด่น อย่างยิ่ง

3. โปรดให้คะแนน**<u>ความสนใจ</u>**ของท่านที่มีต่อแนวคิดผลิตภัณฑ์ข้างต้น

1 ไม่สนใจ อย่างยิ่ง	2 ไม่สนใจ	3 ไม่ค่อย สนใจ	4 เฉยๆ	5 ค่อนข้าง สนใจ	6 สนใจ	7 สนใจ อย่างยิ่ง

4. ท่านคิดว่าท่านจะทดลองบริโภคผลิตภัณฑ์นี้หรือไม่ ?

( ) ทดลอง ( ) ไม่ทดลอง

5.ท่านคิดว่าท่านจะบริโภคผลิตภัณฑ์นี้ในช่วงเวลาและระหว่างกิจกรรมใด ?

(ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

ช่วงเวลา

( ) เป็นอาหารเช้า

( ) เป็นอาหารทานเล่นระหว่างอาหารเช้ากับอาหารกลางวัน

( ) เป็นอาหารกลางวัน

( ) เป็นอาหารทานเล่นระหว่างอาหารกลางวันกับอาหารเย็น

( ) เป็นอาหารเย็น

( ) เป็นอาหารทานเล่นรอบดึก

กิจกรรม

( ) ระหว่างทำงาน

( ) ระหว่างอ่านหนังสือ

( ) ระหว่างดูโทรทัศน์

( ) ระหว่างทำกิจกรรมอื่นๆ เช่น ปาร์ตี้สังสรรค์

( ) อื่นๆ(โปรดระบุ

.....)

6.จากคุณสมบัติต่างๆ ของแนวคิดผลิตภัณฑ์ตามคำบรรยายข้างต้น **(เรียงลำดับ 7 คุณสมบัติต่อไปนี้ โดย 7คือชอบมากที่สุด และ 1 คือ ชอบน้อยที่สุด)**

	1 ชอบน้อยที่สุด	2 ชอบน้อย	3 ไม่ค่อยชอบ	4 เฉยๆ	5 ค่อนข้างชอบ	6 ชอบมาก	7 ชอบมากที่สุด
เป็นผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูปสำหรับอบด้วยไมโครเวฟ	1	2	3	4	5	6	7
สะดวก รวดเร็วในการเตรียมและการบริโภค	1	2	3	4	5	6	7
เป็นอาหารว่าง	1	2	3	4	5	6	7
มีรสชาติอร่อย	1	2	3	4	5	6	7
มีใยอาหาร	1	2	3	4	5	6	7
มีไขมันต่ำ	1	2	3	4	5	6	7
ผสมแครอท	1	2	3	4	5	6	7
อื่นๆ (โปรดระบุ .....)	1	2	3	4	5	6	7

7.หากผลิตภัณฑ์ตามแนวคิดข้างต้นมีวางจำหน่ายตามซูปเปอร์มาร์เก็ต (เช่น ท็อปส์), ไฮเปอร์มาร์เก็ต (เช่น คาร์ฟู, โลตัส) หรือร้านสะดวกซื้อ (เช่น เซเว่นอีเลฟเว่น) ในราคาที่สมเหตุสมผล ท่านคิดว่าท่านจะ**ซื้อหรือไม่** ?

( ) ซื้ออย่างแน่นอน

( ) อาจจะซื้อหรือไม่ซื้อก็ได้

( ) ไม่ซื้ออย่างแน่นอน

8.ปัจจัยใดต่อไปนี้ที่มีความสำคัญต่อการตัดสินใจในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ตามคำบรรยายข้างต้นของท่าน **(กรุณาให้คะแนนตามความสำคัญ โดย 7 คือสำคัญมากที่สุด และ 1 คือสำคัญน้อยที่สุด)**

	1 สำคัญน้อยที่สุด	2 สำคัญน้อย	3 ไม่ค่อยสำคัญ	4 เฉยๆ	5 ค่อนข้างสำคัญ	6 สำคัญมาก	7 สำคัญมากที่สุด
รูปแบบของผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูปสำหรับอบด้วยไมโครเวฟ	1	2	3	4	5	6	7
ตรงกับความต้องการ	1	2	3	4	5	6	7
เป็นสินค้าใหม่ในท้องตลาด	1	2	3	4	5	6	7
ความสะดวก รวดเร็วในการเตรียมการ	1	2	3	4	5	6	7
มีใยอาหาร	1	2	3	4	5	6	7
ไขมันต่ำ	1	2	3	4	5	6	7
การออกแบบบรรจุภัณฑ์	1	2	3	4	5	6	7
ภาพลักษณ์ของสินค้า	1	2	3	4	5	6	7
สถานที่ในการวางจำหน่าย	1	2	3	4	5	6	7
โปรโมชั่น	1	2	3	4	5	6	7
อื่นๆ (โปรดระบุ .....)	1	2	3	4	5	6	7

9.ท่านคิดว่า**<u>ราคาสูงสุด</u>**..... บาท ที่ท่านจะยอมจ่ายเพื่อซื้อผลิตภัณฑ์นี้ ? (ต่อการบริโภค 1 ครั้ง ประมาณ 100 กรัม)

****

ขอขอบคุณ

ภาคผนวก ข.
วิธีการวิเคราะห์ทางเคมี

ข1. การวิเคราะห์หาปริมาณแอมิโลส (Juliano, 1971)

<u>อุปกรณ์</u>

1. เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Spectophotometer, Spectonic รุ่น Genesys-20, USA)
2. เครื่องชั่งไฟฟ้า (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) (Mettler Toledo รุ่น AB204, Switzerland)

<u>สารเคมี</u>

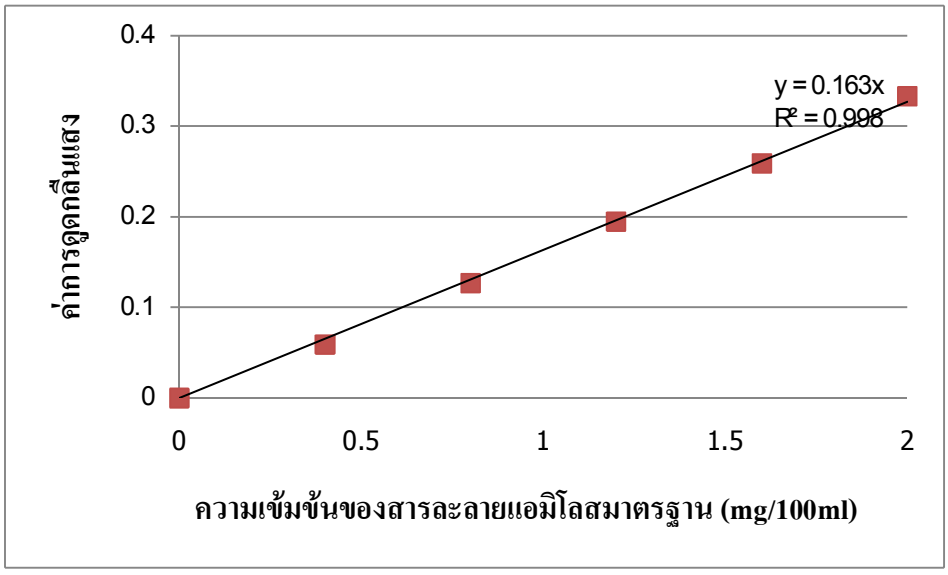
1. แอมิโลสบริสุทธิ์จากมันฝรั่ง (บริษัท Fluka BioChemika, U.S.A)
2. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 1 N
3. เอทิลแอลกอฮอล์ 95 %
4. สารละลายกรดอะซิติก ความเข้มข้น 1 N
5. สารละลายไอโอดีน (เตรียมสารละลายไอโอดีน 0.20 กรัม และโปแตสเซียมไอโอไดด์ 2.00 กรัม ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร)

<u>วิธีทดลอง</u>

การสร้างกราฟมาตราฐาน

1. ชั่งแอมิโลสบริสุทธ์จากมันฝรั่ง น้ำหนักแน่นอน 0.0400 กรัม ใส่ในฟลาสก์ขนาด 50 มิลลิลิตร แล้วเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 1 N ปริมาตร 9 มิลลิลิตร และเอทิลแอลกอฮอล์ 95 % ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน
2. เตรียม blank โดยเติมสารละลายโซเดียมไอดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 N ปริมาตร 9 มิลลิลิตร และเอทิลแอลกอฮอล์ 95 % ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ในฟลาสก์ขนาด 50 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน
3. ให้ความร้อนกับสารละลายในข้อ 1. และ 2. ในอ่างน้ำเดือด 5-10 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น
4. ชะสารละลายแอมิโลสใส่ในขวดวัดปริมาตร ขนาด 100 มิลลิลิตร (ใช้น้ำกลั่นชะสารละลายแอมิโลสออกมาให้มากที่สุด) ปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร โดยใช้น้ำกลั่นเขย่าให้เข้ากัน

5. ปิเปตสารละลายจากข้อ 4. ปริมาตร 1, 2, 3, 4 และ 5 มิลลิลิตร ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร 5 ขวด
6. ปิเปตสารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้น 1 N ปริมาตร 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0 มิลลิลิตร ลงในขวดวัดปริมาตรทั้ง 5 ใบ ตามลำดับ
7. เติมสารละลายไอโอดีน 2 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้แป็นเวลา 20 นาที
8. ชะ blank ลงในขวดวัดปริมาตร ขนาด 100 มิลลิลิตร โดยใช้น้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน จากนั้นปิเปตสารละลายมา 5 มิลลิลิตร ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร เติมสารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้น 1 N ปริมาตร 1 มิลลิลิตร และสารสารละลายไอโอดีน 2 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 20 นาที
9. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับ blank
10. สร้างกราฟมาตรฐานระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับปริมาณแอมิโลส ดังรูปที่ ข.1



รูปที่ ข.1 กราฟมาตรฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณแอมิโลส

การวิเคราะห์หาปริมาณแอมิโลสในตัวอย่าง

1. ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของตัวอย่าง (ผ่านตะแกรง ขนาด 100 mesh) ประมาณ 100 มิลลิกรัม (0.1 กรัม) ใส่ในฟลาสก์ ขนาด 50 มิลลิลิตร

2. เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 1 N ปริมาตร 9 มิลลิลิตร และเอทิลแอลกอฮอล์ 95 % ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน
3. ต้มในอ่างน้ำเดือดนาน 5-10 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ให้เย็น
4. ชะน้ำแป้งใส่ในขวดวัดปริมาตร ขนาด 100 มิลลิลิตร (ใช้น้ำกลั่นชะน้ำแป้งออกมาให้ได้มากที่สุด) ปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตรโดยใช้น้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน
5. ปิเปตสารละลายจากข้อ 4. มา 5 มิลลิลิตร ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร จากนั้นปิเปตสารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้น 1 N มา 1 มิลลิลิตร และสารละลาย ไอโอดีน 2 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 20 นาที
6. วัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับ blank
7. จากค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ นำไปอ่านค่าจากกราฟมาตรฐาน แล้วคำนวณหาปริมาณแอมิโลส

$$\text{ปริมาณแอมิโลส (\%)} = \frac{\text{ค่าที่อ่านได้จากกราฟมาตรฐาน (กรัม) X 100 x 20}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแห้ง (กรัม)}}$$

ข2. การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นตามวิธีมาตรฐาน A.O.A.C (2000)

<u>อุปกรณ์</u>

1. ตู้อบลมร้อน (Hot air oven, Memmert รุ่น w350, Germany)
2. จานอลูมิเนียมพร้อมฝาปิด
3. เดสิกเคเตอร์ (desiccator) ที่มีสารดูดความชื้น
4. เครื่องชั่งไฟฟ้า (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) (Mettler Toledo รุ่น AB204, Switzerland)

<u>วิธีวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นโดยการอบแห้ง</u>

1. อบจานหาความชื้นอลูมิเนียมพร้อมด้วยฝาปิดในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 100 ± 5 °C นานประมาณ 30 นาที ทำให้เย็นในเดสิกเคเตอร์ชั่งน้ำหนักจานและฝาปิดให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน
2. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนใส่จานอลูมิเนียม ประมาณ 2 กรัม นำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 100 ±5 °C นานประมาณ 5 ชั่วโมง โดยเปิดฝาอลูมิเนียมไว้เล็กน้อย จากนั้นปิดฝาอลูมิเนียมแล้วนำมาใส่ในเดสิกเคเตอร์ทิ้งไว้ให้เย็นชั่งน้ำหนักให้แน่นอน อบซ้ำนานครั้งละ 30 นาที แล้วชั่งน้ำหนักจนกว่าจะได้น้ำหนักแตกต่างกันไม่ควรเกิน 2 มิลลิกรัม คำนวณปริมาณความชื้นในตัวอย่างอาหาร

$$\text{ปริมาณความชื้น (\%)} = \frac{100\,(W_1 - W_2)}{W_1 - W}$$

เมื่อ W = น้ำหนักของจานอลูมิเนียมพร้อมฝาปิด (กรัม)

W_1 = น้ำหนักของจานอลูมิเนียมพร้อมฝาปิด และตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

W_2 = น้ำหนักของจานอลูมิเนียมพร้อมฝาปิด และตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

ข3. การวิเคราะห์หาปริมาณไขมันตามวิธีมาตรฐาน A.O.A.C (2000)

<u>อุปกรณ์</u>

1. เครื่อง Soxhlet
2. ทิมเบิล (thimble)
3. กระดาษกรอง
4. ขวดแก้วก้นกลม
5. เดสิกเคเตอร์ (desiccator)
6. เครื่องชั่งไฟฟ้า (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง)

<u>สารเคมี</u>

ปิโตรเลียมอีเทอร์

<u>วิธีวิเคราะห์</u>

1. ชั่งตัวอย่างที่ผ่านการอบไล่ความชื้นแล้วให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน ประมาณ 3 กรัม โดยใช้กระดาษกรองที่ทราบน้ำหนักรองรับ ชั่ง ห่อตัวอย่างให้มิดชิดด้วยกระดาษกรองแล้วใส่ลงในทิมเบิล จากนั้นใส่ทิมเบิลในช่องกลั่นของเครื่อง Soxhlet

2. ชั่งน้ำหนักฟลาสก์ ชนิดกลมก้นแบน ขนาด 250 มิลลิลิตร ที่อบให้แห้งสนิทแล้วใส่ปิโตรเลียมอีเทอร์ ลงในฟลาสก์ประมาณ 180 มิลลิลิตร ประกอบเครื่อง Shoxlet เข้าด้วยกันให้ความร้อน เพื่อสกัดไขมันจากตัวอย่างนานประมาณ 5 ชั่วโมง โดยปรับความร้อนให้หยดของตัวทำละลายกลั่นจากคอนเดนเซอร์ มีอัตรา 150 หยดต่อนาที เมื่อสกัดได้ตามเวลาที่กำหนดแล้ว นำฟลาสก์ก้นกลมซึ่งมีไขมันหรือน้ำมันที่สกัดได้ไประเหยเอาตัวทำละลายออกแล้วนำไปอบแห้งในตู้อบอุณหภูมิ 100 ± 5 °C นาน 30 นาที ชั่งน้ำหนัก ทำการอบซ้ำครั้งละ 30 นาที และชั่งจนได้น้ำหนักคงที่ หลังจากทำให้เย็นในเดสิกเคเตอร์ คำนวณปริมาณไขมันในตัวอย่างอาหารจากการคำนวณน้ำหนักจากขวดแก้วก้นกลมที่เพิ่มขึ้น

$$\text{ปริมาณไขมัน (\%)} = \frac{100\,(W_1 - W_2)}{W}$$

เมื่อ W = น้ำหนักของตัวอย่างอบแห้ง (กรัม)

W_1 = น้ำหนักของขวดแก้วก้นกลมและไขมันหลังอบจนน้ำหนักคงที่ (กรัม)

W_2 = น้ำหนักของขวดแก้วก้นกลมที่นำไปอบจนได้น้ำหนักคงที่ (กรัม)

ข4. การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนตามวิธีมาตรฐาน A.O.A.C (2000)

อุปกรณ์

1. ขวดสำหรับย่อย (digestion tube) และอุปกรณ์เครื่องแก้วต่างๆ
2. ชุดวิเคราะห์โปรตีน (เครื่องย่อยโปรตีน BUCHI รุ่น K-424, Switzerland, เครื่องกลั่นหาปริมาณไนโตรเจน VELP รุ่น UDK 127, USA)
3. บิวเรตต์ขนาด 50 มิลลิลิตร
4. เครื่องชั่งไฟฟ้า (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง)

สารเคมี

1. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)
2. กรดบอริก (H_3BO_3)
3. โพแทสเซียมไฮโดรเจนพาธาเลต (Potassium hydrogen phthalate,$KHC_8H_4O_4$)
4. โบรโมครีโซลกรีน (Bromocresol green)
5. เมธิลเรด (Methyl red)
6. ฟีนอล์ฟธาลีน (Phenolphthalein)
7. เอธิลแอลกอฮอล์ 95% (Ethanol,C_2H_5OH)
8. กรดซัลฟูริกเข้มข้น (H_2SO_4)
9. กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น (HCL,เข้มข้น 37% หรือ 12 mol/L)
10. สารเร่งปฏิกิริยา (Catalyst: Cu SO_4 และ K_2 SO_4)

<u>สารละลายที่ใช้และวิธีการเตรียม</u>

1. สารละลาย NaOH เข้มข้น 40% เตรียมโดยละลาย NaOH 400 กรัม ในน้ำกลั่น 1 ลิตร

2. สารละลายโบรโมครีโซลกรีน เตรียมโดยละลายโบรโมครีโซลกรีน 0.1 กรัม ในแอลกอฮอล์ 100 มิลลิลิตร

3. สารละลายเมธิลเรด เตรียมโดยละลายเมธิลเรด 0.1 กรัม ในแอลกอฮอล์ 100 มิลลิลิตร

4. สารละลายอินดิเตอร์ผสม เตรียมโดยนำสารละลาย จากข้อ 2 และ 3 มาผสมกันในอัตราส่วน 1 : 1

5. สารละลายฟีนอล์ฟธาลีน 0.1% ในเอธิลแอลกอฮอล์ 95%

6. สารละลายกรดบอริกเข้มข้น 4% เตรียมโดยละลายกรดบอริก 40 กรัม ในน้ำกลั่นประมาณ 500 มิลลิลิตร แล้วนำไปตั้งบนเตาให้ความร้อน ต้มและคนจนละลายหมด จากนั้นปรับปริมาตรแล้วด้วยน้ำกลั่นที่ร้อนจนได้ปริมาตรประมาณ 800 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วหยดสารละลายอินดิเคเตอร์ผสมจนสารละลายมีสีชมพูม่วง หลังจากนั้นจึงปรับปริมาตร ด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 1 ลิตร

7. สารละลายกรดมาตรฐาน 0.1 M HCl เตรียมดังนี้

7.1 ชั่งสาร $KHC_8H_4O_4$ ประมาณ 5 กรัม ใส่ในโกร่ง แล้วบดให้ละเอียด อบที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วทิ้งให้เย็นในเดสิกเคเตเอร์

7.2 ชั่งสาร $KHC_8H_4O_4$ ที่อบแล้วจากข้างต้น ซึ่งมีน้ำหนักแน่นอน (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) มาประมาณ 0.1 กรัม ใส่ในฟลาสก์ เติมน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร เขย่าเบาๆ ให้ $KHC_8H_4O_4$ ละลาย แล้วหยดฟีนอล์ฟธาลีนอินดิเคเตอร์ ลงไป 2-3 หยด จากนั้นไทเทรตด้วยสารละลาย NaOH 0.1 N (ชั่ง NaOH มาประมาณ 4 กรัม ละลายในน้ำกลั่นที่ต้มไล่ CO_2 และปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร) จนสารละลายในฟลาสก์เปลี่ยนเป็นสีชมพูอ่อนคงที่ จดปริมาตรของ HCl ที่ใช้ไว้

7.3 คำนวณความเข้มข้นของสารละลาย NaOH ดังสมการข้างล่างนี้

$$\text{Normality} = \frac{1000 \times \text{น้ำหนักที่แน่นอนของ } KHC_8H_4O_4 \text{ (กรัม)}}{\text{ปริมาตร NaOH ที่ใช้ไทเทรต} \times 204.44}$$

7.4 นำสารละลาย NaOH ที่เตรียมได้ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ใส่ในฟลาสก์ แล้วหยดฟีนอล์ฟธาลีนอินดิเคเตอร์ลงไป 2-3 หยด

7.5 นำสารละลาย HCl ที่เตรียมจากการปิเปต HCl ความเข้มข้น 37 % (by weight) มา 8.2 มิลลิลิตรแล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 1 ลิตร ใส่ในบิวเรต แล้วไทเทรตกับสารละลาย NaOH ที่เตรียมจากข้อ 4 จนสารละลายในฟลาสก์ เปลี่ยนเป็นสีชมพูอ่อนคงที่ จดปริมาตรของ HCl ที่ใช้ไว้

7.6 คำนวณความเข้มข้นของ HCl จากสมการข้างล่างนี้

$$\text{Normality (HCl)} = \frac{\text{ปริมาตร NaOH ที่ใช้} \times \text{ความเข้มข้นของ NaOH (ได้จากข้อ3)}}{\text{ปริมาตรของ HCl ที่ใช้ไทเทรต}}$$

วิธีวิเคราะห์

ย่อยและไทเทรตเพื่อวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน ดังนี้

การย่อย

1. ชั่งตัวอย่างมาประมาณ 0.5-1.0 กรัม ใส่ลงในหลอดย่อย
2. ใส่ catalysts ประมาณ 10-15 กรัม
3. เติมกรดซัลฟุริกเข้มข้น ลงประมาณ 10-15 มิลลิลิตร แล้วเขย่าเบาๆ

4. ตั้งหลอดย่อยใน stand สวม exhaust manifold ลงบนส่วนบนของขวดย่อย และเปิด power เครื่องดักจับไอกรด โดยทำการย่อยในตู้ควันหรือตู้ที่มีการดูดอากาศ

5. ตั้ง stand, digestion และ exhaust ลงบนเครื่องย่อย (digestor) และสวม heat shields

6. ย่อยต่อไปประมาณ 30-45 นาที จนได้สารละลายใส มีสีสม่ำเสมอกันทุกหลอด

7. ยก stand พร้อมหลอดย่อย และ exhaust มาตั้งไว้ข้างๆ และทิ้งไว้ให้เย็น

8. ปิด power เครื่องย่อยแต่ยังคงเปิดเครื่องดักจับไอกรดอยู่เพื่อดักจับไอกรดที่ยังมีอยู่ในหลอดย่อย

9. นำหลอดตัวอย่างที่ผ่านการย่อย

<u>การกลั่นและวิเคราะห์ปริมาณ</u>

1. นำหลอดตัวอย่างที่ผ่านการย่อยต่อเข้ากับเครื่องกลั่น เลือดโปรแกรม distillation โดยตั้งโปรแกรมดังนี้

โซเดียมไฮดรอกไซด์	80 มิลลิลิตร
น้ำ	40 มิลลิลิตร
เวลา	5 นาที

2. อุ่นเครื่องโดยใช้ฟลาสก์เปล่าและหลอดย่อยที่บรรจุน้ำกลั่นประมาณ ¼ ของหลอดใส่เข้าประจำที่ในเครื่องย่อย เพื่อกลั่นเป็นเวลาประมาณ 5 นาที จนครบ นำหลอดย่อยและฟลาสก์ออกจากเครื่องย่อย
3. นำฟลาสก์ซึ่งบรรจุกรดบอริก 4% จำนวน 40 มิลลิลิตร ที่ได้ผสมสารละลายอินดิเคเตอร์ ไปตั้งไว้บน platform ของเครื่อง และยก platform ขึ้นให้ปลายหลอดจุ่มอยู่ใต้กรดบอริก
4. ใส่หลอดย่อยที่ผ่านการย่อยมาแล้วในเครื่องกลั่นควรเริ่มต้นจากหลอดที่เป็น blank ก่อน แล้วจึงตามด้วยหลอดที่ใส่สารตัวอย่าง
5. กดปุ่ม (Auto) เพื่อเลือกการทำงานแบบอัตโนมัติ (ไฟที่ Auto จะสว่าง)
6. ปิด safety door เมื่อกลั่นเสร็จแล้วเอาฟลาสก์ และหลอดย่อยออกจากเครื่อง
7. นำสารละลายที่ได้ในฟลาสก์ไปไทเทรตกับสารละลายกรดไฮโดรคลอริกมาตรฐาน จนได้สารละลายเป็นสีชมพูอ่อน

8. คำนวณผลการวิเคราะห์ดังนี้

$$\%N = \frac{14 \times (V1-V2) \times \text{normality of HCl (mol/L)} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (มิลลิลิตร)}}$$

V1 = ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไทเทรตตัวอย่าง

V2 = ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไทเทรต blank

%Protein = %N x F

F = conversion factor ซึ่งเป็นค่าคงที่เฉพาะของแต่ละโปรตีน ในการทดลองใช้ 5.95 สำหรับวิเคราะห์โปรตีนในข้าว (สรัญ บินมิตตอร์, 2550)

ข5. การวิเคราะห์ปริมาณเถ้าตามวิธีมาตรฐาน A.O.A.C (2000)

อุปกรณ์

1. ถ้วยกระเบื้องเคลือบ (crucible)
2. เตาเผา (muffle)
3. เดสิกเคเตอร์ (desicctor)
4. เครื่องชั่งไฟฟ้า (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง)

วิธีวิเคราะห์

ชั่งตัวอย่างประมาณ 2 กรัม ในถ้วยกระเบื้องเคลือบ (porcelain crucible) ที่เผาและชั่งน้ำหนักแน่นอนแล้ว นำตัวอย่างไปเผาบน hot plate หรือเปลวไฟจนหมดควัน (เพื่อเผาส่วนที่เป็นสารประกอบอินทรีย์ออกไป) หลังจากนั้นนำไปเผาต่อในเตาอบ (muffle furnace) ที่อุณหภูมิ 500 - 550 องศาเซลเซียส จนได้เถ้าสีขาวหรือสีเทาอ่อน นำออกจากเตาเผาใส่เดสิกเคเตอร์ ปล่อยไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องแล้วชั่งน้ำหนักเผาตัวอย่างซ้ำนานครั้งละ 30 นาที จนกระทั่งชั่งได้น้ำหนักคงที่ (ต่างกันไม่เกิน 0.001 กรัม)

การคำนวณปริมาณของเถ้าในตัวอย่างดังนี้

$$\text{ปริมาณเถ้า (\%)} = \frac{100 (W_2-W)}{W_1 - W}$$

เมื่อ W = น้ำหนักของถ้วยกระเบื้องเคลือบ (กรัม)

W_1 = น้ำหนักของถ้วยกระเบื้องเคลือบ และตัวอย่างก่อนเผา (กรัม)

W_2 = น้ำหนักของถ้วยกระเบื้องเคลือบ และตัวอย่างหลังเผา (กรัม)

ข6. การคำนวณปริมาณคาร์โบไฮเดรตตามวิธีมาตรฐาน A.O.A.C (2000)

ปริมาณคาร์โบไฮเดรตในอาหารซึ่งส่วนใหญ่ประกอบด้วยสตาร์ชและน้ำตาล คำนวณจากค่า 100 หักด้วยค่าผลรวมที่ได้จากการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ความชื้น ไขมัน โปรตีน ใยอาหาร และเถ้า ดังสมการข้างล่างนี้

คาร์โบไฮเดรต (%) = 100 – [ความชื้น (%) + ไขมัน (%) + โปรตีน (%)+ ใยอาหาร (%) + เถ้า (%)]

ข7. การวิเคราะห์ Thiobarbituric Acid Reactive Substance (TBARS) (AOAC, 2000)

<u>อุปกรณ์</u>

1. เครื่องให้ความร้อนขณะกลั่น (heating mantle)
2. เครื่องชั่งไฟฟ้า (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) (Mettler Toledo รุ่น AB204, Switzerland)
3. เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Spectophotometer, Spectonic รุ่น Genesys-20, USA)
4. เครื่องชั่งไฟฟ้า (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) (Mettler Toledo รุ่น AB204, Switzerland)

<u>สารเคมี</u>

1. Thiobarbituric acid reagent (TBA Reagent)
2. สารละลายกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 4 N

<u>วิธีวิเคราะห์</u>

1. ชั่งตัวอย่างมา 10 กรัม นำเข้าเครื่องปั่น ปั่นผสมกับน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร นาน 2 นาที แล้วเทใส่ขวดสำหรับกลั่น ล้างเครื่องปั่นด้วยน้ำกลั่นจำนวน 47.50 มิลลิลิตร
2. เติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 4 N จำนวน 2.5 มิลลิลิตร เพื่อปรับให้มี pH ต่ำถึง 1.5 เติม anti-foaming และ glass bead

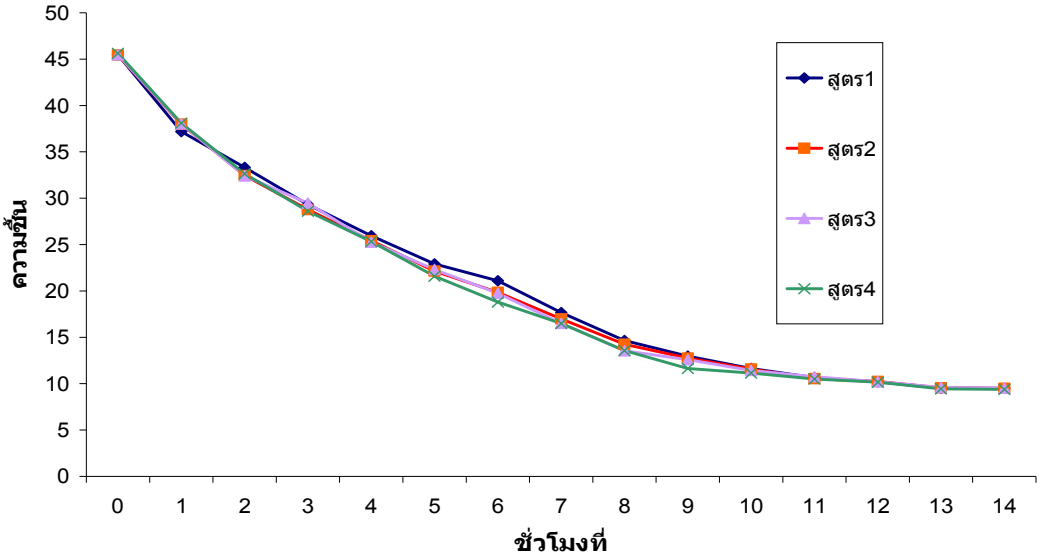
3. นำไปกลั่นโดยให้ความร้อนด้วยเครื่อง heating mantle กลั่นจนได้ของเหลวปริมาตร 50 มิลลิลิตร
4. ปิเปตของเหลวที่กลั่นได้ 5 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดที่มีฝาปิด เติมสารละลาย Thiobarbituric acid reagent 5 มิลลิลิตร เขย่าแล้วนำไปต้มในน้ำเดือดนาน 35 นาที
5. ทำ blank โดยใช้น้ำกลั่น 5 มิลลิลิตรแทนตัวอย่าง
6. หลังจากต้มในน้ำเดือดครบ 35 นาที แล้วนำหลอดทดลองไปทำให้เย็นภายใน 10 นาที แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 538 นาโนเมตร แล้วคำนวณหาค่า TBA ด้วยสูตร

TBA number (มิลลิกรัม malonaldehyde ต่อ กิโลกรัม) = 7.8 x OD

OD = ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 538 นาโนเมตร

ภาคผนวก ค.
การทำแห้งแผ่นข้าวเกรียบจากแป้งข้าวผสมแครอทก่อนอบด้วยไมโครเวฟ

เพื่อลดปริมาณความชื้นให้ไม่เกินกว่าที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกำหนด (ไม่เกินร้อยละ 12) จึงต้องอบแห้งชิ้นแป้งด้วยตู้อบลมร้อนที่ 55 °C ซึ่งแสดงการเปลี่ยนแปลงความชื้นของสูตรแป้ง 4 สูตร ที่ระยะเวลาต่างๆ ดังรูป ค.1



รูปที่ ค.1 ความชื้นของแผ่นข้าวเกรียบจากแป้งข้าวผสมแครอทที่ระยะเวลาการอบแห้งต่างกัน

ภาคผนวก ง.
วิธีตรวจวัดทางกายภาพ

ง1. การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นตามวิธีมาตรฐาน A.O.A.C (2000)

กล่าวไว้แล้วในภาคผนวก ข2.

ง.2 การวัดค่า water activity (a_w)

<u>อุปกรณ์</u>

1. เครื่องวัดค่า water activity (Aqua Lab รุ่น 3TE, USA)

<u>วิธีทดลอง</u>

1. เปิดเครื่องทิ้งไว้นาน 30 นาที เพื่อเตรียมความพร้อมก่อนใช้งาน
2. ตรวจสอบความถูกต้องของเครื่องมือด้วยน้ำกลั่น ซึ่งจะวัดได้ค่า a_w ประมาณ 0.997±0.003
3. บดตัวอย่างเป็นผงใส่ลงในถ้วยตัวอย่าง เกลี่ยให้กระจายทั่วตัวอย่าง
4. ใส่ถ้วยตัวอย่างลงในเครื่องวัด แล้วหมุนปุ่มเริ่มทำงาน รอจนเครื่องวัดเสร็จ จะมีเสียงและสัญญาณไฟเตือนสิ้นสุดการวัดค่า a_w

ง.3 การวัดค่าเนื้อสัมผัส (ดัดแปลงจากวิธีของ Noomhorm *et al.*, 1997)

<u>อุปกรณ์</u>

1. เครื่องวัดเนื้อสัมผัส Instron texture analyzer (รุ่น 5565, USA)

<u>วิธีทดลอง</u>

1. เปิดเครื่อง และคอมพิวเตอร์ ประกอบอุปกรณ์วัดค่าโดยใช้ Load cell ขนาด 500 นิวตัน หัววัดแบบ cylinder probe ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร และใช้ฐานวัดแบบเจาะทะลุ มีเส้นผ่านศูนย์กลางรูขนาด 1.6 เซนติเมตร
2. ตั้งความสูงของหัวเข็ม 50 มิลลิเมตร ความเร็วหัววัดก่อนและหลังสัมผัสตัวอย่าง 5 มิลลิเมตรต่อวินาที ความเร็วหัววัดขณะสัมผัสตัวอย่าง 100 มิลลิเมตรต่อวินาที โดยให้หัววัดกดทะลุตัวอย่าง
3. นำตัวอย่างวางลงบนฐานวัดของเครื่อง Instron แล้ววัดเนื้อสัมผัสโดยใช้แรงกด (compression) คอมพิวเตอร์จะวัดค่าแรงตามที่ตั้งโปรแกรมไว้ ได้แก่ ค่าความแข็ง (hardness) และความเปราะ (fracturability) โดยแสดงหน่วยเป็นกรัม

ง4. การวัดค่าสี

<u>อุปกรณ์</u>

1. เครื่องวัดสี (Minolta Chroma Meter รุ่น CR 300 series, Japan)

<u>วิธีทดลอง</u>

1. Calibrate เครื่องวัด แล้วตั้งเครื่องให้วัดค่า L* (ความสว่าง) +a* (ค่าสีแดง) +b* (ค่าสีเหลือง)
2. วัดค่า โดยนำหัววัดไปสัมผัสกับกึ่งกลางผิวของตัวอย่าง 2 ตำแหน่งต่อ 1 ตัวอย่าง โดยวัด 5 ตัวอย่างต่อ 1 ซ้ำ

ง5. การวัดอัตราส่วนการพองตัว (puffing ratio) (ดัดแปลงจากวิธีของ Noomhorm *et al*., 1997)

<u>อุปกรณ์</u>

1. เวอร์เนียคาลิปเปอร์

<u>วิธีทดลอง</u>

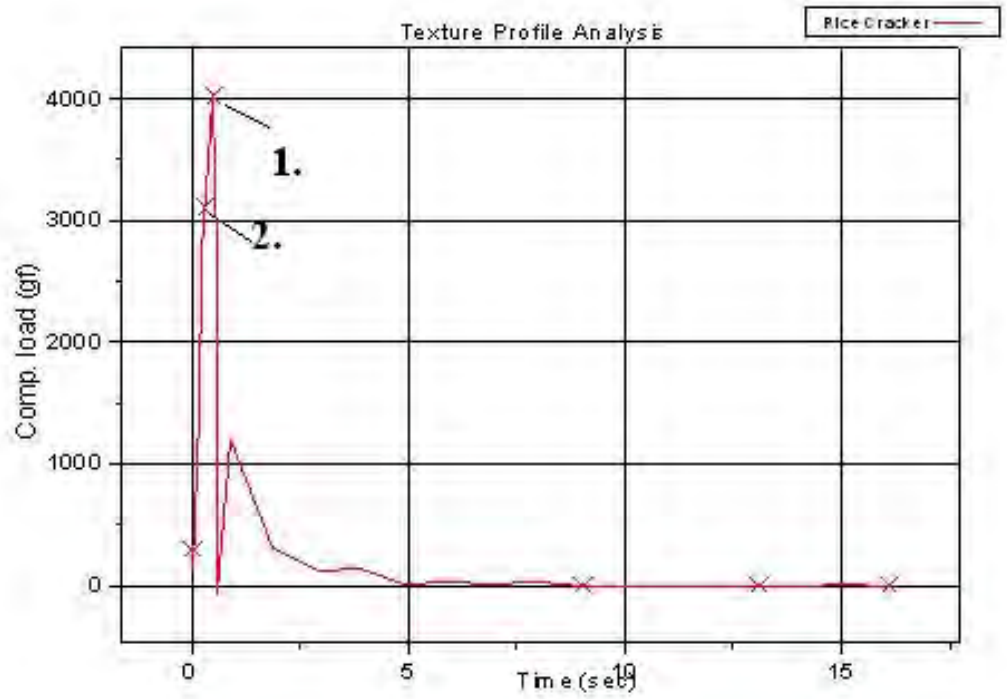
1. วัดความหนาของตัวอย่างก่อนอบ 3 ตำแหน่ง ของตัวอย่างจำนวน 5 ชิ้น (ต่อ 1 ซ้ำ) แล้วหาค่าเฉลี่ย
2. วัดความหนาของตัวอย่างหลังอบ 3 ตำแหน่ง ของตัวอย่างจำนวน 5 ชิ้น (ต่อ 1 ซ้ำ) แล้วหาค่าเฉลี่ย
3. นำค่าเฉลี่ยมาคำนวณสัดส่วนการพองตัวตามสมการ

$$\text{สัดส่วนการพองตัว} = \frac{\text{ความหนาของตัวอย่างหลังอบ}}{\text{ความหนาของตัวอย่างก่อนอบ}}$$

ภาคผนวก จ.

Texture Profile

การวัดค่าเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ใช้เครื่อง Instron texture analyzer รุ่น 5565 ในการวัดค่าความแข็ง (Hardness) และค่าความเปราะ (Fracturability) ซึ่งจุดในการบันทึกค่าแรงทั้งสองแสดงไว้ดังรูปที่ จ.1



รูปที่ จ.1 Texture profile จากเครื่อง Instron texture analyzer รุ่น 5565

หมายเหตุ

1. ค่าความแข็งจะวัดที่จุดยอดของพีคที่สูงที่สุด หมายถึงค่าแรงที่มากที่สุดที่ทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการแตกหัก
2. ค่าความเปราะจะวัดที่จุดยอดของพีคแรก หมายถึงค่าแรงที่ทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการแตกร้าวขึ้น

ภาคผนวก ฉ.
วิธีตรวจวัดทางจุลินทรีย์

ฉ.1 การวิเคราะห์จุลินทรีย์ทั้งหมด (AOAC, 2000)

อุปกรณ์

1. จานเพาะเชื้อ (Petri dish)
2. ปิเปต
3. ถุงพลาสติกปราศจากเชื้อ

อาหารเลี้ยงเชื้อและสารละลาย

1. Standard Plate Count Agar
2. สารละลาย peptone water

วิธีวิเคราะห์

- การเจือจางตัวอย่างอาหาร
    1. ชั่งตัวอย่างอาหาร 11 กรัม ใส่ถุงพลาสติกปราศจากเชื้อ เทสารละลาย peptone water จำนวน 99 มิลลิลิตร เพื่อเจือจางตัวอย่างอาหาร แล้วนำไปตีให้เข้ากันด้วยเครื่องตีผสมอาหาร
    2. ปิเปตตัวอย่างอาหารจากข้อ 1. จำนวน 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดที่ใส่สารละลาย peptone water จำนวน 9 มิลลิลิตร
    3. เจือจางตัวอย่างอาหารเช่นเดียวกับข้อ 2. จนได้อัตราส่วนที่ต้องการ

- การวิเคราะห์

1. ปิเปตตัวอย่างที่ถูกเจือจางเป็นอัตราส่วนต่างๆแล้ว 1 มิลลิลิตร ลงในจานเพาะเชื้อ
2. เทอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate count agar ที่มีอุณหภูมิประมาณ 45 – 50 °C ลงในจานเพาะเชื้อ จานละประมาณ 15 – 20 มิลลิลิตร ผสมเข้ากันโดยเลื่อนจานเพาะเชื้อในแนวตั้ง, แนวตามเข็มนาฬิกา, แนวนอน และแนวทวนเข็มนาฬิกา แนวละ 5 ครั้ง ตั้งทิ้งไว้ให้แข็ง
3. กลับจานเพาะเชื้อแล้วนำไปบ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 48±3 ชั่วโมง
4. นับโคโลนีในจานเพาะเชื้อโดยเลือกจานที่มีจำนวนโคโลนีประมาณ 25-250 โคโลนี คำนวณโดยหาค่าเฉลี่ย รายงานผลเป็น โคโลนี/กรัม

ฉ.2 การวิเคราะห์ยีสต์และรา (AOAC, 2000)

<u>อุปกรณ์</u>

1. จานเพาะเชื้อ (Petri dish)
2. ปิเปต
3. ถุงพลาสติกปราศจากเชื้อ

<u>อาหารเลี้ยงเชื้อและสารละลาย</u>

1. Potato Dextose Agar
2. สารละลาย peptone water
3. สารละลาย Tartaric acid 10%

<u>วิธีวิเคราะห์</u>

- การเจือจางตัวอย่างอาหาร
    1. ชั่งตัวอย่างอาหาร 11 กรัม ใส่ถุงพลาสติกปราศจากเชื้อ เทสารละลาย peptone water จำนวน 99 มิลลิลิตร เพื่อเจือจางตัวอย่างอาหาร แล้วนำไปตีให้เข้ากันด้วยเครื่องตีผสมอาหาร นาน 1 นาที
    2. ปิเปตตัวอย่างอาหารจากข้อ 1. จำนวน 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดที่ใส่สารละลาย peptone water จำนวน 9 มิลลิลิตร
    3. เจือจางตัวอย่างอาหารเช่นเดียวกับข้อ 2. จนได้อัตราส่วนที่ต้องการ
- การวิเคราะห์

1. ปิเปตตัวอย่างที่ถูกเจือจางเป็นอัตราส่วนต่างๆแล้ว 1 มิลลิลิตร ลงในจานเพาะเชื้อ
2. เทอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextose Agar ที่ฆ่าเชื้อและปรับ pH Tartaric acid แล้ว (อุ่นอยู่ที่อุณหภูมิประมาณ 45 – 50 °C) ลงในจานเพาะเชื้อ จานละประมาณ 15 – 20 มิลลิลิตร ผสมเข้ากันโดยเลื่อนจานเพาะเชื้อในแนวตั้ง, แนวตามเข็มนาฬิกา, แนวนอน และแนวทวนเข็มนาฬิกา แนวละ 5 ครั้ง ตั้งทิ้งไว้ให้แข็ง
3. นำไปบ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 วัน
4. นับโคโลนีในจานเพาะเชื้อโดยเลือกจานที่มีจำนวนโคโลนีประมาณ 10 - 200 โคโลนี คำนวณโดยหาค่าเฉลี่ย รายงานผลเป็น โคโลนี/กรัม

ภาคผนวก ช.
การประเมินผลทางประสาทสัมผัส

ช1. แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์

ตัวอย่าง **ข้าวเกรียบจากแป้งข้าวผสมแครอท** รหัสตัวอย่าง_____

ชื่อผู้ทดสอบ _____ วันที่

_____

คำแนะนำ : กรุณาทดสอบตัวอย่างและให้คะแนนความชอบและความพอดีแต่ละคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์

คุณลักษณะ	ไม่ชอบมากที่สุด	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบปานกลาง	ไม่ชอบเล็กน้อย	เฉยๆ	ชอบเล็กน้อย	ชอบปานกลาง	ชอบมาก	ชอบมากที่สุด
สี									
กลิ่นรส									
เนื้อสัมผัส									
ความชอบรวม									

คุณลักษณะ	น้อยไป	น้อย	พอดี	มาก	มากไป
รสหวาน					
รสเค็ม					
ความแข็ง (แรงที่ใช้กัดคำแรก)					
ความเปราะ (การแตกหัก)					

ข้อเสนอแนะ

_____

ช2. แบบทดสอบการยอมรับของผลิตภัณฑ์สุดท้าย

แบบสอบถาม

เรื่อง ทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบจากแป้งข้าวเสริมแครอทสำหรับอบด้วยไมโครเวฟ

คำชี้แจง

แบบสอบถามชุดนี้จัดทำขึ้นเพื่อทำการศึกษาทดสอบทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบจากแป้งข้าวเสริมแครอทสำหรับอบด้วยไมโครเวฟ เพื่อประกอบการวิจัย โดยที่แบบสอบถามฉบับนี้เป็นแบบให้ผู้บริโภคนำกลับไปทำด้วยตนเองที่บ้าน และเป็นแบบสอบถามที่ไม่มีการระบุชื่อ เบอร์โทรของผู้ตอบ ดังนั้นผู้ตอบคำถามสามารถที่จะตอบคำถามได้อย่างเสรี และจะไม่มีผลกระทบใดๆต่อผู้ตอบแบบสอบถามทั้งสิ้น

จึงใคร่ขอความร่วมมือกรุณาตอบแบบสอบถามตามความเป็นจริงและครบถ้วนสมบูรณ์ ข้อมูลจะนำไปใช้ประโยชน์สำหรับงานวิจัยเท่านั้น โดยแบบสอบถามฉบับนี้มี 2ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคล

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับการยอมรับผลิตภัณฑ์

<u>คำชี้แจง</u> โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน ( ) ที่ท่านเห็นว่าเหมาะสมและตรงกับความคิดเห็นของท่าน

<u>ส่วนที่ 1</u> ข้อมูลส่วนบุคคล

1. เพศ

( ) ชาย ( ) หญิง

2. อายุ

( ) 13 – 16 ปี ( ) 17 – 20 ปี

( ) 21 – 30 ปี ( ) 31 – 45 ปี

( ) 46 ปี ขึ้นไป

3. การศึกษา

( ) กำลังศึกษาอยู่ ( ) จบการศึกษาแล้ว

ในระดับ

( ) ต่ำกว่ามัธยมศึกษา ( ) มัธยมศึกษา

( ) อนุปริญญา หรือ เทียบเท่า ( ) ปริญญาตรี

( ) สูงกว่าปริญญาตรี

4. อาชีพ

( ) ราชการ และรัฐวิสาหกิจ ( ) ประกอบธุรกิจส่วนตัว

( ) พนักงานบริษัทเอกชน ( ) อื่นๆ .....

5. รายได้ต่อเดือน **(เฉพาะบุคคล)**

( ) ต่ำกว่า 7000 บาท / เดือน ( ) 7001 – 15000 บาท / เดือน

( ) 15001 – 20000 บาท / เดือน ( ) 20001 – 30000 บาท / เดือน

( ) มากกว่า 30000 บาท / เดือน

6. สถานภาพ

( ) โสด ( ) สมรส *มีบุตร.....คน*

7. ลักษณะการอยู่อาศัยในบ้าน

( ) อยู่คนเดียว ( ) อยู่กับครอบครัว / ญาติ

( ) อยู่ร่วมกับผู้อื่น (เช่น เพื่อน)

<u>ส่วนที่ 2</u> ข้อมูลเกี่ยวกับการยอมรับผลิตภัณฑ์

2.1 ข้อมูลเกี่ยวกับการยอมรับผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบจากแป้งข้าวเสริมแครอทสำหรับอบด้วยไมโครเวฟ <u>*ก่อนอบ*</u>ด้วยไมโครเวฟ

<u> กรุณาฉีกซองบรรจุภัณฑ์ พิจารณาตัวอย่างตามคุณลักษณะต่าง ๆของผลิตภัณฑ์ก่อนอบ เพื่อตอบคำถาม ***</u>***

1. โปรดเลือกให้คะแนน<u>ความชอบ</u>ของท่านที่มีต่อผลิตภัณฑ์

คุณลักษณะ	ไม่ชอบมากที่สุด	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบปานกลาง	ไม่ชอบเล็กน้อย	เฉยๆ	ชอบเล็กน้อย	ชอบปานกลาง	ชอบมาก	ชอบมากที่สุด
สี									
ลักษณะปรากฏ									
กลิ่น									
ความชอบรวม									

2.2 ข้อมูลเกี่ยวกับการยอมรับผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบจากแป้งข้าวเสริมแครอท สำหรับอบด้วยไมโครเวฟ *หลังอบ*ด้วยไมโครเวฟ

***** กรุณาอบผลิตภัณฑ์ตามวิธีที่แนะนำด้านล่าง ทดสอบตัวอย่างเพื่อตอบคำถาม *****

ข้าวเกรียบจากแป้งข้าวเสริมแครอท

ส่วนประกอบ: แป้งข้าวเหนียว, shortening, แครอท, กัวร์กัม, เครื่องปรุงรส

วิธีทำ

•ฉีกซอง แยกซองเครื่องปรุงไว้ต่างหาก

•เทผลิตภัณฑ์ใส่ถ้วยหรือจาน นำเข้าอบด้วยไมโครเวฟโดยไม่ต้องปิดฝา ประมาณ 30± 5 วินาที (ขึ้นอยู่กับกำลังไฟ และความจุของไมโครเวฟของท่าน)

•ทิ้งไว้ให้เย็นประมาณ 2 นาที ฉีกซองเครื่องปรุงคลุกเคล้าให้เข้ากัน

1. โปรดตอบคำถามด้านข้อมูลจำเพาะเกี่ยวกับไมโครเวฟที่ท่านใช้ในการอบผลิตภัณฑ์

ไมโครเวฟที่ท่านใช้ในการอบผลิตภัณฑ์ยี่ห้อ ..... รุ่น(ถ้ามี) .....

กำลังไฟ .....วัตต์ เวลาที่ท่านใช้ในการอบผลิตภัณฑ์.....วินาที

2. โปรดเลือกให้คะแนน<u>ความชอบ</u>ของท่านที่มีต่อแนวคิดผลิตภัณฑ์ข้างต้น

คุณลักษณะ	ไม่ชอบมากที่สุด	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบปานกลาง	ไม่ชอบเล็กน้อย	เฉยๆ	ชอบเล็กน้อย	ชอบปานกลาง	ชอบมาก	ชอบมากที่สุด
สี									
กลิ่นรส									
เนื้อสัมผัส									
ความชอบรวม									

คุณลักษณะ	น้อยไป	น้อย	พอดี	มาก	มากไป
รสหวาน					
รสเค็ม					
ความแข็ง (แรงที่ใช้กัดคำแรก)					
ความเปราะ (การแตกหัก)					

ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นไม่พึงปรารถนาหรือไม่

____ มี ___ ไม่มี

2.3 ข้อมูลเกี่ยวกับการยอมรับผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบจากแป้งข้าวเสริมแครอทสำหรับอบด้วยไมโครเวฟ โดยรวม

1. โปรดเลือกให้คะแนนความโดดเด่นของผลิตภัณฑ์ข้างต้น

1 ไม่โดดเด่น อย่างยิ่ง	2 ไม่โดดเด่น	3 ไม่ค่อย โดดเด่น	4 เฉยๆ	5 ค่อนข้าง โดดเด่น	6 โดดเด่น	7 โดดเด่น อย่างยิ่ง

2. โปรดให้คะแนนความสนใจของท่านที่มีต่อผลิตภัณฑ์ข้างต้น

1 ไม่สนใจ อย่างยิ่ง	2 ไม่สนใจ	3 ไม่ค่อย สนใจ	4 เฉยๆ	5 ค่อนข้าง สนใจ	6 สนใจ	7 สนใจ อย่างยิ่ง

3. ท่านคิดว่าผลิตภัณฑ์นี้ มีความสะดวก รวดเร็วในการเตรียมการหรือไม่

( ) สะดวก ( ) ไม่สะดวก

4. ท่านคิดว่าท่านยอมรับผลิตภัณฑ์นี้หรือไม่ ? (หากตอบว่าไม่ยอมรับ ยุติการตอบแบบสอบถาม)

( ) ยอมรับ ( ) ไม่ยอมรับ

เหตุผลที่ยอมรับ หรือไม่ยอมรับ

....

.....

<u>กรุณาอ่านคำบรรยายคุณสมบัติผลิตภัณฑ์ และดูตัวอย่างตอบคำถาม</u>

" หากคุณรู้สึกหิวระหว่างทำงานยุ่ง เคร่งเครียดกับการอ่านหนังสือสอบ เพลิดเพลินกับการสังสรรค์กับเพื่อน ๆ นั่งลุ้นฟุตบอลนัดสำคัญ หรือดูซีรี่ส์โปรดตอนดึก เราขอเสนอผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบผสมแครอทสำหรับอบด้วยไมโครเวฟ แค่เพียงฉีกซองแล้วนำไปอบด้วยไมโครเวฟไม่เกิน 1 นาที คุณก็จะได้อาหารว่างแสนอร่อยที่ดีกับสุขภาพด้วยใยอาหารจากผัก และมีไขมันต่ำอีกด้วย "

5.จากคุณสมบัติต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ต่อไปนี้ ที่มีความสำคัญต่อการตัดสินใจในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ของท่าน(**กรุณาให้คะแนนตามความสำคัญ โดย 7 คือชอบมากที่สุด และ 1 คือชอบน้อยที่สุด**)

	1 ชอบน้อยที่สุด	2 ชอบน้อย	3 ไม่ค่อยชอบ	4 เฉยๆ	5 ค่อนข้างชอบ	6 ชอบมาก	7 ชอบมากที่สุด
เป็นผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูปสำหรับอบด้วยไมโครเวฟ	1	2	3	4	5	6	7
เป็นขนมขบเคี้ยวระหว่างมื้อ	1	2	3	4	5	6	7
มีใยอาหาร	1	2	3	4	5	6	7
ไขมันต่ำ	1	2	3	4	5	6	7
ผสมแครอท	1	2	3	4	5	6	7
อื่นๆ (โปรดระบุ .....)	1	2	3	4	5	6	7

6.ปัจจัยใดต่อไปนี้ ที่มีความสำคัญต่อการตัดสินใจในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ของท่าน **(กรุณาให้คะแนนตามความสำคัญ โดย 7 คือสำคัญที่สุด และ 1 คือสำคัญน้อยที่สุด)**

	1 สำคัญน้อยที่สุด	2 สำคัญน้อย	3 ไม่ค่อยสำคัญ	4 เฉยๆ	5 ค่อนข้างสำคัญ	6 สำคัญมาก	7 สำคัญมากที่สุด
รูปแบบของผลิตภัณฑ์ กึ่งสำเร็จรูปสำหรับอบด้วยไมโครเวฟ	1	2	3	4	5	6	7
ตรงกับความต้องการ	1	2	3	4	5	6	7
เป็นสินค้าใหม่ในท้องตลาด	1	2	3	4	5	6	7
มีใยอาหาร	1	2	3	4	5	6	7
ไขมันต่ำ	1	2	3	4	5	6	7
อื่นๆ (โปรดระบุ .....)	1	2	3	4	5	6	7

7.หากผลิตภัณฑ์ตามแนวคิดข้างต้นมีวางจำหน่ายตามซุปเปอร์มาร์เก็ต (เช่น ท็อปส์), ไฮเปอร์มาร์เก็ต (เช่น คาร์ฟู, โลตัส) หรือร้านสะดวกซื้อ (เช่น เซเว่นอีเลฟเว่น) ในราคาที่สมเหตุสมผล ท่านคิดว่าท่านจะซื้อหรือไม่ ?

( ) ซื้ออย่างแน่นอน ( ) อาจจะซื้อ

( ) อาจจะซื้อหรือไม่ซื้อก็ได้ ( ) อาจจะไม่ซื้อ

( ) ไม่ซื้ออย่างแน่นอน

8.ท่านคิดว่าราคาสูงสุด..... บาท ที่ท่านจะยอมจ่ายเพื่อซื้อผลิตภัณฑ์นี้ ?

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

****

ขอขอบคุณ

ช3. แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ช่วงศึกษาอายุการเก็บ

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

ตัวอย่าง **ข้าวเกรียบจากแป้งข้าวผสมแครอท** รหัสตัวอย่าง_____

ชื่อผู้ทดสอบ _____ วันที่

_____

คำแนะนำ : กรุณาทดสอบตัวอย่างและให้คะแนนความชอบและความพอดีแต่ละคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์

คุณลักษณะ	ไม่ชอบมากที่สุด	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบปานกลาง	ไม่ชอบเล็กน้อย	เฉยๆ	ชอบเล็กน้อย	ชอบปานกลาง	ชอบมาก	ชอบมากที่สุด
สี									
กลิ่นรส									
เนื้อสัมผัส									
ความชอบรวม									

คุณลักษณะ	น้อยไป	น้อย	พอดี	มาก	มากไป
รสหวาน					
รสเค็ม					
กลิ่นหืน					
ความแข็ง (แรงที่ใช้กัดคำแรก)					
ความเปราะ (การแตกหัก)					

ข้อเสนอแนะ

_____

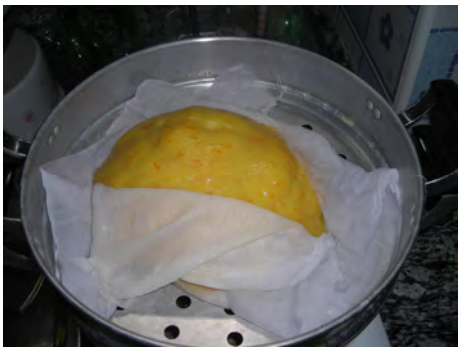
ภาคผนวก ซ.
รูปผลิตภัณฑ์

ซ.1 รูปขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์

1. ชั่งส่วนผสมทั้งหมดตามสูตร

2. ผสมส่วนผสมทั้งหมดให้เข้ากัน ได้ก้อนโด

3. นึ่งโดเป็นเวลา 30 นาที



4. รีดเป็นแผ่นให้มีความหนาประมาณ 0.5 cm.

5. จัดเรียงใส่ถาด

6. หุ้มด้วยอลูมิเนียมฟอยล์ เข้าตู้เย็น 24 ชั่วโมง

7. กดแป้งเป็นวงกลม เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2 เซนติเมตร

8. อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน

9.(ก) อบข้าวเกรียบดิบที่ได้ 1 ชิ้น ด้วยเตาอบไมโครเวฟ

หรือ (ข) อบข้าวเกรียบดิบที่ได้ 1 ซอง (15 ชิ้น) ด้วยเตาอบไมโครเวฟ

ซ2. ตัวอย่างผลิตภัณฑ์

รูปที่ ซ2. ผลิตภัณฑ์หลังอบพองด้วยไมโครเวฟ

ซ3. ตัวอย่างฉลากผลิตภัณฑ์

รูปที่ซ3. ตัวอย่างฉลากผลิตภัณฑ์

ภาคผนวก ฌ.
ตารางผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน

ฌ1. ตาราง ANOVA แสดงอิทธิพลของสูตรและเวลาในการอบแห้งต่อค่าความชื้นของข้าวเกรียบดิบจากแป้งข้าว 4 สูตร (สำหรับตารางที่ 4.13)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: MC

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	16.380[a]	11	1.489	5415.019	.000
Intercept	2582.545	1	2582.545	9391073	.000
สูตร	.188	3	.063	228.040	.000
HR	16.038	2	8.019	29160.20	.000
สูตร * HR	.154	6	.026	93.449	.000
Error	.003	12	.000		
Total	2598.929	24			
Corrected Total	16.384	23			

a. R Squared = 1.000 (Adjusted R Squared = 1.000)

ฌ2. ตาราง ANOVA แสดงอิทธิพลของสูตรและเวลาในการอบแห้งต่อค่า a_w ของข้าวเกรียบดิบจากแป้งข้าว 4 สูตร (สำหรับตารางที่ 4.14)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: AW

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.004(a)	11	.000	78.973	.000
Intercept	12.989	1	12.989	2734511.719	.000
สูตร	.000	3	.000	21.123	.000
HR	.004	2	.002	393.693	.000
สูตร * HR	8.525E-05	6	1.421E-05	2.991	.050
Error	5.700E-05	12	4.750E-06		
Total	12.993	24			
Corrected Total	.004	23			

a R Squared = .986 (Adjusted R Squared = .974)

ฌ3. ตาราง ANOVA แสดงอิทธิพลของสูตรและเวลาในการอบแห้งต่อค่าความชื้นของข้าวเกรียบจากแป้งข้าว 4 สูตร หลังอบพองด้วยไมโครเวฟ (สำหรับตารางที่ 4.15)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: MCหลังอบ

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	4.216(a)	11	.383	828.766	.000
Intercept	1233.670	1	1233.670	2667395.036	.000
สูตร	.391	3	.130	281.619	.000
HR	3.736	2	1.868	4039.252	.000
สูตร * HR	.089	6	.015	32.177	.000
Error	.006	12	.000		
Total	1237.892	24			
Corrected Total	4.222	23			

a R Squared = .999 (Adjusted R Squared = .997)

ฌ4. ตาราง ANOVA แสดงอิทธิพลของสูตรและเวลาในการอบแห้งต่อค่า a_w ของข้าวเกรียบจากแป้งข้าว 4 สูตร หลังอบพองด้วยไมโครเวฟ (สำหรับตารางที่ 4.16)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:awหลังอบ

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.021[a]	11	.002	341.898	.000
Intercept	4.702	1	4.702	861436.099	.000
สูตร	.002	3	.001	129.697	.000
HR	.018	2	.009	1642.282	.000
สูตร * HR	.000	6	7.935E-5	14.537	.000
Error	6.550E-5	12	5.458E-6		
Total	4.723	24			
Corrected Total	.021	23			

a. R Squared = .997 (Adjusted R Squared = .994)

ฌ5. ตาราง ANOVA แสดงอิทธิพลของสูตรและเวลาในการอบแห้งต่อค่าความแข็งของข้าวเกรียบดิบจากแป้งข้าวผสมแครอท (สำหรับตารางที่ 4.17)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: H_BEFORE

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	36521487.406(a)	11	3320135.219	27203.301	.000
Intercept	1433300723.548	1	1433300723.548	11743651.558	.000
สูตร	3263171.244	3	1087723.748	8912.190	.000
HR	31504725.887	2	15752362.944	129065.910	.000
สูตร* HR	1753590.275	6	292265.046	2394.654	.000
Error	5858.351	48	122.049		
Total	1469828069.305	60			
Corrected Total	36527345.757	59			

a R Squared = 1.000 (Adjusted R Squared = 1.000)

ฌ6. ตาราง ANOVA แสดงอิทธิพลของสูตรและเวลาในการอบแห้งต่อค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบจากแป้งข้าวผสมแครอทที่พองตัวด้วยไมโครเวฟ (สำหรับตารางที่ 4.18)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: H_AFTER

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	16236504.990(a)	11	1476045.908	1237.200	.000
Intercept	301065721.678	1	301065721.678	252348.860	.000
สูตร	11086621.292	3	3695540.431	3097.548	.000
HR	4860006.944	2	2430003.472	2036.793	.000
สูตร * HR	289876.753	6	48312.792	40.495	.000
Error	57266.574	48	1193.054		
Total	317359493.242	60			
Corrected Total	16293771.564	59			

a R Squared = .996 (Adjusted R Squared = .996)

ฌ7. ตาราง ANOVA แสดงอิทธิพลของสูตรและเวลาในการอบแห้งต่อค่าความเปราะของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบจากแป้งข้าวผสมแครอทที่พองตัวด้วยไมโครเวฟ (สำหรับตารางที่ 4.19)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: F_AFTER

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	56246374.055(a)	11	5113306.732	4173.181	.000
Intercept	211205447.537	1	211205447.537	172373.501	.000
สูตร	52340985.685	3	17446995.228	14239.214	.000
HR	3221357.540	2	1610678.770	1314.542	.000
สูตร * HR	684030.830	6	114005.138	93.044	.000
Error	58813.341	48	1225.278		
Total	267510634.934	60			
Corrected Total	56305187.396	59			

a R Squared = .999 (Adjusted R Squared = .999)

ฌ8. ตาราง ANOVA แสดงอิทธิพลของสูตรและเวลาในการอบแห้งต่ออัตราส่วนการพองตัวของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบจากแป้งข้าวผสมแครอทที่พองตัวด้วยไมโครเวฟ (สำหรับตารางที่ 4.20)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:การพองตัว

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	17.178[a]	11	1.562	2.090	.064
Intercept	404.316	1	404.316	541.032	.000
สูตร	10.149	3	3.383	4.527	.012
HR	3.531	2	1.765	2.362	.116
สูตร *HR	3.498	6	.583	.780	.594
Error	17.935	24	.747		
Total	439.429	36			
Corrected Total	35.114	35			

a. R Squared = .489 (Adjusted R Squared = .255)

ฌ9. ตาราง ANOVA แสดงอิทธิพลของสูตรและเวลาในการอบแห้งต่อค่าความสว่างของข้าวเกรียบดิบจากแป้งข้าวผสมแครอท (สำหรับตารางที่ 4.21)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: L

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	203.910(a)	11	18.537	8.829	.000
Intercept	323175.075	1	323175.075	153914.921	.000
สูตร	136.472	3	45.491	21.665	.000
HR	36.570	2	18.285	8.708	.000
สูตร *HR	30.868	6	5.145	2.450	.029
Error	226.768	108	2.100		
Total	323605.752	120			
Corrected Total	430.677	119			

a R Squared = .473 (Adjusted R Squared = .420)

ฌ10. ตาราง ANOVA แสดงอิทธิพลของสูตรและเวลาในการอบแห้งต่อค่าสีแดงของข้าวเกรียบดิบจากแป้งข้าวผสมแครอท (สำหรับตารางที่ 4.22)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: A

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	74.808(a)	11	6.801	1.735	.075
Intercept	3529.842	1	3529.842	900.357	.000
สูตร	52.649	3	17.550	4.476	.005
HR	.835	2	.418	.107	.899
สูตร *HR	21.323	6	3.554	.906	.493
Error	423.413	108	3.920		
Total	4028.062	120			
Corrected Total	498.221	119			

a R Squared = .150 (Adjusted R Squared = .064)

ฌ11. ตาราง ANOVA แสดงอิทธิพลของสูตรและเวลาในการอบแห้งต่อค่าสีเหลืองของข้าวเกรียบดิบจากแป้งข้าวผสมแครอท (สำหรับตารางที่ 4.23)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: B

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	320.365(a)	11	29.124	14.194	.000
Intercept	97576.619	1	97576.619	47556.716	.000
สูตร	136.345	3	45.448	22.151	.000
HR	66.527	2	33.263	16.212	.000
สูตร * HR	117.493	6	19.582	9.544	.000
Error	221.594	108	2.052		
Total	98118.578	120			
Corrected Total	541.958	119			

a R Squared = .591 (Adjusted R Squared = .549)

ฌ12. ตาราง ANOVA แสดงอิทธิพลของสูตร ชนิดและปริมาณของสารลดความชื้นต่อปริมาณความชื้นของข้าวเกรียบดิบจากแป้งข้าว 2 สูตร (สำหรับตารางที่ 4.24)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:mc_befor

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.850[a]	9	.094	145.706	.000
Intercept	1920.499	1	1920.499	2961719.905	.000
trt	.850	9	.094	145.706	.000
Error	.006	10	.001		
Total	1921.356	20			
Corrected Total	.857	19			

a. R Squared = .992 (Adjusted R Squared = .986)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:mc_after

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1.833[a]	7	.262	400.192	.000
Intercept	382.861	1	382.861	585250.085	.000
สูตร	.577	1	.577	881.492	.000
ชนิด	.041	1	.041	62.501	.000
สูตร * ชนิด	.001	1	.001	1.360	.277
ชนิด * ระดับ	1.191	2	.595	910.109	.000
สูตร * ชนิด * ระดับ	.023	2	.012	17.885	.001
Error	.005	8	.001		
Total	384.699	16			
Corrected Total	1.838	15			

a. R Squared = .997 (Adjusted R Squared = .995)

ฌ13. ตาราง ANOVA แสดงอิทธิพลของสูตร ชนิดและปริมาณของสารลดความชื้นต่อปริมาณความชื้นของข้าวเกรียบจากแป้งข้าว 2 สูตรหลังอบพองด้วยไมโครเวฟ (สำหรับตารางที่ 4.25)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:mc_after

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2.981[a]	9	.331	557.619	.000
Intercept	502.274	1	502.274	845581.538	.000
trt	2.981	9	.331	557.619	.000
Error	.006	10	.001		
Total	505.261	20			
Corrected Total	2.987	19			

a. R Squared = .998 (Adjusted R Squared = .996)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:mc_after

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1.833[a]	7	.262	400.192	.000
Intercept	382.861	1	382.861	585250.085	.000
สูตร	.577	1	.577	881.492	.000
ชนิด	.041	1	.041	62.501	.000
สูตร * ชนิด	.001	1	.001	1.360	.277
ชนิด * ระดับ	1.191	2	.595	910.109	.000
สูตร * ชนิด * ระดับ	.023	2	.012	17.885	.001
Error	.005	8	.001		
Total	384.699	16			
Corrected Total	1.838	15			

a. R Squared = .997 (Adjusted R Squared = .995)

ฌ14. ตาราง ANOVA แสดงอิทธิพลของสูตร ชนิดและปริมาณของสารลดความชื้นต่อ a_w ของข้าวเกรียบดิบจากแป้งข้าว 2 สูตร (สำหรับตารางที่ 4.26)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:aw_befor

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.009[a]	9	.001	421.855	.000
Intercept	29.296	1	29.296	1.172E7	.000
trt	.009	9	.001	421.855	.000
Error	.000	50	2.500E-6		
Total	29.306	60			
Corrected Total	.010	59			

a. R Squared = .987 (Adjusted R Squared = .985)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:aw_befor

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.003[a]	7	.000	392.548	.000
Intercept	11.573	1	11.573	1.157E7	.000
สูตร	.000	1	.000	308.167	.000
ชนิด	.002	1	.002	1872.667	.000
สูตร * ชนิด	.000	1	.000	192.667	.000
ชนิด * ระดับ	.000	2	.000	180.083	.000
สูตร * ชนิด * ระดับ	1.417E-5	2	7.083E-6	7.083	.006
Error	1.600E-5	16	1.000E-6		
Total	11.576	24			
Corrected Total	.003	23			

a. R Squared = .994 (Adjusted R Squared = .992)

ฌ15. ตาราง ANOVA แสดงอิทธิพลของสูตร ชนิดและปริมาณของสารลดความชื้นต่อ a_w ของข้าวเกรียบจากแป้งข้าว 2 สูตรหลังอบพองด้วยไมโครเวฟ (สำหรับตารางที่ 4.27)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:aw_after

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.040[a]	9	.004	1041.482	.000
Intercept	3.248	1	3.248	755865.450	.000
trt	.040	9	.004	1041.482	.000
Error	8.594E-5	20	4.297E-6		
Total	3.288	30			
Corrected Total	.040	29			

a. R Squared = .998 (Adjusted R Squared = .997)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:aw_after

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.005[a]	7	.001	155.081	.000
Intercept	2.339	1	2.339	520170.164	.000
สูตร	.001	1	.001	171.150	.000
ชนิด	.002	1	.002	515.697	.000
สูตร * ชนิด	.000	1	.000	108.290	.000
ชนิด * ระดับ	.001	2	.001	144.832	.000
สูตร * ชนิด * ระดับ	3.434E-6	2	1.717E-6	.382	.689
Error	7.194E-5	16	4.496E-6		
Total	2.344	24			
Corrected Total	.005	23			

a. R Squared = .985 (Adjusted R Squared = .979)

ฌ16. ตาราง ANOVA แสดงอิทธิพลของสูตร ชนิดและปริมาณของสารลดความชื้นต่ออัตราส่วนการพองตัวของข้าวเกรียบจากแป้งข้าว 2 สูตรหลังอบพองด้วยไมโครเวฟ (สำหรับตารางที่ 4.28)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:พองตัว

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	9.530[a]	9	1.059	4.317	.000
Intercept	411.370	1	411.370	1677.237	.000
trt	9.530	9	1.059	4.317	.000
Error	19.621	80	.245		
Total	440.522	90			
Corrected Total	29.152	89			

a. R Squared = .327 (Adjusted R Squared = .251)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:พองตัว

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	6.013[a]	7	.859	4.932	.000
Intercept	306.621	1	306.621	1760.673	.000
สูตร	2.440	1	2.440	14.010	.000
ชนิด	.153	1	.153	.877	.353
สูตร * ชนิด	.043	1	.043	.249	.620
ชนิด * ระดับ	3.245	2	1.623	9.317	.000
สูตร * ชนิด * ระดับ	.132	2	.066	.379	.686
Error	11.146	64	.174		
Total	323.779	72			
Corrected Total	17.158	71			

a. R Squared = .350 (Adjusted R Squared = .279)

ฌ17. ตาราง ANOVA แสดงอิทธิพลของสูตร ชนิดและปริมาณของสารลดความชื้นต่อความแข็งของข้าวเกรียบดิบจากแป้งข้าว 2 สูตร (สำหรับตารางที่ 4.29)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:h_before

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2.010E8	9	2.234E7	429.723	.000
Intercept	5.740E9	1	5.740E9	110440.348	.000
trt	2.010E8	9	2.234E7	429.723	.000
Error	2079115.443	40	51977.886		
Total	5.944E9	50			
Corrected Total	2.031E8	49			

a. R Squared = .990 (Adjusted R Squared = .987)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:h_before

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1.244E8	7	1.778E7	277.172	.000
Intercept	5.061E9	1	5.061E9	78921.473	.000
สูตร	4.529E7	1	4.529E7	706.226	.000
ชนิด	3.038E7	1	3.038E7	473.759	.000
สูตร * ชนิด	1.600E7	1	1.600E7	249.500	.000
ชนิด * ระดับ	3.027E7	2	1.513E7	235.998	.000
สูตร * ชนิด * ระดับ	2483229.971	2	1241614.986	19.360	.000
Error	2052208.424	32	64131.513		
Total	5.188E9	40			
Corrected Total	1.265E8	39			

a. R Squared = .984 (Adjusted R Squared = .980)

ฌ18. ตาราง ANOVA แสดงอิทธิพลของสูตร ชนิดและปริมาณของสารลดความชื้นต่อความแข็งของข้าวเกรียบจากแป้งข้าว 2 สูตรหลังอบพองด้วยไมโครเวฟ (สำหรับตารางที่ 4.30)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:h_after

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	5.080E7	9	5643953.793	608.298	.000
Intercept	1.113E9	1	1.113E9	119979.668	.000
trt	5.080E7	9	5643953.793	608.298	.000
Error	371130.881	40	9278.272		
Total	1.164E9	50			
Corrected Total	5.117E7	49			

a. R Squared = .993 (Adjusted R Squared = .991)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:h_after

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	3.840E7	7	5485328.596	582.592	.000
Intercept	9.773E8	1	9.773E8	103801.434	.000
สูตร	1.370E7	1	1.370E7	1455.280	.000
ชนิด	2595520.389	1	2595520.389	275.668	.000
สูตร * ชนิด	336661.948	1	336661.948	35.757	.000
ชนิด * ระดับ	2.114E7	2	1.057E7	1122.444	.000
สูตร * ชนิด * ระดับ	626592.035	2	313296.018	33.275	.000
Error	301292.437	32	9415.389		
Total	1.016E9	40			
Corrected Total	3.870E7	39			

a. R Squared = .992 (Adjusted R Squared = .991)

ฌ19. ตาราง ANOVA แสดงอิทธิพลของสูตร ชนิดและปริมาณของสารลดความชื้นต่อความเปราะของข้าวเกรียบจากแป้งข้าว 2 สูตรหลังอบพองด้วยไมโครเวฟ (สำหรับตารางที่ 4.31)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:f_after

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1.501E7	9	1667289.749	422.879	.000
Intercept	8.772E7	1	8.772E7	22247.972	.000
trt	1.501E7	9	1667289.749	422.879	.000
Error	157708.283	40	3942.707		
Total	1.029E8	50			
Corrected Total	1.516E7	49			

a. R Squared = .990 (Adjusted R Squared = .987)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:f_after

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1.211E7	7	1729478.531	447.830	.000
Intercept	8.233E7	1	8.233E7	21318.768	.000
สูตร	9613792.695	1	9613792.695	2489.388	.000
ชนิด	71079.232	1	71079.232	18.405	.000
สูตร * ชนิด	25770.345	1	25770.345	6.673	.015
ชนิด * ระดับ	2262256.413	2	1131128.206	292.894	.000
สูตร * ชนิด * ระดับ	133451.033	2	66725.516	17.278	.000
Error	123581.099	32	3861.909		
Total	9.456E7	40			
Corrected Total	1.223E7	39			

a. R Squared = .990 (Adjusted R Squared = .988)

ฌ20. ตาราง ANOVA แสดงอิทธิพลของสูตร ชนิดและปริมาณของสารลดความชื้นต่อความสว่างของข้าวเกรียบดิบจากแป้งข้าว 2 สูตร (สำหรับตารางที่ 4.32)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:l

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	424.568[a]	9	47.174	9.465	.000
Intercept	276164.964	1	276164.964	55409.977	.000
trt	424.568	9	47.174	9.465	.000
Error	448.563	90	4.984		
Total	277038.094	100			
Corrected Total	873.130	99			

a. R Squared = .486 (Adjusted R Squared = .435)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:l

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	392.155[a]	7	56.022	11.569	.000
Intercept	222971.236	1	222971.236	46045.762	.000
สูตร	37.470	1	37.470	7.738	.007
ชนิด	243.707	1	243.707	50.328	.000
สูตร * ชนิด	43.380	1	43.380	8.958	.004
ชนิด * ระดับ	41.685	2	20.842	4.304	.017
สูตร * ชนิด * ระดับ	25.914	2	12.957	2.676	.076
Error	348.652	72	4.842		
Total	223712.043	80			
Corrected Total	740.807	79			

a. R Squared = .529 (Adjusted R Squared = .484)

ฌ21. ตาราง ANOVA แสดงอิทธิพลของสูตร ชนิดและปริมาณของสารลดความชื้นต่อค่าสีแดงของข้าวเกรียบดิบจากแป้งข้าว 2 สูตร (สำหรับตารางที่ 4.33)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:a

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	101.281[a]	9	11.253	2.059	.042
Intercept	3929.535	1	3929.535	718.851	.000
trt	101.281	9	11.253	2.059	.042
Error	491.977	90	5.466		
Total	4522.793	100			
Corrected Total	593.258	99			

a. R Squared = .171 (Adjusted R Squared = .088)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:a

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	91.508[a]	7	13.073	2.382	.030
Intercept	3161.481	1	3161.481	575.951	.000
สูตร	50.928	1	50.928	9.278	.003
ชนิด	.473	1	.473	.086	.770
สูตร * ชนิด	27.601	1	27.601	5.028	.028
ชนิด * ระดับ	5.743	2	2.871	.523	.595
สูตร * ชนิด * ระดับ	6.763	2	3.382	.616	.543
Error	395.219	72	5.489		
Total	3648.207	80			
Corrected Total	486.727	79			

a. R Squared = .188 (Adjusted R Squared = .109)

ฌ22. ตาราง ANOVA แสดงอิทธิพลของสูตร ชนิดและปริมาณของสารลดความชื้นต่อความสว่างของข้าวเกรียบดิบจากแป้งข้าว 2 สูตร (สำหรับตารางที่ 4.34)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:b

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1217.577[a]	9	135.286	38.620	.000
Intercept	76346.663	1	76346.663	21794.774	.000
trt	1217.577	9	135.286	38.620	.000
Error	315.268	90	3.503		
Total	77879.509	100			
Corrected Total	1532.846	99			

a. R Squared = .794 (Adjusted R Squared = .774)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:b

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1046.725[a]	7	149.532	38.545	.000
Intercept	63652.480	1	63652.480	16407.903	.000
สูตร	26.577	1	26.577	6.851	.011
ชนิด	901.220	1	901.220	232.310	.000
สูตร * ชนิด	29.028	1	29.028	7.483	.008
ชนิด * ระดับ	3.389	2	1.695	.437	.648
สูตร * ชนิด * ระดับ	86.511	2	43.256	11.150	.000
Error	279.315	72	3.879		
Total	64978.521	80			
Corrected Total	1326.041	79			

a. R Squared = .789 (Adjusted R Squared = .769)

ฌ23. ตาราง ANOVA แสดงคะแนนความชอบทางด้านสีของข้าวเกรียบจากแป้งข้าว 2 สูตร ที่แปรปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินหรือกัวร์กัมหลังอบพองด้วยไมโครเวฟ (สำหรับตารางที่ 4.35)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: สี

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	169.573(a)	54	3.140	1.681	.004
Intercept	11260.813	1	11260.813	6028.887	.000
TRT	13.387	5	2.677	1.433	.213
คนที่	156.187	49	3.187	1.707	.005
Error	457.613	245	1.868		
Total	11888.000	300			
Corrected Total	627.187	299			

a R Squared = .270 (Adjusted R Squared = .110)

ฌ24. ตาราง ANOVA แสดงคะแนนความชอบทางด้านกลิ่นรสของข้าวเกรียบจากแป้งข้าว 2 สูตร ที่แปรปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินหรือกัวร์กัมหลังอบพองด้วยไมโครเวฟ (สำหรับตารางที่ 4.35)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: **กลิ่น**

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	223.940(a)	54	4.147	2.521	.000
Intercept	9130.083	1	9130.083	5550.868	.000
TRT	35.857	5	7.171	4.360	.001
คนที่	188.083	49	3.838	2.334	.000
Error	402.977	245	1.645		
Total	9757.000	300			
Corrected Total	626.917	299			

a R Squared = .357 (Adjusted R Squared = .216)

ฌ25. ตาราง ANOVA แสดงคะแนนความชอบทางด้านเนื้อสัมผัสของข้าวเกรียบจากแป้งข้าว 2 สูตร ที่แปรปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินหรือกัวร์กัมหลังอบพองด้วยไมโครเวฟ (สำหรับตารางที่ 4.35)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: **เนื้อสัมผัส**

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	515.233(a)	54	9.541	3.965	.000
Intercept	7590.270	1	7590.270	3154.583	.000
TRT	266.670	5	53.334	22.166	.000
คนที่	248.563	49	5.073	2.108	.000
Error	589.497	245	2.406		
Total	8695.000	300			
Corrected Total	1104.730	299			

a R Squared = .466 (Adjusted R Squared = .349)

ฌ26. ตาราง ANOVA แสดงคะแนนความชอบรวมของข้าวเกรียบจากแป้งข้าว 2 สูตร ที่แปรปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินหรือกัวร์กัมหลังอบพองด้วยไมโครเวฟ (สำหรับตารางที่ 4.35)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: ชอบรวม

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	399.680(a)	54	7.401	3.965	.000
Intercept	9075.000	1	9075.000	4861.749	.000
TRT	194.680	5	38.936	20.859	.000
คนที่	205.000	49	4.184	2.241	.000
Error	457.320	245	1.867		
Total	9932.000	300			
Corrected Total	857.000	299			

a R Squared = .466 (Adjusted R Squared = .349)

ฌ27 ก. ตาราง ANOVA แสดงอิทธิพลของกำลังไฟและเวลาของการพองตัวด้วยไมโครเวฟต่อความชื้นของข้าวเกรียบจากแป้งข้าวผสมแครอทที่มอลโตเดกซ์ทริน 0.1% (สำหรับตารางที่ 4.42 ก)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: MC

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.270(a)	8	.034	7.934	.000
Intercept	754.830	1	754.830	177375.262	.000
WATT	.009	2	.005	1.066	.365
TIME	.260	2	.130	30.575	.000
WATT * TIME	.001	4	.000	.048	.995
Error	.077	18	.004		
Total	755.177	27			
Corrected Total	.347	26			

a R Squared = .779 (Adjusted R Squared = .681)

ฌ27 ข. ตาราง ANOVA แสดงอิทธิพลของกำลังไฟและเวลาของการพองตัวด้วยไมโครเวฟต่อความชื้นของข้าวเกรียบจากแป้งข้าวผสมแครอทที่กัวร์กัม 0.1% (สำหรับตารางที่ 4.42 ข)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: MC

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.219(a)	8	.027	17.539	.000
Intercept	808.959	1	808.959	517580.192	.000
WATT	.002	2	.001	.685	.517
TIME	.217	2	.108	69.393	.000
WATT * TIME	.000	4	5.926E-05	.038	.997
Error	.028	18	.002		
Total	809.206	27			
Corrected Total	.247	26			

a R Squared = .886 (Adjusted R Squared = .836)

ฌ28 ก. ตาราง ANOVA แสดงอิทธิพลของกำลังไฟและเวลาของการพองตัวด้วยไมโครเวฟต่อ a_w ของข้าวเกรียบจากแป้งข้าวผสมแครอทที่มอลโตเดกซ์ทริน 0.1% (สำหรับตารางที่ 4.43 ก)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: AW100

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	301.241(a)	8	37.655	33.732	.000
Intercept	32725.926	1	32725.926	29316.523	.000
WATT	.250	2	.125	.112	.895
TIME	275.667	2	137.834	123.474	.000
WATT * TIME	25.324	4	6.331	5.671	.004
Error	20.093	18	1.116		
Total	33047.260	27			
Corrected Total	321.334	26			

a R Squared = .937 (Adjusted R Squared = .910)

ฌ28 ข. ตาราง ANOVA แสดงอิทธิพลของกำลังไฟและเวลาของการพองตัวด้วยไมโครเวฟต่อ a_w ของข้าวเกรียบจากแป้งข้าวผสมแครอทที่กัวร์กัม 0.1% (สำหรับตารางที่ 4.43 ข)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: AW100

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	54.625(a)	8	6.828	22.106	.000
Intercept	25379.735	1	25379.735	82164.609	.000
WATT	1.179	2	.589	1.908	.177
TIME	53.325	2	26.663	86.318	.000
WATT * TIME	.121	4	.030	.098	.982
Error	5.560	18	.309		
Total	25439.920	27			
Corrected Total	60.185	26			

a R Squared = .908 (Adjusted R Squared = .867

ฌ29 ก. ตาราง ANOVA แสดงอิทธิพลของกำลังไฟและเวลาของการพองตัวด้วยไมโครเวฟความแข็ง (gf) ของข้าวเกรียบจากแป้งข้าวผสมแครอทที่มอลโตเดกซ์ทริน 0.1% (สำหรับตารางที่ 4.44 ก)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: HARDNESS

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	852975.403(a)	8	106621.925	11.423	.000
Intercept	792608067.773	1	792608067.773	84914.853	.000
WATT	9111.476	2	4555.738	.488	.618
TIME	419054.049	2	209527.025	22.447	.000
WATT * TIME	424809.878	4	106202.469	11.378	.000
Error	336029.440	36	9334.151		
Total	793797072.616	45			
Corrected Total	1189004.843	44			

a R Squared = .717 (Adjusted R Squared = .655)

ฌ29 ข. ตาราง ANOVA แสดงอิทธิพลของกำลังไฟและเวลาของการพองตัวด้วยไมโครเวฟต่อความแข็ง (gf) ของข้าวเกรียบจากแป้งข้าวผสมแครอทที่กัวร์กัม 0.1% (สำหรับตารางที่ 4.44 ข)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: HARDNESS

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2593267.838(a)	8	324158.480	99.233	.000
Intercept	534934858.469	1	534934858.469	163757.019	.000
WATT	13686.275	2	6843.137	2.095	.138
TIME	2567097.698	2	1283548.849	392.927	.000
WATT * TIME	12483.865	4	3120.966	.955	.444
Error	117598.959	36	3266.638		
Total	537645725.266	45			
Corrected Total	2710866.797	44			

a R Squared = .957 (Adjusted R Squared = .947)

ฌ30 ก. ตาราง ANOVA แสดงอิทธิพลของกำลังไฟและเวลาของการพองตัวด้วยไมโครเวฟต่อความเปราะ (gf) ของข้าวเกรียบจากแป้งข้าวผสมแครอทที่มอลโตเดกซ์ทริน 0.1% (สำหรับตารางที่ 4.45 ก)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: F

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	270545.165(a)	8	33818.146	13.717	.000
Intercept	34486172.921	1	34486172.921	13987.569	.000
WATT	5859.715	2	2929.857	1.188	.316
TIME	230778.047	2	115389.024	46.802	.000
WATT * TIME	33907.402	4	8476.851	3.438	.018
Error	88757.538	36	2465.487		
Total	34845475.624	45			
Corrected Total	359302.702	44			

a R Squared = .753 (Adjusted R Squared = .698)

ฌ30 ข. ตาราง ANOVA แสดงอิทธิพลของกำลังไฟและเวลาของการพองตัวด้วยไมโครเวฟต่อความเปราะ (gf) ของข้าวเกรียบจากแป้งข้าวผสมแครอทที่กัวร์กัม 0.1% (สำหรับตารางที่ 4.45 ข)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: F

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	224817.470(a)	8	28102.184	10.650	.000
Intercept	30029505.408	1	30029505.408	11379.940	.000
WATT	2305.435	2	1152.717	.437	.649
TIME	199648.010	2	99824.005	37.829	.000
WATT * TIME	22864.025	4	5716.006	2.166	.093
Error	94997.175	36	2638.810		
Total	30349320.053	45			
Corrected Total	319814.645	44			

a R Squared = .703 (Adjusted R Squared = .637)

ฌ31 ก. ตาราง ANOVA แสดงอิทธิพลของกำลังไฟและเวลาของการพองตัวด้วยไมโครเวฟต่ออัตราส่วนการพองตัวของข้าวเกรียบจากแป้งข้าวผสมแครอทที่มอลโตเดกซ์ทริน 0.1% (สำหรับตารางที่ 4.46 ก)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: PUFF

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.653(a)	8	.082	15.432	.000
Intercept	394.861	1	394.861	74658.603	.000
WATT	.020	2	.010	1.845	.165
TIME	.630	2	.315	59.580	.000
WATT * TIME	.003	4	.001	.151	.962
Error	.381	72	.005		
Total	395.895	81			
Corrected Total	1.034	80			

a R Squared = .632 (Adjusted R Squared = .591)

ฌ31 ข. ตาราง ANOVA แสดงอิทธิพลของกำลังไฟและเวลาของการพองตัวด้วยไมโครเวฟต่ออัตราส่วนการพองตัวของข้าวเกรียบจากแป้งข้าวผสมแครอทที่กัวร์กัม 0.1% (สำหรับตารางที่ 4.46 ข)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: PUFF

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.281(a)	8	.035	20.523	.000
Intercept	506.200	1	506.200	296151.680	.000
WATT	.011	2	.005	3.147	.049
TIME	.268	2	.134	78.293	.000
WATT * TIME	.002	4	.001	.326	.860
Error	.123	72	.002		
Total	506.604	81			
Corrected Total	.404	80			

a R Squared = .695 (Adjusted R Squared = .661)

ฌ32. ตาราง ANOVA แสดงสมบัติทางกายภาพ (ความชื้น) ของข้าวเกรียบดิบจากแป้งข้าวผสมแครอทระหว่างการเก็บ 12 สัปดาห์ (สำหรับตารางที่ 4.56)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:mc_be

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2.273[a]	6	.379	67.822	.000
Intercept	2244.472	1	2244.472	401864.474	.000
month	2.273	6	.379	67.822	.000
Error	.078	14	.006		
Total	2246.823	21			
Corrected Total	2.351	20			

a. R Squared = .967 (Adjusted R Squared = .952)

ฌ33. ตาราง ANOVA แสดงสมบัติทางกายภาพ (a_w) ของข้าวเกรียบดิบจากแป้งข้าวผสมแครอทระหว่างการเก็บ 12 สัปดาห์(สำหรับตารางที่ 4.56)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:aw_bex10

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.074[a]	6	.012	14.087	.000
Intercept	1012.963	1	1012.963	1156099.049	.000
month	.074	6	.012	14.087	.000
Error	.012	14	.001		
Total	1013.049	21			
Corrected Total	.086	20			

a. R Squared = .858 (Adjusted R Squared = .797)

.

ฌ34. ตาราง ANOVA แสดงสมบัติทางกายภาพ (ความแข็ง) ของข้าวเกรียบดิบจากแป้งข้าวผสมแครอทระหว่างการเก็บ 12 สัปดาห์ (สำหรับตารางที่ 4.56)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:H_be

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	3.591E6	6	598427.297	28.097	.000
Intercept	2.790E9	1	2.790E9	130975.910	.000
month	3590563.779	6	598427.297	28.097	.000
Error	596365.360	28	21298.763		
Total	2.794E9	35			
Corrected Total	4186929.139	34			

a. R Squared = .858 (Adjusted R Squared = .827)

ฌ35. ตาราง ANOVA แสดงสมบัติทางกายภาพ (ค่าความสว่าง) ของข้าวเกรียบดิบจากแป้งข้าวผสมแครอทระหว่างการเก็บ 12 สัปดาห์(สำหรับตารางที่ 4.56)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:L

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	14.213[a]	6	2.369	.253	.956
Intercept	211163.337	1	211163.337	22587.240	.000
month	14.213	6	2.369	.253	.956
Error	588.974	63	9.349		
Total	211766.524	70			
Corrected Total	603.187	69			

a. R Squared = .024 (Adjusted R Squared = -.069)

ฌ36. ตาราง ANOVA แสดงสมบัติทางกายภาพ (ค่าสีแดง) ของข้าวเกรียบดิบจากแป้งข้าวผสมแครอทระหว่างการเก็บ 12 สัปดาห์(สำหรับตารางที่ 4.56)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:a

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.672[a]	6	.112	.260	.953
Intercept	1837.261	1	1837.261	4264.968	.000
month	.672	6	.112	.260	.953
Error	27.139	63	.431		
Total	1865.072	70			
Corrected Total	27.811	69			

a. R Squared = .024 (Adjusted R Squared = -.069)

ฌ37. ตาราง ANOVA แสดงสมบัติทางกายภาพ (ค่าสีเหลือง) ของข้าวเกรียบดิบจากแป้งข้าวผสมแครอทระหว่างการเก็บ 12 สัปดาห์(สำหรับตารางที่ 4.56)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:b

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	9.382[a]	6	1.564	.405	.873
Intercept	71142.133	1	71142.133	18436.906	.000
month	9.382	6	1.564	.405	.873
Error	243.097	63	3.859		
Total	71394.612	70			
Corrected Total	252.479	69			

a. R Squared = .037 (Adjusted R Squared = -.055)

ฌ38. ตาราง ANOVA แสดงสมบัติทางกายภาพ (ความชื้น) ของผลิตภัณฑ์หลังอบพองด้วยไมโครเวฟระหว่างการเก็บ 12 สัปดาห์ (สำหรับตารางที่ 4.57)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:mc_af

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.231[a]	6	.038	5.570	.004
Intercept	648.542	1	648.542	94003.512	.000
month	.231	6	.038	5.570	.004
Error	.097	14	.007		
Total	648.869	21			
Corrected Total	.327	20			

a. R Squared = .705 (Adjusted R Squared = .578)

ฌ39. ตาราง ANOVA แสดงสมบัติทางกายภาพ (a_w) ของผลิตภัณฑ์หลังอบพองด้วยไมโครเวฟระหว่างการเก็บ 12 สัปดาห์ (สำหรับตารางที่ 4.57)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:aw_afx10

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1.591[a]	6	.265	38.073	.000
Intercept	266.003	1	266.003	38182.280	.000
month	1.591	6	.265	38.073	.000
Error	.098	14	.007		
Total	267.692	21			
Corrected Total	1.689	20			

a. R Squared = .942 (Adjusted R Squared = .918)

ฌ40. ตาราง ANOVA แสดงสมบัติทางกายภาพ (ความแข็ง) ของผลิตภัณฑ์หลังอบพองด้วยไมโครเวฟระหว่างการเก็บ 12 สัปดาห์ (สำหรับตารางที่ 4.57)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:h_af

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2.363E6	6	393902.792	25.747	.000
Intercept	3.443E8	1	3.443E8	22506.149	.000
month	2363416.754	6	393902.792	25.747	.000
Error	428369.120	28	15298.897		
Total	3.471E8	35			
Corrected Total	2791785.874	34			

a. R Squared = .847 (Adjusted R Squared = .814)

ฌ41. ตาราง ANOVA แสดงสมบัติทางกายภาพ (ความเปราะ) ของผลิตภัณฑ์หลังอบพองด้วยไมโครเวฟระหว่างการเก็บ 12 สัปดาห์ (สำหรับตารางที่ 4.57)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:F

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	23371.056[a]	6	3895.176	2.245	.068
Intercept	2.493E7	1	2.493E7	14371.709	.000
month	23371.056	6	3895.176	2.245	.068
Error	48573.196	28	1734.757		
Total	2.500E7	35			
Corrected Total	71944.252	34			

a. R Squared = .325 (Adjusted R Squared = .180)

ฌ42. ตาราง ANOVA แสดงสมบัติทางกายภาพ (อัตราส่วนการพองตัว) ของผลิตภัณฑ์หลังอบพองด้วยไมโครเวฟระหว่างการเก็บ 12 สัปดาห์ (สำหรับตารางที่ 4.57)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:puff

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.109[a]	6	.018	5.557	.004
Intercept	149.493	1	149.493	45564.019	.000
month	.109	6	.018	5.557	.004
Error	.046	14	.003		
Total	149.649	21			
Corrected Total	.155	20			

a. R Squared = .704 (Adjusted R Squared = .578)

ฌ43. ตาราง ANOVA แสดงสมบัติทางกายภาพ (TBARS) ของผลิตภัณฑ์หลังอบพองด้วยไมโครเวฟระหว่างการเก็บ 12 สัปดาห์ (สำหรับตารางที่ 4.57)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:TBAR

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.063[a]	6	.010	116.796	.000
Intercept	1.183	1	1.183	13171.645	.000
month	.063	6	.010	116.796	.000
Error	.001	14	8.981E-5		
Total	1.247	21			
Corrected Total	.064	20			

a. R Squared = .980 (Adjusted R Squared = .972)

ฌ44. ตาราง ANOVA แสดงค่าทางประสาทสัมผัส (สี) ของผลิตภัณฑ์ที่หลังอบพองด้วยไมโครเวฟระหว่างการเก็บ 12 สัปดาห์ (สำหรับตารางที่ 4.59)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:color

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	110.667[a]	32	3.458	59.776	.000
Intercept	4248.300	1	4248.300	73430.881	.000
month	.967	3	.322	5.570	.002
people	109.700	29	3.783	65.384	.000
Error	5.033	87	.058		
Total	4364.000	120			
Corrected Total	115.700	119			

a. R Squared = .956 (Adjusted R Squared = .940)

ฌ45. ตาราง ANOVA แสดงค่าทางประสาทสัมผัส (กลิ่นรส) ของผลิตภัณฑ์หลังอบพองด้วยไมโครเวฟระหว่างการเก็บ 12 สัปดาห์ (สำหรับตารางที่ 4.59)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:flover

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	134.767[a]	32	4.211	36.069	.000
Intercept	3030.075	1	3030.075	25950.765	.000
month	3.092	3	1.031	8.826	.000
people	131.675	29	4.541	38.887	.000
Error	10.158	87	.117		
Total	3175.000	120			
Corrected Total	144.925	119			

a. R Squared = .930 (Adjusted R Squared = .904)

ฌ46. ตาราง ANOVA แสดงค่าทางประสาทสัมผัส (เนื้อสัมผัส) ของผลิตภัณฑ์ที่หลังอบพองด้วยไมโครเวฟระหว่างการเก็บ 12 สัปดาห์ (สำหรับตารางที่ 4.59)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:texture

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	147.367[a]	32	4.605	37.709	.000
Intercept	2439.008	1	2439.008	19971.174	.000
month	1.625	3	.542	4.435	.006
people	145.742	29	5.026	41.151	.000
Error	10.625	87	.122		
Total	2597.000	120			
Corrected Total	157.992	119			

a. R Squared = .933 (Adjusted R Squared = .908)

ฌ47. ตาราง ANOVA แสดงค่าทางประสาทสัมผัส (ความชอบรวม) ของผลิตภัณฑ์ที่หลังอบพองด้วยไมโครเวฟระหว่างการเก็บ 12 สัปดาห์ (สำหรับตารางที่ 4.59)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:overall

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	143.233[a]	32	4.476	21.357	.000
Intercept	3944.533	1	3944.533	18821.265	.000
month	3.267	3	1.089	5.196	.002
people	139.967	29	4.826	23.029	.000
Error	18.233	87	.210		
Total	4106.000	120			
Corrected Total	161.467	119			

a. R Squared = .887 (Adjusted R Squared = .846)

ภาคผนวก ญ.
ตารางแจกแจงความถี่ของการตอบแบบสอบถาม

ตารางที่ ญ.1 ข้อมูลเกี่ยวกับระดับความพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อแนวคิดผลิตภัณฑ์ด้านความชอบ ความโดดเด่น และความสนใจ

ข้อมูลแนวคิดผลิตภัณฑ์	ความชอบ							$\bar{x}$	S.D.	ระดับ
	ไม่ชอบอย่างยิ่ง	ไม่ชอบ	ไม่ค่อยชอบ	เฉยๆ	ค่อนข้างชอบ	ชอบ	ชอบอย่างยิ่ง			
1.ความชอบที่มีต่อแนวคิดผลิตภัณฑ์	-	1	-	19	35	22	23	5.46	1.10	ชอบ
	ความโดดเด่น									
	ไม่โดดเด่นอย่างยิ่ง	ไม่โดดเด่น	ไม่ค่อยโดดเด่น	เฉยๆ	ค่อนข้างโดดเด่น	โดดเด่น	โดดเด่นอย่างยิ่ง	$\bar{x}$	S.D.	ระดับ
2. ความโดดเด่นของแนวคิดผลิตภัณฑ์	-	1	-	20	29	45	5	5.32	0.92	โดดเด่น

(ต่อ)

ตารางที่ ญ.1 (ต่อ) ข้อมูลเกี่ยวกับระดับความพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อแนวคิดผลิตภัณฑ์ด้านความชอบ ความโดดเด่น และความสนใจ

	ความสนใจ									
	ไม่สนใจอย่างยิ่ง	ไม่สนใจ	ไม่ค่อยสนใจ	เฉยๆ	ค่อนข้างสนใจ	สนใจ	สนใจอย่างยิ่ง	$\bar{x}$	S.D.	ระดับ
3. ความสนใจที่มีต่อแนวคิดผลิตภัณฑ์	-	1	5	20	39	27	8	5.10	1.04	ค่อนข้างสนใจ

ตารางที่ ญ.2 ข้อมูลเกี่ยวกับความชอบต่อการตัดสินใจในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ในคุณสมบัติแนวคิดผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวประเภทกึ่งสำเร็จรูปสำหรับอบด้วยไมโครเวฟ

คุณสมบัติแนวคิดผลิตภัณฑ์	ความชอบ									
	1 ชอบน้อยที่สุด	2 ชอบน้อย	3 ไม่ค่อยชอบ	4 เฉยๆ	5 ค่อนข้างชอบ	6 ชอบมาก	7 ชอบมากที่สุด	$\bar{x}$	S.D.	ระดับ
1.เป็นผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูปสำหรับอบด้วยไมโครเวฟ	-	1	1	25	28	25	20	5.35	1.15	ชอบมาก
2.สะดวก รวดเร็วในการเตรียมและการบริโภค	-	-	1	6	31	27	35	5.89	1.00	ชอบมาก
3.อาหารว่าง	1	-	-	14	37	38	10	5.40	0.96	ชอบมาก
4.รสชาติอร่อย	-	-	14	6	16	42	20	5.50	1.28	ชอบมากค่อนข้างชอบ
5.มีใยอาหาร	-	9	-	25	31	15	20	5.03	1.42	ชอบ
6.ไขมันต่ำ	-	-	9	22	15	25	29	5.43	1.35	ชอบมากค่อนข้างชอบ
7.ผสมแครอท	10	9	9	16	25	20	20	4.76	1.91	ชอบ

ตารางที่ ญ.3 ข้อมูลเกี่ยวกับความสำคัญต่อการตัดสินใจในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ในคุณสมบัติแนวคิดผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวประเภทกึ่งสำเร็จรูปสำหรับอบด้วยไมโครเวฟ

คุณสมบัติแนวคิดผลิตภัณฑ์	ความสำคัญ									
	1 สำคัญน้อยที่สุด	2 สำคัญน้อย	3 ไม่ค่อยสำคัญ	4 เฉยๆ	5 ค่อนข้างสำคัญ	6 สำคัญมาก	7 สำคัญมากที่สุด	$\bar{x}$	S.D.	ระดับ*
รูปแบบของผลิตภัณฑ์ กึ่งสำเร็จรูปสำหรับอบ										
ด้วยไมโครเวฟ	0	0	0	15	31	35	19	5.58	0.96	สำคัญมาก
ตรงกับความต้องการ	0	1	14	0	30	27	28	5.66	1.09	สำคัญมาก
เป็นสินค้าใหม่ในท้องตลาด										ค่อนข้าง
	0	0	10	18	19	34	19	5.34	1.26	สำคัญ
ความสะดวก รวดเร็วในการเตรียมการ	0	0	3	2	41	21	33	5.79	1.03	สำคัญมาก
มีใยอาหาร										ค่อนข้าง
	0	0	0	24	40	12	22	5.24	0.95	สำคัญ

*การแปลความหมายระดับ คำนวณดังข้อที่ 3.2

ตารางที่ ญ.3 (ต่อ) ข้อมูลเกี่ยวกับความสำคัญต่อการตัดสินใจในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ในคุณสมบัติแนวคิดผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวประเภทกึ่งสำเร็จรูปสำหรับอบด้วยไมโครเวฟ

คุณสมบัติแนวคิดผลิตภัณฑ์ (ต่อ)	ความสำคัญ									
	1 สำคัญน้อยที่สุด	2 สำคัญน้อย	3 ไม่ค่อยสำคัญ	4 เฉยๆ	5 ค่อนข้างสำคัญ	6 สำคัญมาก	7 สำคัญมากที่สุด	$\overline{x}$	S.D.	ระดับ*
ไขมันต่ำ	0	0	1	12	22	43	22	5.73	0.97	สำคัญมาก
การออกแบบบรรจุภัณฑ์	0	0	1	6	49	38	6	5.42	0.74	สำคัญมาก
ภาพลักษณ์ของสินค้า	0	0	0	1	42	30	27	5.83	0.84	สำคัญมาก
สถานที่ในการวางจำหน่าย	0	0	1	5	36	48	10	5.61	0.78	สำคัญมาก
โปรโมชั่น	0	5	5	6	13	43	28	5.68	1.35	สำคัญมาก

*การแปลความหมายระดับ คำนวณดังข้อที่ 3.2

ตารางที่ ญ.4 ระดับความพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ด้านความโดดเด่น และความสนใจ

ข้อมูลแนวคิดผลิตภัณฑ์	จำนวนคนที่เลือกระดับความชอบ									
	ไม่โดดเด่นอย่างยิ่ง	ไม่โดดเด่น	ไม่ค่อยโดดเด่น	เฉยๆ	ค่อนข้างโดดเด่น	โดดเด่น	โดดเด่นอย่างยิ่ง	$\overline{x}$	S.D.	ระดับ*
1.ความโดดเด่นของผลิตภัณฑ์	0	0	2	11	18	4	0	4.68	0.76	ค่อนข้างโดดเด่น
	จำนวนคนที่เลือกระดับความโดดเด่น									
	ไม่สนใจอย่างยิ่ง	ไม่สนใจ	ไม่ค่อยสนใจ	เฉยๆ	ค่อนข้างสนใจ	สนใจ	สนใจอย่างยิ่ง	$\overline{x}$	S.D.	ระดับ*
2. ความสนใจผลิตภัณฑ์	0	0	1	12	19	3	0	4.68	0.68	ค่อนข้างสนใจ

*การแปลความหมายระดับ คำนวณดังข้อที่ 3.2

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาววรวัลย์ พนมวัลย์ เกิดเมื่อวันจันทร์ที่ 13 พฤษภาคม 2528 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิตจากภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในปีการศึกษา 2549 จากนั้น เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโทหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2550