

การทดแทนแป้งกล้วยและการประยุกต์ใช้ไมโครเวฟในการผลิตแครกเกอร์

BANANA FLOUR SUBSTITUTION AND MICROWAVE APPLICATION IN  
CRACKER PRODUCTION



จพ.  
ข 6977  
9548

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน..... 60990  
วัน,เดือน,ปี...-7.ค.ค...2549

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร  
บัณฑิตวิทยาลัย  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
พ.ศ. 2548

ISBN 974-15-1554-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11-๒๕๓๑๑๕  
b.....  
i.....

**BANANA FLOUR SUBSTITUTION AND MICROWAVE APPLICATION IN  
CRACKER PRODUCTION**



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF  
MASTER OF SCIENCE IN FOOD SCIENCE  
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

**2005**

**ISBN 974-15-1554-5**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**COPYRIGHT 2005**

**SCHOOL OF GRADUATE STUDIES**

**KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนเวลาเพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ยืมได้เห็นว่าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การทดแทนแป้งกล้วยและการประยุกต์ใช้ไมโครเวฟในการผลิตแครกเกอร์
ชื่อนักศึกษา	นางสาวมุกดา ไทยวงศ์
รหัสประจำตัว	46066618
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การอาหาร
พ.ศ.	2548
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	รศ.ดร. วุฒิชัย นาครัถยา

### บทคัดย่อ

การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในการผลิตแครกเกอร์ พบว่า เมื่อทดแทนด้วยแป้งกล้วยปริมาณมากขึ้น โดจะมีความแข็งแรงและยืดหยุ่นลดลง ลักษณะของแครกเกอร์ที่ได้มีค่า  $L$ ,  $b$  และการขึ้นฟูลดลงแต่มีความกรอบแข็งเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อพิจารณาจากลักษณะก่อน โค สี การขึ้นฟู และความกรอบ พบว่า แครกเกอร์ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยที่ระดับ 20 % มีลักษณะใกล้เคียงกับแครกเกอร์จากแป้งสาลีล้วน จากการใช้จากเตาอบที่อุณหภูมิ 200 °ซ นาน 4 และ 6 นาทีร่วมกับไมโครเวฟความถี่ 2450 MHz นาน 1, 3 และ 5 นาทีในการผลิตแครกเกอร์ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยที่ระดับ 20 % พบว่า เมื่อใช้ระยะเวลาในการอบด้วยเตาอบนานขึ้นจะทำให้แครกเกอร์มีสีแดง (a) และสีเหลือง (b) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ( $r = 0.469$  และ  $r = 0.503$  ตามลำดับ) เมื่อระยะเวลาในการอบด้วยไมโครเวฟคงที่ และเมื่อใช้ระยะเวลาในการอบด้วยไมโครเวฟนานขึ้นจะมีผลทำให้แครกเกอร์มีค่าความสว่าง (L) ลดลงแต่มีสีแดง (a) สีเหลือง (b) ความกรอบเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ( $p \leq 0.01$ ) ( $r = -0.694, 0.600, 0.722$  และ  $0.897$  ตามลำดับ) และมีค่าการขึ้นฟูเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ( $r = 0.561$ ) เมื่อเวลาที่อบด้วยเตาอบคงที่ เมื่อพิจารณาปัจจัยในการผลิตทั้ง 2 ปัจจัยร่วมกัน พบว่า เมื่อใช้ระยะเวลาในการอบด้วยเตาอบและเวลาในการอบด้วยไมโครเวฟนานขึ้นจะส่งผลให้แครกเกอร์มีค่าความสว่าง (L) ลดลงแต่มีสีแดง (a) สีเหลือง (b) การขึ้นฟูและความกรอบเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ( $p \leq 0.01$ ) ( $r = -0.841, 0.864, 0.931, 0.683, 0.748$  ตามลำดับ) ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสพบว่า แครกเกอร์ที่อบด้วยเตาอบนาน 4 นาทีและอบต่อด้วยไมโครเวฟนาน 5 นาที ได้รับความชอบด้านสี รสชาติ ความกรอบ และการยอมรับโดยรวมสูงที่สุด

<b>Thesis Title</b>	Banana Flour Substitution and Microwave Application in Cracker Production
<b>Student</b>	Miss Muthita Thaiwong
<b>Student ID.</b>	46066618
<b>Degree</b>	Master of Science
<b>Programme</b>	Food Science
<b>Year</b>	2005
<b>Thesis Advisor</b>	Assoc. Prof. Dr. Woatthichai Narkrugsa

### ABSTRACT

The substitution of banana flour for wheat flour in producing cracker. It was found that the more the banana flour is substituted, the less the dough would become in strongness and elasticity. The characteristics of cracker that came by would decrease in L, b and enlargement but would increase in hardened crispness significantly to the statistic ( $p \leq 0.05$ ). When considered of characteristics of dough; its color, its enlargement and its crispness. It was discovered that cracker that was substituted with banana flour at the level of 20% would have characteristics close to the ones of dough that was produced from pure wheat flour. From the use of oven at the temperature of  $200^{\circ}\text{C}$  for 4 and 6 minutes together with microwave of 2450 MHz for 1, 3 and 5 minutes in the process of producing such cracker. It was found that when the time of oven's bake was prolonged, the redness (a) the yellowness (b) of the cracker would be increased significantly to the statistic ( $p \leq 0.05$ ) ( $r = 0.469$  and  $r = 0.503$  gradually), when the duration of time of microwave's bake was stable. And when the time of microwave's bake was prolonged, the cracker would be caused to be less in lightness (L) but more of redness (a), yellowness (b) and crispness particularly significantly to the statistic ( $p \leq 0.01$ ) ( $r = -0.694, 0.600, 0.722$  and  $0.897$  gradually), and also caused increase of enlargement significantly to the statistic ( $p \leq 0.05$ ) ( $r = 0.561$ ) when the period of time of oven's bake was stable. When the two factors of producing are considered together, it was found that when period of time was spent more on both oven's bake and microwave's bake, it would cause the cracker to be less in lightness (L) but more of redness (a), yellowness (b), enlargement and crispness significantly to the statistic ( $p \leq 0.01$ ) ( $r = -0.841, 0.864, 0.931, 0.683,$  and  $0.748$  gradually). The result of experiment of sensory is that cracker that was baked 4 minutes by oven and 5 minutes by microwave are the ones that suit the consumer's favorite of color, taste, crispness and overall liking to the most.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร. วุฒิชัย นาครักษา ที่ให้เกียรติเป็นอาจารย์ผู้ควบคุม วิทยานิพนธ์ รวมทั้งกรุณาให้ความรู้ ข้อคิดเห็น รวมทั้งคำแนะนำและคำปรึกษาต่าง ๆ อันเป็น ประโยชน์แก่ข้าพเจ้าในการทำงานวิจัย ตลอดจนช่วยตรวจทานแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จ สมบูรณ์ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รศ. ดร. วรรรณา ตั้งเจริญชัย และ ดร. กิตติชัย บรรจง ที่ให้ เกียรติเป็นกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์และกรุณาให้คำแนะนำเพิ่มเติมแก่ข้าพเจ้าทำให้ วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตรทุกท่านที่ช่วยประสิทธิประสาทศรั วิชาความรู้ให้แก่ข้าพเจ้าตลอดระยะเวลาในการศึกษาจนกระทั่งข้าพเจ้ามี โอกาสประสบความสำเร็จ รวมทั้งขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่คอยอำนวยความสะดวกให้แก่ข้าพเจ้าในงานปฏิบัติการและ เจ้าหน้าที่ธุรการในงานเอกสารต่าง ๆ

ขอขอบพระคุณพ่อแม่ ญาติพี่น้องและเพื่อน ๆ ที่คอยช่วยเหลือทั้งด้านกำลังใจ ด้าน กำลังใจ และสนับสนุนข้าพเจ้าทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจาก วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่คณาจารย์ และผู้มีพระคุณ หากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มี ข้อผิดพลาดประการใด ข้าพเจ้าขอน้อมรับไว้แต่ผู้เดียว

มุกิตตา ไทยวงศ์

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญภาพ.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 กล้วยน้ำว่า.....	3
2.2 ดัชนีการเก็บเกี่ยว.....	3
2.3 คุณค่าทางโภชนาการของกล้วย.....	5
2.4 กรรมวิธีการผลิตแป้งกล้วย.....	5
2.5 คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งกล้วย.....	7
2.6 การใช้ประโยชน์จากแป้งกล้วย.....	9
2.7 แครกเกอร์.....	10
2.8 ชนิดของแครกเกอร์.....	11
2.9 กรรมวิธีการผลิตแครกเกอร์.....	11
2.10 การใช้แป้งชนิดอื่นทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ขนมอบ.....	13
2.11 การให้ความร้อนโดยใช้ไมโครเวฟ.....	16
2.12 คุณสมบัติของคลื่นไมโครเวฟ.....	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง.....	19
3.1 วัสดุคืบ.....	19
3.2 อุปกรณ์เครื่องมือ.....	20
3.3 สถานที่ดำเนินการทดลอง.....	20
3.4 วิธีการทดลอง.....	21
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง.....	26
4.1 การเตรียมแป้งกล้วยจากกล้วยน้ำว้าที่มีระยะความแก่ 70-90 %.....	26
4.2 องค์ประกอบทางเคมีและสีของแป้งกล้วยที่มีระยะความแก่ 70-90 %.....	27
4.3 การใช้แป้งกล้วยที่ระยะ 70-90% ทดแทนแป้งสาลีในการผลิตแครกเกอร์.....	27
4.4 การใช้ความร้อนจากเตาอบร่วมกับไมโครเวฟในกระบวนการผลิตแครกเกอร์ จากแป้งกล้วย.....	34
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....	42
ข้อเสนอแนะ.....	44
บรรณานุกรม.....	45
ภาคผนวก.....	48
ก. วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแป้งกล้วย.....	48
ข. เครื่องมือวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส.....	53
ค. แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส.....	55
ง. ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ.....	56
จ. กราฟแสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( $r$ ; correlation coefficient).....	60

ประวัติผู้เขียน..... 65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 สูตรมาตรฐานของแครกเกอร์.....	22
4.1 องค์ประกอบทางเคมีและสีของแป้งกล้วยที่ระยะความแก่ 70 -90%.....	27
4.2 สีของโคจากการนวดผสมที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วย.....	29
4.3 สีแครกเกอร์ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วย.....	30
4.4 การขึ้นฟูของแครกเกอร์ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วย.....	32
4.5 ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความกรอบของแครกเกอร์ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วย.....	33
4.6 ค่าสี (L, a, b) ของแครกเกอร์จากการใช้เตาอบร่วมกับไมโครเวฟที่ระยะเวลาต่าง ๆ.....	35
4.7 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient; r) ระหว่างระยะเวลาที่อบด้วยเตาอบกับระยะเวลาที่อบด้วยเตาไมโครเวฟต่อค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) ของแครกเกอร์ที่ทดแทนแป้งกล้วยที่ระดับ 20%.....	35
4.8 การขึ้นฟูของแครกเกอร์จากการใช้เตาอบร่วมกับไมโครเวฟที่ระยะเวลาต่าง ๆ.....	37
4.9 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient; r) ระหว่างระยะเวลาที่อบด้วยเตาอบกับระยะเวลาที่อบด้วยเตาไมโครเวฟต่อค่าการขึ้นฟูของแครกเกอร์ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยที่ระดับ 20%.....	37
4.10 ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความกรอบของแครกเกอร์จากการใช้เตาอบร่วมกับไมโครเวฟที่ระยะเวลาต่าง ๆ.....	38
4.11 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient; r) ระหว่างระยะเวลาที่อบด้วยเตาอบกับระยะเวลาที่อบด้วยเตาไมโครเวฟต่อค่าความกรอบของแครกเกอร์ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยที่ระดับ 20%.....	38
4.12 คะแนนการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของแครกเกอร์จากการใช้เตาอบร่วมกับไมโครเวฟที่ระยะเวลาต่าง ๆ.....	41
ก 1 ค่ามาตรฐานการดูดกลืนแสงในการวิเคราะห์หาปริมาณอะไมโลส.....	50
ก 2 ค่ามาตรฐานการดูดกลืนแสงในการวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลทั้งหมด.....	52
ง 1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสีโคที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยที่ระดับต่าง ๆ.....	56
ง 2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสีแครกเกอร์ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยที่ระดับต่างๆ	56
ง 3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าการขึ้นฟูของแครกเกอร์ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยที่ระดับต่างๆ.....	57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ง 4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความกรอบของแครกเกอร์ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้ง กล้วยที่ระดับต่าง ๆ.....	57
ง 5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง(a) และค่าสีเหลือง (b) ของ แครกเกอร์ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยที่ระดับ 20% ของน้ำหนักแป้งทั้งหมดเมื่อใช้การอบ ด้วยเตาอบร่วมกับการอบด้วยไมโครเวฟที่ระยะเวลาต่าง ๆ.....	58
ง 6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการขึ้นฟู(%)ของแครกเกอร์ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วย ที่ระดับ 20% ของน้ำหนักแป้งทั้งหมดเมื่อใช้การอบด้วยเตาอบร่วมกับการอบด้วย ไมโครเวฟที่ระยะเวลาต่าง ๆ.....	59
ง 7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความกรอบของแครกเกอร์ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยที่ ระดับ 20% ของน้ำหนักแป้งทั้งหมดเมื่อใช้การอบด้วยเตาอบร่วมกับการอบด้วย ไมโครเวฟที่ระยะเวลาต่าง ๆ.....	59

# สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 แสดงรูปร่างตามขวางของผลกล้วยเมื่ออายุต่างกัน.....	4
2.2 เครื่องรีดโดในการทำแครกเกอร์ครีม.....	12
3.1 ขั้นตอนการเตรียมแป้งกล้วย.....	21
3.2 ขั้นตอนการผลิตแครกเกอร์.....	23
4.1 แป้งกล้วยน้ำว่าที่มีความแก่อยู่ในช่วง 70-90 %.....	26
4.2 โดจากการนวดผสมที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยที่ระดับ 0%,10%, 20%, 30%,40 และ 50%.....	28
4.3 สีของโดจากการนวดผสมที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70-90%ในการผลิตแครกเกอร์ โดยเปรียบเทียบกับ โดจากแป้งสาลี.....	29
4.4 สีของแครกเกอร์ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70-90% โดยเปรียบเทียบกับแครกเกอร์จากแป้งสาลี.....	30
4.5 แครกเกอร์ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยที่ระดับ 0%,10%, 20%, 30%,40%และ50%..	31
4.6 แครกเกอร์ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยที่ระดับ 20% ที่ผ่านการใช้เตาอบร่วมกับไมโครเวฟที่ระยะเวลาต่าง ๆ.....	34
ก 1 กราฟมาตรฐานในการวิเคราะห์ปริมาณอะไมโลส.....	51
ก 2 กราฟมาตรฐานในการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด.....	52
ข 1 เครื่องวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความกรอบของแครกเกอร์ที่ต่ออยู่กับหัววัดแบบ Ottawa Cell with Holes.....	53
ข 2 แสดงตัวอย่างค่าความกรอบที่อ่านได้จากกราฟ ด้วยเครื่อง TA. XT2 Texture Analyser..	54
จ 1 ค่า L ของแครกเกอร์ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วย 20 % เมื่อใช้เตาอบร่วมกับการอบด้วยไมโครเวฟที่ ระยะเวลาต่าง ๆ.....	60
จ 2 ค่า a ของแครกเกอร์ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วย 20 % เมื่อใช้เตาอบร่วมกับการอบด้วยไมโครเวฟที่ระยะเวลาต่าง ๆ.....	61
จ 3 ค่า b ของแครกเกอร์ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วย 20 % เมื่อใช้เตาอบร่วมกับการอบด้วยไมโครเวฟที่ระยะเวลาต่าง ๆ.....	62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
จ 4 ค่าการขึ้นฟูของแครกเกอร์ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วย 20 % เมื่อใช้เตาอบร่วมกับการอบด้วยไมโครเวฟที่ระยะเวลาต่าง ๆ .....	63
จ 5 ค่าความกรอบของแครกเกอร์ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วย 20 % เมื่อใช้เตาอบร่วมกับการอบด้วยไมโครเวฟที่ระยะเวลาต่าง ๆ.....	64



# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ความนิยมในการบริโภคขนมปังกรอบเป็นอาหารว่างในปัจจุบันนับวันยิ่งเพิ่มมากขึ้น เพราะเป็นอาหารที่บริโภคง่ายและสะดวกในการพกพา แครกเกอร์จัดเป็นขนมปังกรอบประเภทหนึ่งที่มีผู้นิยมบริโภคกันมากทั้งในและต่างประเทศ ดังจะเห็นได้จากข้อมูลการส่งออกผลิตภัณฑ์แปรรูปจากข้าวพบว่า ขนมปังกรอบเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าการส่งออกสูงมาก โดยในช่วงปี 2539-2543 สามารถส่งออกขนมปังกรอบได้เฉลี่ยปีละ 20,690 ตันมีมูลค่ามากถึง 1,435 ล้านบาท หรือคิดเป็นอัตราการเพิ่มของปริมาณและมูลค่าส่งออกเฉลี่ยร้อยละ 13 และ 15 ตามลำดับ (นุชจรินทร์ เกตุนิล, 2545) ขนมปังกรอบมีแป้งสาลีเป็นส่วนผสมหลัก ในประเทศไทยสามารถผลิตแป้งจากแหล่งวัตถุดิบที่มีอยู่มากมายภายในประเทศ อาทิ เช่น แป้งมันเทศ แป้งเผือก แป้งทุเรียน แป้งกล้วย เพื่อนำมาทดแทนแป้งสาลีที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ซึ่งกล้วยน้ำว้าก็เป็นแหล่งวัตถุดิบหนึ่งที่สามารถนำมาผลิตเป็นแป้งได้ปริมาณมาก กล้วยน้ำว้าปลูกทั่วทุกภาคของประเทศไทยและเป็นที่นิยมในการบริโภค เนื่องจากเป็นผลไม้ที่อุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการ มีวิตามิน แร่ธาตุและให้พลังงานสูง (เบญจมาศ ศิลาชัย, 2538) มีการนำกล้วยน้ำว้ามาใช้ประโยชน์หลายรูปแบบ ในอดีตเป็นการใช้ประโยชน์จากกล้วยผลสุก หรือนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เช่น กล้วยตาก กล้วยกวน กล้วยบรรจุกระป๋อง เป็นต้น ปัจจุบันกล้วยน้ำว้าโดยเฉพาะกล้วยผลดิบได้รับความสนใจในด้านการนำไปใช้ประโยชน์มากขึ้นเนื่องจากกล้วยผลดิบนอกจากจะมีปริมาณแป้งอยู่สูงแล้วยังมีปริมาณสตาร์ชชนิดหนึ่งที่เรียกว่า resistant starch เป็นองค์ประกอบที่เมื่อบริโภคเข้าไปแล้วจะไม่สามารถถูกย่อยสลายได้โดยเอนไซม์ในลำไส้เล็กจึงมีคุณสมบัติเหมือนกับเส้นใยอาหาร (Ranhotra et al., 1996) ซึ่งมีประโยชน์ต่อระบบขับถ่าย ระบบหมุนเวียนเลือด ลดปริมาณคอเลสเตอรอลในเส้นเลือด รวมถึงช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคต่าง ๆ เช่น โรคมะเร็ง โรคเบาหวาน โรคหัวใจ เป็นต้น (วิรัชภรณ์ อิงคะสารและศกถาวรณ จงสงวนดี, 2546) จึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจในการนำแป้งกล้วยน้ำว้ามาผลิตแครกเกอร์ แต่การใช้แป้งกล้วยทดแทนในการผลิตแครกเกอร์จะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาลเกิดขึ้นจากการใช้เตาอบในขั้นตอนการผลิตและจากเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่มีในแป้งกล้วยที่นำมาใช้ทดแทนแป้งสาลี โดยสีน้ำตาลที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์หากเกิดมากเกินไปก็จะทำให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับ ทำให้ผู้ศึกษามีความสนใจในการนำแป้งกล้วยมาผลิตแครกเกอร์เพื่อช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ โดยใช้ไมโครเวฟเข้ามาช่วยเพื่อลดปัญหาดังกล่าวที่เกิดขึ้น เพิ่มทางเลือกให้กับแม่บ้านหรือผู้ผลิตด้านการนำไปใช้และยังเป็นแนวทางในการนำเทคนิคไมโครเวฟมาใช้ร่วมกับกรอบธรรมดาในผลิตภัณฑ์ขนมอบชนิดอื่นต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.2 วัตถุประสงค์

ศึกษากระบวนการผลิตแครกเกอร์จากแป้งกล้วยโดยใช้เตาอบร่วมกับไมโครเวฟ

## 1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาปริมาณแป้งกล้วยจากกล้วยที่มีความแก่อยู่ในช่วง 70-90% เพื่อนำมาทดแทนแป้งสาลีในการผลิตแครกเกอร์ โดยทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 10%, 20%, 30%, 40% และ 50% ของน้ำหนักแป้งทั้งหมด และเปรียบเทียบคุณภาพแครกเกอร์ที่ผลิตได้กับแครกเกอร์จากแป้งสาลี แล้วนำอัตราส่วนของแป้งกล้วยต่อแป้งสาลีที่เหมาะสมมาศึกษากระบวนการผลิตแครกเกอร์โดยใช้เตาอบร่วมกับไมโครเวฟ จากนั้นเปรียบเทียบคุณภาพของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วย

## 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

งานวิจัยนี้ศึกษาปริมาณของแป้งกล้วยจากกล้วยน้ำว้าที่มีระยะความแก่อยู่ในช่วง 70-90 % เพื่อใช้ทดแทนแป้งสาลีในการผลิตแครกเกอร์ โดยมีการนำเทคนิคไมโครเวฟเข้ามาช่วยเพื่อลดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่เกิดมากเกินไปในผลิตภัณฑ์ที่ใช้แป้งกล้วยทดแทน ทำให้ผู้บริโภคได้บริโภคผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังเป็นแนวทางในการนำเทคนิคไมโครเวฟมาใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมอบชนิดอื่นต่อไป

## บทที่ 2

# ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 กล้วยน้ำว่า

กล้วยน้ำว่า (Kluai Namwa) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า [*Musa* (ABB group)] และมีชื่อเรียกอื่น ๆ ตามภูมิภาคอีกเช่น กล้วยใต้ (เชียงใหม่, เชียงราย); กล้วยตานีอ่อน (อุบลราชธานี); กล้วยมะลิอ่อน (จันทบุรี); กล้วยอ่อน (ชัยภูมิ); มีชื่อสามัญว่า Pisang Awak กล้วยน้ำว่ามีลำต้นเทียมสูงไม่เกิน 3.5 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 15 เซนติเมตร กาบลำต้นด้านนอกสีเขียวอ่อน มีประคำเล็กน้อย ด้านในสีเขียวอ่อน ก้านใบมีร่องค่อนข้างแคบ เส้นกลางในสีเขียว ก้านช่อดอกไม่มีขน ใบประดับรูปไข่ค่อนข้างป้อม ม้วนงอขึ้นปลายป้านด้านบนสีแดงอมม่วงมีนวล ด้านล่างสีแดงเข้มเครือหนึ่งมี 7-10 หวี หวีหนึ่งมี 10-16 ผล ผลใหญ่กว่ากล้วยไข่ กว้าง 3-4 เซนติเมตร ยาว 11-13 เซนติเมตร มีเหลี่ยม ก้านผลยาว เมื่อสุกเปลือกเป็นสีเหลืองปนน้ำตาล เนื้อสีขาว รสหวาน ที่แกนกลางหรือที่เรียกว่าไส้กลาง มีสีเหลือง ชมพูหรือขาว ซึ่งทำให้แบ่งออกได้เป็นกล้วยน้ำว่าเหลือง กล้วยน้ำว่าแดง และกล้วยน้ำว่าขาว (เบญจมาศ ศิลาชัย, 2538) มีการนำกล้วยน้ำว่ามาใช้ประโยชน์มากมาย ตั้งแต่ผลดิบถึงผลสุก เช่นนำมาทำ กล้วยฉาบ อาหารสำหรับเด็ก กล้วยตาก กล้วยกวน แบ่งกล้วย เป็นต้น

### 2.2 ดัชนีการเก็บเกี่ยว (Harvesting Index)

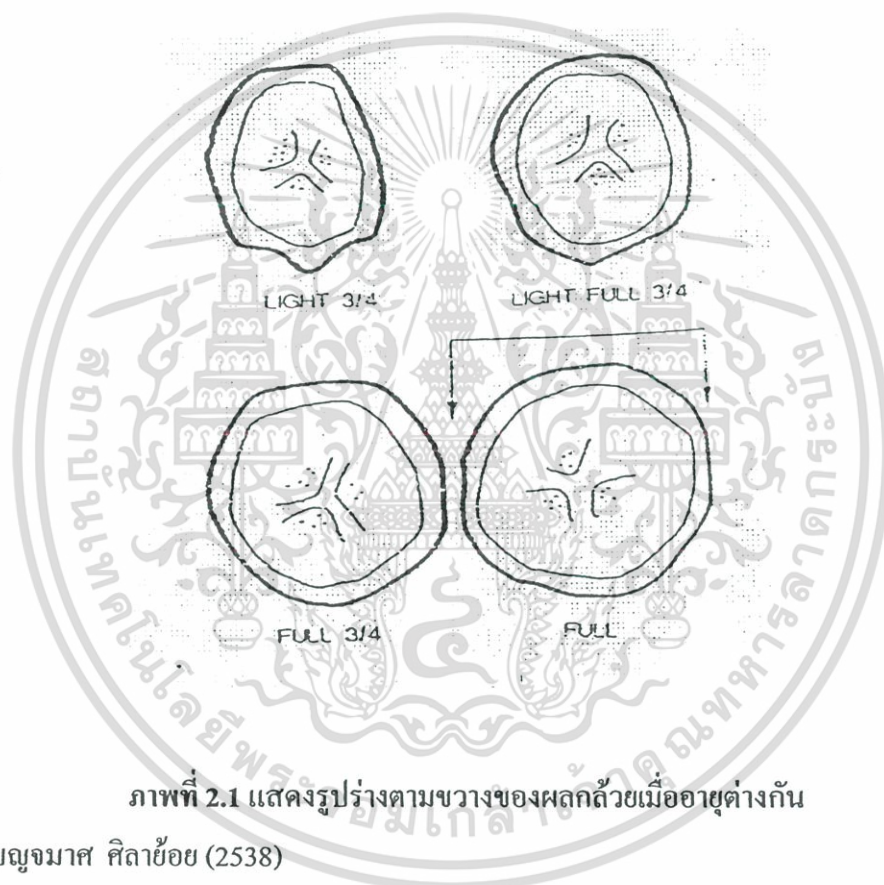
ดัชนีการเก็บเกี่ยวเป็นสิ่งที่กำหนดว่า เมื่อไรกล้วยควรจะเก็บเกี่ยวได้และให้คุณภาพดี ดัชนีที่ดีควรเป็นดัชนีที่เชื่อถือได้ใช้ได้สำหรับผลิตผลนั้น ๆ ในทุกแหล่งปลูกและในทุกฤดูกาลผลิต ดัชนีการเก็บเกี่ยวของกล้วยจะสังเกตได้จากขนาดและเหลี่ยมของผล โดยปกติแล้วสามารถเก็บเกี่ยวกล้วยได้เมื่อผลมีขนาด 3/4 ของขนาดจริงและยังเห็นเหลี่ยมของผลชัดเจนซึ่งในระยะนี้ถือว่า กล้วยมีความแก่ประมาณ 75 % เบญจมาศ ศิลาชัย (2538) รายงานว่า การดูความแก่ที่เหลี่ยมของผลกล้วยนี้จะใช้ได้กับกล้วยที่รับประทานผลสดเท่านั้น เช่น กล้วยไข่ กล้วยหอม กล้วยน้ำว่า เป็นต้น แต่ใช้ไม่ได้กับกล้วยหักมุก กล้วยกล้วย กล้วยหิน เพราะกล้วยเหล่านี้จะมีชัดเจนถึงแม้จะแก่เต็มที่ ฉะนั้นจึงดูที่ผิวของผลและอายุเป็นเกณฑ์ ดังนั้นสำหรับกล้วยน้ำว่าสามารถแบ่งมาตรฐานความแก่ของกล้วยซึ่งขึ้นอยู่กับเหลี่ยมของผลกล้วยได้ดังนี้

Light 3/4	หมายถึง ผลที่มีขนาดครึ่งหนึ่งของผลโตเต็มที่หรือมีความแก่ 70%
Light Full 3/4	หมายถึง ผลที่มีเหลี่ยมเห็นชัด มีความแก่ประมาณ 80%
Full 3/4	หมายถึง ผลที่มีเหลี่ยมแต่ไม่ชัดเจน มีความแก่ประมาณ 90 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Full หมายถึง ผลที่ไม่มีเหลี่ยมเลย เรียกว่าแก่เต็มที่ 100%

การเก็บเกี่ยวกล้วยมักเก็บเกี่ยวเมื่อกล้วยมีความแก่ต่าง ๆ กัน ขึ้นอยู่กับตลาดและข้อตกลงระหว่างผู้ซื้อและผู้ขาย สำหรับตลาดในต่างประเทศ ส่วนมากใช้การวัดขนาด โดยการใช้คาลิปเปอร์เป็นดัชนีในการเก็บเกี่ยว หรืออาจใช้การนับจำนวนวัน เช่น การตัดกล้วยหอมกลุ่มคาเวนดิชอาจจะอยู่ระหว่าง 60-85 วันซึ่งขึ้นอยู่กับพื้นที่ที่ปลูกและการดูแลรักษา ความคุมอุณหภูมิ ถ้าอากาศร้อนจำนวนวันตั้งแต่แทงปลีจนถึงเก็บเกี่ยวประมาณ 80 วัน ถ้าอากาศหนาว อาจจะเป็น 120 วัน ในกล้วยกลุ่ม AAA แต่ในกลุ่มABB อาจถึง 180 วัน(เบญจมาศ ศิลาชัย, 2538)



ภาพที่ 2.1 แสดงรูปร่างตามขวางของผลกล้วยเมื่ออายุต่างกัน

ที่มา : เบญจมาศ ศิลาชัย (2538)

สุดาทิพย์ อินทร์ชื่น (2545) ศึกษาดัชนีที่เหมาะสมในการกำหนดการเก็บเกี่ยวกล้วยน้ำว้าที่ระยะการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกันในการผลิตแปรรูปกล้วยน้ำว้า คือที่ความแก่ 70, 80, 90 และ 100 % โดยพบว่าสามารถเก็บเกี่ยวกล้วยน้ำว้าได้หลังจากที่กล้วยแทงปลีแล้ว 15, 16, 17 และ 18 สัปดาห์ตามลำดับ และพบว่าเมื่อกล้วยมีความแก่มากขึ้น ความยาวเส้นรอบวงจะเพิ่มขึ้น แต่อัตราส่วนเปลือกต่อเนื้อจะลดลง ดังนั้นการเก็บเกี่ยวกล้วยเพื่อใช้ในการผลิตแปรรูปสามารถใช้การนับจำนวนวันร่วมกับพิจารณาเหลี่ยมของผลร่วมกันได้หรืออาจจะใช้อัตราส่วนเปลือกต่อเนื้อของกล้วยร่วมด้วยก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากดัชนีการเก็บเกี่ยวที่กล่าวมา การวิเคราะห์หาค่าประกอบทางเคมีของกล้วยก็เป็นวิธีการที่ดีในการตัดสินความแก่หรือระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวได้เช่นกัน เพราะเป็นวิธีที่ค่อนข้างจะมีความสัมพันธ์โดยตรงต่อรสชาติของผลไม้ เช่น ในระยะแรกของการเจริญเติบโตของผลกล้วยหอมพันธุ์คาเวนดิช ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ และน้ำตาลนิน-รีดิวซ์จะต่ำมาก และหลังจากนั้น 115 วัน ปริมาณน้ำตาลรวมก็ยังคงต่ำอยู่ แต่เมื่อกล้วยเริ่มแก่ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยจะมีการเพิ่มปริมาณของกลูโคสและฟรุกโตส ซึ่งการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของน้ำตาลในผลกล้วยนี้จึงเป็นวิธีบอกความแก่ของกล้วยได้หลังจากเก็บเกี่ยวแล้ว ถ้าเก็บรักษากล้วยไว้ที่อุณหภูมิ 30 °ซ พบว่ามีการเพิ่มปริมาณของน้ำตาลมากขึ้น ส่วนปริมาณแป้งในเนื้อกล้วยจะเพิ่มขึ้นจนถึงอายุ 70 วัน จึงจะเริ่มลดลง ส่วนปริมาณน้ำตาลทั้งหมด การปรากฏของกลูโคสและฟรุกโตสและการหยุดการเจริญของกล้วยสามารถใช้เป็นดัชนีการเก็บเกี่ยวได้เป็นอย่างดี แต่การใช้องค์ประกอบทางเคมีเพียงอย่างเดียวอาจให้ผลคลาดเคลื่อนเนื่องจากปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของผลผลิตขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมและวิธีการดูแลรักษาในแปลงปลูกกล้วย (คนัย บุญยเกียรติ และนิธิยา รัตนปนนท์ , 2541)

### 2.3 คุณค่าทางโภชนาการของกล้วย

กล้วยเป็นผลไม้ชนิดหนึ่งที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงเมื่อเทียบกับผลไม้อื่น ๆ เนื่องจากมีอาหารหลักรวม 5 พวก คือ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน วิตามิน เกลือแร่ และน้ำ กล้วยจะมีคุณค่าสูงใกล้เคียงกับมันฝรั่ง แต่มีไขมัน คอเลสเตอรอล และเกลือแร่ต่ำ จึงเหมาะสำหรับเป็นอาหารลดความอ้วน กล้วยมีเกลือโซเดียมเพียงเล็กน้อย และมีโปตัสเซียมอยู่ประมาณ 400 มิลลิกรัม จากน้ำหนักเนื้อ 100 กรัม เนื่องจากกล้วยมีไขมันต่ำ และพลังงานสูง จึงเป็นอาหารที่แนะนำสำหรับคนชรา ผู้เป็นโรคเกี่ยวกับทางเดินอาหาร และเด็กที่ท้องเสียบ่อย ๆ กล้วยสามารถลดแก๊สในกระเพาะซึ่งเกิดจากความเครียดได้ นอกจากนี้ยังมีวิตามิน A, B<sub>6</sub> และ C อีกกล้วย (เบญจพร เฟื่องอัน, 2541)

### 2.4 กรรมวิธีการผลิตแปงกล้วย

แปงกล้วยเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำกล้วยดิบมาแปรรูปเนื่องจากมีปริมาณแป้งมาก ก่อนที่จะนำไปประกอบอาหารเพื่อบริโภค กรรมวิธีการผลิตแปงกล้วยโดยส่วนใหญ่มีขั้นตอนที่ง่ายไม่ซับซ้อนและมีวิธีการเตรียมคล้ายคลึงกัน โดยใช้กล้วยดิบที่ผ่านการล้าง นำมานึ่ง ปอกเปลือก หั่น และแช่สารเคมีป้องกันการเกิดสีน้ำตาล ทำแห้ง และบดเป็นแป้ง ซึ่งบางขั้นตอนอาจมีวิธีการทำแตกต่างกันบ้างเล็กน้อยแต่สุดท้ายจะได้แปงกล้วยที่มีลักษณะสีขาวนวล สามารถนำไปทำขนมชนิดต่าง ๆ ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Crowther (1979) กล่าวถึงขั้นตอนการผลิตแป้งกล้วยไว้ดังนี้คือ นำกล้วยน้ำว้าดิบที่มีความแก่ระยะ full 3/4 นำมาล้างทำความสะอาด จากนั้นแช่ในน้ำที่มีอุณหภูมิ 40-45 °ซ และ 70-75 °ซ ประมาณ 5-6 นาที เพื่อให้การปอกเปลือกง่ายขึ้น หลังปอกเปลือกแล้วนำมาหั่นเป็นแว่นตามขวางหนา 1/4 นิ้ว นำไปปรมด้วยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์นาน 20-25 นาที แล้วนำไปทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ (Tunnel dryer) ที่อุณหภูมิ 45 °ซ นาน 7-8 ชั่วโมง จนมีความชื้นเหลือประมาณ 8% หลังจากนั้นบดเป็นผงด้วยเครื่องบร่อนผ่านตะแกรงได้แป้งกล้วย บรรจุในภาชนะที่สะอาดแห้งและมีฝาปิด

จรูญ อุณสุวรรณ (2530) กล่าวถึงขั้นตอนการผลิตแป้งกล้วยน้ำว้าโดยการตากแดดและใช้ลูกกลิ้งร้อน (drum dryer) ขั้นตอนการผลิตแป้งกล้วยน้ำว้าโดยการตากแดดทำโดย นำกล้วยน้ำว้าดิบล้างน้ำ นึ่งในรังถึง 10-20 นาที แล้วปอกเปลือก ตัดเนื้อกล้วยเป็นรูปสี่เหลี่ยมเล็ก ๆ หลังจากนั้นนำไปแช่ในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ ความเข้มข้น 0.1 % และปรับพีเอช ให้เป็น 3.3 ด้วยกรดซิตริก นำกล้วยมาแช่น้ำนาน 5 นาที ตากแดดจนแห้ง ถ้าแดดจัดใช้เวลาประมาณ 2 วันหลังจากนั้นบดเป็นผง ได้แป้งกล้วย บรรจุในภาชนะที่สะอาด แห้งและปิดสนิท ส่วนการผลิตแป้งกล้วยน้ำว้าโดยใช้ลูกกลิ้งร้อนทำได้โดย นำกล้วยน้ำว้าดิบล้างน้ำ นึ่งในหม้อความดันไอน้ำ 5-8 ปอนด์ต่อตารางนิ้วประมาณ 3-5 นาที ปอกเปลือก หั่นเนื้อกล้วยเป็นชิ้นบาง ๆ ตามขวาง เดมน้ำและโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ความเข้มข้น 0.1 % ปรับพีเอชเป็น 3.3 ด้วยกรดซิตริก แล้วบดรวมกัน เทเข้าเครื่องลูกกลิ้งร้อนที่ 55-60 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว หลังจากนั้นบดเป็นผง ได้แป้งกล้วยบรรจุในภาชนะที่แห้งสะอาด และปิดสนิท

ญาณีสา รัตอากาศ และคณะ (2536) ศึกษาผลของความร้อนในการนึ่งกล้วยที่อุณหภูมิ 250 องศาฟาเรนไฮต์ เพื่อช่วยในการปอกเปลือกและหั่นเนื้อกล้วยเป็นชิ้นเล็ก ๆ พบว่าควรนึ่งกล้วยนาน 1 นาที เพื่อให้การปอกเปลือกและหั่นทำได้ง่าย จากนั้นนำกล้วยที่หั่นเป็นชิ้นลูกเต๋าด้าน 0.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร แช่ในสารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟด์ความเข้มข้น 0.1% ปรับพีเอชเป็น 3.3 ด้วยกรดซิตริก แช่ประมาณ 4 นาที จากนั้นนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 50-55 °ซ 5 ชั่วโมง และบดด้วยเครื่อง Hammer mill และ Pin mill ได้แป้งกล้วยสีขาวนวลนำมาบรรจุในถุงโพลีเอทิลีนที่เคลือบอลูมิเนียมฟอยล์

เบญจมาศ ศิลาชัย (2538) ผลิตแป้งกล้วยน้ำว้า โดยนำกล้วยน้ำว้าดิบล้างน้ำ นึ่ง 5 นาที ทำให้เย็น ปอกเปลือก หั่นเป็นแว่น ๆ และแช่ในสารกันบูด 0.1% ผึ่งลมให้แห้ง แล้วนำมาทำแห้งอีกครั้งในตู้อบแห้ง ที่อุณหภูมิ 55 °ซ นาน 30 นาที หรือใช้ตู้พลังงานแสงอาทิตย์ หลังจากนั้นบดด้วยเครื่องบดจะได้เป็นแป้งกล้วย

Whistler (1998) ผลิตสตาร์ชจากกล้วยโดยนำกล้วยดิบมาปอกเปลือก หั่นเป็นชิ้นหนาประมาณ 5 มิลลิเมตร บดรวมกับโซเดียมไบซัลไฟด์ความเข้มข้น 1 % พีเอช 4.5 ที่อุณหภูมิ 45 °ซ นาน 10 นาที ตั้งทิ้งไว้ 4 ชั่วโมง เพื่อให้เอนไซม์เพคตินเนส (pectinase) และโพลีกาแลคทูโรเนส ออกสารที่เป็นเอกสารที่สว่นไว้สำหรับการศึกษาเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญตให้หน้าไปเซประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(polygalacturonase) เชื้อผนังเซลล์เนื้อกล้วย เพื่อให้เมล็ดสตาร์ชหลุดออกมา นำไปกรองผ่านตะแกรงขนาด 70 ไมโครเมตร และทำการหมუნเหวี่ยงแยกเพื่อแยกสตาร์ชออกจากของผสม นำสตาร์ชที่แยกได้มาทำให้แห้ง จะได้ผงสตาร์ชจากกล้วย

Fichtali และคณะ (1999) ผลิตสตาร์ชจากกล้วยโดยการนำกล้วยดิบทั้งเปลือกบดรวมกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.05 นอร์มอล ในอัตราส่วนสารละลายต่อกล้วย 3 ต่อ 1 บดผ่านตะแกรงขนาด 0.15 นิ้ว โดยเครื่อง fitz mill อัตราเร็วในการบด 300 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และอัตราการไหลของสารละลาย 900 ลิตรต่อชั่วโมง จะได้ของผสมกล้วยบดกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ นำไปตั้งทิ้งไว้ 2 ชั่วโมง หลังจากนั้นเติมน้ำลงไป 5 ส่วนต่อของผสม 1 ส่วน กรองเปลือกและกากออกด้วยตะแกรงขนาด 80 เมช จากนั้นนำของผสมที่กรองได้ล้างด้วยน้ำ 2.5 ส่วนต่อวัตถุดิบเริ่มต้น 1 ส่วน กรองผ่านตะแกรงขนาด 200 เมช จะได้สารละลายสตาร์ชออกมา นำมาหมუნเหวี่ยงแยกจะได้สตาร์ช 15-20 %

## 2.5 คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งกล้วย

ปัจจุบันแป้งกล้วยกำลังได้รับความสนใจในด้านการนำไปใช้ประโยชน์มากขึ้น เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการสูงและอุดมด้วยสารอาหารหลายชนิด นอกจากนี้ยังมีสมบัติทางเคมีกายภาพบางประการที่เหมาะสมสำหรับนำมาใช้ทดแทนแป้งสาลีในการทำขนมประเภทต่าง ๆ ได้

Kayisu และคณะ (1981) ศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพของสตาร์ชจากกล้วย พบว่าแป้งจากกล้วยดิบประกอบด้วยสตาร์ช 78% และแป้งจากกล้วยสุกประกอบด้วยสตาร์ช 16.1 % เมื่อส่องดูด้วยกล้อง Scanning Electron Microscope พบว่าสตาร์ชจะอยู่ในลักษณะที่เป็นเม็ด (starch granule) มีรูปร่างทรงกลม (spheroid) และแท่งยาว (elongated) โดยรูปร่างทรงกลมมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 15-40 ไมโครเมตร และรูปร่างแท่งยาว มีความกว้าง 5-25 ไมโครเมตร ยาว 20-50 ไมโครเมตร พื้นผิวของเม็ดสตาร์ชจากกล้วยดิบมีลักษณะเรียบ ในขณะที่เม็ดสตาร์ชจากกล้วยสุกมีเป็นริ้ว ๆ ซึ่งเกิดจากการทำงานของเอนไซม์อะไมเลสในระหว่างการสุกของกล้วย ส่วนคุณสมบัติด้านความหนืดของเม็ดสตาร์ชเมื่อตรวจสอบด้วย Brabender viscoamylograph พบว่าการตรวจสอบของผสมสตาร์ชกับน้ำที่มีความเข้มข้นต่ำไม่พบการเกิด Peak viscosity และมีความหนืดเกิดขึ้นเล็กน้อยในระหว่างให้ความร้อน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเม็ดสตาร์ชเกิดการพองตัวเล็กน้อย จึงมีความแข็งแรงมากพอที่จะต้านทานต่อการกวนได้ แต่เมื่อตรวจสอบของผสมสตาร์ชกับน้ำที่มีความเข้มข้น 8 % กราฟความหนืดที่ได้ใกล้เคียงกับสตาร์ชจากธัญพืช โดยหลังจากเกิด Peak viscosity แล้วเมื่อให้ความร้อนและเวลาต่อไป ความหนืดจะลดลง หลังจากนั้นเมื่อลดอุณหภูมิลงความหนืดจะเพิ่มสูงขึ้นและพบว่าอุณหภูมิการเกิดเจลาตินอส้อยในช่วง 67-70 °C ซึ่งใกล้เคียงกับสตาร์ชข้าวโพดแต่ต่ำกว่าสตาร์ชมันฝรั่งและมันสำปะหลังและสูงกว่าสตาร์ชจากธัญพืช นอกจากนี้ยังพบว่าสตาร์ชจากกล้วยมีรูปแบบการพองตัวใกล้เคียงกับสตาร์ชจากถั่วเขียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Lii และคณะ (1982) ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของสตาร์ชจากกล้วย (*Musa* sp.) ที่ระยะการสุกแตกต่างกัน พบว่าเมล็ดสตาร์ชเมื่อส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงธรรมดา (normal light) มีรูปร่างรี (Oval) และรูปร่างไม่แน่นอน (Irregular) และเมื่อส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงโพลาไรซ์ (polarized light) พบการเกิดลักษณะไบรีฟริงเจน เม็ดสตาร์ชที่มีขนาดอยู่ระหว่าง 6-80 ไมโครเมตร แต่ที่พบมากที่สุดอยู่ระหว่าง 20-60 ไมโครเมตร และเมื่อกกล้วยมีระยะการสุกมากขึ้น พบเมล็ดสตาร์ชที่มีขนาดใหญ่มากที่สุด โดยจะไม่พบเมล็ดสตาร์ชที่มีขนาดเล็กกว่า 15 ไมโครเมตร เมื่อกกล้วยมีระยะการสุกมากกว่าระยะที่ 1 และจะไม่พบเมล็ดสตาร์ชที่มีขนาดเล็กกว่า 20 ไมโครเมตร เมื่อกกล้วยมีระยะการสุกมากกว่าระยะที่ 4 เมื่อตรวจสอบคุณสมบัติการพองตัวและการละลายของสตาร์ชจากกล้วยที่มีระยะการสุก 0 ถึง 3 ตรวจสอบที่อุณหภูมิ 65-95 ° ซ พบว่าสตาร์ชจากกล้วยมีกำลังการพองตัวน้อยมาก แต่สูงกว่าสตาร์ชจากธัญพืช ส่วนผสม ความสามารถในการละลายน้ำก็เช่นเดียวกัน นอกจากนี้คุณสมบัติด้านความหนืดของของผสมสตาร์ชจากกล้วยกับน้ำที่ความเข้มข้น 5 7 และ 8 % เมื่อตรวจสอบด้วย Brabender viscoamylograph ที่อุณหภูมิ 35-95-35 ° ซ ด้วยความเร็วรอบ 700 รอบต่อนาที พบว่าของผสมสตาร์ชที่มีความเข้มข้น 5 % ไม่พบ Peak viscosity เนื่องจากสตาร์ชมีการพองตัวน้อย จึงมีความหนืดเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น แต่การตรวจสอบของผสมสตาร์ชที่ความเข้มข้น 7 และ 8 % พบ Peak viscosity ในระหว่างการให้ความร้อน และเมื่อลดอุณหภูมิลงจะเกิดการ set back ขึ้นและตรวจสอบสตาร์ชจากกล้วยที่มีระยะการสุกต่างกันมีอุณหภูมิในการเกิดเจลาคีไนซ์ใกล้เคียงกัน โดยมีอุณหภูมิในการเกิดเจลาคีไนซ์อยู่ในช่วง 74-83 ° ซ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าภายในสตาร์ชมีการจัดเรียงตัวอย่างแข็งแรง จึงทำให้เมล็ดสตาร์ชเกิดการพองตัวในระหว่างการให้ความร้อนน้อย ดังนั้นต้องให้ความร้อนสูงเพื่อทำลายพันธะในเมล็ดสตาร์ช เม็ดสตาร์ชจึงสามารถดูดน้ำและพองตัวได้

Mota และคณะ (2000) ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพของแป้งกล้วย 8 สายพันธุ์ พบว่าแป้งกล้วยประกอบด้วยสตาร์ช 61-76.5 % อะไมโลส 19-23 % โปรตีน 2.5-3.3 % ความชื้น 4-6 % ไขมัน 0.3-0.8 % และเยื่อใย 6-15.5 % มีอุณหภูมิในการเกิดเจลาคีไนซ์แตกต่างกันเล็กน้อย โดยมีอุณหภูมิในการเกิดเจลาคีไนซ์ 68-76 ° ซ จากการตรวจสอบคุณสมบัติด้านความหนืดของของผสมแป้งกล้วยกับน้ำด้วยเครื่อง rapid visco analyzer (RVA) สามารถจำแนกชนิดของแป้งกล้วยโดยพิจารณาเส้นโค้งความหนืดได้ 3 แบบ คือ แบบที่ 1 แป้งกล้วยที่มีความคงทนต่อการกวน แบบที่ 2 แป้งกล้วยที่มีความคงทนต่อการกวนและมีความหนืดสูง และแบบที่ 3 แป้งกล้วยที่มีความคงทนต่อการกวนต่ำ

ญาณิศา รัตตภา และคณะ (2536) ศึกษาคุณสมบัติด้านความหนืดของแป้งกล้วยน้ำว้าและแป้งกล้วยหักมุกเมื่อตรวจสอบด้วย Brabender viscoamylograph ที่ความเข้มข้นของของผสมแป้งกล้วยกับน้ำ 10 % โดยการตรวจสอบที่อุณหภูมิ 95 ° ซ นาน 20 นาทีและอุณหภูมิ 50 ° ซ นาน 30 นาที แล้วนำผลที่ได้เปรียบเทียบกับสตาร์ชข้าวเจ้าและสตาร์ชข้าวเหนียว พบว่าแป้งกล้วยน้ำว้ามีเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติใกล้เคียงกับสตาร์ชจากข้าวเจ้า โดยแป้งกล้วยน้ำว้ามีค่า Peak viscosity และ Break down เท่ากับ 470 และ 543 Brabender unit และมีค่า Break down เท่ากับ 125 และ 223 Brabender unit ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าแป้งกล้วยน้ำว้าและสตาร์ชข้าวเจ้าเกิดการแตกตัวยาก พองตัวน้อย และเมื่อมีความคงทนต่อการกวน นอกจากนี้แป้งกล้วยน้ำว้ายังมีค่า Final viscosity ต่ำอีกด้วย โดยมีค่า เท่ากับ 500 Brabender unit จึงทำให้ของผสมที่ได้มีลักษณะไม่เหนียวหนืด ส่วนแป้งกล้วยหักมุกมี คุณสมบัติใกล้เคียงกับสตาร์ชข้าวเหนียวโดยแป้งกล้วยหักมุกมีค่า Peak viscosity สูง (1215 Brabender unit) แป้งกล้วยหักมุกและสตาร์ชข้าวเหนียวยังมีค่า Break down ก่อนข้างสูงเช่นเดียวกัน (485 และ 513 Brabender unit ตามลำดับ) แสดงให้เห็นว่าแป้งกล้วยหักมุกและสตาร์ชข้าวเหนียว เกิดการแตกตัวง่าย พองตัวมากและเมื่อแป้งไม่มีความคงทนต่อการกวน นอกจากนี้กล้วยหักมุกยังมี Final viscosity สูงทำให้ของผสมที่ได้มีลักษณะเหนียวหนืดมาก

สุชาติพิศ อินทร์ชื่น (2545) ศึกษาคุณสมบัติทางด้านเคมีกายภาพของแป้งกล้วยน้ำว้าที่ความ แยกแตกต่างกัน แป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีความแก่มากขึ้น จะมีปริมาณ โปรตีน เถ้าและ น้ำตาล ทั้งหมดสูงขึ้น ในขณะที่ปริมาณเยื่อใยและคาร์โบไฮเดรตมีปริมาณลดลง นอกจากนี้ยังพบว่าสตาร์ช และอะไมโลสมีปริมาณสูงสุดเมื่อกล้วยมีความแก่ 90 % โดยแป้งกล้วยประกอบด้วยสตาร์ชและอะ ไมโลสประมาณ 60-66 และ 21-23 % ตามลำดับ รูปร่างของเม็ดกล้วยเมื่อทดสอบด้วยกล้อง Scanning Electron Microscope (SEM) มีรูปร่างรูปไข่และมีรูปร่างไม่แน่นอน ขนาด 27-45 ไมโครเมตร เมื่อระยะเวลาความแก่ของกล้วยมากขึ้น เม็ดแป้งขนาดใหญ่มากขึ้น ความคงทนต่อแรง เหนือและความสามารถในการดูดซับน้ำมีแนวโน้มลดลง ส่วนความสามารถในการละลายและความ คงทนต่อการแช่แข็งและการละลาย (Freeze-Thaw Stability) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แป้งกล้วยที่ผลิต จากกล้วยน้ำว้าที่ความแก่ 80 และ 90 มีค่า Peak viscosity, Holding strength, Break down, Final viscosity และ set back สูงกว่ากล้วยที่มีความแก่ 70 และ 100 % ตามลำดับ แป้งกล้วยมี Peak temperature ประมาณ 88 °C Peak time ประมาณ 8 นาที และ Pasting temperature ประมาณ 80 °C

## 2.6 การใช้ประโยชน์จากแป้งกล้วย

ญานิสรา รัตตอภา และคณะ (2536) ได้ทำการประกอบอาหารจากแป้งกล้วยพบว่า เมื่อใช้ แป้งกล้วยน้ำว้าเป็น 25 % ของแป้งทั้งหมดในขนมกล้วย และแป้งกล้วยหักมุกเป็น 25 % ของแป้ง ทั้งหมดในขนมเหนียว ขนมถั่วแปบ และขนมต้มขาว ผู้ชิมชอบและยอมรับ แต่ข้าวคูและขนมกล้วยที่ ใสแป้งกล้วยน้ำว้าที่ผู้ชิมไม่ชอบ

สถาบันวิจัยจุฬาภรณ์ (2540) นำแป้งกล้วยมาทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ขนมอบหลาย ชนิด โดยแต่ละชนิดนำมาใช้ทดแทนแป้งสาลีและแป้งชนิดอื่นในส่วนผสม เช่น ผลิตภัณฑ์ เอแคลร์ จะประกอบด้วยส่วนของตัวขนมและไส้ขนม ซึ่งสามารถใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีในส่วนตัว ขนมได้ 20 % และส่วนไส้ใช้ทดแทนแป้งข้าวโพคได้ 50 % ทาร์ตกล้วย ส่วนตัวแป้งทดแทนแป้ง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สาทิได้ 48 % ส่วนใส่ทดแทนแป้งข้าวโพดได้ 50 % บรวานี้ ทดแทนแป้งสาทิได้ 33 % โคนัท ทดแทนแป้งสาทิได้ 40 % ขนมปังใส่ต่าง ๆ ทดแทนแป้งสาทิได้ 42 % และคูกก็เนยสดทดแทนแป้ง สาทิได้ 53 %

วลัย หุตะโกวิทและคณะ (2542) ได้นำแป้งกล้วยมาใช้ทดแทนแป้งสาทิในผลิตภัณฑ์ขนม ปัง เค้ก คูกก็ โคนัท ขนมเปียะไหว้พระจันทร์ ในอัตราส่วน 25, 50, 75 และ 100% พบว่าสามารถนำ แป้งกล้วยมาทดแทนแป้งสาทิในผลิตภัณฑ์ขนมปัง เค้ก คูกก็ โคนัท และขนมเปียะไหว้พระจันทร์ ได้สูงสุด ในอัตราส่วน 25, 25, 50, 25 และ 50% ตามลำดับ โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้จากแป้งกล้วยยังมี ลักษณะดีตามลักษณะของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ และหากเพิ่มปริมาณแป้งกล้วยมากกว่านี้ พบว่า ผลิตภัณฑ์จะมีลักษณะร่วนซุยสีคล้ำ และนอกจากนี้ยังมีการทดลองเสริมแป้งกล้วย ในผลิตภัณฑ์ ขนมไทยบางชนิด เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและลดปริมาณการใช้แป้งชนิดอื่น และพัฒนา ผลิตภัณฑ์ขนมไทยจากแป้งกล้วย พบว่าสามารถนำแป้งกล้วยเสริมในผลิตภัณฑ์ขนมลูกชุบและเม็ด ขนุนได้ 10 %

## 2.7 แครกเกอร์

จัดเป็นขนมปังกรอบประเภทหนึ่งที่แตกต่างกันไปจากบิสกิต และคูกก็ จากการแบ่งตาม ส่วนผสม วิธีการทำ รูปร่างและขนาด(มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2538) เป็นผลิตภัณฑ์ ขนมอบที่มีแป้งสาทิเป็นส่วนประกอบหลัก(Ibuki *et al.*, 2002) และมีส่วนประกอบรองอื่น ๆ อาจ ปรุงแต่งกลิ่นรสด้วยหรือไม่ก็ได้ หรือบางกรณีอาจมีการเติมแต่งด้วยส่วนประกอบอื่น ๆ ที่สามารถ มองเห็นส่วนประกอบที่ใช้ ในบางกรณีแครกเกอร์อาจเรียกว่าบิสกิตเนื่องจากทั้งสองมีลักษณะไม่ แตกต่างกันอย่างชัดเจน(มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2538) แครกเกอร์เป็นกลุ่มผลิตภัณฑ์ ขนมอบที่มีสูตรคล้ายขนมปัง มียีสต์กับ โซดาหรือผงฟูอยู่ในส่วนผสม(Ibuki *et al.*, 2002)แต่จะมี ส่วนผสมของน้ำหรือของเหลวน้อยจึงมีลักษณะโคแข็ง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะกรอบแข็งเป็นชั้น ๆ (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2539)

ส่วนผสมของแครกเกอร์ประกอบด้วย แป้งสาทิ น้ำ สารให้ความอ่อนตัวคือ ไขมัน สารให้ ความพองตัว เช่น ยีสต์ โซดา ผงฟู เป็นต้น สารให้รสชาติคือ เกลือ น้ำตาล น้ำมัน และสิ่งปรุงแต่ง อื่น ๆ เช่นผลไม้ ถั่วแห้ง ถูกันต์ มะม่วงหิมพานต์ โกโก้ ช็อกโกแลต สีและกลิ่นรสต่าง ๆ โดยมีแป้ง สาทิเป็นองค์ประกอบสำคัญในสูตรมากถึง 80% หรือมากกว่า จึงมีผลโดยตรงต่อลักษณะโครงสร้าง ของผลิตภัณฑ์(อรอนงค์ นัยวิกุล, 2539)

## 2.8 ชนิดของแครกเกอร์

แครกเกอร์ที่มีจำหน่ายในท้องตลาดทั่วไปจะมีชื่อเรียกแตกต่างกันไป หากแบ่งแครกเกอร์ตามส่วนผสม วิธีการทำ รูปร่างและขนาด รวมถึงการเติมแต่ง เช่น การเคลือบ การสอดไส้ (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2538) สามารถแบ่งได้ดังนี้

2.8.1 โซดาแครกเกอร์ (soda cracker) หรือซอลทีนแครกเกอร์ (saltine cracker) เป็นแครกเกอร์ที่มีรสไม่หวาน ทำจากแป้งผสมไขมันร้อยละ 8 ถึง 10 ยีสต์ ร้อยละ 0.5 และเกลือ อาจเติมมอลต์หรือมอลต์ไซรัป และใช้เวลาหมักนาน โดยทั่วไปเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมขนาดประมาณ 50 x 50 มิลลิเมตรหนา 4 มิลลิเมตร มีรู 9 รู จัดอยู่ใน 3 แถว ด้านบนเป็นสีน้ำตาลสม่ำเสมอ ด้านล่างเรียบมีรอยพองเล็ก ๆ กระจายทั่วไป โครงสร้างภายในเป็นชั้น ๆ

2.8.2 ครีมแครกเกอร์ (cream cracker) เป็นแครกเกอร์ที่มีรสไม่หวาน ทำจากแป้งผสมไขมันร้อยละ 12 ถึง 18 ยีสต์ร้อยละ 1.0 ถึง 2.4 และเกลือร้อยละ 0.9 ถึง 1.5 และใช้เวลาหมักนาน โดยทั่วไปเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมขนาดประมาณ 65 มิลลิเมตร x 75 มิลลิเมตร ลักษณะบาง ผิวหน้าไม่เรียบ มีสีอ่อน มีรอยพองกระจายทั่วไป โครงสร้างภายในเป็นชั้น ๆ ลักษณะเนื้อจะนุ่ม กรอบ ซึ่งเมื่อละลายในปากจะไม่แตกเป็นชิ้นเล็กชิ้นน้อย

2.8.3 สแนกแครกเกอร์ (snack cracker) เป็นแครกเกอร์ที่มีรสหวาน ทำจากแป้งผสมไขมันและน้ำตาลหรือไซรัปเล็กน้อย อาจใช้ยีสต์หรือสารเคมี ส่วนใหญ่จะใช้สารเคมี อาจใส่เกลือหรือผงแต่งกลิ่นรส เช่น สมุนไพรหรือผงเนยแข็ง กลิ่นรสได้จากไขมันที่พ่นผิวหน้าขณะร้อนและสิ่งแต่งหน้า ลักษณะต่างจากซอลทีนแครกเกอร์และครีมแครกเกอร์ที่มีเนื้อแน่นกว่า และเมื่อกัดจะรู้สึกนุ่มกว่า (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2538)

## 2.9 กรรมวิธีการผลิตแครกเกอร์

แครกเกอร์จัดเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะ โดแข็ง โดยกลุ่มโดแข็ง จะแบ่งผลิตภัณฑ์เป็น 3 ประเภทคือ

ก. โดหมัก (fermented dough)

ข. โดพัฟ (puff dough)

ค. โดกึ่งหวาน (semi-sweet dough)

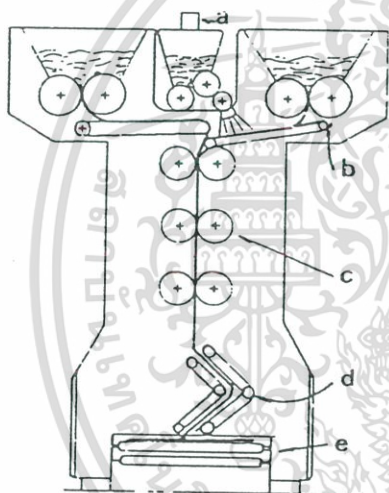
ในที่นี้จะขอกล่าวรายละเอียดเฉพาะการผลิตแครกเกอร์แบบโดหมัก ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ในการทดลองนี้ การทำแครกเกอร์แบบโดหมัก หมายถึง การทำแครกเกอร์ที่มีสูตรส่วนผสม และวิธีการทำในขั้นการผสมและการหมักโดคล้ายวิธีทำขนมปัง โดยทั่วไปนิยมทำเป็นแครกเกอร์ครีม (cream crackers) ที่มีลักษณะสูตร และการผสม 3 แบบคือ

ก. การผสมครั้งเดียว

ข. การผสมสองครั้ง

ค. การผสมสองครั้งแต่ใช้เวลาในการหมักขั้นสปันจ์สั้น

ในที่นี้จะขอกล่าวรายละเอียดเฉพาะการผลิตแครกเกอร์แบบโคหมักที่มีการผสมแบบครั้งเดียว ซึ่งมีส่วนผสมเป็นดังนี้ แป้งสาลีชนิดแข็ง 75 % แป้งสาลีชนิดอ่อน 25 % ไขมัน 15 % มอลต์สก็ด 2.16 % นมผงขาดมันเนย 0.9 % ยีสต์ 1.35% เกลือ 1.26 % สัตตามต้องการ อุณหภูมิของโด 32 °ซ (90°ฟ) ใช้เวลาในการหมัก 3 ชั่วโมง ขั้นตอนการทำแครกเกอร์ครีมเริ่มจากการผสมและหมักตามข้างต้น จากนั้นนำโดมารีดให้เป็นแผ่นบาง ๆ แล้วพันเป็นชั้น ๆ โดยที่ระหว่างชั้นโรยด้วยแป้งที่ผสมเฉพาะ (มีแป้งผสมไขมันและเกลือหรืออาจไม่มีเกลือก็ได้) อย่างสม่ำเสมอจนได้ชั้นโดที่หนาตามต้องการ (3-6 ชั้น) ผ่านไปเข้าเครื่องตัดเป็นรูปร่างต่าง ๆ จากนั้นจึงนำเข้าเตาอบ (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2539)



- a แป้งโรยระหว่างชั้น
- b ลูกกลิ้งรีด
- c ปรับลูกกลิ้งให้หนาหรือบางตามต้องการ
- d เครื่องพับโด
- e สายพานลำเลียงโดที่พับแล้วไปเข้าเครื่องตัด

ภาพที่ 2.2 เครื่องรีดโดในการทำแครกเกอร์ครีม

ที่มา : อรอนงค์ นัยวิกุล (2539)

ในขณะที่แครกเกอร์อยู่ในเตาอบนั้น ความร้อนจะแผ่กระจายจากต้นกำเนิดของความร้อน ซึ่งอาจจะเป็นก๊าซหรือไฟฟ้ามายังแครกเกอร์ทั้งในรูปการกระจายความร้อนผ่านตัวกลางที่เป็นของเหลวหรืออากาศ (convection) การส่งผ่านความร้อนด้วยการสัมผัส (conduction) และการแผ่รังสีความร้อน (radiation) ทำให้แครกเกอร์เกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นลำดับดังนี้ (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2539)

2.9.1 ระยะเวลาของการอบ เมื่ออุณหภูมิของแครกเกอร์เพิ่มขึ้นในระยะต้น ไขมันจะเริ่มละลายตัว น้ำตาลและสารเคมีอื่น ๆ จะละลาย ทำให้แครกเกอร์นุ่มและเหลว มีก๊าซเกิดขึ้นจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปฏิกิริยาของสารเคมีประเภทผงฟู เมื่อได้รับความร้อนก็จะขยายตัว ดัน โครงสร้างของแครกเกอร์ให้ มีปริมาณเพิ่มขึ้น

2.9.2 ระยะกลางของการอบ ความร้อนในระยะกลางของการอบนี้จะมีผลให้แครกเกอร์ ร้อนใกล้ถึงจุดเดือดของน้ำ ( $100^{\circ}\text{C}$ ) ทำให้โปรตีนจับตัวกันแข็งเป็น โครงร่าง รวมทั้งสตาร์ชที่มีอยู่ จะเกิดเจลบางส่วน (เนื่องจากใน ส่วนผสมมีน้ำอยู่น้อยมาก ดังนั้นสตาร์ชจึงอุ้มน้ำ ได้ไม่มาก) กลายเป็น โครงสร้างที่แข็งแรงของแครกเกอร์เช่นกัน ส่วนน้ำที่เหลืออยู่ก็จะระเหยกลายเป็น ไอคั้น ขนมหึมีปริมาณมากขึ้น และสูญหายไป ในเตาเป็นส่วนใหญ่

2.9.3 ระยะสุดท้ายของการอบ แครกเกอร์จะมีความร้อนเพิ่มขึ้น ลักษณะ โครงร่างจะคงที่ เนื่องจากสตาร์ชจะเปลี่ยนสภาพสมบูรณ์ แต่ยังมี ความยืดหยุ่นจากไขมันอยู่บ้าง และน้ำตาลใน องค์ประกอบยังคงมีสภาพเหลวแม้ อุณหภูมิจะสูงขึ้น ในขณะที่เดียวกันผิวนอกของแครกเกอร์จะ เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลจากกระบวนการเกิดสีน้ำตาล ระหว่างความร้อนกับน้ำตาล (caramelization) ส่วนสีเนื้อแครกเกอร์จะ ไม่เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้มเช่นผิวนอก เนื่องจากความร้อน ไม่มากพอที่จะ ทำให้น้ำตาลภายในแครกเกอร์เปลี่ยนสีได้

เมื่ออบ ได้ที่ ดีแล้ว จึงนำแครกเกอร์ออกจากเตาอบ ทิ้งให้เย็นในสภาพที่เหมาะสม ในขณะที่ นั้นแครกเกอร์จะเริ่มแข็งตัวขึ้นเนื่องจากน้ำตาล และไขมันจะแข็งตัวที่อุณหภูมิต่ำลง ความชื้นที่ เหลือภายในแครกเกอร์จะกระจายกันทั่วทั้งก้อน ถ้าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในห้องที่ทำให้ แครกเกอร์เย็นนั้น ไม่เหมาะสม จะมีผลทำให้แครกเกอร์มีความชื้นภายในก้อน ไม่สม่ำเสมอจึงเปราะ และหักง่าย ถ้ามีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ดี จะได้แครกเกอร์กรอบดี และนำไป บรรจุในภาชนะที่ปิดสนิท (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2539)

## 2.10 การใช้แป้งชนิดอื่นทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ขนมอบ

ปัจจุบันผลิตภัณฑ์ขนมอบเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีผู้นิยมบริโภคกันมากขึ้น โดยทั่วไปแล้ว ผลิตภัณฑ์ประเภทขนมอบนั้นทำจากแป้งสาลี ทำให้ต้องนำเข้าแป้งสาลีจากต่างประเทศ ดังนั้นจึง ได้มีงานวิจัยมากมายที่นำวัตถุดิบที่มีอยู่ภายในประเทศมาผลิตเป็นแป้งเพื่อใช้ทดแทนแป้งสาลีและ ปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมอบชนิดต่าง ๆ ให้ดีขึ้น อาทิเช่น ลูกก็๊ แครกเกอร์ บิสกิต เป็นต้น

วิชัย หฤทัย และ ศิริลักษณ์ สนิชวาลัย (2535) ได้พัฒนาสูตรตัวบิสกิตให้เหมาะสมกับความ ต้องการของผู้บริโภค โดยใช้การประเมินผลจากวิธี Ratio Profile Technique พบว่า ต้องใช้แป้งข้าว เหนียวร้อยละ 10.7 เป็นส่วนผสมเพื่อให้ได้ตัวบิสกิตที่มีเนื้อสัมผัสกรอบและแข็งเล็กน้อย และสูตร สำเร็จประกอบด้วยแป้งเค้ก แป้งข้าวเหนียว เนยขาว น้ำตาล เกลือ และผงฟู ร้อยละ 42.9, 10.7, 18.8, 5.4, 0.5, 2.9 และ 18.8 ตามลำดับ แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ  $180^{\circ}\text{C}$  เป็นเวลา 12 นาที และยังได้ พัฒนาส่วนผสมของหน้าที่ใช้เคลือบบิสกิตประกอบด้วยน้ำตาลไอซิ่ง เจลาติน ทูเรียนผง กลิ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทุเรียน สีและน้ำในปริมาณร้อยละ 68.08, 1.70, 8.51, 0.10, 0.34 และ 21.28 ตามลำดับ หลังจากเคลือบหน้าบิสกิตแล้วต้องอบที่อุณหภูมิ  $100^{\circ}\text{C}$  เป็นเวลา 45 นาที ให้ค่า  $A_w$  ต่ำกว่า 0.4 ซึ่งจะช่วยให้บิสกิตเคลือบหน้าทุเรียนกรอบอยู่ได้นาน การเพิ่มสีและกลิ่นทุเรียนเพื่อปรับปรุงแต่งหน้าเคลือบให้มีสีและกลิ่นดีขึ้น ผลการทดสอบการยอมรับจากชาวไทย ช่างกง และสิงคโปร์ ประเทศละ 100 คนสรุปได้ว่าชาวไทยยอมรับบิสกิตเคลือบหน้าทุเรียนร้อยละ 55.1 และยินดีซื้อผลิตภัณฑ์หากมีจำหน่ายในตลาด ส่วนชาวช่างกงยอมรับร้อยละ 20.5 และชาวสิงคโปร์ยอมรับร้อยละ 27.3 โดยผู้บริโภครทั้ง 2 ประเทศให้ความเห็นสอดคล้องกันว่ากลิ่นทุเรียนอ่อนไป แต่เนื้อสัมผัสของตัวบิสกิตดีแล้ว

Omobuwajo (2003) ได้ทดลองผลิตบิสกิต ข้าวเกรียบกุ้ง และ fried chip จาก beadfruit ซึ่งเป็นผลไม้พื้นเมืองของประเทศมาเลเซีย แป้งซีฟีกได้และแถบคาริเบียน โดยใช้แป้ง beadfruit ทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 33%, 50% ,67% และ 100 % ในการผลิตบิสกิต และใช้แป้ง beadfruit (beadfruit starch) ทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 100% ในการผลิตข้าวเกรียบกุ้งและfried beadfruit chip นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาวิเคราะห์องค์ประกอบโดยประมาณและประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเปรียบเทียบกับบิสกิต ข้าวเกรียบกุ้ง และ fried chip ที่ผลิตทางการค้า จากการวิเคราะห์องค์ประกอบโดยประมาณพบว่า ผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิดช่วยเพิ่มปริมาณสารอาหารหลักซึ่งเป็นสารอาหารที่ผู้บริโภคต้องการต่อวัน และผู้บริโภครยังยอมรับในผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิดเท่ากับทางการค้าในด้านคุณภาพโดยรวม ยกเว้นบิสกิตที่ทำจากแป้ง beadfruit 100% และงานวิจัยนี้ยังมีการสาธิตถึงศักยภาพในการนำ beadfruit ไปใช้ในอุตสาหกรรมได้ด้วย

Singh และคณะ(2003) ศึกษาผลของการเติมแป้งข้าวโพดและแป้งจากมันฝรั่ง 3 พันธุ์ คือ พันธุ์ Kufri Jyoti พันธุ์ Kufri Badshah และพันธุ์ Pukhraj ในสูตรคุกกี้ที่ระดับต่าง ๆ 3 ระดับคือ 2, 4 และ 6 % ต่อการแผ่ขยายและสีของคุกกี้ พบว่าการเติมแป้งข้าวโพดและแป้งมันสำปะหลังทำให้การแผ่ขยายของคุกกี้เพิ่มขึ้นเนื่องจากโคเกิดการขยายเพิ่มขึ้น โดยคุกกี้ที่เติมแป้งมันฝรั่งมีการแผ่ขยายมากกว่าคุกกี้ที่เติมแป้งข้าวโพดทั้งนี้อาจเป็นเพราะอนุภาคของเม็ดแป้งมันฝรั่งมีกำลังการพองตัวมากกว่าเม็ดแป้งข้าวโพด Singhและคณะ (2002) รายงานว่าการที่แป้งมันฝรั่งมีกำลังการพองตัวมากอาจเป็นเพราะอนุภาคของแป้งมันฝรั่งมีขนาดใหญ่ มีปริมาณไขมันและอุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนส์ต่ำกว่า และการเติมแป้งข้าวโพดและแป้งมันฝรั่งยังส่งผลให้สีของคุกกี้คล้ำขึ้น

Rathi และคณะ (2004) ปรับปรุงผลิตภัณฑ์ที่ทำจาก pearl millet grains ซึ่งส่วน pericarp และ endosperm จะมีรงควัตถุสีน้ำตาลอยู่มาก และเมื่อนำมาทำผลิตภัณฑ์ทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาลเกิดขึ้นซึ่งไม่เป็นที่ยอมรับ จึงปรับปรุงโดยการเอารงควัตถุสีน้ำตาลออกโดยการแช่ pearl millet grains ในสารละลายไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.2 นอร์มอล เป็นเวลา 18 ชั่วโมง จากนั้นล้างและฟอกสีที่อุณหภูมิ  $98^{\circ}\text{C}$  นาน 30 วินาที แล้วนำไปตากแดด และบดก่อนนำไปใช้ ผลิตภัณฑ์จากแป้ง pearl millet grains ที่ไม่ผ่านการเอารงควัตถุออกและจากแป้ง pearl millet grains ที่ผ่านการเอา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รงควัตถุออกโดยเปรียบเทียบกับสูตรมาตรฐานซึ่งใช้แป้ง refined flour ผลการทดลองพบว่า การคั่งรงควัตถุช่วยปรับปรุงลักษณะทางด้านประสาทสัมผัส โดยเฉพาะสีของบิสกิต ส่วนองค์ประกอบทางเคมีคือ โปรตีน ไขมัน เถ้าและ dietary fiber ทั้งหมด ของบิสกิตที่ทำจากแป้ง pearl millet grains ทั้งที่ผ่านการคั่งและไม่ผ่านการคั่งรงควัตถุออกมีค่าสูงกว่าบิสกิตสูตรมาตรฐาน แต่การคั่งเอารงควัตถุออกจะช่วยปรับปรุง starch digestibility, protein digestibility ใน vitro และปริมาณ dietary fiber ที่ละลายน้ำ แต่ลดปริมาณโปรตีน แป้งและปริมาณ dietary fiber ที่ไม่ละลายน้ำลง

Hooda และ Jood (2005) ได้ทดลองใช้แป้งจากเมล็ด fenugreek คีบ, เมล็ด fenugreek ที่ผ่านการแช่และเมล็ด fenugreek ที่ผ่านการเพาะ เพื่อทดแทนแป้งสาลีในการผลิตบิสกิต ปริมาณที่ใช้ทดแทนคือ 0%, 5%, 10%, 15% และ 20% ผลการทดลองพบว่า เมื่อเพิ่มระดับการทดแทนด้วยแป้งจากเมล็ด fenugreek ทั้ง 3 แบบ จะช่วยให้ชั้นบิสกิตหนาขึ้น ในขณะที่ความกว้างและอัตราส่วนของการขยายตัว (spread ratio) ของชั้นบิสกิตลดลง และผลการประเมินทางประสาทสัมผัสพบว่าสามารถใช้แป้งจากเมล็ด fenugreek ทั้ง 3 แบบ ทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 10 % เพื่อผลิตบิสกิตที่มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับ นอกจากนี้การเติมแป้งจากเมล็ด fenugreek ทั้ง 3 แบบคือแป้งจากเมล็ด fenugreek คีบ, แป้งจากเมล็ด fenugreek ที่ผ่านการแช่และแป้งจากเมล็ด fenugreek ที่ผ่านการเพาะ ทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 10 % ยังช่วยเพิ่มปริมาณ โปรตีน (10.5%, 10.4%, 11%) ไลซีน (2.15, 2.20, 2.25 กรัม/100กรัมของโปรตีน) dietary fiber (12.7%, 11.3%, 10.9%) แคลเซียมทั้งหมด (58.3, 57.1, 57.7 มิลลิกรัม/100 กรัม) และเหล็กทั้งหมด (7.40, 7.26, 7.36 มิลลิกรัม/ 100 กรัม) ตามลำดับ และสามารถเก็บบิสกิตในถุงโพลีโพรพิลีน ได้นานถึง 1 เดือน โดยไม่มีกลิ่นเปลี่ยนแปลง

ผลิตภัณฑ์ขนมอบโดยทั่วไปจะอบด้วยเตาอบธรรมดา ซึ่งความร้อนจะแผ่กระจายจากต้นกำเนิดของความร้อนซึ่งอาจจะเป็นก๊าซหรือไฟฟ้ามายังผลิตภัณฑ์ขนมอบเหล่านั้นทั้งในรูปการกระจายความร้อนผ่านตัวกลางที่เป็นของเหลวหรืออากาศ (convection) การส่งผ่านความร้อนด้วยการสัมผัส (conduction) และการแผ่รังสีความร้อน (radiation) ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ขนมอบที่มีกลิ่นรส และสีผิวด้านนอกเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลจากกระบวนการเกิดสีน้ำตาล (caramelization) (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2539) ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของขนมอบ แต่เมื่อไม่นานมานี้เริ่มมีการนำ ไมโครเวฟเข้ามาใช้เป็นแหล่งให้ความร้อนในอาหารเนื่องจากมีคุณสมบัติที่ตีหลายประการ เช่น ใช้สะดวก รวดเร็วกว่าเตาอบธรรมดาจึงเริ่มนำ ไมโครเวฟเข้ามาใช้ประโยชน์กับอาหารหลายประเภท เช่น การพาสเจอร์ไรส์อาหาร การละลายอาหารแช่แข็ง รวมทั้งนำมาใช้เป็นแหล่งให้ความร้อนในผลิตภัณฑ์ขนมอบชนิดต่าง ๆ เช่น ขนมปัง ขนมเค้ก คุกกี้ บิสกิต เป็นต้น

## 2.11 การให้ความร้อนโดยใช้ไมโครเวฟ

ไมโครเวฟเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่สูง โดยความถี่ที่นิยมใช้ในการประกอบอาหารตามบ้านและในอุตสาหกรรมอาหารคือ 869 MHz สำหรับยุโรป และสหราชอาณาจักร 915 MHz ในประเทศสหรัฐอเมริกา และ 2,450 MHz สำหรับการใช้งาน โดยทั่วไป สาเหตุที่ช่วงคลื่นดังกล่าว นิยมใช้กันมากเนื่องจาก การใช้เครื่องกำเนิดไมโครเวฟที่ความถี่เหล่านี้เป็นลำดับพลังงานที่ใช้ได้ดี และค่าใช้จ่ายเหมาะสม และความยาวคลื่นที่ความถี่เหล่านี้สอดคล้องกับมิติของอาหาร จึงทำให้มีประสิทธิภาพในการให้ความร้อนสูงกว่าช่วงความถี่ที่สูงหรือต่ำกว่านี้ หลักการให้พลังงานความร้อนคือ คลื่นไมโครเวฟจะก่อให้เกิดการเกิดความร้อนขึ้นได้ ก็ต่อเมื่อสสารดูดกลืนคลื่น สสารพวกโพลาร์โมเลกุล (polar molecule) เช่น น้ำ โปรตีน หรือสารที่มีประจุอื่น ๆ เป็นต้น เนื่องจากคลื่นไมโครเวฟเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เคลื่อนที่กลับไปกลับมา เมื่อโมเลกุลของสสารเหล่านี้วางตัวในสนามแม่เหล็กไฟฟ้าของคลื่นไมโครเวฟจะพยายามเรียงตัวตามแนวสนามแม่เหล็กไฟฟ้าตามแนวขั้วบวกและขั้วลบ ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของโมเลกุล ในการผลัดกันระหว่างขั้วที่เหมือนกันทำให้เกิดการเสียดสีระหว่างโมเลกุลและเป็นผลให้เกิดความร้อนขึ้น

ไมโครเวฟจะทะลุทะลวงผ่านลงไป ในอาหาร ซึ่งขณะที่ทะลุผ่านนั้น พลังงานจากไมโครเวฟจะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน โดยตัวอาหารเอง ซึ่งความร้อนนี้เกิดจากการจัดเรียงตัวของโมเลกุลที่มีประจุทางไฟฟ้า (วิรัชภรณ์ กิงกะสารและ ศกมลวรรณ จงสงวนดี, 2546)

## 2.12 คุณสมบัติของคลื่นไมโครเวฟ

2.12.1 คลื่นไมโครเวฟสามารถทะลุผ่านวัตถุบางอย่างได้ (transmittance) โดยคลื่นไมโครเวฟสามารถทะลุทะลวงผ่านวัตถุบางชนิดได้โดยไม่มีการดูดกลับ คุณสมบัติข้อนี้ทำให้คลื่นไมโครเวฟทะลุผ่านภาชนะใส่อาหารและความร้อนที่เกิดขึ้นกับภาชนะเกิดจากการถ่ายเทความร้อนจากจานอาหารสู่ภาชนะ

2.12.2 สามารถสะท้อนกลับได้ (Reflection) โดยคลื่นไมโครเวฟมักสะท้อนกลับเมื่อพุ่งไปกระทบวัตถุประเภทโลหะซึ่งเป็นสื่อต่างๆ ไฟฟ้าได้ดี คุณสมบัติข้อนี้เป็นข้อได้เปรียบของเตาไมโครเวฟ ซึ่งไมโครเวฟจะสะท้อนจากด้านล่างและด้านข้างของเตาทำให้สามารถซึมผ่านเข้าไปในอาหารจากทุกด้านทั้งด้านบนและด้านล่าง ซ้ายและขวา

2.12.3 สามารถดูดกลืนเข้าไปในอาหารได้ (Adsorption) คุณสมบัติข้อนี้ทำให้อาหารสุกได้ อาหารมีน้ำอยู่ในอัตราค่อนข้างสูง เป็นส่วนที่ไมโครเวฟถูกดูดกลืนเข้าไปได้ง่ายที่สุด

การให้ความร้อนจากไมโครเวฟในอุตสาหกรรมอาหารนั้นมีข้อได้เปรียบหลายอย่างเช่น ช่วยลดระยะเวลาในการผลิต สามารถทำได้รวดเร็วกว่าวิธีอบธรรมดา (Kalafat and Kroger, 1973) ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพสูงในด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส คุณค่าทางโภชนาการ ช่วยลดปัญหา

การไหม้ที่ผิวหน้าผลิตภัณฑ์เนื่องจากไม่มีการสัมผัสกับแผ่นให้ความร้อนโดยตรง นอกจากนี้เตาอบไมโครเวฟมีขนาดเล็กจึงช่วยประหยัดพื้นที่ในโรงงาน(Martin and Tsen, 1981) เป็นต้น แต่การใช้ความร้อนจากไมโครเวฟก็มีข้อเสียหลายอย่าง เช่น ต้นทุนและค่าใช้จ่ายสูง และสำหรับการอบโดยใช้ไมโครเวฟ เวลาที่ให้ความร้อนอาจเร็วเกินไปที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์สุกอย่างเต็มที่ และอุณหภูมิที่ผิวหน้าผลิตภัณฑ์อาจสูงไม่พอที่จะทำให้เกิดสีน้ำตาลซึ่งเป็นลักษณะที่ต้องการในผลิตภัณฑ์ขนมอบ เป็นต้น (วิรัชภรณ์ ภิงคะสารและ ศกถาวรณ จงสงวนดี, 2546)

Martin และ Tsen (1981) ได้ทดลองใช้ไมโครเวฟในการผลิต high-ratio white layer cake โดยคำนึงถึงกระบวนการผลิตและส่วนผสมที่ใช้ ในการทดลองได้ศึกษาชนิดของสารขึ้นฟูและปริมาณน้ำที่ใช้ โดยใช้ระดับความร้อนของไมโครเวฟ 2 ระดับ คือ 100 % และ 70 % เป็นเวลา 5.5 นาทีและ 8 นาที ตามลำดับ ส่วนผสมที่ใช้ประกอบด้วยแป้ง 200 กรัม น้ำตาล 280 กรัม เนยขาว 100 กรัม นมผง 24 กรัม ไข่ผง 18 กรัม และเกลือ 6 กรัม พบว่า ปริมาณน้ำที่ใช้เป็นส่วนผสมในเค้กไม่มีผลต่อการยุบตัวของเค้กเช่นเดียวกับเค้กที่ใช้เตาอบ การเพิ่มปริมาณของ calcium phosphate monohydrate ในผงฟู ทำให้ปริมาตรและปริมาตรจำเพาะลดลง เค้กมีค่า firmness เพิ่มขึ้น การใช้ SEM เพื่อคุณลักษณะเซลล์ของเค้ก พบว่า เค้กที่อบด้วยไมโครเวฟมีลักษณะเซลล์ที่ไม่สม่ำเสมอและมีความหนาแน่นกว่าเค้กที่อบด้วยเตาอบ

Stinson (1986) ศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพของ Devil's Food cake และ Yellow cake จากการอบด้วยวิธีธรรมดา และการอบด้วยไมโครเวฟร่วมกับการอบวิธีธรรมดา โดยอบทั้งแบบ single layer และ double layer ผลการทดลองพบว่า การอบด้วยไมโครเวฟร่วมกับการอบวิธีธรรมดาที่เป็นแบบ single layer จะให้ค่าสีเปลือก ความชื้น และคะแนนทางประสาทสัมผัสทั้งหมด(จากการทดสอบเค้กในด้านขนาดเซลล์ ความหนาของผนังเซลล์ ความนุ่ม สีเปลือก และกลิ่น) ของเค้กน้อยกว่าวิธี การอบแบบธรรมดา แต่การอบด้วยไมโครเวฟร่วมกับการอบวิธีธรรมดาที่เป็นแบบ double layer จะให้ค่าดังกล่าวเท่ากับหรือใกล้เคียงกับการอบแบบธรรมดา นอกจากนี้เค้กที่อบด้วยไมโครเวฟร่วมกับการอบแบบธรรมดานั้นพบว่าผู้ทดสอบยอมรับ อีกทั้งยังช่วยปรับปรุงคุณภาพของเค้กและทำได้รวดเร็วกว่าการอบแบบธรรมดาถึง 15-25 %

Ahmad และคณะ (2001) ศึกษาผลของธารใช้ไมโครเวฟต่อการเกิดรอยแตกที่ผิว (checking) ของบิสกิต ซึ่งส่วนผสมโดยประมาณของบิสกิตมีดังนี้คือ แป้งสาลี 100 ส่วน น้ำมันถั่วเหลือง 33 ส่วน น้ำ 8 ส่วน น้ำตาล 5 ส่วน และสารช่วยในการขึ้นฟู 2 ส่วน โดยอบบิสกิตด้วยการใช้เตาอบธรรมดาที่อุณหภูมิ 245 °ซ เป็นเวลา 3.66 นาที และการอบด้วยเตาอบธรรมดาที่อุณหภูมิ 245 °ซ เป็นเวลา 3 นาทีแล้วอบต่อด้วยไมโครเวฟที่ 700 วัตต์ เป็นเวลา 30 วินาที ผลการทดลองพบว่า การอบด้วยไมโครเวฟนั้นช่วยลดการเกิดรอยแตกที่ผิว (checking) ของบิสกิตที่เก็บในถุงโพลีเอทิลีนเป็นเวลา 1, 2, 3, 7 และ 14 วันหลังการอบได้ 5%-61% เมื่อเปรียบเทียบกับการอบแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ธรรมดา และเมื่อเก็บบิสกิตไว้ 2 สัปดาห์พบว่า บิสกิตที่อบด้วยเตาอบธรรมดา โครงสร้างของบิสกิต เกิดรอยแตกเร็วกว่าบิสกิตที่อบโดยใช้ไมโครเวฟร่วมด้วย

Keskin และคณะ (2004) ปรับปรุงคุณภาพของขนมปังที่อบด้วยไมโครเวฟ โดยได้นำ microwave มาใช้ร่วมกับ halogen lamp ในการอบขนมปังเนื่องจาก การใช้ microwave ช่วยประหยัดเวลา ส่วน halogen lamp ช่วยให้สีเปลือกขนมปังมีสีน้ำตาล ซึ่งพบว่าการใช้ halogen lamp ร่วมกับ microwave ในการอบขนมปังจะช่วยลดระยะเวลาการอบลงประมาณ 75 % เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เตาอบ เปลือกขนมปังที่ได้มีสีน้ำตาลและมีปริมาณจำเพาะของขนมปังใกล้เคียงกับการอบโดยใช้เตาอบ แต่มีการสูญเสียน้ำหนักและค่า firmness มากกว่าการใช้เตาอบธรรมดา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

# อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

### 3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 กล้วยนำว่าคิบ[Musa (ABB group) Kluai Nam Wa] จากสวนกล้วยในอำเภอบ้านฉาง จังหวัดระยอง ที่มีระยะความแก่อยู่ในช่วง 70 - 90%(จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่าการใช้กล้วยที่ระยะความแก่ 70, 80, 90% ในการผลิตแครกเกอร์นั้นให้ผลที่ไม่แตกต่างกันดังนั้นจึงเลือกใช้กล้วยระยะความแก่อยู่ในช่วง 70-90%) โดยพิจารณาจากเหลี่ยมของผล(เบญจมาศ ศิลาชัย, 2538) และจำนวนสัปดาห์ 15- 17 สัปดาห์ ตั้งแต่กล้วยแทงปลีจนถึงวันเก็บเกี่ยว(สุชาติพิทย์ อินทร์ชื่น, 2545) แสดงไว้ดังนี้

กล้วยแก่ 70% หมายถึง ผลมีขนาดครึ่งหนึ่งของผลที่โตเต็มที่	จำนวน 15 สัปดาห์
กล้วยแก่ 80 % หมายถึง ผลที่มีเหลี่ยมเห็นชัด	จำนวน 16 สัปดาห์
กล้วยแก่ 90 % หมายถึง ผลที่มีเหลี่ยมแต่ไม่ชัดเจน	จำนวน 17 สัปดาห์

#### 3.1.2 วัตถุดิบในการผลิตขนมปัง

3.1.2.1 แป้งสาลีเอนกประสงค์ ตราว่าว

3.1.2.2 ยีสต์ผง

3.1.2.3 น้ำตาลทราย

3.1.2.4 เกลือ

3.1.2.5 โซเดียมไบคาร์บอเนต

3.1.2.6 มาร์การีน

3.1.2.7 น้ำ

#### 3.1.3 สารเคมีที่ใช้ในการผลิตแป้ง

3.1.3.1 Citric acid (Food grade)

3.1.3.2 Sodium metabisulfite (Food grade)

#### 3.1.4 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพแป้ง

3.1.4.1 Acetic acid

3.1.4.2 Alcohol 95%

3.1.4.3 Calcium chloride

3.1.4.4 Hydrochloric acid

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 3.1.4.5 Ice-cold orcinol
- 3.1.4.6 Iodine
- 3.1.4.7 Petroleum ether
- 3.1.4.8 Sodium hydroxide
- 3.1.4.9 Sulfuric acid

### 3.2 อุปกรณ์เครื่องมือ

3.2.1 ตู้อบแห้งแบบลมร้อน(Tray dry)		
3.2.2 เครื่องบดแป้ง	Retsch, ZM 1000	เยอรมัน
3.2.3 เครื่องวัดการดูดกลืนแสง	Shimadzu-UV1601	ญี่ปุ่น
3.2.4 เครื่องวัดสี	Minolta CR/300	ญี่ปุ่น
3.2.5 Polarimeter	ATAGO POLAX-L	ญี่ปุ่น
3.2.6 เครื่องนวดผสม	Sybo	จีน
3.2.7 เตาอบไฟฟ้า	Goldstar	เกาหลี
3.2.8 เครื่องวัดคอเตอร์แอกติวิตี	Novasina-RS 232	สวิสเซอร์แลนด์
3.2.9 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส	Texture analyser รุ่น TA-XT2i	
3.2.10 ตู้อบลมร้อน	Memmert	เยอรมัน

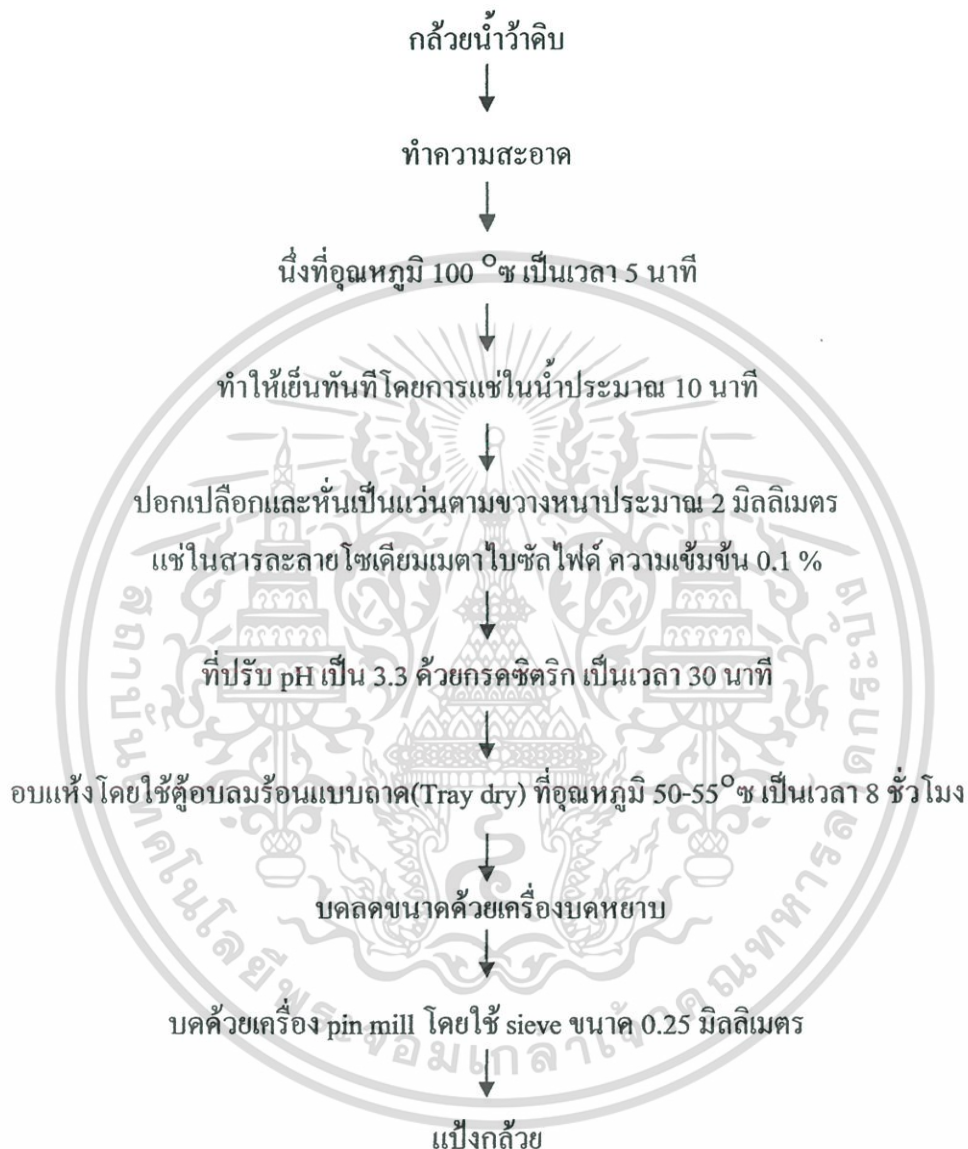
### 3.3 สถานที่ดำเนินการทดลอง

- 3.3.1 ตึกปฏิบัติการแปรรูปอาหาร 1 โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- 3.3.2 ห้องปฏิบัติการโครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

### 3.4 วิธีการทดลอง

#### 3.4.1 วิธีการเตรียมแป้งกล้วย

ขั้นตอนการเตรียมแป้งกล้วยแสดงดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการเตรียมแป้งกล้วย

ที่มา : ชลธิรา บุญเรืองยา (2545)

### 3.4.2 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและสีของแป้งกล้วย

3.4.2.1 ปริมาณความชื้น (AOAC, 1995)

3.4.2.2 ค่าวอเตอร์แอกติวิตี

3.4.2.3 ปริมาณสตาร์ช (AOAC, 1995)

3.4.2.4 ปริมาณอะไมโลส (Juliano *et al.*, 1981)

3.4.2.5 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (Dubois *et al.*, 1956)

3.4.2.6 ค่าสี แสดงผลในรูปของค่า L, a,b โดยใช้เครื่องวัดสี (Minolta, CR-300)

### 3.4.3 ศึกษาการนำแป้งกล้วยมาทดแทนแป้งสาลีในการผลิตแครกเกอร์

ใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีในการผลิตแครกเกอร์ 6 ระดับคือ 0%, 10%, 20%, 30%, 40% และ 50% ของน้ำหนักแป้งทั้งหมด โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) ใช้สูตรมาตรฐานที่ดัดแปลงจากสูตรของ (จิตรนา แจ่มเมฆ และ อรอนงค์ นัยวิกุล, 2541) และ (Akihisa *et al.*, 2004) มีขั้นตอนการผลิตดังภาพที่ 3.2 นำแครกเกอร์ที่ผลิตได้มาตรวจสอบคุณภาพดังนี้

#### ตารางที่ 3.1 สูตรมาตรฐานของแครกเกอร์

ส่วนผสม	ส่วน (โดยน้ำหนัก)
แป้งสาลีอเนกประสงค์	100
ยีสต์ผง	1
น้ำตาลทราย	3
เกลือป่น	1
โซเดียมไบคาร์บอเนต	1
มาร์การีน	13
น้ำ	57

ที่มา : ดัดแปลงจากจิตรนา แจ่มเมฆ และ อรอนงค์ นัยวิกุล (2541) และ Akihisa และคณะ (2004)

ผสมแป้ง ยีสต์ น้ำตาล เกลือ โซเดียมไบคาร์บอเนต มาร์การีนเข้าด้วยกัน



เติมน้ำที่ละน้อยและตีด้วยเครื่องผสมใช้หัวตะขอ

ความเร็วปานกลาง(No.5) ประมาณ 7 นาที



นวดจนส่วนผสมเข้ากันดี



หมักประมาณ 3 ชั่วโมง



นำโดมารีดให้เป็นแผ่นบาง แล้วพับเป็นชั้น ๆ ระหว่างชั้น โรยด้วยแป้งที่ผสมเฉพาะ

(แป้งผสมเนยขาว) รีดให้ได้ความหนาประมาณ 2 มิลลิเมตร



ตัดด้วยพิมพ์รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 6.5 x 7.5 เซนติเมตร



อบที่อุณหภูมิ 200 °ซ เป็นเวลา 10 นาที



แครกเกอร์

ภาพที่ 3.2 ขั้นตอนการผลิตแครกเกอร์

ที่มา : ดัดแปลงจากจิตรนา แจ่มเมฆ และ อรอนงค์ นัยวิกุล(2541) และ Akihisa และคณะ(2004)

3.4.3.1 ค่าสีของโดที่ผ่านการผสมก่อนนำเข้าเตาอบ แสดงผลในรูปของค่า L, a,b โดยค่า L เป็นค่าที่ใช้กำหนดความสว่าง (0 หมายถึง สีดำ, 100 หมายถึง สีขาว) a เป็นค่าที่ใช้กำหนดสีแดงหรือสีเขียว (+ หมายถึง สีแดง, - หมายถึง สีเขียว) และ b เป็นค่าที่ใช้กำหนดสีเหลืองหรือสีน้ำเงิน (+ หมายถึง สีเหลือง, - หมายถึง สีน้ำเงิน) โดยใช้เครื่องวัดสี(Minolta, CR-300)

3.4.3.2 ค่าสีของแครกเกอร์หลังผ่านการอบแสดงผลในรูปของค่า L, a,b โดยค่า L เป็นค่าที่ใช้กำหนดความสว่าง (0 หมายถึง สีดำ, 100 หมายถึง สีขาว) a เป็นค่าที่ใช้กำหนดสีแดงหรือสีเขียว (+ หมายถึง สีแดง, - หมายถึง สีเขียว) และ b เป็นค่าที่ใช้กำหนดสีเหลืองหรือสีน้ำเงิน (+ หมายถึง สีเหลือง, - หมายถึง สีน้ำเงิน) โดยใช้เครื่องวัดสี(Minolta, CR-300)

3.4.3.3 การขึ้นฟูของแครกเกอร์ โดยวัดเป็น % ของความหนาที่เพิ่มขึ้นจากความหนาเริ่มต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3.4 ทดสอบเนื้อสัมผัสด้านความกรอบ ด้วยเครื่อง Texture analyser รุ่น TA.XT2i โดยใช้ หัววัดแบบ Ottawa Cell with Holes (A/HOL) โดยแบ่งตัวอย่างแครกเกอร์ที่ผลิตได้ออกเป็น 4 ส่วน และชั่งตัวอย่างประมาณ 40 กรัมต่อการวัด 1 ครั้ง ตัวอย่างจะถูกวางลงใน Ottawa cell จากนั้นเลื่อนหัววัดลงมาให้สัมผัสกับตัวอย่าง แล้วกดตัวอย่างลงจากตำแหน่งเริ่มต้น 15 มม. ใช้ความเร็วของหัววัดเคลื่อนที่ตกลงมาบนตัวอย่าง (test spread) 2 mm/sec จากนั้นหัววัดจะเคลื่อนที่ขึ้นไป (post test spread) ด้วยความเร็ว 10 mm/sec ค่าความกรอบหาได้จากจำนวน peak ของแรงที่ตกลงบนตัวอย่าง โดยกำหนดแรงต้องมีค่าตั้งแต่ 200 g.f ขึ้นไปจึงนับเป็น 1 peak โดยถ้าจำนวน peak มีค่ามากแสดงว่าแครกเกอร์มีความกรอบแข็งมาก

ทำการทดลอง 3 ซ้ำ นำผลการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติด้วย ANOVA และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ( $p \leq 0.05$ )

#### 3.4.4 ศึกษาผลของการใช้ความร้อนจากเตาอบร่วมกับไมโครเวฟในกระบวนการผลิตแครกเกอร์จากแป้งกล้วย

จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่าเมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยปริมาณมากขึ้นจะเกิดการ browning ในผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น ดังนั้นเพื่อลดการเกิด browning จึงได้ทดลองอบแครกเกอร์ด้วยไมโครเวฟเพียงอย่างเดียวโดยอบนาน 7 นาที พบว่า แครกเกอร์ที่ได้สุกและลดการเกิด browning ได้แต่มีเนื้อสัมผัสที่เหนียวซึ่งเป็นลักษณะที่ไม่ต้องการ ในผลิตภัณฑ์ขนมปังกรอบ ดังนั้นจึงได้ทดลองศึกษาการนำไมโครเวฟมาประยุกต์ใช้ร่วมกับการอบด้วยเตาอบ จากนั้นเริ่มหาเวลาที่ใช้อบด้วยเตาอบโดยทดลองอบแครกเกอร์นาน 5 และ 7 นาที และอบต่อด้วยไมโครเวฟนาน 1, 3, 5 นาที พบว่า แครกเกอร์ที่อบด้วยเตาอบนาน 5 และ 7 นาทีและอบต่อด้วยไมโครเวฟนาน 1 นาทีเริ่มเกิดการสุกเล็กน้อยแต่เมื่อพิจารณาแครกเกอร์ที่อบด้วยเตาอบนาน 5 และ 7 นาทีและอบต่อด้วยไมโครเวฟนาน 5 นาที นั้นพบว่าผลิตภัณฑ์ใหม่เนื่องจากใช้ระยะเวลาสั้นเกินไป ดังนั้นจึงลดระยะเวลาในการอบลงให้เหลือเพียง 4 และ 6 นาทีและอบต่อด้วยไมโครเวฟนาน 1, 3, 5 นาที พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้สุกและไม่เกิดการไหม้ซึ่งให้ลักษณะที่ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เวลาในการอบด้วยเตาอบที่ 5 และ 7 นาที ดังนั้นจึงเลือกใช้เวลาในการอบด้วยเตาอบนาน 4 และ 6 นาที และอบต่อด้วยไมโครเวฟนาน 1, 3, 5 นาที มาเป็นปัจจัยในการศึกษา

โดยเลือกอัตราส่วนของแป้งสาลีต่อแป้งกล้วยจากการทดลองในข้อ 4.3 ที่ให้ค่าสี ค่าความกรอบ และค่าการขึ้นฟูของแครกเกอร์ที่เหมาะสม มาศึกษาผลของการใช้เตาอบร่วมกับไมโครเวฟต่อคุณภาพของแครกเกอร์ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วย โดยใช้การวางแผนทดลอง 2 x 3 Factorial แบบ CRD ทดสอบปัจจัย 2 ปัจจัย โดยปัจจัยที่ 1 คือ ระยะเวลาอบในเตาอบที่อุณหภูมิ 200 °ซ (4, 6 นาที)

ปัจจัยที่ 2 คือ ระยะเวลาอบในเตาไมโครเวฟความถี่ 2,450 MHz ที่ระดับความร้อน 100% (1, 3, 5 นาที) และตรวจสอบคุณภาพดังนี้

3.4.4.1 ค่าสีแสดงผลในรูปของค่า L, a, b โดยค่า L เป็นค่าที่ใช้กำหนดความสว่าง (0 หมายถึง สีดำ, 100 หมายถึง สีขาว) a เป็นค่าที่ใช้กำหนดสีแดงหรือสีเขียว (+ หมายถึง สีแดง, - หมายถึง สีเขียว) และ b เป็นค่าที่ใช้กำหนดสีเหลืองหรือสีน้ำเงิน (+ หมายถึง สีเหลือง, - หมายถึง สีน้ำเงิน) โดยใช้เครื่องวัดสี (Minolta, CR-300)

3.4.4.2 การขึ้นฟูของแครกเกอร์ โดยวัดเป็น % ของความหนาที่เพิ่มขึ้นจากความหนาเริ่มต้น

3.4.4.3 ทดสอบเนื้อสัมผัสด้านความกรอบ ด้วยเครื่อง Texture analyser รุ่น TA.XT2i โดยใช้ หัววัดแบบ Ottawa Cell with Holes (A/HOL) โดยแบ่งตัวอย่างแครกเกอร์ที่ผลิตได้ออกเป็น 4 ส่วนต่อ 1 ซีน และชั่งตัวอย่างประมาณ 40 กรัมต่อการวัด 1 ครั้ง ตัวอย่างจะถูกวางลงใน Ottawa cell จากนั้นเลื่อนหัววัดลงมาให้สัมผัสกับตัวอย่าง แล้วกดตัวอย่างลงจากตำแหน่งเริ่มต้น 15 มม. ใช้ความเร็วของหัววัดเคลื่อนที่ตกลงมาบนตัวอย่าง (test spread) 2 mm/sec จากนั้นหัววัดจะเคลื่อนที่ขึ้นไป (post test spread) ด้วยความเร็ว 10 mm/sec ค่าความกรอบหาได้จากจำนวน peak ของแรงที่กดลงบนตัวอย่าง โดยกำหนดแรงต้องมีค่าตั้งแต่ 200 gf ขึ้นไปจึงนับเป็น 1 peak โดยถ้าจำนวน peak มีค่ามากแสดงว่าแครกเกอร์มีความกรอบแข็งมาก

ทำการทดลอง 3 ซ้ำ นำผลการทดลองข้อ 3.4.4.1-3.4.4.3 มาวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติด้วย ANOVA และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ( $p \leq 0.05$ )

3.4.4.4 ทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของกลุ่มผู้ทดสอบที่มีต่อแครกเกอร์ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยที่ผลิตโดยใช้เตาอบร่วมกับไมโครเวฟ ใช้ผู้ทดสอบ 20 คน ที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝนโดยให้คะแนนความชอบด้วยวิธี 5-point Hedonic scale คือ 5 = ชอบมาก และ 1 = ไม่ชอบ ในด้าน สี กลิ่น รสชาติ ความกรอบ และการยอมรับโดยรวม โดยวางแผนการทดลองแบบ RCBD (Random Complete Block Design) นำผลการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติด้วย ANOVA และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

## บทที่ 4

### ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

#### 4.1 การเตรียมแป้งกล้วยจากกล้วยน้ำว้าที่มีระยะความแก่ 70-90 %

เมื่อนำกล้วยน้ำว้าที่มีระยะความแก่ 70-90 % จากสวนในอำเภอบ้านฉาง จังหวัดระยอง เก็บเกี่ยวในช่วงเดือนสิงหาคม มาผลิตเป็นแป้งกล้วยพบว่า ผลกล้วยมีขนาดตั้งแต่ครึ่งหนึ่งของผลโตเต็มที่จนถึงผลที่มีเหลี่ยมเห็นชัดและผลที่มีเหลี่ยมแต่ไม่ชัดเจน โดยผลมีขนาดเส้นรอบวงอยู่ในช่วง 10.80-13.46 ซม. เมื่อนำมาผลิตเป็นแป้งกล้วยพบว่า แป้งกล้วยที่ผลิตได้จากกล้วยน้ำว้า ที่มีระยะความแก่ 70-90 % มีลักษณะเป็นผงละเอียด สีขาวออกเหลืองเล็กน้อย มีผงสีน้ำตาลละเอียด ซึ่งเป็นสีของไส้กล้วยปะปนอยู่เล็กน้อยในแป้งกล้วย มีกลิ่นกล้วยเพียงเล็กน้อย (ภาพที่ 4.1) แป้งกล้วยที่เตรียมได้จะนำไปบรรจุในถุงพลาสติกและเก็บในกระป๋องอูมิเนียมที่ปิดสนิทเพื่อป้องกันความชื้นและแสง ก่อนนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และผลิตแตรกเกอร์



ภาพที่ 4.1 แป้งกล้วยน้ำว้าที่มีความแก่อยู่ในช่วง 70-90 %

## 4.2 องค์ประกอบทางเคมีและสีของแป้งกล้วยที่มีระยะความแก่ 70-90 %

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบทางเคมีและสีของแป้งกล้วยที่ระยะความแก่ 70 -90%

องค์ประกอบทางเคมีและสมบัติทางกายภาพ	แป้งกล้วยที่ระยะความแก่ 70 - 90%
ความชื้น (%)	6.15 ± 0.77
ค่าวอเตอร์แอกติวิตี	0.13 ± 0.04
ปริมาณสตาร์ช(%)	65.82± 2.44
ปริมาณอะไมโลส (%)	21.01 ± 0.21
ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด(มิลลิกรัม/100 กรัม)	714 ± 7.57
ค่าความสว่าง (L)	89.61 ± 0.21
ค่าสีแดง (a)	-0.50 ± 0.02
ค่าสีเหลือง (b)	14.60 ± 0.09

เมื่อนำแป้งกล้วยที่ได้มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพบว่า มีความชื้นโดยเฉลี่ยคือ 6.15% ค่าวอเตอร์แอกติวิตี โดยเฉลี่ยคือ 0.13 นอกจากนี้ พบว่ามีปริมาณสตาร์ช ปริมาณอะไมโลส และปริมาณน้ำตาลทั้งหมด โดยเฉลี่ยคือ 65.82 % , 21.01 % และ 714 มิลลิกรัม/100 กรัมตามลำดับ เมื่อนำแป้งกล้วยมาวัดสี จะมีค่าความสว่าง ( L ) โดยเฉลี่ยคือ 89.61 ± 0.21 ค่าความเป็นสีแดง (a) โดยเฉลี่ยคือ -0.50 ± 0.02 และค่าความเป็นสีเหลือง (b) โดยเฉลี่ยคือ 14.60± 0.09 (ตารางที่ 4.1) งานวิจัยของสุชาดา ไ้มัสนธิ (2546) ได้ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของแป้งกล้วยที่ระยะความแก่ต่างกันคือ 70%, 80%, 90% และ 100% โดยพบว่า กล้วยที่มีความแก่มากขึ้นปริมาณสตาร์ชจะเพิ่มขึ้นและเมื่อกล้วยมีความแก่เต็มที่ (100%) ปริมาณสตาร์ชจะลดลง เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงไปเป็นน้ำตาล ส่วนปริมาณอะไมโลสจะเพิ่มขึ้นเมื่อกล้วยมีความแก่เพิ่มขึ้นเช่นกัน และยังพบว่าปริมาณน้ำตาลทั้งหมดจะเพิ่มขึ้นเมื่อกล้วยมีความแก่มากขึ้นซึ่งสาเหตุเนื่องจากกลไกการเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาล โดยเอนไซม์อะไมเลสจะย่อยแป้งให้มีโมเลกุลเล็กลง ไปเป็นน้ำตาล และน้ำตาลที่พบในกล้วยส่วนใหญ่จะเป็นน้ำตาลซูโครส กลูโคส และฟรุกโตส (दनัย บุญเกียรติ และนิธิยา รัตนานพนธ์, 2535)

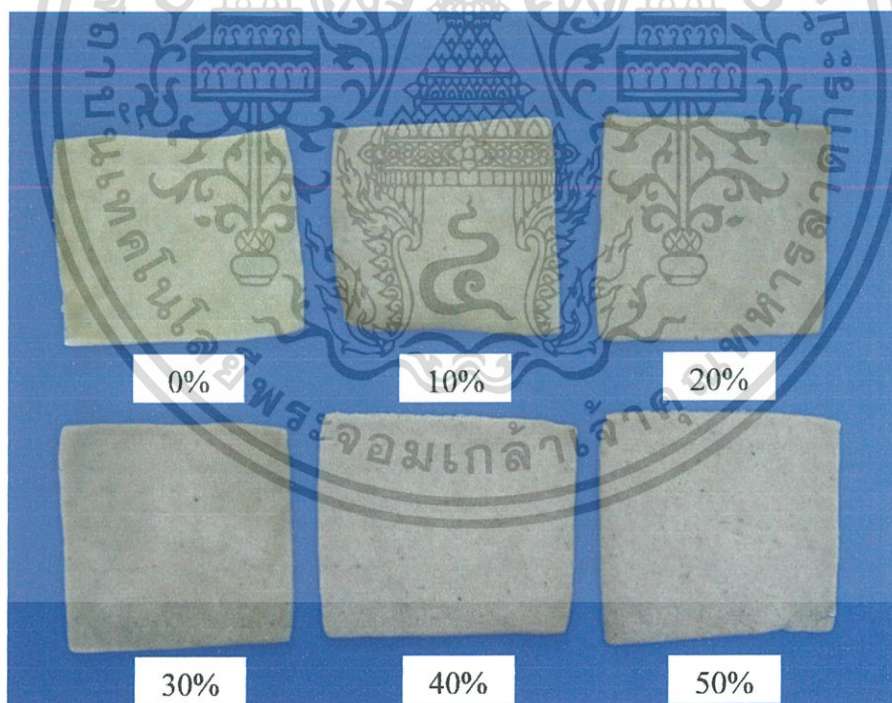
## 4.3 การใช้แป้งกล้วยที่ระยะความแก่ 70-90%มาทดแทนแป้งสาลีในการผลิตแครกเกอร์

### 4.3.1 สีของโดจากการนวดผสม

จากการทดลองใช้แป้งกล้วยที่ระยะความแก่ 70-90 % ทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 10%, 20%, 30%, 40% และ 50% ของน้ำหนักแป้งทั้งหมดในการผลิตแครกเกอร์ พบว่าโดที่ผ่านการนวดผสมที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยระดับเพิ่มขึ้นจะมีความแข็งแรงและยืดหยุ่นลดลง โดยเฉพาะเมื่อทดแทนแป้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กล้วยที่ระดับ 40 % และ 50% จะทำให้โคมีความเหนียวและยืดหยุ่นน้อยลง มีความร้อนขึ้นอย่างเห็นได้ชัด เมื่อนำไปรีดเป็นแผ่นทำให้ขาดได้ง่าย ทั้งนี้เนื่องจากแป้งกล้วยที่นำมาใช้มีปริมาณโปรตีนกลูเตนิน และไกลอะดิน อยู่น้อยหรือมีอยู่ในปริมาณที่ไม่เหมาะสมเมื่อเปรียบเทียบกับแป้งสาลีที่มีปริมาณโปรตีน 2 ชนิดในอัตราส่วนที่เหมาะสมกว่า ดังนั้นเมื่อนำแป้งมาผสมกับน้ำจึงทำให้เกิดกลูเตนปริมาณน้อย ไม่แข็งแรง เป็นผลทำให้ได้โคที่มีความเหนียวและยืดหยุ่นลดลงเมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยมากขึ้น He และ Hosney (1991) กล่าวว่า การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งชนิดอื่นที่ไม่มีกลูเตนในผลิตภัณฑ์ขนมปังจะทำให้โคที่ได้จากการนวดผสมไม่แข็งแรง โคจึงไม่สามารถเก็บกักก๊าซไว้ได้ในระหว่างขั้นตอนการหมักและการอบ ซึ่งรายงานดังกล่าวสอดคล้องกับผลการทดลองข้างต้น การเกิดโคโดยทั่วไปในผลิตภัณฑ์นั้นต้องอาศัยโปรตีนในแป้งสาลี 2 ชนิดที่รวมกันอยู่ในอัตราส่วนที่เหมาะสม คือ กลูเตนิน และไกลอะดิน ซึ่งเมื่อแป้งผสมกับน้ำในอัตราส่วนที่ถูกต้องจะทำให้เกิดสารชนิดหนึ่งที่เรียกว่า กลูเตน มีลักษณะเป็นยางเหนียว ยืดหยุ่นได้ โดยกลูเตนินจะทำให้โคหรือก้อนแป้งผสมมีกำลังที่จะอุ้มก๊าซที่ขึ้นฟูไว้ได้ ซึ่งจะเป็นโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ ส่วนไกลอะดินนั้นทำให้กลูเตนมีคุณสมบัติในการยึดตัวและยืดหยุ่นได้ (จิตรนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล , 2541)



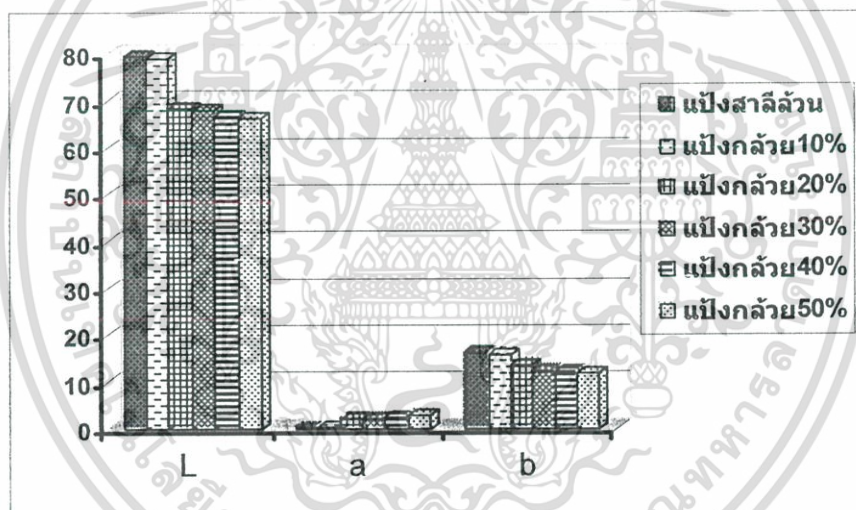
ภาพที่ 4.2 โคจากการนวดผสมที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยที่ระดับ 0%,10%, 20%, 30%, 40% และ 50%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 สีของโคจากการนวดผสมที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วย

แป้งกล้วยที่ทดแทน (%) โดยน้ำหนัก	ค่าสีโค		
	L	a	b
0%	79.75 ± 0.08 <sup>a</sup>	0.13 ± 0.10 <sup>a</sup>	16.37 ± 0.48 <sup>a</sup>
10%	79.25 ± 0.44 <sup>a</sup>	0.19 ± 0.10 <sup>a</sup>	15.79 ± 1.13 <sup>a</sup>
20%	68.42 ± 0.99 <sup>b</sup>	1.89 ± 0.09 <sup>b</sup>	13.47 ± 0.14 <sup>b</sup>
30%	68.12 ± 0.62 <sup>b</sup>	2.25 ± 0.47 <sup>bc</sup>	12.39 ± 0.04 <sup>c</sup>
40%	66.75 ± 1.54 <sup>b</sup>	2.67 ± 0.15 <sup>cd</sup>	12.26 ± 0.55 <sup>c</sup>
50%	66.43 ± 1.80 <sup>b</sup>	2.84 ± 0.37 <sup>d</sup>	11.82 ± 0.48 <sup>c</sup>

หมายเหตุ: ตัวอักษรกำกับต่างกัน ในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)



ภาพที่ 4.3 สีของโคจากการนวดผสมที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะเวลาแก่ 70-90% ในการผลิตแครกเกอร์ โดยเปรียบเทียบกับ โคจากแป้งสาลี

เมื่อนำโคที่ผ่านการนวดผสมและหมักมาวัดค่าสี พบว่าสีของโคที่ใช้แป้งสาลีล้วน (0%) จะมีสีเหลืองอ่อน ส่วนโคที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจะมีสีเหลืองคล้ำขึ้น และสีของโคจะคล้ำขึ้นเมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยที่ระดับเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 4.2) ผลจากการวัดค่าสี L, a, b พบว่าโคที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยที่ระดับ 10 % นั้นมีค่า L, a, b ไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อทดแทนที่ระดับ 20%, 30%, 40% และ 50 % มีค่า L, a, b แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p< 0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับโคจากแป้งสาลีล้วน (ตารางที่ 4.2) โดยค่า L ซึ่งแสดงถึงความสว่าง และค่า b ซึ่งแสดงถึงความเข้มของสีเหลือง (+ หมายถึง สีเหลือง - หมายถึง สีน้ำตาล) มีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องจนมีค่าน้อย

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

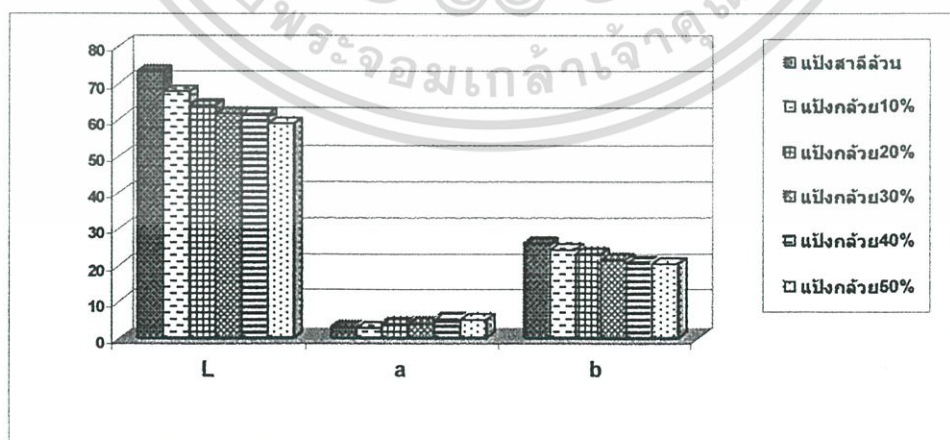
ที่สุดเมื่อใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลี 50 % ในขณะที่ค่า a ซึ่งแสดงถึงความเข้มของสีแดง(+ หมายถึงสีแดง-หมายถึงสีเขียว) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและมีค่าสูงที่สุดเมื่อใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 50 % (ภาพที่ 4.3) การที่โดมมีสีคล้ำขึ้นนั้นเกิดจากแป้งกล้วยที่นำมาใช้มีสีคล้ำกว่าแป้งสาลี รวมถึงปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) เช่น Cresolase Catecholase และ o-diphenol oxidase ในแป้งกล้วยและปฏิกิริยาเมลลาร์ดที่เกิดขึ้นจากการทำงานของยีสต์ ปริมาณน้ำตาลและส่วนผสมอื่นๆ ในการผลิต ซึ่งมีผลต่อการเกิดสีน้ำตาลจึงทำให้โดมมีสีคล้ำขึ้นเมื่อทดแทนด้วยแป้งกล้วยที่ระดับเพิ่มขึ้น

#### 4.3.2 สีของแครกเกอร์

ตารางที่ 4.3 สีแครกเกอร์ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วย

แป้งกล้วยที่ทดแทน (%) โดยน้ำหนัก	ค่าสี		
	L	a	b
0%	73.20 ± 3.34 <sup>a</sup>	2.92 ± 0.46 <sup>a</sup>	25.87 ± 2.35 <sup>a</sup>
10%	67.58 ± 3.54 <sup>b</sup>	3.08 ± 1.05 <sup>a</sup>	24.20 ± 2.73 <sup>ab</sup>
20%	63.88 ± 0.42 <sup>bc</sup>	4.12 ± 0.87 <sup>ab</sup>	23.33 ± 0.70 <sup>abc</sup>
30%	61.53 ± 0.53 <sup>cd</sup>	4.13 ± 0.69 <sup>ab</sup>	21.72 ± 1.33 <sup>bc</sup>
40%	61.45 ± 1.25 <sup>cd</sup>	4.89 ± 1.65 <sup>b</sup>	20.58 ± 1.69 <sup>c</sup>
50%	59.00 ± 0.91 <sup>d</sup>	4.98 ± 0.18 <sup>b</sup>	20.42 ± 1.18 <sup>c</sup>

หมายเหตุ ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวดิ่งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)



ภาพที่ 4.4 สีของแครกเกอร์ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70-90% โดย

เปรียบเทียบกับแครกเกอร์จากแป้งสาลี

เอกสารนี้เป็นเอกสารทูลงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองอบแครกเกอร์ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยที่ระยะความแก่ 70-90% ที่ระดับ 10%, 20%, 30%, 40% และ 50% ของน้ำหนักแป้งทั้งหมด ที่อุณหภูมิ 200 °C เป็นเวลา 10 นาที พบว่าสีของแครกเกอร์จากแป้งสาลีล้วน (ทดแทน 0%) จะมีสีเหลืองทอง และเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งกล้วยที่ทดแทนมากขึ้นแครกเกอร์จะมีสีเหลืองคล้ำขึ้น (ภาพที่ 4.5) จากการวัดค่าสี L, a, b พบว่ามีแนวโน้มเดียวกันกับสีของโค โดยที่ค่า L และ b มีแนวโน้มลดลงและมีค่าน้อยที่สุดเมื่อใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 50% ในขณะที่ค่า a มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและมีค่ามากที่สุดเมื่อใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 50% (ภาพที่ 4.4) ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับงานวิจัยของวลัย หุตะโกวิทและคณะ (2542) และสุชาดา ไม้สนธิ (2546) ที่ใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์คุกกี้ เค้ก และขนมชนิดอื่น ๆ โดยพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งกล้วยมากขึ้นจะทำให้สีของผลิตภัณฑ์นั้นคล้ำขึ้น โดยสีที่เข้มขึ้นของแครกเกอร์นั้นเกิดจากแป้งกล้วยที่ผลิตได้มีสีไม่ขาวเหมือนแป้งทั่วไป และในระหว่างเข้าเตาอบนั้นเกิดจากปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ที่มาจากแป้งกล้วย เช่น polyphenol oxidase (PPO) เช่น Cresolase Catecholase และ o-diphenol oxidase และเป็นสารตั้งต้นในการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่มีเอนไซม์เกี่ยวข้อง รวมทั้งส่วนผสมในสูตรแครกเกอร์ที่มีทั้งโปรตีน น้ำตาล ไขมัน และการให้ความร้อนสูงในขั้นตอนการอบทำให้เกิดปฏิกิริยามอลาร์ด (maillard reaction) ปฏิกิริยาและคาราเมลไรเซชัน (caramelization) ระหว่างน้ำตาลกับความร้อน



ภาพที่ 4.5 แครกเกอร์ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยที่ระดับ 0%, 10%, 20%, 30%, 40% และ 50%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.3.3 การขึ้นฟูของแครกเกอร์

ตารางที่ 4.4 การขึ้นฟูของแครกเกอร์ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วย

แป้งกล้วยที่ทดแทน (%) โดยน้ำหนัก	การขึ้นฟู (%)
0%	41.27 ± 1.42 <sup>a</sup>
10%	37.10 ± 0.99 <sup>b</sup>
20%	35.20 ± 0.68 <sup>bc</sup>
30%	33.77 ± 0.88 <sup>c</sup>
40%	29.82 ± 0.89 <sup>d</sup>
50%	30.34 ± 2.26 <sup>d</sup>

หมายเหตุ: ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

จากการทดลองใช้แป้งกล้วยที่ระยะความแก่ 70-90 % ทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 10%, 20%, 30%, 40% และ 50% ของน้ำหนักแป้งทั้งหมดในการผลิตแครกเกอร์ พบว่าแครกเกอร์ที่ผลิตจากแป้งสาลีล้วนมีค่าการขึ้นฟูสูงที่สุด และเมื่อทดแทนด้วยแป้งกล้วยที่ระดับ 10%, 20%, 30%, 40% และ 50% แครกเกอร์จะมีค่าการขึ้นฟูลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อเปรียบเทียบกับแครกเกอร์จากแป้งสาลีล้วน โดยเมื่อทดแทนด้วยแป้งกล้วยที่ระดับมากขึ้นค่าการขึ้นฟูจะลดลงมากขึ้น แครกเกอร์ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยที่ระดับ 50% มีค่าการขึ้นฟูน้อยที่สุด (ตารางที่ 4.4) ซึ่งค่าการขึ้นฟูที่ลดลงนี้ให้ผลสอดคล้องกับงานวิจัยของสุชาดา ไ้ม่สนธิ (2546) ที่ใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลี ในผลิตภัณฑ์ขนมปัง เค้กและคุกกี้ โดยพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งกล้วยมากขึ้นจะทำให้ปริมาณจำเพาะของขนมปัง เค้กและคุกกี้ ลดลงเนื่องจากการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยทำให้ปริมาณกลูเตนลดลงเป็นผลให้คุณสมบัติในการยืดหยุ่นและมีกำลังในการอุ้มก๊าซในขั้นตอนการหมักและการอบ ได้น้อยลงทำให้ปริมาณจำเพาะของขนมปัง เค้กและคุกกี้ลดลง และยังให้ผลสอดคล้องกับงานวิจัยของ (พรวิณัส ปิ่นหยง, 2544) ที่ได้พัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังจากแป้งสาลีผสมแป้งข้าวหอมมะลิ พบว่าเมื่อใช้อัตราส่วนแป้งข้าวหอมมะลิมากขึ้นในสูตร จะทำให้ปริมาณจำเพาะของขนมปังลดลงเช่นกัน ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับ He และ Hosney (1991) ที่ได้กล่าวไว้แล้วข้างต้น อย่างไรก็ตาม ความสามารถในการดูดซับน้ำและกำลังการพองตัวเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการขึ้นฟูของแครกเกอร์ ชลธิรา บุญเรืองยา (2545) รายงานว่า แป้งกล้วยมีความสามารถในการดูดซับน้ำและกำลังการพองตัวต่ำซึ่งต่างจากแป้งสาลีที่มีความสามารถในการดูดซับน้ำและกำลังการพองตัวสูงกว่าซึ่งเป็นสมบัติที่ดีของแป้งสาลีในการทำผลิตภัณฑ์ขนมอบ นอกจากนี้ Singh และคณะ (2003) ได้ศึกษาผลของการเติมแป้งข้าวโพดและแป้งจากมันฝรั่ง 3 พันธุ์ พบว่า คุกกี้ที่เติมแป้งเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มันฝรั่งมีการแผ่ขยายมากกว่าคูกี้ที่เค็มแป้งข้าวโพดเพราะอนุภาคของเมล็ดแป้งมันฝรั่งมีความสามารถในการดูดซับน้ำและมีกำลังการพองตัวมากกว่าเมล็ดแป้งข้าวโพด

#### 4.3.4 ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความกรอบของแครกเกอร์

ตารางที่ 4.5 ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความกรอบของแครกเกอร์ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วย

แป้งกล้วยที่ทดแทน (%) โดยน้ำหนัก	ความกรอบ
0%	32 ± 1.53 <sup>a</sup>
10%	34 ± 1.53 <sup>ab</sup>
20%	35 ± 0.58 <sup>bc</sup>
30%	35 ± 1.53 <sup>bc</sup>
40%	36 ± 0.58 <sup>c</sup>
50%	39 ± 1.15 <sup>d</sup>

หมายเหตุ : ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

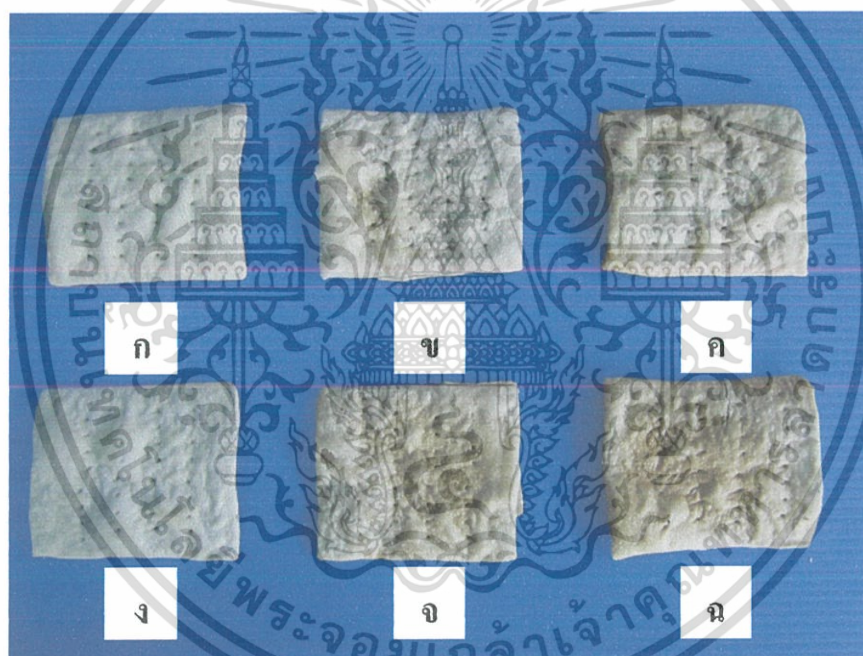
จากการใช้แป้งกล้วยจากกล้วยที่ระยะความแก่ 70-90% และทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 10%, 20%, 30%, 40% และ 50% ของน้ำหนักแป้งทั้งหมดในแครกเกอร์ เมื่อนำมาวัดเนื้อสัมผัสด้านความกรอบของแครกเกอร์ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส โดยใช้หัววัด Ottawa Cell with Holes กดลงบนตัวอย่างแครกเกอร์ ค่าความกรอบหาได้จากการนับจำนวน peak ของแรงที่ใช้กดลงบนตัวอย่าง ถ้าจำนวน peak มีค่ามากแสดงว่าผลิตภัณฑ์มีความกรอบแข็งมาก ผลการทดลองพบว่าแครกเกอร์ที่ผลิตจากแป้งสาลีล้วนมีจำนวน peak น้อยที่สุด และมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยที่ระดับสูงขึ้น โดยการใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 10% นั้น มีจำนวน peak ที่เพิ่มขึ้นไม่แตกต่างกัน แต่แครกเกอร์ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยที่ระดับ 20%, 30%, 40% และ 50% มีจำนวน peak เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p < 0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับแครกเกอร์จากแป้งสาลีล้วน ผลการทดลองจะเห็นได้ว่าจำนวน peak มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งแสดงถึงค่าความกรอบแข็งที่เพิ่มขึ้นของแครกเกอร์เมื่อทดแทนด้วยแป้งกล้วยที่ระดับสูงขึ้น โดยแครกเกอร์ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยที่ระดับ 50% จะมีความกรอบแข็งมากที่สุดและแครกเกอร์จากแป้งสาลีล้วนมีความกรอบแข็งน้อยที่สุด(ตารางที่ 4.5) หากกล่าวโดยรวมแล้ว แครกเกอร์จากแป้งกล้วยมีความกรอบแข็งมากกว่าแครกเกอร์จากแป้งสาลีเพราะมีจำนวน peak ที่มากกว่า โดยค่าความกรอบแข็งที่เพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งกล้วยที่ทดแทนนั้น เนื่องมาจากองค์ประกอบที่เป็น โปรตีนในแป้งกล้วยต่างจากแป้งสาลี ทำให้การรวมตัวของโปรตีนกลายเป็นร่างแหของกลูเตน โดยใช้แรงยึดเหนี่ยวของพันธะทางเคมีระหว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรดอะมิโนมีความแข็งแรงน้อยลง โคจิ่งเก็บกักก๊าซได้น้อยลงในขั้นตอนการหมักและการอบ เป็นผลทำให้แครกเกอร์ขึ้นฟูน้อยลง เนื้อแน่นและกรอบแข็งมากขึ้นเมื่อปริมาณแป้งกล้วยเพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณาจากค่าสี ค่าการขึ้นฟูและความกรอบของแครกเกอร์พบว่า การใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 20% ของน้ำหนักแป้งทั้งหมด ให้ค่าสี (L, a, b) ค่าการขึ้นฟู และค่าความกรอบใกล้เคียงกับแครกเกอร์จากแป้งสาลีล้วนและแครกเกอร์ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วย 10 % ดังนั้นจึงเลือกใช้ปริมาณแป้งกล้วยที่สามารถทดแทนแป้งสาลีได้มากที่สุดคือ 20 % ในการผลิตแครกเกอร์ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วย เพื่อนำไปศึกษาต่อในการทดลองที่ 4.4

#### 4.4 การใช้ความร้อนจากเตาอบร่วมกับไมโครเวฟในกระบวนการผลิตแครกเกอร์จากแป้งกล้วย



ภาพที่ 4.6 แครกเกอร์ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยที่ระดับ 20% ที่ผ่านการใช้เตาอบร่วมกับไมโครเวฟที่ระยะเวลาต่าง ๆ

- (ก) ใช้เตาอบนาน 4 นาทีและอบต่อด้วยไมโครเวฟนาน 1 นาที
- (ข) ใช้เตาอบนาน 4 นาทีและอบต่อด้วยไมโครเวฟนาน 3 นาที
- (ค) ใช้เตาอบนาน 4 นาทีและอบต่อด้วยไมโครเวฟนาน 5 นาที
- (ง) ใช้เตาอบนาน 6 นาทีและอบต่อด้วยไมโครเวฟนาน 1 นาที
- (จ) ใช้เตาอบนาน 6 นาทีและอบต่อด้วยไมโครเวฟนาน 3 นาที
- (ฉ) ใช้เตาอบนาน 6 นาทีและอบต่อด้วยไมโครเวฟนาน 5 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.4.1 สีของแครกเกอร์

ตารางที่ 4.6 ค่าสี (L, a, b) ของแครกเกอร์จากการใช้เตาอบร่วมกับไมโครเวฟที่ระยะเวลาต่าง ๆ

ปัจจัยในการผลิต		ค่าสี		
เวลาในเตาอบ (นาที)	เวลาในไมโครเวฟ (นาที)	L	a	b
4	1	66.48 ± 1.19 <sup>c</sup>	2.53 ± 0.21 <sup>a</sup>	12.55 ± 0.46 <sup>a</sup>
	3	64.39 ± 0.45 <sup>bc</sup>	2.72 ± 0.24 <sup>a</sup>	14.03 ± 1.14 <sup>ab</sup>
	5	63.86 ± 2.06 <sup>b</sup>	2.74 ± 0.15 <sup>a</sup>	15.97 ± 0.44 <sup>bc</sup>
6	1	64.84 ± 0.67 <sup>bc</sup>	2.57 ± 0.25 <sup>a</sup>	13.79 ± 1.71 <sup>ab</sup>
	3	64.20 ± 0.70 <sup>bc</sup>	2.95 ± 0.18 <sup>a</sup>	16.55 ± 1.40 <sup>c</sup>
	5	59.84 ± 1.37 <sup>a</sup>	5.08 ± 0.53 <sup>b</sup>	22.84 ± 1.89 <sup>d</sup>

หมายเหตุ: ตัวอักษรกำกับต่างกัน ในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

ตารางที่ 4.7 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient; r) ระหว่างระยะเวลาที่อบด้วยเตาอบกับระยะเวลาที่อบด้วยเตาไมโครเวฟต่อค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) ของแครกเกอร์ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยที่ระดับ 20%

	เวลาในเตาอบ (นาที) (X <sub>1</sub> )	เวลาในไมโครเวฟ (นาที) (X <sub>2</sub> )	(X <sub>1</sub> ) x (X <sub>2</sub> )
ค่าความสว่าง (L)	-0.435 <sup>ns</sup>	-0.694 <sup>**</sup>	-0.841 <sup>**</sup>
ค่าสีแดง (a)	0.469 <sup>*</sup>	0.600 <sup>**</sup>	0.864 <sup>**</sup>
ค่าสีเหลือง (b)	0.503 <sup>*</sup>	0.722 <sup>**</sup>	0.931 <sup>**</sup>

หมายเหตุ \*\* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

\* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

<sup>ns</sup> หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากการใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ที่ระดับ 20 % ของน้ำหนักแป้งทั้งหมด โดยอบด้วยเตาอบที่อุณหภูมิ 200 °ซ นาน 4 และ 6 นาที ร่วมกับการอบด้วยไมโครเวฟที่ระดับ 100 % นาน 1, 3 และ 5 นาที (ภาพที่ 4.6) แล้วนำแครกเกอร์มาวัดค่าสี L, a และ b พบว่าค่าสีในด้านความสว่าง (L) อยู่ในช่วง 59.84-66.48 ค่าสีแดง (a) อยู่ในช่วง 2.53-5.08 และค่าสีเหลือง (b) อยู่ในช่วง 12.55-22.84 (ตารางที่ 4.6) โดยมีเมื่ออบด้วยเตาอบนาน 4 นาทีและอบต่อด้วยไมโครเวฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นาน 1 นาที จะให้ค่า L สูงที่สุดและค่า a และ b ต่ำที่สุด แต่เมื่ออบด้วยเตาอบนาน 6 นาทีและอบด้วยไมโครเวฟนาน 5 นาที จะทำให้ค่า L มีค่าต่ำที่สุดและค่า a, b มีค่าสูงที่สุด

จากการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตารางที่ 4.7 พบว่าเวลาที่ใช้ออบด้วยเตาอบมีอิทธิพลต่อค่าความเป็นสีแดง (a) และสีเหลือง (b) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.469 และ 0.503 ตามลำดับ กล่าวคือเมื่อใช้ระยะเวลาในการอบด้วยเตาอบมากขึ้นจะมีผลทำให้แครกเกอร์มีสีแดง (a) และสีเหลือง (b) เข้มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการอบด้วยไมโครเวฟคงที่ และเมื่อพิจารณาผลของเวลาที่ใช้ออบด้วยไมโครเวฟ พบว่ามีอิทธิพลต่อค่าความสว่าง ค่าสีแดง และค่าสีเหลือง อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ( $p \leq 0.01$ ) กล่าวคือ เมื่อใช้ระยะเวลาในการอบด้วยไมโครเวฟนานขึ้นจะมีผลทำให้แครกเกอร์มีค่าความสว่าง (L) ลดลงหรือมีสีคล้ำขึ้น ( $r = -0.694$ ) แต่ค่าความเป็นสีแดง (a) และสีเหลือง (b) เพิ่มขึ้น เมื่อเวลาที่อบด้วยเตาอบคงที่ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.600 และ 0.722 ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาปัจจัยในการผลิตทั้ง 2 ปัจจัยร่วมกันคือเวลาที่อบด้วยเตาอบกับเวลาที่อบด้วยไมโครเวฟ พบว่ามีความสัมพันธ์กับค่าความสว่าง ค่าสีแดง และค่าสีเหลือง อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ( $p \leq 0.01$ ) กล่าวคือเมื่อใช้ระยะเวลาในการอบด้วยเตาอบและเวลาในการอบด้วยไมโครเวฟนานขึ้นจะมีผลทำให้แครกเกอร์มีค่าความสว่าง (L) ลดลงหรือมีสีคล้ำขึ้น ( $r = -0.841$ ) แต่ค่าความเป็นสีแดง (a) และสีเหลือง (b) เพิ่มขึ้น เมื่อเวลาที่อบด้วยเตาอบคงที่ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.864 และ 0.931 ตามลำดับ งานวิจัยของ Stinson (1986) ได้ทดลองอบ Devil's Food cake จากการอบด้วยวิธีธรรมดา นาน 30 นาที โดยอบแบบ double layer และเปรียบเทียบคุณภาพกับการอบด้วยไมโครเวฟร่วมกับการอบวิธีธรรมดา โดยอบแบบ single layer นาน 13 นาที และอบแบบ double layer นาน 20-22 นาที พบว่า Devil's Food cake จากการอบด้วยไมโครเวฟร่วมกับการอบวิธีธรรมดาจะให้ค่าสีแดง (a) และสีเหลือง (b) น้อยกว่าการอบด้วยวิธีธรรมดา และพบว่า Devil's Food cake จากการอบด้วยไมโครเวฟร่วมกับการอบวิธีธรรมดา โดยอบแบบ double layer นาน 20-22 นาที จะให้ค่าสีแดง (a) และสีเหลือง (b) มากกว่า Devil's Food cake ที่อบด้วยไมโครเวฟร่วมกับการอบวิธีธรรมดาแบบ single layer นาน 13 นาที เนื่องจากใช้ระยะเวลาในการอบนานกว่าจึงเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่เต็่มากกว่า

#### 4.4.2 การขึ้นฟูของแครกเกอร์

ตารางที่ 4.8 การขึ้นฟูของแครกเกอร์จากการใช้เตาอบร่วมกับไมโครเวฟที่ระยะเวลาต่าง ๆ

ปัจจัยในการผลิต		การขึ้นฟู (%)
เวลาในเตาอบ (นาที)	เวลาในไมโครเวฟ (นาที)	
4	1	33.55 ± 0.79 <sup>a</sup>
	3	33.54 ± 1.05 <sup>ab</sup>
	5	35.88 ± 1.50 <sup>b</sup>
6	1	35.31 ± 1.97 <sup>ab</sup>
	3	36.71 ± 0.40 <sup>b</sup>
	5	37.04 ± 0.41 <sup>b</sup>

หมายเหตุ ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวดิ่งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ตารางที่ 4.9 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient; r) ระหว่างระยะเวลาที่อบด้วยเตาอบกับระยะเวลาที่อบด้วยเตาไมโครเวฟต่อค่าการขึ้นฟูของแครกเกอร์ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยที่ระดับ 20%

	เวลาในเตาอบ (นาที) ( $X_1$ )	เวลาในไมโครเวฟ (นาที) ( $X_2$ )	( $X_1$ ) x ( $X_2$ )
ค่าการขึ้นฟู	0.461 <sup>ns</sup>	0.561*	0.683**

หมายถึง \*\* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

\* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

<sup>ns</sup> หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากการใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ที่ระดับ 20 % ของน้ำหนักแป้งทั้งหมดโดยอบด้วยเตาอบที่อุณหภูมิ 200 °ซ นาน 4 และ 6 นาที ร่วมกับการอบด้วยไมโครเวฟที่ระดับ 100 % นาน 1, 3 และ 5 นาที แล้วนำแครกเกอร์มาวัดค่าการขึ้นฟูโดยวัดเป็นความหนาที่เพิ่มขึ้นจากความหนาเริ่มต้น พบว่าแครกเกอร์ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยที่ระดับ 20 % ของน้ำหนักแป้งทั้งหมด มีค่าการขึ้นฟูอยู่ในช่วง 33.55-37.04% (ตารางที่ 4.8) โดยแครกเกอร์ที่อบด้วยเตาอบนาน 4 นาทีและอบต่อด้วยไมโครเวฟนาน 1 นาที จะมีค่าการขึ้นฟูต่ำที่สุด และแครกเกอร์ที่อบด้วยเตาอบนาน 6 นาทีและอบต่อด้วยไมโครเวฟนาน 5 นาที จะมีค่าการขึ้นฟูสูงที่สุด จากการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตารางที่ 4.9 พบว่าค่าการขึ้นฟูได้รับอิทธิพลจากเวลาที่ใช้ออบด้วยไมโครเวฟอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $r = 0.561$ ) เมื่อระยะเวลาในการอบด้วยเตาอบคงที่ กล่าวคือ

เมื่อใช้ระยะเวลาในการอบด้วยไมโครเวฟนานขึ้นจะส่งผลให้แครกเกอร์มีการขึ้นฟูเพิ่มขึ้น งานวิจัยของ Keskin และคณะ (2004) พบว่า ขนมปังที่อบด้วยไมโครเวฟมีปริมาณจำเพาะของขนมปังมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับขนมปังที่อบด้วยเตาอบธรรมดา halogen lamp และใช้ halogen lamp ร่วมกับ microwave เนื่องจากเกิดความดันภายในจากการใช้ไมโครเวฟและการระเหยของไอน้ำในระหว่างการอบอาจทำให้เกิดการพองตัว (puffing) และทำให้ปริมาณเพิ่มขึ้น และเมื่อพิจารณาทั้ง 2 ปัจจัยในการผลิตร่วมกันคือเวลาที่อบด้วยเตาอบกับเวลาที่อบด้วยไมโครเวฟ พบว่าค่าการขึ้นฟูได้รับอิทธิพลร่วมของทั้ง 2 ปัจจัยอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ( $r = 0.683$ ) กล่าวคือ เมื่อใช้ระยะเวลาในการอบด้วยเตาอบและเวลาในการอบด้วยไมโครเวฟนานขึ้นจะส่งผลให้แครกเกอร์เกิดการขึ้นฟูเพิ่มขึ้น

#### 4.4.3 ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความกรอบของแครกเกอร์

ตารางที่ 4.10 ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความกรอบของแครกเกอร์จากการใช้เตาอบร่วมกับไมโครเวฟที่ระยะเวลาต่างๆ

ปัจจัยในการผลิต		ความกรอบ
เวลาในเตาอบ (นาที)	เวลาในไมโครเวฟ (นาที)	
4	1	5 ± 0.58 <sup>a</sup>
	3	36 ± 4.00 <sup>c</sup>
	5	39 ± 1.00 <sup>c</sup>
6	1	8 ± 1.53 <sup>b</sup>
	3	39 ± 0.58 <sup>c</sup>
	5	43 ± 2.08 <sup>d</sup>

หมายเหตุ ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวดิ่งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ตารางที่ 4.11 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient; r) ระหว่างระยะเวลาที่อบด้วยเตาอบกับระยะเวลาที่อบด้วยเตาไมโครเวฟต่อค่าความกรอบของแครกเกอร์ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยที่ระดับ 20%

	เวลาในเตาอบ (นาที) ( $X_1$ )	เวลาในไมโครเวฟ (นาที) ( $X_2$ )	( $X_1$ ) x ( $X_2$ )
ค่าความกรอบ	0.120 <sup>ns</sup>	0.897**	0.748**

หมายเหตุ \*\* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

<sup>ns</sup> หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ที่ระดับ 20 % ของน้ำหนักแป้งทั้งหมด โดยอบด้วยเตาอบที่อุณหภูมิ 200 °ซ นาน 4 และ 6 นาที ร่วมกับการอบด้วยไมโครเวฟที่ระดับ 100 % นาน 1, 3 และ 5 นาที แล้วนำแครกเกอร์มาวัดค่าความกรอบด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส โดยใช้หัววัด Ottawa Cell with Hole กดลงบนตัวอย่างแครกเกอร์ ค่าความกรอบหาได้จากกราฟจำนวน peak ของแรงที่ใช้กดลงบนตัวอย่าง ถ้าจำนวน peak มีค่ามากแสดงว่าผลิตภัณฑ์มีความกรอบแข็งมาก ผลการทดลองพบว่าแครกเกอร์ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยที่ระดับ 20 % ของน้ำหนักแป้งทั้งหมด มีจำนวน peak อยู่ในช่วง 5- 43 (ตารางที่ 4.10) โดยแครกเกอร์ที่อบด้วยเตาอบนาน 6 นาทีและอบต่อด้วยไมโครเวฟนาน 5 นาทีมีจำนวน peak มากที่สุดหรือมีความกรอบแข็งมากที่สุดคือมีค่าเท่ากับ 43 ส่วนแครกเกอร์ที่มีความกรอบแข็งรองลงมาคือแครกเกอร์ที่อบด้วยเตาอบนาน 4 นาทีและอบต่อด้วยไมโครเวฟนาน 5 นาที และแครกเกอร์ที่อบด้วยเตาอบนาน 6 นาทีและอบต่อด้วยไมโครเวฟนาน 3 นาที โดยมีจำนวน peak เท่ากันคือ 39 ในขณะที่เดียวกันแครกเกอร์ที่อบด้วยเตาอบนาน 4 นาทีและอบต่อด้วยไมโครเวฟนาน 1 นาที มีจำนวน peak น้อยที่สุด คือมีค่าเท่ากับ 5 ซึ่งแสดงว่ามีความกรอบแข็งน้อยที่สุด (ตารางที่ 4.10)

จากการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตารางที่ 4.11 พบว่าค่าความกรอบได้รับอิทธิพลจากเวลาที่ใช้อบด้วยเตาไมโครเวฟอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ( $r = 0.897$ ) เมื่อระยะเวลาในการอบด้วยเตาอบคงที่ กล่าวคือเมื่อใช้ระยะเวลาในการอบด้วยไมโครเวฟมากขึ้นจะส่งผลให้แครกเกอร์มีความกรอบเพิ่มขึ้นด้วย และเมื่อพิจารณาทั้ง 2 ปัจจัยในการผลิตร่วมกันคือเวลาที่อบด้วยเตาอบกับเวลาที่อบด้วยไมโครเวฟ พบว่าค่าความกรอบได้รับอิทธิพลร่วมของทั้ง 2 ปัจจัยอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ( $r = 0.748$ ) กล่าวคือ เมื่อใช้ระยะเวลาในการอบด้วยเตาอบและเวลาในการอบด้วยไมโครเวฟนานขึ้นจะส่งผลให้แครกเกอร์มีจำนวน peak เพิ่มขึ้นหรือมีความกรอบแข็งเพิ่มขึ้นนั่นเอง

#### 4.4.4 การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส

เมื่อนำแครกเกอร์ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยมาทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสโดยใช้วิธีการทดสอบแบบ 5 point Hedonic scale เพื่อประเมินคุณภาพในด้านสี กลิ่น รสชาติ ความกรอบ และการยอมรับโดยรวม พบว่า คะแนนความชอบในด้านสี กลิ่น รสชาติ ความกรอบและการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อใช้เวลาในเตาอบและเวลาในไมโครเวฟที่ระยะเวลาต่างกัน โดยแครกเกอร์ที่อบด้วยเตาอบนาน 4 นาทีและอบต่อด้วยไมโครเวฟนาน 5 นาที มีคะแนนความชอบในด้านสีมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.90 รองลงมาคือ แครกเกอร์ที่อบด้วยเตาอบนาน 6 นาทีและอบต่อด้วยไมโครเวฟนาน 3 นาที โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.20 ส่วนแครกเกอร์ที่อบด้วยเตาอบนาน 4 นาทีและอบต่อด้วยไมโครเวฟนาน 1 นาที ได้คะแนนความชอบด้านสีน้อยที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.65 (ตารางที่ 4.12) ทั้งนี้อาจเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพราะการให้ความร้อนเป็นเวลานานขึ้นจะทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ในระหว่างการอบมากขึ้น จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีเหมือนกับสีของขนมอบโดยทั่วไป ผู้ทดสอบจึงให้คะแนนความชอบด้านสีมากขึ้นเมื่อระยะเวลาในการอบมากขึ้น แต่เมื่ออบผลิตภัณฑ์ด้วยเตาอบนาน 6 นาทีและอบต่อด้วยไมโครเวฟนาน 5 นาทีจะสังเกตว่าคะแนนความชอบด้านสีมีค่าลดลง ทั้งนี้เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำขึ้นและเริ่มมีบางส่วนเกิดการไหม้จากการใช้ระยะเวลาที่นานเกินไปจึงทำให้คะแนนความชอบด้านสีลดลง

เมื่อพิจารณาความชอบด้านกลิ่นและรสชาติของผลิตภัณฑ์ พบว่า แครกเกอร์ที่อบด้วยเตาอบนาน 4 นาทีและอบต่อด้วยไมโครเวฟนาน 5 นาทีกับแครกเกอร์ที่อบด้วยเตาอบนาน 6 นาทีและอบต่อด้วยไมโครเวฟนาน 3 นาที มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นและรสชาติอยู่ในเกณฑ์สูงและมีคะแนนใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 4.12) ส่วนแครกเกอร์ที่อบด้วยเตาอบนาน 4 นาทีและอบต่อด้วยไมโครเวฟนาน 1 นาทีกับแครกเกอร์ที่อบด้วยเตาอบนาน 6 นาทีและอบต่อด้วยไมโครเวฟนาน 1 นาที มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นและรสชาติน้อยที่สุดเนื่องจากใช้เวลาอบน้อยเกินไปจึงทำให้ยังคงมีกลิ่นและรสชาติของแป้งที่ยังไม่สุกเหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์ ทำให้มีคะแนนน้อยกว่าแครกเกอร์ที่ใช้เวลาอบนานกว่า

เมื่อพิจารณาคะแนนด้านความกรอบและการยอมรับโดยรวม พบว่า แครกเกอร์ที่อบด้วยเตาอบนาน 4 นาทีและอบต่อด้วยไมโครเวฟนาน 5 นาทีได้รับคะแนนความชอบด้านความกรอบและการยอมรับโดยรวมสูงที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.05 และ 3.80 รองลงมาคือแครกเกอร์ที่อบด้วยเตาอบนาน 6 นาทีและอบต่อด้วยไมโครเวฟนาน 3 และ 5 นาที (ตารางที่ 4.12) ผลจากการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสสรุปได้ว่า การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยที่ระดับ 20 % ในการผลิตแครกเกอร์โดยใช้เตาอบนาน 4 นาทีและอบต่อด้วยไมโครเวฟนาน 5 นาที จะให้แครกเกอร์ที่มีคะแนนความชอบด้านสี รสชาติ ความกรอบและการยอมรับโดยรวมสูงที่สุด

ตารางที่ 4.12 คะแนนการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของแครกเกอร์จากการใช้เตาอบร่วมกับไมโครเวฟที่ระยะเวลาต่าง ๆ

ปัจจัยในการผลิต		สี	กลิ่น	รสชาติ	ความกรอบ	การยอมรับโดยรวม
เวลาในเตาอบ (นาที)	เวลาในไมโครเวฟ (นาที)					
4	1	1.65 ± 0.49 <sup>a</sup>	1.90 ± 0.79 <sup>a</sup>	1.90 ± 0.97 <sup>a</sup>	1.10 ± 0.31 <sup>a</sup>	1.40 ± 0.50 <sup>a</sup>
	3	2.40 ± 0.99 <sup>b</sup>	3.10 ± 0.79 <sup>c</sup>	3.40 ± 0.94 <sup>b</sup>	3.00 ± 0.86 <sup>b</sup>	2.60 ± 0.50 <sup>b</sup>
	5	3.90 ± 0.85 <sup>d</sup>	3.20 ± 1.06 <sup>c</sup>	3.30 ± 0.73 <sup>b</sup>	4.05 ± 0.94 <sup>c</sup>	3.80 ± 0.70 <sup>c</sup>
6	1	1.90 ± 0.64 <sup>a</sup>	2.30 ± 0.86 <sup>ab</sup>	2.35 ± 0.59 <sup>a</sup>	1.40 ± 0.60 <sup>a</sup>	1.65 ± 0.59 <sup>a</sup>
	3	3.20 ± 1.15 <sup>c</sup>	3.00 ± 0.86 <sup>c</sup>	3.50 ± 0.95 <sup>b</sup>	3.80 ± 0.95 <sup>c</sup>	3.55 ± 0.94 <sup>c</sup>
	5	2.85 ± 0.99 <sup>c</sup>	2.70 ± 0.98 <sup>bc</sup>	3.05 ± 0.76 <sup>b</sup>	3.85 ± 0.93 <sup>c</sup>	3.40 ± 0.94 <sup>c</sup>

หมายเหตุ: ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

## บทที่ 5

### สรุปผลการทดลอง

1. แป้งกล้วยที่เตรียมจากกล้วยที่ระยะความแก่อยู่ในช่วง 70-90 % มีผงละเอียด สีขาวออกเหลือง และมีสีน้ำตาลของไส้กล้วยปนอยู่เล็กน้อย
2. การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยที่ระดับเพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้โดจากการนวดผสม แข็งแรงและยืดหยุ่นลดลง
3. การทดแทนแป้งกล้วยที่ระยะความแก่ 70-90 % ทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 20%, 30%, 40% และ 50% ทำให้สีของโคและแครกเกอร์คล้ำขึ้น
4. การทดแทนแป้งกล้วยที่ระยะความแก่ช่วง 70-90 % ทดแทนแป้งสาลีที่ 10%, 20%, 30%, 40% และ 50% ทำให้แครกเกอร์มีค่าการขึ้นฟูลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )
5. การทดแทนแป้งกล้วยที่ระยะความแก่ช่วง 70-90 % ทดแทนแป้งสาลีที่ 20%, 30%, 40% และ 50% ทำให้แครกเกอร์มีความกรอบเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )
6. การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยที่ระยะความแก่ช่วง 70-90 % ในการผลิตแครกเกอร์ที่เหมาะสมสามารถทดแทนได้ในช่วง 10-20 %
7. การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยที่ระยะความแก่ช่วง 70-90 % ในการผลิตแครกเกอร์ อาจสามารถทดแทนได้มากกว่าที่ระดับ 20 % เพื่อให้ได้ปริมาณ resistant starch ในผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น แต่ควรระวังในขั้นตอนการรีดโคให้เป็นแผ่นเนื่องจากการทดแทนด้วยแป้งกล้วยปริมาณเพิ่มขึ้น จะทำให้โคเหนียวและยืดหยุ่นน้อยลงเมื่อนำไปรีดเป็นแผ่นทำให้ขาดได้ง่าย นอกจากนี้สีของแครกเกอร์ก็จะคล้ำขึ้นและแครกเกอร์ที่ได้จะกรอบแข็งขึ้นด้วย
8. จากการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยที่ระดับ 20 % ในการผลิตแครกเกอร์โดยใช้เตาอบร่วมกับไมโครเวฟที่ระยะเวลาต่าง ๆ พบว่า เวลาที่ใช้อบด้วยเตาอบมีอิทธิพลต่อค่าสีแดง (a) และสีเหลือง (b) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ( $r = 0.469$  และ  $r = 0.503$  ตามลำดับ) กล่าวคือเมื่อใช้ระยะเวลาในการอบด้วยเตาอบนานขึ้นจะทำให้แครกเกอร์มีสีสีแดง (a) และสีเหลือง (b) เพิ่มขึ้นด้วยเมื่อระยะเวลาในการอบด้วยไมโครเวฟคงที่
9. จากการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยที่ระดับ 20 % ในการผลิตแครกเกอร์โดยใช้เตาอบร่วมกับไมโครเวฟที่ระยะเวลาต่าง ๆ พบว่า เวลาที่ใช้อบด้วยไมโครเวฟมีอิทธิพลต่อค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a) ค่าสีเหลือง (b) และค่าความกรอบ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ( $p < 0.01$ ) ( $r = -0.694, 0.600, 0.722$  และ  $0.897$  ตามลำดับ) และมีอิทธิพลต่อค่าการขึ้นฟูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ( $r = 0.561$ ) กล่าวคือ เมื่อใช้ระยะเวลาในการอบด้วยไมโครเวฟนานขึ้นจะมีผลทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แครกเกอร์มีค่าความสว่าง (L) ลดลงหรือมีสีคล้ำขึ้น แต่มีสีแดง (a) สีเหลือง (b) ความกรอบและการขึ้นฟูเพิ่มขึ้น เมื่อเวลาที่อบด้วยเตาอบคงที่

10. เมื่อพิจารณาปัจจัยในการผลิตทั้ง 2 ปัจจัยร่วมกัน คือเวลาที่อบด้วยเตาอบกับเวลาที่อบด้วยไมโครเวฟ พบว่ามีอิทธิพลต่อค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a) ค่าสีเหลือง (b) ค่าการขึ้นฟู ค่าความกรอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.01$ ) ( $r = -0.841, 0.864, 0.931, 0.683, 0.748$  ตามลำดับ) กล่าวคือ เมื่อใช้ระยะเวลาในการอบด้วยเตาอบและเวลาในการอบด้วยไมโครเวฟนานขึ้นจะส่งผลให้แครกเกอร์มีค่าความสว่าง (L) ลดลงแต่มีสีแดง (a) สีเหลือง (b) การขึ้นฟูและความกรอบเพิ่มขึ้น

11. ในกระบวนการผลิตแครกเกอร์โดยใช้เตาอบร่วมกับไมโครเวฟควรระวังในขั้นตอนการอบด้วยไมโครเวฟเนื่องจากมีอิทธิพลต่อค่าสี (L, a, b) การขึ้นฟู และความกรอบมากกว่าขั้นตอนการใช้เตาอบ

12. การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยที่ระดับ 20 % ในการผลิตแครกเกอร์โดยใช้เตาอบนาน 4 นาทีและอบต่อด้วยไมโครเวฟนาน 5 นาที จะให้แครกเกอร์ที่มีคะแนนความชอบด้านสี รสชาติ ความกรอบ และการยอมรับโดยรวมสูงที่สุด



## ข้อเสนอแนะ

1. แป้งกล้วยมีสีเข้มเมื่อเปรียบเทียบกับแป้งสาลีดังนั้นเมื่อนำมาทดแทนในผลิตภัณฑ์จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีเข้มด้วย ดังนั้นในการนำแป้งกล้วยไปใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมชนิดอื่น ๆ จึงควรเลือกใช้ทดแทนกับผลิตภัณฑ์ขนมที่ต้องการสีเข้ม
2. หากต้องการทดแทนแป้งกล้วยให้ได้ปริมาณมากขึ้นในผลิตภัณฑ์ เช่นการเลือกใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 40 – 50 % ในกระบวนการผลิตแครกเกอร์ อาจต้องมีการเติมแต่งสีหรือกลิ่นลงไป ในผลิตภัณฑ์ เพื่อลดปัญหาในเรื่องสีที่เกิดจากการใช้แป้งกล้วยเป็นส่วนผสมและเป็นการเพิ่มทางเลือกให้กับผู้บริโภคมากขึ้น
3. ควรเพิ่มการวัดคุณสมบัติของโคในระหว่างขั้นตอนการผลิตแครกเกอร์เพื่อใช้เป็นข้อมูลหนึ่งในการตัดสินใจเลือกใช้ปริมาณแป้งกล้วยในการทดแทนแป้งสาลีเพื่อผลิตแครกเกอร์
4. ปัญหาในการผลิตแป้งกล้วยสำหรับการทดลองนี้คือ แป้งกล้วยจะมีลักษณะสีไม่ขาวเหมือนแป้งชนิดอื่น เนื่องจากใส่กล้วยซึ่งมีสีดำ ดังนั้นหากต้องการให้สีของแป้งกล้วยขาวขึ้นควรเอาใส่กล้วยออก
5. การนำไมโครเวฟมาใช้ควรเลือกใช้ไมโครเวฟที่เป็นจานรองระบบหมุนเพื่อให้ผลิตภัณฑ์ได้รับความร้อนได้อย่างทั่วถึงมากขึ้น

## บรรณานุกรม

- จรรยา อุ๋นสุวรรณ. 2530. การแปรรูปกล้วยน้ำว้าเป็นผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. อุตสาหกรรมสาร. 48(153) : 41-42.
- จิตรณา แจ่มเมฆ และ อรอนงค์ นัยวิกุล. 2541. **เบเกอรี่เทคโนโลยีเบื้องต้น**. คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- ชลธิรา บุญเรืองยา. 2545. “การศึกษาอายุการเก็บรักษาแป้งกล้วย.” วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.
- ญาณิศา รัตอากาศ, วิภา สุโรจนะเมธากุล, มาฤดี ผ่องพิพัฒน์พงศ์, ตวีญา โลหะนะ, ไพลิน ผู้พัฒนา และ วารุณี ประดิษฐ์ศรีกุล. 2536. “การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากแป้งกล้วย.” : วารสารอาหาร. 23(3): 197-208.
- คณัย บุญยเกียรติ และ นิธิยา รัตนานนท์. 2535. **การปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.
- นุชจรินทร์ เกตุนิล. 2545. อุตสาหกรรมข้าวแปรรูปของไทย: วารสารสถาบันอาหาร. 4(22): 46-54.
- พรวิณัส ปันหย้า. 2544. “การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังจากแป้งสาลีผสมแป้งข้าวหอมมะลิ.” วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- เบญจมาศ ศิลาชัย. 2538. **กล้วย**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ. ประชาชน.
- เบญจพร เพ็งอัน. 2541. “การผลิตและการใช้ประโยชน์จากพืชรักกล้วย.” วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- วลัย หุตะโกวิท, บุษรา สร้อยระย้า, ดวงแข สุขใจ, เพ็ญฟ้า เมฆเกรียงไกร, รัมภา สุวรรณพฤกษ์, จุฑา วิริยะ และ วิไลลักษณ์ สุทธา. 2542. **กล้วยไทยคู่ปี 2000**. กรุงเทพฯ กรมส่งเสริมการเกษตร. เอกสารประกอบการสัมมนา.
- วิชัย หุทัย และ ศิริลักษณ์ สิ้นชวาลย์. 2535. “การพัฒนาบิสกิตทุเรียนเพื่อการส่งออก.” วารสารอาหาร. 22(3): 11-20.
- วิรัชภรณ์ อิงคะสาร และ ศกถวรรณ จงสงวนดี. 2546. Resistant starch. เอกสารประกอบวิชาสัมมนา ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.
- สถาบันวิจัยจุฬาภรณ์. 2540. การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากกล้วย. กรุงเทพฯ : เอกสารประกอบการสัมมนา.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สุดาทิพย์ อินทร์ชื่น. 2545. “การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งกล้วย.” วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2538. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมขนมปังกรอบ.** มอก. 742-2538. กระทรวงอุตสาหกรรม กรุงเทพฯ.
- อรอนงค์ นัยวิกุล. 2539. **ข้าวสาลี.** วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- Ahmad, S.S., Morgan M.T. and Okos M.R. 2001. “Effects of microwave on the drying, checking and mechanical strength of baked biscuits.” **Journal of Food Engineering.** 50: 63-75.
- Akihisa, T., Toshihiko, O., Yoshihide, A., Katsum, T., Hisashi, H. and Izumi, H. 2004. Highly nutritious baked products. U.S. Patent no 20040047962.
- Association of Official Analytical Chemists. 1995. **Official Method of Analysis.** 16 th ed. Virginia.
- Crowther, P.C. 1979. **The Processing of Banana Products for Food Use.** London : Tropical Products Institute.
- Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Rober, P.A. and Smith, F. 1956. “Colorimetric Method for Determination of Sugar and Related Substances.” **Anal. Chem.** 28: 250-356.
- Fichtali, J., Owusu-Ansah. And Chang, P. 1999. Banana Starch. U.S. Patent no 5855688.
- He, H. and Hosoney, R.C. 1991. “Gas retention in bread dough during baking.” **Cereal Chem.** 68(5) : 512-525.
- Hooda, S. and Jood, S. 2005. “Organoleptic and nutrition evaluation of wheat biscuits supplemented with untreated and treated fenugreek flour.” **Food Chemistry.** 90: 427-435.
- Ibuki., Masahisa., Nakamura. and Ichiro. 2002. Process for producing baked snacks. U.S. Patent no 6346287.
- Juliano, B.O., Perez, C.M., Blankenny, A.B., Castillo, T., Kongseree, N., Laignelet, N.B., Lapis, E.T., Murt, V.V.S., Paule, C.M. and Webb, B.D. 1981. “International Cooperative Testing on the Amylose Content of milled Rice.” **Starch/Starke.** 33(5): 157-162.
- Kalafat, S.R. and Kroger, M. 1973. “Microwave heating of foods- Use and safety considerations.” **Crit. Rev. Food Technol.** 4(2): 141.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Kayisu, K., Hood, L.F. and Vansoest, P.J. 1981. "Characterization of Starch and Fiber of Banana Fruit." **J. Food. Sci.** 46: 1885-1890.
- Lii, C., Change, S. and Young, Y. 1982. "Investigation of the Physical and Chemical Properties of Banana Starches." **J. Food. Sci.** 47: 1493-1497.
- Martin, D.J. and Tsen, C.C. 1981. "Baking High-Ratio White Layer Cakes with Microwave Energy." **J. Food. Sci.** 46: 1507-1513.
- Mota, R.V., Franco, M.L., Cesar, C. and Beatriz, R.C. 2000. "Composition and functional properties of banana flour from different varieties." **Starch/Starke.** 25: 35-47.
- Omobuwajo, T.O. 2003. "Compositional characteristics and sensory quality of biscuits, prawn crackers and fried chips produced from beadfruit." **Innovative Food Science and Emerging Technologies.** 4: 219-225.
- Ranhotra, G.S., Gelroth, J.A. and Glaser, B.K. 1996. "Energy Value of Resistant Starch." **J. Food. Sci.** 61(2): 453-455.
- Rathi, A., Kawatra, A., Sehgal, S. and Housewright, B. "Influence of depigmentation of pearl millet (*Pennisetum glaucum* L.) on sensory attributes, nutrient composition and in vitro digestibility of biscuits." **Lebensm.-Wiss. U.-Technol.** 37: 187-192.
- Singh, J., Singh, N., Sharma, T.R. and Saxena, S.K. 2002. "Effect of fatty acid on the rheological properties of corn and potato starch." **Journal of Food Engineering.** 52: 9-16.
- Singh, J., Singh, N., Sharma, T.R. and Saxena, S.K. 2003. "Physicochemical, rheological and cookie making properties of corn and potato flours." **Food Chemistry.** 83: 387-393.
- Stinson, C.T. 1986. "A Quality Comparison of Devil's Food and Yellow Cakes Baked in a Microwave/Convection Versus a Conventional Oven." **J. Food. Sci.** 51: 1578-1579.
- Whistler, Roy L 1998. Banana starch production. U.S. Patent no 5797985.

## ภาคผนวก ก

## วิธีการวิเคราะห์ห่อถ้งประกอบทางเคมีของแป้งกล้วย

## 1. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC, 1995)

วิธีการวิเคราะห์

1. นำ aluminium can ออบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ  $130 \pm 3$  °ซ จนน้ำหนักคงที่
2. ชั่งตัวอย่างประมาณ 2 กรัม ด้วยตาชั่งละเอียดใส่ใน aluminium can
3. นำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ  $130 \pm 3$  °ซ เป็นเวลา 2-3 ชั่วโมง จนน้ำหนักคงที่
4. ปิดฝาและทิ้งไว้ให้เย็นใน โดคูคความชื้น (Dessicator)
5. ชั่งน้ำหนัก
6. คำนวณหาปริมาณความชื้น โดยใช้สูตร

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

## 2. การหาปริมาณสารเคมีย (Calcium chloride methode, AOAC 1995)

สารเคมี

1. สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ เตรียมให้ได้ความเข้มข้น Ca 33 %
2. เอทิลแอลกอฮอล์ 65 %
3. สารละลายกรดอะซิติกเข้มข้น 0.8 %
4. ปีโตรเลียมอีเทอร์

วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างแป้ง 2.0-2.5 กรัม ใส่ในหลอด centrifuge
2. กำจัดไขมันออกโดยเติมปีโตรเลียมอีเทอร์ 10 มิลลิลิตร และเอทิลแอลกอฮอล์เข้มข้น 65 % 10 มิลลิลิตร
3. คนด้วยแท่งแก้ว นำไป centrifuge ประมาณ 15 นาที ที่ความเร็วรอบประมาณ 8000 รอบ/นาที
4. เทส่วนใสทิ้ง จากนั้นกำจัดไขมันต่อจนใช้สารสกัดทั้งหมด 60 มิลลิลิตร
5. เติมน้ำกลั่นลงในภาค 10 มิลลิลิตร คนด้วยแท่งแก้ว เทลงใน erlenmeyer flask 250 มิลลิลิตร
6. เติมสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 60 มิลลิลิตร และสารละลายกรดอะซิติกเข้มข้น 0.8 % 2 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. คัมส่วนผสม 15-17 นาที และคนอย่างต่อเนื่อง ระวังอย่าให้เป็นฟองและติดข้าง flask
8. ทำให้เย็นทันทีและเทใส่ใน volumetric flask 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ หยดแอลกอฮอล์ 1 หยด ถ้าเกิดฟอง
9. กรองของผสมผ่านกระดาษกรองเบอร์ 42 ด้วยชุด bushner funnel และ suction
10. นำส่วนใสประมาณ 10 มิลลิลิตร ใส่ใน polarimetric tube ให้เต็ม ระวังไม่ให้เกิดฟองอากาศ
11. นำสารละลายไปวัดค่าการหมุน
12. คำนวณหาปริมาณจากสูตร

$$\text{ร้อยละปริมาณสตาร์ช} = \frac{49 \times \text{มุมของการหมุน}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

### 3. การหาปริมาณอะไมโลส (Juliano *et al.*, 1981)

สารเคมี

1. เอทิลแอลกอฮอล์ 95 %
2. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 นอร์มอล
3. กรดอะซิติกความเข้มข้น 1 นอร์มอล
4. สารละลายไอโอดีน (ไอโอดีน 2 กรัม + โปแตสเซียมไอโอไดด์ (KI) 20 กรัม ในน้ำกลั่น

แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 1000 มิลลิลิตร

5. potato amylose (pure)

วิธีการวิเคราะห์

การทำกราฟมาตรฐานของอะไมโลส

1. ชั่งอะไมโลสมาตรฐาน (potato amylose) 0.04 กรัม ใส่ใน volumetric flask
2. เติมเอทิลแอลกอฮอล์ 95 % 1 มิลลิลิตร เขย่าเพื่อล้างตัวอย่างที่ติดข้าง ๆ หลอด
3. เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 นอร์มอล 9 มิลลิลิตร โดยไม่ต้องเขย่า
4. คัมในน้ำเดือด 10 นาทีแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น แล้วเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง 24 ชั่วโมง
5. ปิเปตสารละลายอะไมโลสมาตรฐาน 1, 2, 3, 4 และ 5 มิลลิลิตร ใส่ในแต่ละ volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร
6. เติมกรดอะซิติกความเข้มข้น 1 นอร์มอล 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0 มิลลิลิตร แต่ละ

volumetric flask ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. เติมสารละลายไอโอดีน 2 มิลลิลิตร ในแต่ละ flask แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น ผสมให้เข้ากัน

8. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 620 นาโนเมตร โดยใช้ Spectrophotometer

9. สร้างกราฟค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างอะไมโลสมาตรฐานแต่ละ flask กับ เปอร์เซนต์อะไมโลส (8, 16, 24, 32 และ 40 %)

#### ตัวอย่างแป้ง

1. ชั่งตัวอย่างแป้งที่ผ่านการสกัดไขมันออกแล้ว 0.10 กรัม ใส่ลงใน volumetric flask 100 มิลลิลิตร แล้วปฏิบัติเหมือนการเตรียมอะไมโลสมาตรฐาน (ข้อ 2-4)

2. บีบตัวอย่าง 5 มิลลิลิตรใส่ใน volumetric flask 100 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นประมาณ 50 มิลลิลิตร

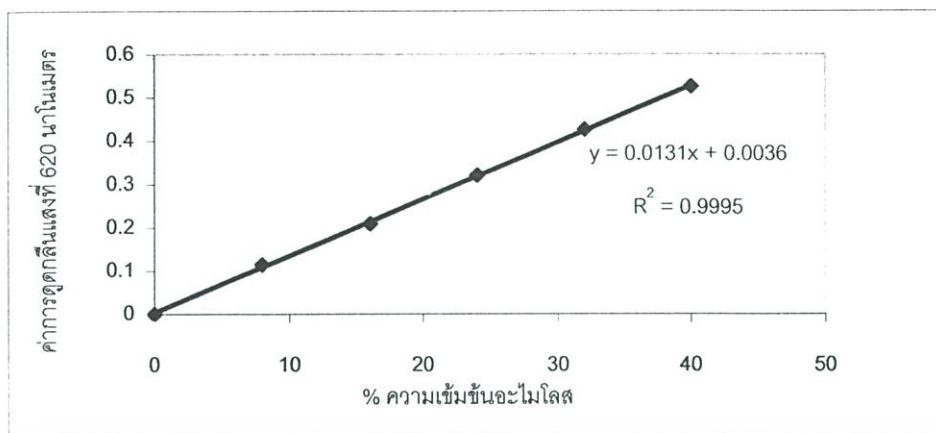
3. เติมกรดอะซิติกความเข้มข้น 1 นอร์มอล 1 มิลลิลิตร แล้วผสมให้เข้ากัน

4. เติมสารละลายไอโอดีน 2 มิลลิลิตร ในแต่ละ flask แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น ผสมให้เข้ากัน

5. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 620 นาโนเมตร โดยใช้ Spectrophotometer และนำค่าที่ได้มาเทียบหา % อะไมโลสกับกราฟมาตรฐาน

**ตารางที่ ก 1** ค่ามาตรฐานการดูดกลืนแสงในการวิเคราะห์หาปริมาณอะไมโลส

% อะไมโลส	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 620 นาโนเมตร
0	0
8	0.115
16	0.209
24	0.320
32	0.426
40	0.526



ภาพที่ ก 1 กราฟมาตรฐานในการวิเคราะห์ปริมาณอะไมโลส

#### 4. การหาปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (Dubois *et al.*, 1956)

โดยใช้วิธี orcinol-sulfuric assay

Sensory : 0-20  $\mu\text{g}$ . carbohydrate in 200  $\mu\text{l}$

Final volume: 1.0 ml

สารเคมี

1. สารละลาย Ice- cold orcinol (ละลาย Ice- cold orcinol ในกรดซัลฟูริกเข้มข้น (2 กรัม/ลิตร) โดยสามารถเก็บได้ที่อุณหภูมิ 4 °ซ เป็นเวลา 1 สัปดาห์

2. น้ำตาลกลูโคสมาตรฐาน

วิธีการวิเคราะห์

1. เตรียมสารละลายมาตรฐานกลูโคสที่ความเข้มข้น 0.002, 0.004, 0.006, 0.008 และ 0.01 %w/v

2. เตรียมสารละลายตัวอย่างที่ความเข้มข้น 0.01% w/v

3. นำสารละลายในข้อ 1 และ 2 มาผสมกับสารละลาย Ice- cold orcinol ในอัตราส่วน 200  $\mu\text{l}$  : 800  $\mu\text{l}$  ในหลอดทดลอง

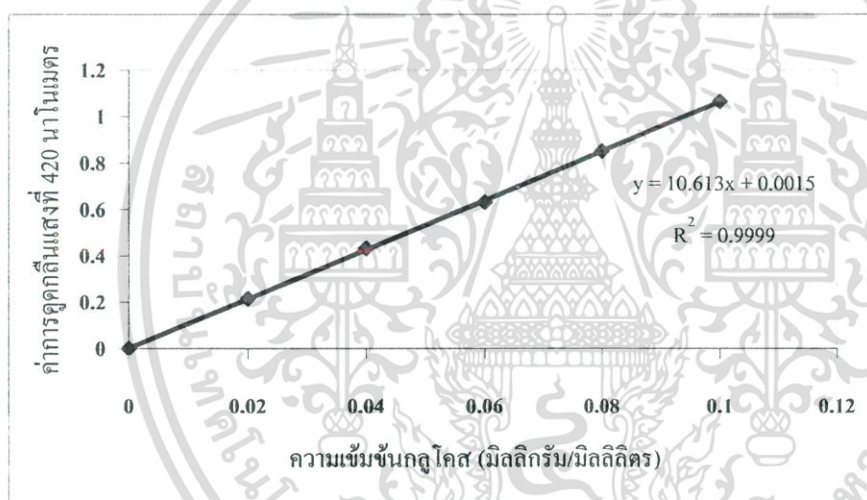
4. นำสารละลายไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 °ซ เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นทำให้เย็นลงทันทีที่อุณหภูมิห้อง

5. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร

6. สร้างกราฟมาตรฐานระหว่างค่าความเข้มข้นของสารละลายกลูโคสมาตรฐานกับค่าการดูดกลืนแสง จากนั้นคำนวณหาปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของตัวอย่าง โดยเทียบจากกราฟมาตรฐาน

ตารางที่ ก2 ค่ามาตรฐานการดูดกลืนแสงในการวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลทั้งหมด

ความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคส (มิลลิกรัม/มิลลิลิตร)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 นาโนเมตร
0	0
0.02	0.215
0.04	0.432
0.06	0.631
0.08	0.850
0.10	1.065

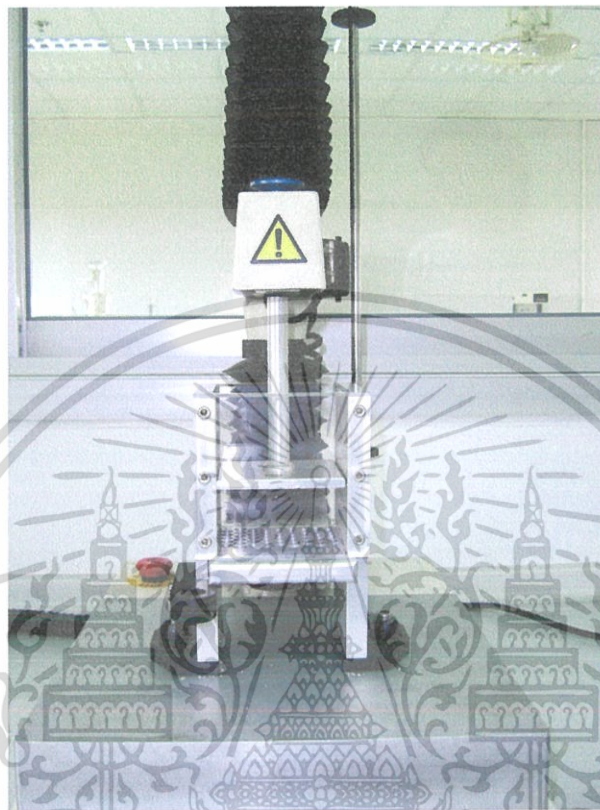


ภาพที่ ก 2 กราฟมาตรฐานในการวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ข

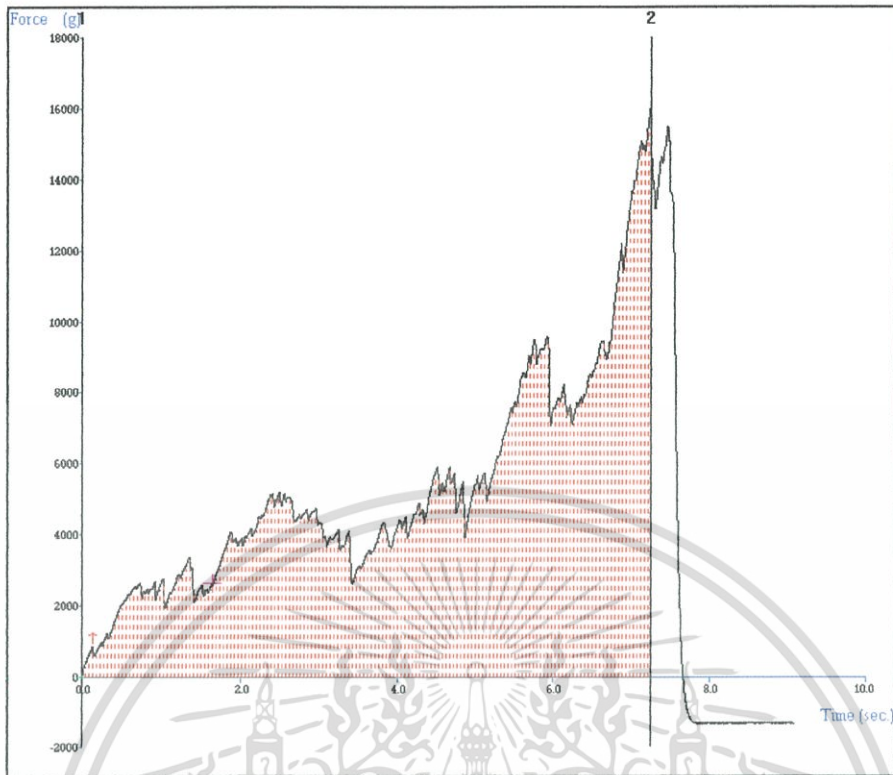
## เครื่องมือวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส



ภาพที่ข 1 เครื่องวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความกรอบของแครกเกอร์ที่ต่ออยู่กับหัววัดแบบ

Ottawa cell with holes

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ข 2 ตัวอย่างกราฟแสดงค่าความกรอบที่อ่านได้จำนวน peak ของแรงที่กดลงบนตัวอย่าง โดยใช้หัววัดแบบ Ottawa cell with holes ด้วยเครื่อง TA.XT2 Texture Analyser

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ค

## แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

แบบรายงานผลการทดสอบ

วิธี Hedonic Scaling

ชื่อผู้ทดสอบ..... วันที่.....

ผลิตภัณฑ์ แครกเกอร์จากแป้งกล้วย

คำแนะนำ กรุณาชิมตัวอย่างตามลำดับที่เสนอและให้คะแนนให้ตรงกับความรู้สึกที่มีต่อผลิตภัณฑ์ โดยไม่พิจารณาถึงขนาดหรือรูปร่างของผลิตภัณฑ์

หมายเหตุ การทดสอบด้านความกรอบให้ทดสอบโดยการเคี้ยวตัวอย่างด้วยฟันกรามจนแตกละเอียด

1 = ไม่ชอบมาก

2 = ไม่ชอบ

3 = เฉย ๆ

4 = ชอบเล็กน้อย

5 = ชอบมาก

รหัด รหัด รหัด รหัด รหัด รหัด

สี

กลิ่น

รสชาติ

ความกรอบ

การยอมรับโดยรวม

ข้อเสนอแนะ.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ง

## ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสีโคที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยที่ระดับต่าง ๆ

Source of variance	df	SS	MS	F-value	Sig.
L Treatment	5	591.869	118.374	98.508	0.000*
Error	12	14.420	1.202		
Total	17	606.289			
a Treatment	5	21.886	4.377	64.077	0.000*
Error	12	0.820	6.831E-02		
Total	17	22.706			
b Treatment	5	56.701	11.340	33.084	0.000*
Error	12	4.113	0.343		
Total	17	60.814			

หมายเหตุ \* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสีของแครกเกอร์ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยที่ระดับต่าง ๆ

Source of variance	df	SS	MS	F-value	Sig.
L Treatment	5	402.006	80.401	18.167	0.000*
Error	12	53.109	4.426		
Total	17	455.115			
a Treatment	5	11.445	2.289	2.607	0.081 <sup>ns</sup>
Error	12	10.538	0.878		
Total	17	21.983			
b Treatment	5	70.164	14.033	4.322	0.018*
Error	12	38.965	3.247		
Total	17	109.128			

หมายเหตุ \* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

<sup>ns</sup> หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าการขึ้นฟูของแครกเกอร์ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้ง  
กล้วยที่ระดับต่าง ๆ

Source of variance	df	SS	MS	F-value	Sig.
Treatment	5	278.207	55.641	32.993	0.000*
Error	12	20.237	1.686		
Total	17	298.444			

หมายเหตุ \* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความกรอบของแครกเกอร์ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้ง  
กล้วยที่ระดับต่าง ๆ

Source of variance	df	SS	MS	F-value	Sig.
Treatment	5	86.278	17.256	11.504	0.000*
Error	12	18.000	1.5		
Total	17	104.278			

หมายเหตุ \* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ตารางที่ 5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง(a) และค่าสีเหลือง (b) ของแครกเกอร์ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยที่ระดับ 20% ของน้ำหนักแป้งทั้งหมดเมื่อใช้การอบด้วยเตาอบรวมกับการอบด้วยไมโครเวฟที่ระยะเวลาต่าง ๆ

Source of variance	df	SS	MS	F-value	Sig.
L Corrected model	5	72.997	14.599	10.087	0.001*
Intercept	1	73577.037	73577.037	50836.276	0.000*
Oven	1	17.131	17.131	11.836	0.005*
Microwave	2	44.680	22.340	15.435	0.000*
Oven x Microwave	2	11.186	5.593	3.864	0.051 <sup>ns</sup>
Error	12	17.368	1.447		
Total	18	73667.402			
Corrected total	17	90.365			
a Corrected model	5	14.479	2.896	34.868	0.000*
Intercept	1	172.732	172.732	2079.857	0.000*
Oven	1	3.397	3.397	40.907	0.000*
Microwave	2	6.205	3.103	37.359	0.000*
Oven x Microwave	2	4.876	2.438	29.358	0.000*
Error	12	0.997	8.305E-02		
Total	18	188.208			
Corrected total	17	15.476			
b Corrected model	5	203.358	40.672	24.010	0.000*
Intercept	1	4582.436	4582.436	2705.240	0.000*
Oven	1	56.534	56.534	33.375	0.000*
Microwave	2	120.592	60.296	35.596	0.000*
Oven x Microwave	2	26.231	13.116	7.743	0.007*
Error	12	20.327	1.694		
Total	18	4806.120			
Corrected total	17	223.685			

หมายเหตุ \* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

<sup>ns</sup> หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการขึ้นฟู (%) ของแครกเกอร์ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยที่ระดับ 20% ของน้ำหนักแป้งทั้งหมดเมื่อใช้การอบด้วยเตาอบร่วมกับการอบด้วยไมโครเวฟที่ระยะเวลาต่างๆ

Source of variance	df	SS	MS	F-value	Sig.
Corrected model	5	22.931	4.586	3.367	0.039*
Intercept	1	22903.707	22903.707	16814.174	0.000*
Oven	1	8.350	8.35	6.130	0.029*
Microwave	2	14.230	7.115	5.223	0.023*
Oven x Microwave	2	0.350	0.175	0.129	0.881 <sup>ns</sup>
Error	12	16.346	1.362		
Total	18	22942.984			
Corrected total	17	39.277			

หมายเหตุ \* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

<sup>ns</sup> หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

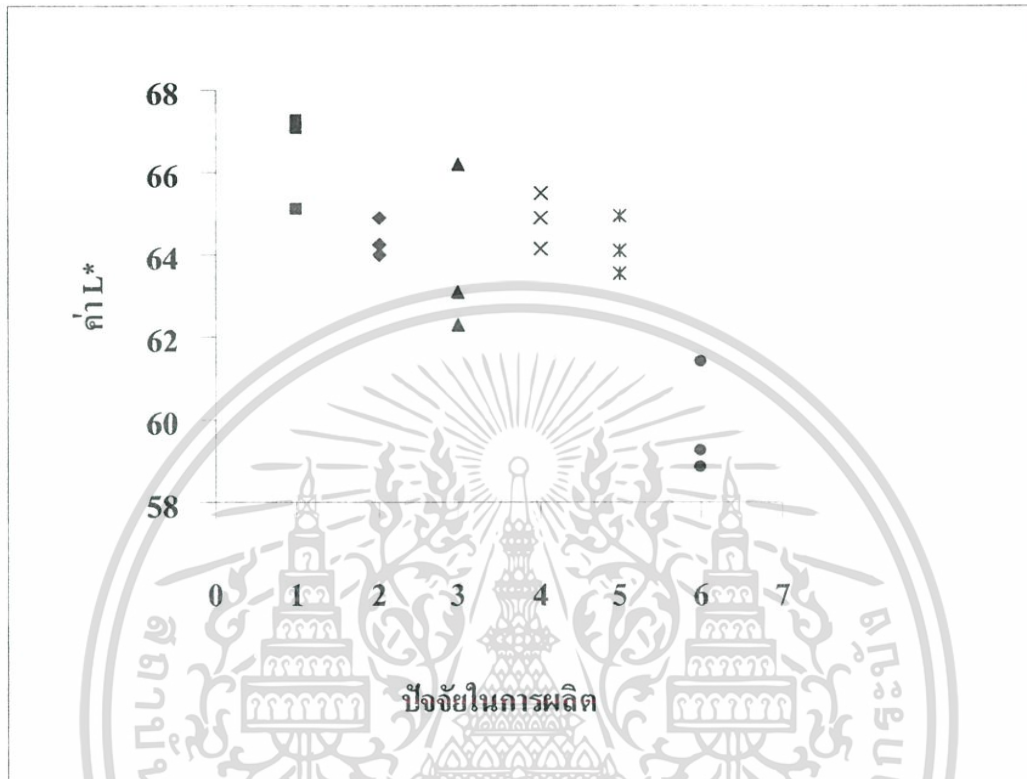
ตารางที่ 7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความกรอบของแครกเกอร์ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยที่ระดับ 20% ของน้ำหนักแป้งทั้งหมดเมื่อใช้การอบด้วยเตาอบร่วมกับการอบด้วยไมโครเวฟที่ระยะเวลาต่างๆ

Source of variance	df	SS	MS	F-value	Sig.
Corrected model	5	4435.778	887.156	218.751	0.000*
Intercept	1	14563.556	14563.556	3591.014	0.000*
Oven	1	64.222	64.222	15.836	0.002*
Microwave	2	4370.778	2185.389	538.863	0.000*
Oven x Microwave	2	0.778	0.389	0.096	0.909 <sup>ns</sup>
Error	12	48.667	4.056		
Total	18	19048.000			
Corrected total	17	4484.444			

หมายเหตุ \* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

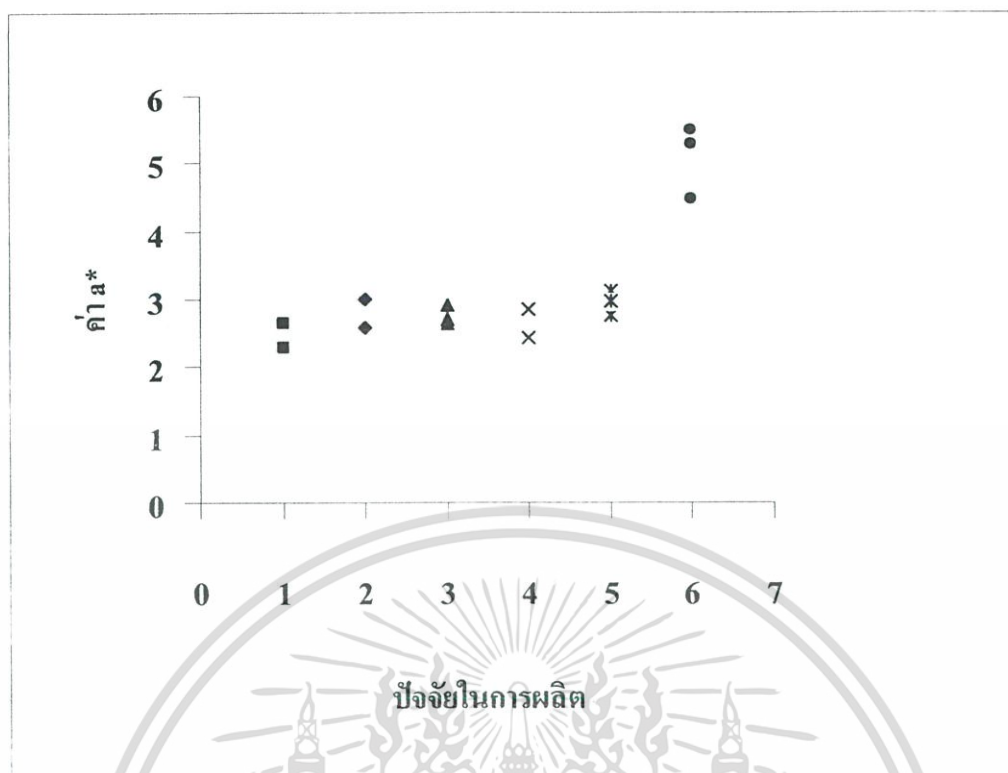
<sup>ns</sup> หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

## ภาคผนวก จ

กราฟแสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( $r$ ; correlation coefficient)

ภาพที่ จ 1 ค่าความสว่าง (L) ของแคโรทีนที่ทดแทนด้วยแป้งสาลี 20 % เมื่อใช้เตาอบร่วมกับการอบด้วยไมโครเวฟที่ระยะเวลาต่าง ๆ เมื่อทำการทดลอง 3 ซ้ำ โดย

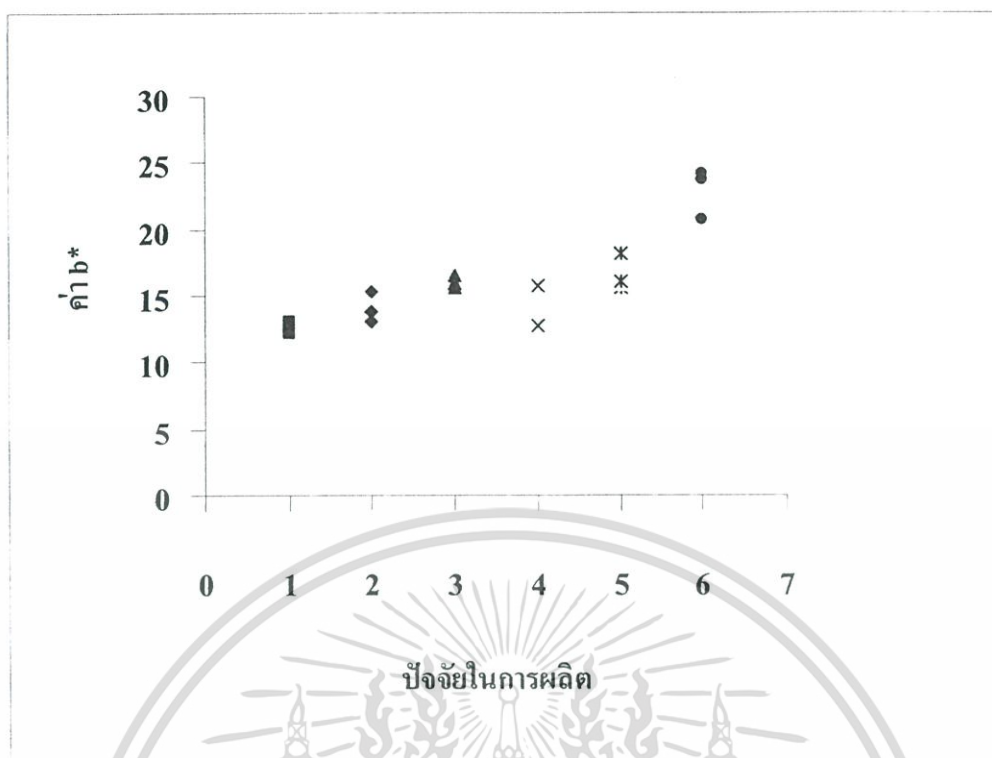
- 1 = ใช้เตาอบนาน 4 นาทีและอบต่อด้วยไมโครเวฟนาน 1 นาที
- 2 = ใช้เตาอบนาน 4 นาทีและอบต่อด้วยไมโครเวฟนาน 3 นาที
- 3 = ใช้เตาอบนาน 4 นาทีและอบต่อด้วยไมโครเวฟนาน 5 นาที
- 4 = ใช้เตาอบนาน 6 นาทีและอบต่อด้วยไมโครเวฟนาน 1 นาที
- 5 = ใช้เตาอบนาน 6 นาทีและอบต่อด้วยไมโครเวฟนาน 3 นาที
- 6 = ใช้เตาอบนาน 6 นาทีและอบต่อด้วยไมโครเวฟนาน 5 นาที



ภาพที่ ๒ ค่าสีแดง (a) ของแทรกเกอร์ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วย 20% เมื่อใช้เตาอบร่วมกับการอบด้วยไมโครเวฟที่ระยะเวลาต่าง ๆ เมื่อทำการทดลอง 3 ซ้ำ โดย

- 1 = ใช้เตาอบนาน 4 นาทีและอบต่อด้วยไมโครเวฟนาน 1 นาที
- 2 = ใช้เตาอบนาน 4 นาทีและอบต่อด้วยไมโครเวฟนาน 3 นาที
- 3 = ใช้เตาอบนาน 4 นาทีและอบต่อด้วยไมโครเวฟนาน 5 นาที
- 4 = ใช้เตาอบนาน 6 นาทีและอบต่อด้วยไมโครเวฟนาน 1 นาที
- 5 = ใช้เตาอบนาน 6 นาทีและอบต่อด้วยไมโครเวฟนาน 3 นาที
- 6 = ใช้เตาอบนาน 6 นาทีและอบต่อด้วยไมโครเวฟนาน 5 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

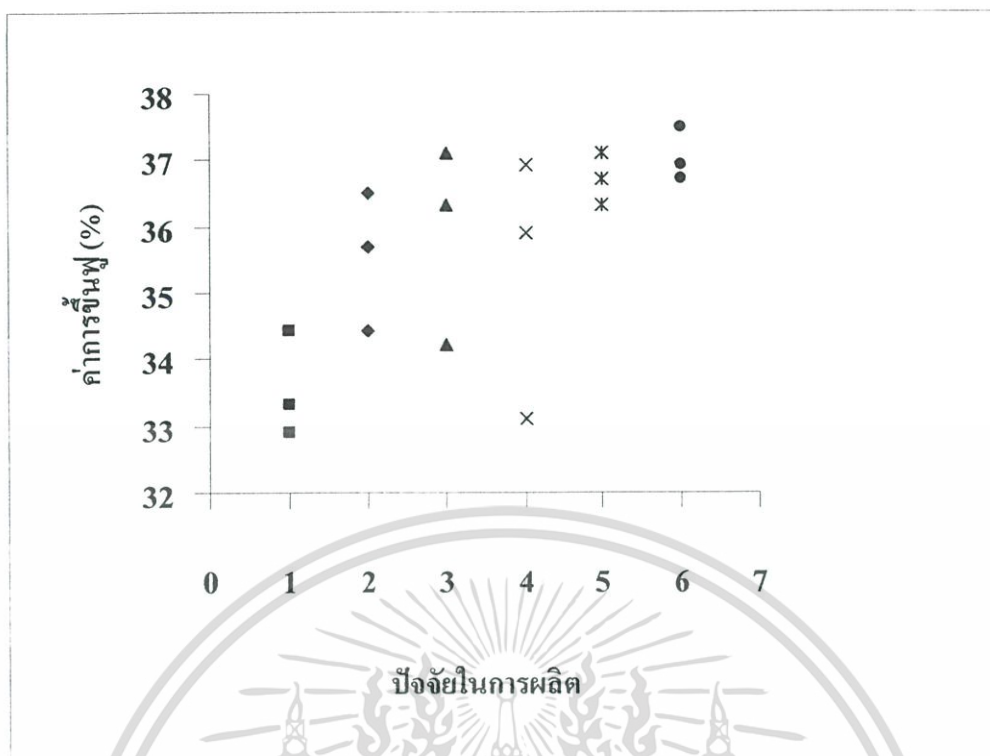


ภาพที่ ๓3 ค่าสถิติของ b ของแครกเกอร์ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วย 20% เมื่อใช้เตาอบร่วมกับการอบ

ด้วยไมโครเวฟที่ระยะเวลาต่าง ๆ เมื่อทำการทดลอง 3 ซ้ำ โดย

- 1 = ใช้เตาอบนาน 4 นาทีและอบต่อด้วยไมโครเวฟนาน 1 นาที
- 2 = ใช้เตาอบนาน 4 นาทีและอบต่อด้วยไมโครเวฟนาน 3 นาที
- 3 = ใช้เตาอบนาน 4 นาทีและอบต่อด้วยไมโครเวฟนาน 5 นาที
- 4 = ใช้เตาอบนาน 6 นาทีและอบต่อด้วยไมโครเวฟนาน 1 นาที
- 5 = ใช้เตาอบนาน 6 นาทีและอบต่อด้วยไมโครเวฟนาน 3 นาที
- 6 = ใช้เตาอบนาน 6 นาทีและอบต่อด้วยไมโครเวฟนาน 5 นาที

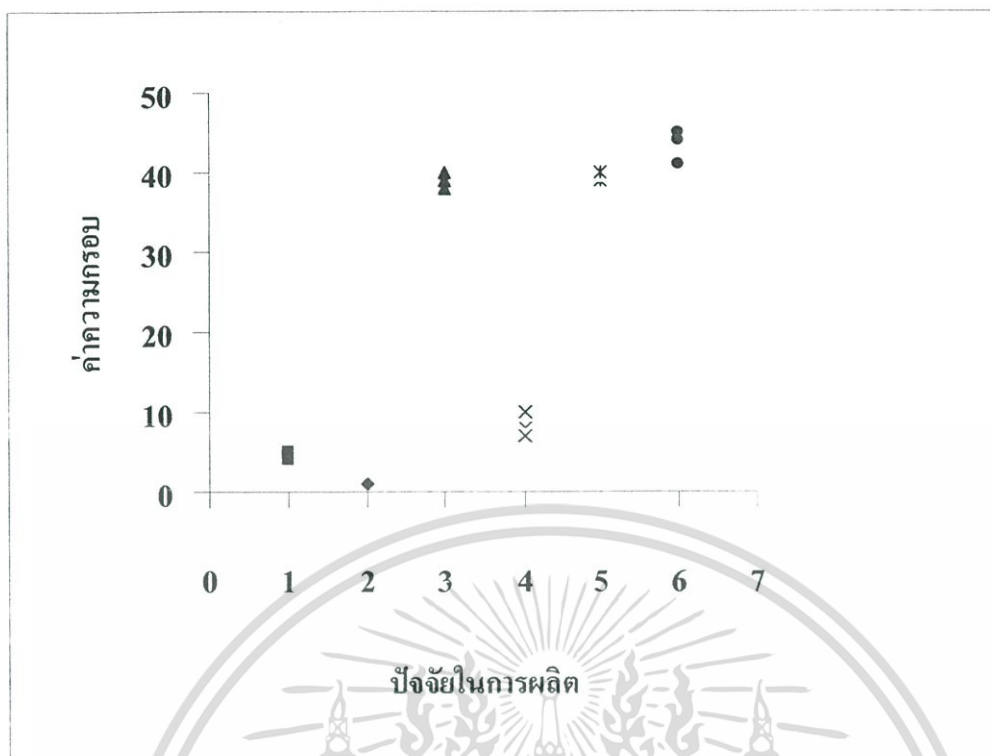
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ จ4 ค่าการขึ้นฟู ของแครกเกอร์ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วย 20 % เมื่อใช้เตาอบรวมกับการอบด้วยไมโครเวฟที่ระยะเวลาต่าง ๆ เมื่อทำการทดลอง 3 ซ้ำ โดย

- 1 = ใช้เตาอบนาน 4 นาทีและอบต่อด้วยไมโครเวฟนาน 1 นาที
- 2 = ใช้เตาอบนาน 4 นาทีและอบต่อด้วยไมโครเวฟนาน 3 นาที
- 3 = ใช้เตาอบนาน 4 นาทีและอบต่อด้วยไมโครเวฟนาน 5 นาที
- 4 = ใช้เตาอบนาน 6 นาทีและอบต่อด้วยไมโครเวฟนาน 1 นาที
- 5 = ใช้เตาอบนาน 6 นาทีและอบต่อด้วยไมโครเวฟนาน 3 นาที
- 6 = ใช้เตาอบนาน 6 นาทีและอบต่อด้วยไมโครเวฟนาน 5 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



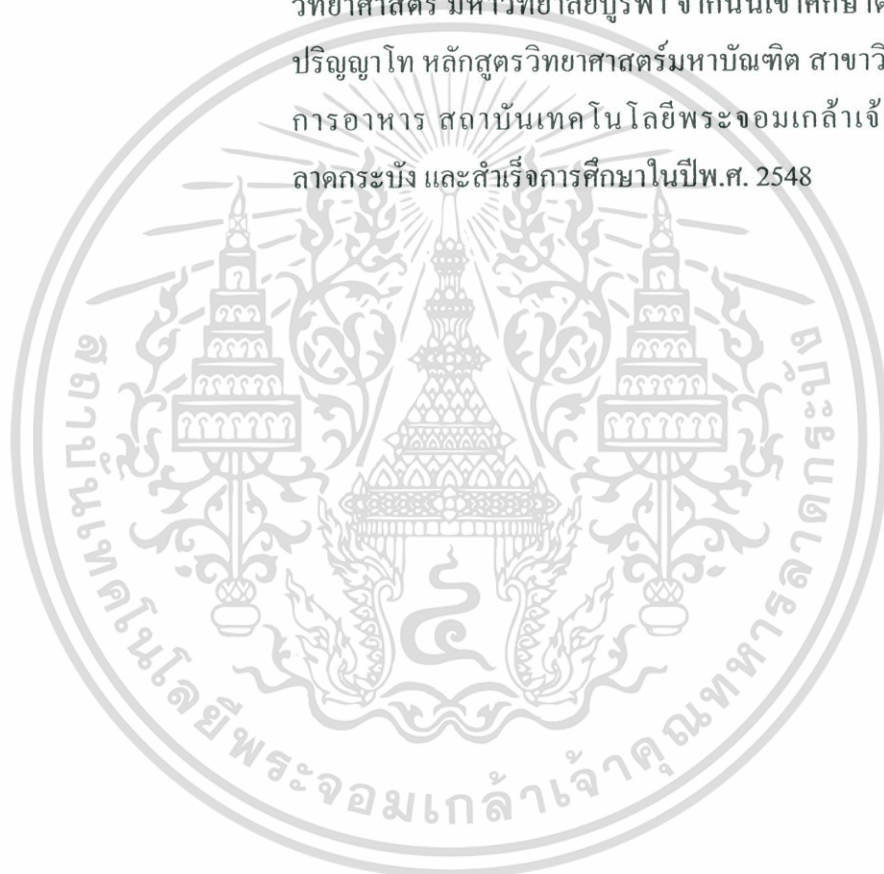
ภาพที่ จ5 ค่าความกรอบของแครกเกอร์ที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วย 20 % เมื่อใช้เตาอบร่วมกับการอบ

ด้วยไมโครเวฟที่ระยะเวลาต่างๆ เมื่อทำการทดลอง 3 ซ้ำ โดย

- 1 = ใช้เตาอบนาน 4 นาทีและอบต่อด้วยไมโครเวฟนาน 1 นาที
- 2 = ใช้เตาอบนาน 4 นาทีและอบต่อด้วยไมโครเวฟนาน 3 นาที
- 3 = ใช้เตาอบนาน 4 นาทีและอบต่อด้วยไมโครเวฟนาน 5 นาที
- 4 = ใช้เตาอบนาน 6 นาทีและอบต่อด้วยไมโครเวฟนาน 1 นาที
- 5 = ใช้เตาอบนาน 6 นาทีและอบต่อด้วยไมโครเวฟนาน 3 นาที
- 6 = ใช้เตาอบนาน 6 นาทีและอบต่อด้วยไมโครเวฟนาน 5 นาที

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – สกุล	นางสาวมัทธา ไทยวงศ์
วัน เดือน ปีเกิด	5 กรกฎาคม 2524
สถานที่เกิด	ระยอง
ที่อยู่ปัจจุบัน	89/12 หมู่ 5 ตำบลสำนักท้อน อำเภอบ้านฉาง จังหวัดระยอง
ประวัติการศึกษา	ปีพ.ศ. 2546 สำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาตรี หลักสูตร วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะ วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา จากนั้นเข้าศึกษาต่อในระดับ ปริญญาโท หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาส ตรการอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง และสำเร็จการศึกษาในปีพ.ศ. 2548



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้