ว1714

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์แครกเกอร์

(Use of brown rice flour to substitute wheat flour in crackers)

นายอนันตพร ทิพย์มงคลเจริญ รหัสนักศึกษา 46040271

นางสาวกมลรัตน์ เรืองฤทธิ์ รหัสนักศึกษา 46040741

T096883

ปพ
ว171ก
2550

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 96883
วัน.เดือน.ปี - 5 JUN 2009

b. 11478581
i.....

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์แครกเกอร์

(USE OF BROWN RICE FLOUR TO SUBSTITUTE WHEAT FLOUR IN CRACKERS)

จัดทำโดย

นาย อนันตพร ทิพย์มงคลเจริญ รหัสนักศึกษา 46040271

น.ส. กมลรัตน์ เรืองฤทธิ์ รหัสนักศึกษา 46040741

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

..... 15 / สิ.ค. / 2550 อาจารย์ที่

ปรึกษาปัญหาพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(รศ. ดร. ระติพร หาเรือนกิจ)

นายอนันตพร ทิพย์มงคลเจริญ และ นางสาว กมลรัตน์ เรืองฤทธิ์ .2550 : การใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์แครกเกอร์(Use of brown rice flour to substitute wheat flour in crackers). ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อาจารย์ที่ปรึกษา : รศ. ดร. ระติพร หาเรือนกิจ

การใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีในการผลิตแครกเกอร์ จากผลการพัฒนาสูตรที่มีการวางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomize Design) ภายใต้ข้อจำกัดแป้งสาลี 30 – 100 % และแป้งข้าวกล้อง 0 – 70 % ของน้ำหนักแป้งผสมทั้งหมดร่วมกับการทดสอบยอมรับทางประสาทสัมผัสโดยวิธี Hedonic scaling แบบ 5 จุด เพื่อหาสูตรที่เหมาะสม พบว่า อัตราส่วนของแป้งข้าวกล้อง 40 % และแป้งสาลี 60% เป็นสูตรที่ผู้บริโภคให้การยอมรับ เมื่อทำการลดปริมาณเปอร์เซ็นต์ไขมันจากสูตรโดยน้ำหนัก ที่ระดับ 50 – 100 % และทำการทดสอบยอมรับทางประสาทสัมผัสโดยวิธี Hedonic scaling แบบ 5 จุด เพื่อหาระดับปริมาณของไขมัน พบว่า ที่ระดับไขมัน 50 % ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด และเมื่อทำการเปรียบเทียบคุณภาพของแครกเกอร์ข้าวกล้องที่ระดับลดไขมันแล้วกับผลิตภัณฑ์แครกเกอร์เพื่อสุขภาพจากท้องตลาด พบว่า ด้านความกรอบ ความหนาของชิ้นผลิตภัณฑ์ ความชื้น และค่า Aw อยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์แครกเกอร์เพื่อสุขภาพจากท้องตลาด

อนันตพร ทิพย์มงคลเจริญ		15 มี.ค. 50
กมลรัตน์ เรืองฤทธิ์	(รศ.ดร. ระติพร หาเรือนกิจ)	วัน/เดือน/ปี
ชื่อนักศึกษา	อาจารย์ที่ปรึกษา	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ในการจัดทำรายงานปัญหาพิเศษในหัวข้อเรื่อง การใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์แครกเกอร์นี้ได้สำเร็จลงได้ด้วยดี คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณ รศ.ดร.ระติพร หาเรือนกิจ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่กรุณาสละเวลาแนะนำให้คำปรึกษาตลอดจนตรวจและแก้ไขรายงานฉบับนี้ให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น และขอขอบคุณพี่ ๆ เจ้าหน้าที่ประจำห้องสมุด พี่ ๆ นักวิทยาศาสตร์ และพี่ ๆ ประจำห้องเลปโครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สจล. ที่เอื้ออำนวยความสะดวกด้านสถานที่ อุปกรณ์และสอนการใช้งานกับเครื่องมือ

ขอขอบพระคุณคุณพ่อและคุณแม่ ที่ให้ทุนทรัพย์ กำลังใจ และเข้าใจเป็นอย่างดีเกี่ยวกับการทำงาน รวมถึงเพื่อน ๆ ที่ช่วยตอบข้อสงสัยในปัญหาที่ผู้จัดทำได้พบเจอ

สุดท้ายนี้ถ้ามีข้อผิดพลาดประการใดในรายงานฉบับนี้ ก็ขออภัยไว้ ณ ที่นี้ด้วย

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ..... ก
กิตติกรรมประกาศ.....ข
สารบัญ..... ค
สารบัญตาราง.....ง
สารบัญภาพ.....จ
บทที่ 1: บทนำ.....1
ความสำคัญของปัญหา.....1
วัตถุประสงค์.....1
บทที่ 2 : ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....2
บทที่ 3 : อุปกรณ์และวิธีการทดลอง.....8
บทที่ 4 : ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง.....12
บทที่ 5 : สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....20
บรรณานุกรม.....22
ภาคผนวก ก.....23
ภาคผนวก ข.....34
ภาคผนวก ค.....41
ภาคผนวก ง.....48
ภาคผนวก จ.....51
ประวัติผู้เขียน.....52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบคุณค่าทางอาหารระหว่างข้าวกล้องและข้าวขาวในข้าว 100 กรัม.....4

ตารางที่ 2 คะแนนการทดสอบการยอมรับประสาททางสัมผัสของแครกเกอร์ที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวกล้อง.....12

ตารางที่ 3 สีแครกเกอร์ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้อง.....13

ตารางที่ 4 ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความกรอบของแครกเกอร์ที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวกล้อง.....14

ตารางที่ 5 คะแนนการทดสอบการยอมรับประสาททางสัมผัสของแครกเกอร์โดยลดเปอร์เซ็นต์ไขมันจากสูตรโดยน้ำหนัก.....15

ตารางที่ 6 สีแครกเกอร์โดยลดเปอร์เซ็นต์ไขมันจากสูตร(%) โดยน้ำหนัก.....16

ตารางที่ 7 ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความกรอบของแครกเกอร์โดยลดเปอร์เซ็นต์ไขมันจากสูตร(%) โดยน้ำหนัก.....17

ตารางที่ 8 เปรียบเทียบคุณภาพของแครกเกอร์ข้าวกล้องกับผลิตภัณฑ์แครกเกอร์เพื่อสุขภาพในท้องตลาด..... 18

ตารางภาคผนวกที่ 1 การวิเคราะห์ทางสถิติทางกายภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ ที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวกล้อง.....23

ตารางภาคผนวกที่ 2 การวิเคราะห์ทางสถิติทางกายภาพด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ ที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวกล้อง.....23

ตารางภาคผนวกที่ 3 การวิเคราะห์ทางสถิติทางกายภาพด้านความกรอบของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ ที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวกล้อง.....24

ตารางภาคผนวกที่ 4 การวิเคราะห์ทางสถิติทางกายภาพด้านรสชาติของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ ที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวกล้อง.....24

ตารางภาคผนวกที่ 5 การวิเคราะห์ทางสถิติทางกายภาพด้านการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ ที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวกล้อง.....25

ตารางภาคผนวกที่ 6 การวิเคราะห์ทางสถิติค่าสี L ของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ ที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวกล้อง..... 25

ตารางภาคผนวกที่ 7 การวิเคราะห์ทางสถิติค่าสี a ของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ ที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวกล้อง.....26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 8 การวิเคราะห์ทางสถิติค่าสี b ของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ ที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวกล้อง.....26

ตารางภาคผนวกที่ 9 การวิเคราะห์ทางสถิติลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความกรอบของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ ที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวกล้อง.....27

ตารางภาคผนวกที่ 10 การวิเคราะห์ทางสถิติทางกายภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ โดยลดเปอร์เซ็นต์ไขมันจากสูตรโดยน้ำหนัก.....27

ตารางภาคผนวกที่ 11 การวิเคราะห์ทางสถิติทางกายภาพด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ โดยลดเปอร์เซ็นต์ไขมันจากสูตรโดยน้ำหนัก.....28

ตารางภาคผนวกที่ 12 การวิเคราะห์ทางสถิติทางกายภาพด้านความกรอบของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ โดยลดเปอร์เซ็นต์ไขมันจากสูตรโดยน้ำหนัก.....28

ตารางภาคผนวกที่ 13 การวิเคราะห์ทางสถิติทางกายภาพด้านรสชาติของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ โดยลดเปอร์เซ็นต์ไขมันจากสูตรโดยน้ำหนัก.....29

ตารางภาคผนวกที่ 14 การวิเคราะห์ทางสถิติทางกายภาพด้านการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ โดยลดเปอร์เซ็นต์ไขมันจากสูตรโดยน้ำหนัก..... 29

ตารางภาคผนวกที่ 15 การวิเคราะห์ทางสถิติค่าสี L ของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ โดยลดเปอร์เซ็นต์ไขมันจากสูตรโดยน้ำหนัก.....30

ตารางภาคผนวกที่ 16 การวิเคราะห์ทางสถิติค่าสี a ของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ โดยลดเปอร์เซ็นต์ไขมันจากสูตรโดยน้ำหนัก.....30

ตารางภาคผนวกที่ 17 การวิเคราะห์ทางสถิติค่าสี b ของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ โดยลดเปอร์เซ็นต์ไขมันจากสูตรโดยน้ำหนัก.....31

ตารางภาคผนวกที่ 18 การวิเคราะห์ทางสถิติลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความกรอบของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ โดยลดเปอร์เซ็นต์ไขมันจากสูตรโดยน้ำหนัก.....31

ตารางภาคผนวกที่ 19 การวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบคุณภาพของแครกเกอร์ข้าวกล้องกับแครกเกอร์เพื่อสุขภาพในท้องตลาด ด้านความกรอบของชิ้นผลิตภัณฑ์.....32

ตารางภาคผนวกที่ 20 การวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบคุณภาพของแครกเกอร์ข้าวกล้องกับแครกเกอร์เพื่อสุขภาพในท้องตลาด ด้านความหนาของชิ้นผลิตภัณฑ์.....32

ตารางภาคผนวกที่ 21 การวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบคุณภาพของแครกเกอร์ข้าวกล้องกับแครกเกอร์เพื่อสุขภาพในท้องตลาด ด้านน้ำที่อยู่ในอาหารหรือค่า a_w ของชิ้นผลิตภัณฑ์.....33

ตารางภาคผนวกที่ 22 การวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบคุณภาพของแครกเกอร์ข้าวกล้องกับแครกเกอร์เพื่อสุขภาพในท้องตลาด ด้านความชื้นของชิ้นผลิตภัณฑ์..... 33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1 แสดงสเกลเวอร์เนียร์.....37

รูปที่ 2 แสดงสเกลเวอร์เนียร์เลื่อนไป 6/10 ของระยะช่องในสเกลหลักไปทางขวาของขีดศูนย์ของสเกลหลัก.....37

รูปที่ 3 แสดงขีดศูนย์ของสเกลเวอร์เนียร์อยู่ทางขวาของขีดที่ 2 ของสเกลหลักและขีดที่ 4 ของสเกลเวอร์เนียร์ตรงกับขีดของสเกลหลัก.....37

รูปที่ 4 แสดงสเกลเวอร์เนียร์ n = 20, S = 1 มม. 39

รูปที่ 5 แสดง ค่าจากสเกลหลัก + ค่าจากสเกลเวอร์เนียร์.....39

รูปที่ 6 แสดงเวอร์เนียร์คาลิเปอร์.....39

รูปที่ 7 แสดงเครื่อง Halogen Moisture Analyzer.....40

รูปที่ 8 กราฟแสดงค่าความกรอบของตัวอย่าง แครกเกอร์ข้าวกล้องที่ระดับ 40% และปริมาณไขมันที่ลดลง 50 % โดยน้ำหนัก ที่อ่านได้จำนวน peak ของแรงที่กดลงบนตัวอย่างโดยใช้หัววัดแบบ P 0.25s ด้วยเครื่อง TA.XT2 Texture Analyzer.....41

รูปที่ 9 กราฟแสดงค่าความกรอบของตัวอย่าง แครกเกอร์ตรา Nutri ที่อ่านได้จำนวน peak ของแรงที่กดลงบนตัวอย่างโดยใช้หัววัดแบบ P 0.25s ด้วยเครื่อง TA.XT2 Texture Analyzer 42

รูปที่ 10 กราฟแสดงค่าความกรอบของตัวอย่าง แครกเกอร์ตรา Lotte ที่อ่านได้จำนวน peak ของแรงที่กดลงบนตัวอย่างโดยใช้หัววัดแบบ P 0.25s ด้วยเครื่อง TA.XT2 Texture Analyzer.....43

รูปที่ 11 กราฟแสดงค่าความกรอบของตัวอย่าง แครกเกอร์ตรา Kavli ที่อ่านได้จำนวน peak ของแรงที่กดลงบนตัวอย่างโดยใช้หัววัดแบบ P 0.25s ด้วยเครื่อง TA.XT2 Texture Analyzer.....44

รูปที่ 12 กราฟแสดงค่าความกรอบของตัวอย่าง แครกเกอร์ตรา Kenji ที่อ่านได้จำนวน peak ของแรงที่กดลงบนตัวอย่างโดยใช้หัววัดแบบ P 0.25s ด้วยเครื่อง TA.XT2 Texture Analyzer.....45

รูปที่ 13 กราฟแสดงค่าความกรอบของตัวอย่าง แครกเกอร์ตรา Wasa ที่อ่านได้จำนวน peak ของแรงที่กดลงบนตัวอย่างโดยใช้หัววัดแบบ P 0.25s ด้วยเครื่อง TA.XT2 Texture Analyzer.....46

รูปที่ 14 กราฟแสดงค่าความกรอบของตัวอย่าง แครกเกอร์ตรา Lotus ที่อ่านได้จำนวน peak ของแรงที่กดลงบนตัวอย่างโดยใช้หัววัดแบบ P 0.25s ด้วยเครื่อง TA.XT2 Texture Analyzer.....47

รูปที่ 15 เปรียบเทียบลักษณะและสีของโดของแป้งสาลีที่ระดับ 100%กับแป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 50 % โดยลดปริมาณไขมันจากสูตร 50 % โดยน้ำหนัก.....48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 16 เปรียบเทียบสีและลักษณะเนื้อสัมผัสของแครกเกอร์แป้งสาลี 100% กับแครกเกอร์แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 50 % โดยลดปริมาณไขมันจากสูตร 50 % โดยน้ำหนักเมื่ออบเสร็จ.....48
รูปที่ 17 แสดงลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ตรา Nutri 48
รูปที่ 18 แสดงลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ตรา Lotte 49
รูปที่ 19 แสดงลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ตรา Kavli 49
รูปที่ 20 แสดงลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ตรา Kenji 49
รูปที่ 21 แสดงลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ตรา Wasa 50
รูปที่ 22 แสดงลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ตรา Lotus 50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันผู้บริโภคหันมาดูแลรักษาสุขภาพกันมากขึ้นด้วยการรับประทานอาหารเสริมหรืออาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกายเพื่อป้องกันโรคภัยไข้เจ็บ ส่วนผลิตภัณฑ์แครกเกอร์นั้นเป็นผลิตภัณฑ์ที่นิยมรับประทานเป็นอาหารว่าง และมีปริมาณของคาร์โบไฮเดรต ไขมันค่อนข้างสูง ซึ่งในการทดลองนี้ได้ทำการพัฒนาให้เพิ่มคุณค่าทางโภชนาการมากขึ้น ซึ่งได้ทำการพัฒนาสูตรโดยนำแป้งข้าวกล้องมาใช้แทนแป้งสาลี เนื่องจากแป้งข้าวกล้องมีคุณค่าทางโภชนาการสูงอุดมไปด้วยโปรตีน ไขมัน ใยอาหาร และแร่ธาตุต่าง ๆ และมีปริมาณใยอาหารสูง แต่การใช้แป้งข้างกล้องผสมต้องศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมเนื่องจากความสามารถในการทำเป็นโด (Dough) ของแป้งข้าวกล้องมีต่ำ เมื่อเทียบกับแป้งสาลี และการยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภคเมื่อทดแทนด้วยแป้งข้าวกล้องก็มีความสำคัญเช่นกัน

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาปริมาณของแป้งข้าวกล้องที่สามารถทดแทนแป้งสาลีในการผลิตแครกเกอร์ข้าวกล้องและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค
2. เพื่อศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพของแครกเกอร์ข้าวกล้องที่ผู้บริโภคยอมรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ขนมปังกรอบ(สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2538)ที่เรียกว่า แครกเกอร์ บิสกิต และคุกกี้มีความแตกต่างกันโดยสังเขป ดังนี้

แครกเกอร์ เป็นขนมปังกรอบที่มีปริมาณน้ำตาลน้อยหรือไม่มีเลย มีไขมันค่อนข้างมาก โดยทั่วไปมีโครงสร้างภายในเป็นชั้น ๆ ทำจากการแป้งนวด(Dough) ที่นวดจนเหนียวยืดหยุ่น และรีดเป็นแผ่นบาง ๆ

บิสกิต คุกกี้ บางกรณี บิสกิต เป็นคำรวมของ แครกเกอร์ และคุกกี้ บางครั้ง บิสกิต ก็หมายถึง คุกกี้ เนื่องจากทั้งสองไม่แตกต่างกันอย่างชัดเจน บิสกิต และคุกกี้ เป็นขนมปังกรอบที่มีรสหวาน มีไขมันสูง เนื้อกรอบร่วน ทำจากแป้งนวดที่นวดหรือคนเบา ๆ บิสกิตบางชนิดเป็น เซมิสวีตบิสกิต ทำจากแป้งนวดที่คล้ายกับแป้งนวดของแครกเกอร์

ขนมปังกรอบแต่ละชนิด มีชื่อย่อยต่าง ๆ กัน ขึ้นอยู่กับส่วนผสม วิธีการทำ รูปร่างและขนาด และอื่น ๆ รวมทั้งการเติมแต่งซึ่งหมายถึงการเคลือบ สอดไส้ หรือมีชิ้นส่วนของส่วนประกอบอื่น

โซดาแครกเกอร์ (Soda cracker) หรือซอลทีนแครกเกอร์ (Saltine cracker) มีรสไม่หวาน ทำจากแป้งผสมไขมันร้อยละ 8 ถึง 10 ยีสต์ ร้อยละ 0.5 และเกลือ อาจเติมมอลต์หรือมอลต์ซีรัป และใช้เวลาหมักนาน โดยทั่วไปเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมขนาดประมาณ 50 x 50 มิลลิเมตร หนา 4 มิลลิเมตร มีรู 9 รู จัดอยู่ใน 3 แถว ด้านบนเป็นสีน้ำตาลสม่ำเสมอ ด้านล่างเรียบมีรอยพองเล็ก ๆ กระจายทั่วไป โครงสร้างภายในเป็นชั้น ๆ

ครีมแครกเกอร์(Cream cracker) มีรสไม่หวาน ทำจากแป้งผสมไขมัน ร้อยละ 12 – 18 ยีสต์ ร้อยละ 1.0 – 2.4 และเกลือร้อยละ 0.9 – 1.5 และใช้เวลาหมักนาน โดยทั่วไปเป็นชิ้นสี่เหลี่ยม ขนาดประมาณ 65 x 75 มิลลิเมตร ผิวหน้าไม่เรียบ มีสีอ่อน มีรอยพองกระจายทั่วไป โครงสร้างภายในเป็นชั้น ๆ ลักษณะเนื้อจะนุ่ม ซึ่งเมื่อละลายในปากจะไม่แตกเป็นชิ้นเล็กชิ้นน้อย

สแนกแครกเกอร์ (Snack cracker) มีรสหวาน ทำจากแป้งผสมไขมันและน้ำตาลหรือซีรัปเล็กน้อย อาจใช้ยีสต์หรือสารเคมี ส่วนใหญ่จะใช้สารเคมี อาจใส่เกลือหรือผงแต่งกลิ่นรส เช่น สมุนไพรหรือผงเนยแข็ง กลิ่นรสได้จากไขมันที่พ่นผิวหน้าขณะร้อนและสิ่งแต่งหน้า ลักษณะต่างจากซอลทีนแครกเกอร์ที่มีเนื้อแน่นกว่า และเมื่อกัดจะรู้สึกนุ่มกว่า

ฮาร์ดสวีตและเซมิสวีตบิสกิต (Hard sweet and semisweet biscuit) มีรสหวาน ทำจากแป้ง น้ำตาล ไขมัน กากน้ำตาล คอร์นซีรัป สารเคมี สำหรับเซมิสวีตบิสกิต จะมีไขมันและน้ำตาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เท่า ๆ กัน มีผิวหน้าเรียบ มันเงา สีอ่อน ลักษณะเนื้อตั้งแต่แข็งจนถึงกรอบร่วนมีกลิ่นรสวนิลา เนย หรือกลิ่นอื่น

แซนด์วิชบิสกิต (Sandwich biscuit) มีรสหวานหรือกึ่งหวาน ประกอบกันโดยมีไส้ เช่น ครีม แยม อยู่ระหว่างกลาง

ไวร์คัตคุกกี้ (Wire – cut cookie) มีรสหวาน ทำจากแป้ง ไขมัน และน้ำตาล ซึ่งปริมาณไขมันและน้ำตาลที่ใช้มีสัดส่วนต่าง ๆ กัน กว้างมาก แป้งนวดที่ได้อาจจะแข็งขนาดไม่สามารถปั้นได้ด้วยมือจนถึงมีลักษณะข้นเหลว ความแข็งอ่อนของแป้งนวดต้องเหมาะต่อการอัดออกมาและตัดด้วยลวดลงสู่ที่รองรับโดยไม่เสียรูป ส่วนผสมอื่นที่ใช้ได้แก่ น้ำเชื่อม นม เกลือ วัตถุขึ้นฟู และสารแต่งกลิ่นรสต่าง ๆ เช่น เนยสด ข้าวโอ๊ต ผลไม้หรือนัท และโกโก้ ลักษณะเนื้อโปร่งกว่าโรตารีคุกกี้

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

คุณลักษณะที่ต้องการโดยทั่วไป ต้องกรอบ มีกลิ่นรสตามปกติของขนมปังกรอบชนิดนั้น ๆ ไม่มีกลิ่นหืนหรือรสขม มีสีตามธรรมชาติของผลิตภัณฑ์ และไม่ไหม้

คุณลักษณะทางเคมี

- ความชื้นไม่เกินร้อยละ 4.0 กรณีที่มีการเติมแต่ง ไม่เกินร้อยละ 7.0
- เถ้าที่ไม่ละลายในกรด (acid insoluble ash) ร้อยละของน้ำหนักแป้งไม่เกิน 0.05
- ความเป็นกรดของไขมันที่สกัดได้ (acidity of extracted fat) คิดเป็นกรดโอลิอิก ไม่เกินร้อยละ 1.0

ข้าวกล้อง (Brown rice) (กรมวิชาการเกษตร, สถาบันวิจัยข้าว, 2541) หรือเมล็ดข้าวที่เอาเปลือกออกแล้ว ประกอบด้วย

1. เยื่อหุ้มผล (pericarp) ประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 3 ชั้นด้วยกัน คือ เยื่อหุ้มชั้นใน เยื่อหุ้มชั้นกลาง และเยื่อหุ้มชั้นนอก ในชั้นเยื่อหุ้มผลมีลักษณะเป็นเส้นใย ผนังเซลประกอบด้วยโปรตีน เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส

2. เยื่อหุ้มเมล็ด (tegum or seed coat) อยู่ถัดจากเยื่อหุ้มผลเข้าไปประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 2 ชั้น เรียงกันเป็นแถว เป็นที่สะสมของสารประเภทไขมัน

3. เนื้อเยื่ออัลลูโลน (aleurone layer) อยู่ถัดจากเยื่อหุ้มเมล็ด ห่อหุ้มข้าวสาร (starchy-endosperm) และคัภพะ (embryo) ในชั้นนี้จะมีประมาณของโปรตีนสูง นอกจากนี้จะประกอบด้วยไขมัน เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส

4. ส่วนที่เป็นแป้ง (starch endosperm) หรือส่วนที่เป็นข้าวสารอยู่ชั้นในสุดของเมล็ด ประกอบด้วยแป้งเป็นส่วนใหญ่ และมีโปรตีนอยู่บ้าง แป้งในเมล็ดข้าวมี 2 ชนิดคือ อะไมโลเพกติน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งเป็นโพลีเมอร์ของดีกลูโคสซึ่งต่อกันเป็นกิ่งก้านสาขา และส่วนที่เป็นอะไมโลสซึ่งเป็นโพลีเมอร์ของดีกลูโคสที่ต่อกันเป็นเส้นตรง ในข้าวเจ้ามีปริมาณอะไมโลส 7 – 33 % ของน้ำหนักข้าวสาร

5. คัภพะ (embryo) ติดอยู่กับเอนโดสเปิร์ม ทางด้านเลมมาเป็นส่วนที่เจริญเป็นต้นต่อไป คัภพะประกอบด้วยต้นอ่อน (plumule) รากอ่อน (radicle) เยื่อหุ้มรากอ่อน (coleorhiza) เยื่อหุ้มต้นอ่อน (coleoptile) ท่อน้ำท่ออาหาร (epiblast) และใบเลี้ยงเป็นส่วนที่มีโปรตีนและไขมันสูง

องค์ประกอบของข้าวกล้อง

โดยปกติข้าวกล้องจะมีโปรตีนร้อยละ 8 และมีความชื้นร้อยละ 12 นอกจากนี้ยังพบไขมัน สารเยื่อใย วิตามิน และเกลือแร่ ปริมาณที่พบแตกต่างกันมาก ขึ้นอยู่กับพันธุ์ สิ่งแวดล้อม และวิธีการวิเคราะห์

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบคุณค่าทางอาหารระหว่างข้าวกล้องและข้าวขาวในข้าว 100 กรัม

สารอาหาร	หน่วย	ข้าวกล้อง	ข้าวขาว
โปรตีน	กรัม	7.60	6.4
วิตามินรวม			
บี 1 (B1 Thaiamine)	มิลลิกรัม	0.34	0.07
บี 2 (B2 Riboflavin)	มิลลิกรัม	0.05	0.03
ไนอะซิน (Niacin)	มิลลิกรัม	0.62	0.11
กรดแพนโธเธนิค	มิลลิกรัม	1.50	0.22
กรดโฟลิค	มิลลิกรัม	20.00	3.60
เกลือแร่			
เหล็ก	มิลลิกรัม	1.6	0.8
แคลเซียม	มิลลิกรัม	32.0	24.0
แมกนีเซียม	มิลลิกรัม	52.0	14.0
แมงกานีส	มิลลิกรัม	1.5	0.9
สังกะสี	มิลลิกรัม	1.9	1.5
โคบอลท์	ไมโครกรัม	4.2	0.9
ทองแดง	ไมโครกรัม	360.0	230.0
ซิลิเนียมล	ไมโครกรัม	38.8	31.8
ไอโอดีน	ไมโครกรัม	2.2	2.0

ที่มา : กรมวิชาการเกษตร, สถาบันวิจัยข้าว, 2541

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คาร์โบไฮเดรต

คาร์โบไฮเดรตที่พบในข้าวแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม คือ แป้ง เฮมิเซลลูโลส เซลลูโลสและน้ำตาลอิสระ

<u>แป้ง</u> แป้งมีปริมาณสูงสุดประมาณร้อยละ 90 ของน้ำหนักข้าว ส่วนอะไมโลเพคตินจะเป็นส่วนประกอบหลักของข้าวเหนียว ซึ่งส่วนใหญ่แป้งพวกนี้จะมีอะไมโลสร้อยละ 0.8 – 1.3 อุณหภูมิแป้งสุกอยู่ระหว่าง 55 – 79 องศาเซลเซียส ขึ้นอยู่กับชนิดของข้าวและสิ่งแวดล้อม พันธุ์ข้าวเดียวกันด้วยเหตุนี้ถ้าใช้อุณหภูมิแป้งสุกเป็นหลัก อาจแบ่งข้าวเป็น 3 กลุ่ม คือ ข้าวหุงสุกง่ายใช้อุณหภูมิ 69 องศาเซลเซียสหรือต่ำกว่า 74 องศาเซลเซียส ข้าวที่หุงสุกได้ง่ายส่วนใหญ่มาจากพันธุ์จาโปนิกา (Japonica) ส่วนข้าวพันธุ์อินดิกา (Indica) มีทั้งหุงสุกได้ง่ายและหุงสุกได้ยาก

นอกจากนี้อัตราส่วนของอะไมโลสต่ออะไมโลเพคตินก็จะเป็นตัวชี้บ่งความยากง่ายของการหุง ถ้าข้าวมีอะไมโลสสูง เม็ดแป้งจะดูดน้ำได้ช้า การดูดน้ำของแป้งขึ้นอยู่กับโครงสร้างภายในเม็ดแป้งแต่เมื่อเม็ดแป้งแตกตัวออก ทั้งอะไมโลสและอะไมโลเพคตินจะหลุดออกมา ลักษณะของแป้งเปียกที่ได้จะขึ้นอยู่กับขนาดของอะไมโลส ความยากง่ายของการสุกนี้อาจตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทดสอบด้วยด่าง (alkaline test) โดยน้ำข้าว 6 เมล็ดแช่น้ำด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ (KOH) ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 1.7 ปริมาณ 10 มิลลิลิตรทิ้งไว้ 23 ชั่วโมง แล้วจึงตรวจดูลักษณะการกระจายของเมล็ด ข้าวที่สุกได้ง่ายจะพองตัวมากจนกระทั่งแตกและกระจายตัวออก ถ้าเม็ดแป้งมีอะไมโลสไม่เกินร้อยละ 30 แต่ถ้ามีปริมาณอะไมโลสสูงกว่านี้ การละลายจะลดลง อาจเนื่องมาจากการจับตัวกันของอะไมโลสภายในเม็ดแป้งหลังจากที่เม็ดแป้งสุกหรือหลังจากหลุดออกจากเม็ดแป้งแล้ว นอกจากนี้ยังพบว่าเม็ดแป้งที่มีอะไมโลสสูงแตกตัวได้ยาก แต่จะให้เจลที่มีความหนืดสูง

<u>เฮมิเซลลูโลส</u> พบมากในรำละเอียด รำข้าวขาวและจมูกข้าว พบเล็กน้อยในข้าวขาว นอกจากนี้ยังพบเพนโตแซน (pentosan) ในจมูกข้าว เฮมิเซลลูโลสเหล่านี้ พบว่ารำละเอียดและรำข้าวขาวมีประมาณร้อยละ 0.1 ที่ละลายน้ำได้และร้อยละ 1.0 ที่ละลายในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.5 นอร์มัล ส่วนข้าวขาวมีประมาณร้อยละ 0.02 ที่ละลายน้ำได้และร้อยละ 0.1 ที่ละลายในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.5 นอร์มัล ส่วนใหญ่เป็นพวกอะราบิโนแซน (arabinosan) และไซแลน (xylan)

<u>เซลลูโลส</u> ที่พบส่วนใหญ่อยู่ในชั้นรำ ปริมาณที่พบร้อยละ 62 อยู่ในชั้นรำละเอียด ร้อยละ 4 อยู่ในจมูกข้าว ร้อยละ 7 อยู่ในรำข้าวขาวและร้อยละ 27 อยู่ในข้าวขาว

<u>น้ำตาลอิสระ</u> พบมากในจมูกข้าวและเนื้อแป้ง ประกอบด้วยน้ำตาลซูโครส และมีน้ำตาลแรฟฟิโนส (raffinose) กลูโคสและฟรักโทสเล็กน้อย ข้าวกล้องมีน้ำตาลอิสระร้อยละ 0.83 – 1.36 ส่วนจมูกข้าวมีน้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugar) และมีน้ำตาลนอนรีดิวซ์ (non- reducing sugar)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฟตินหรือเกลือไมโออินโนซิทอลฟอสเฟต (myo-inositol hexaphosphate)

เป็นสารประกอบที่พบมากในบริเวณผิวเมล็ด มีฟอสฟอรัสร้อยละ 80 พบในข้าวกล้อง ร้อยละ 40 ถ้าพบในข้าวขาวมาจากสารไฟตินและฟอสฟอรัสร้อยละ 90 ในรำมาจากไฟติน

สารประกอบไนโตรเจน

สารประกอบไนโตรเจนที่พบในข้าวประกอบด้วยโปรตีนและกรดอะมิโนอิสระ โปรตีนเป็นองค์ประกอบที่มีมากเป็นอันดับสองรองจากแป้ง โปรตีนที่อยู่ตามส่วนต่าง ๆ อาจเปลี่ยนแปลงได้ ขึ้นอยู่กับการขัดรำและปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าว

เนื่องจากโปรตีนส่วนต่าง ๆ ของเมล็ดข้าวมีอยู่ไม่เท่ากัน อัลบูมินและโกลบูลินจะพบมากในข้าวกล้อง กลูเตลินพบมากทั้งในข้าวกล้องและข้าวขาว แสดงว่าอัลบูมินและโกลบูลินมีอยู่สูงมากในเยื่อหุ้มเนื้อแป้งและจมูกข้าวส่วนกลูเตลินมีอยู่มากที่จุดศูนย์กลางของเนื้อแป้ง ด้วยเหตุนี้เมื่อนำแป้งมาสกัดด้วยด่างเข้มข้น 0.1 นอร์มัล โดยใช้ด่าง 20 เท่าของปริมาตรแป้ง โปรตีนจะละลายออกมาร้อยละ 97 ถ้าแป้งมีความละเอียดถึง 100 เมช (mesh)

จากการศึกษาส่วนประกอบของโปรตีน พบว่าข้าวกล้องมีไลซีน (lysine) สูงแต่มีกรดกลูตามิก (glutamic acid) ต่ำกว่าข้าวขาว อย่างไรก็ตามไลซีน (lysine) ยังคงเป็นกรดอะมิโนตัวจำกัดขั้นต่ำสุด limiting amino acid ตามด้วยทรีโอนีน (threonine) ซึ่งการที่ร่างกายนำเอาทรีโอนีน (threonine) ไปใช้ได้น้อยเป็นเรื่องที่ยังไม่เข้าใจกันดีนัก เพราะโดยปกติแล้ว ข้าวมีกรดอะมิโนชนิดนี้มากเกินพอ

ไขมัน

ในข้าวกล้อง ไขมันร้อยละ 80 อยู่ในรำละเอียดและรำข้าวขาว และประมาณ 1 ใน 3 อยู่ในจมูกข้าว ไขมันมีส่วนประกอบของกรดโอเลอิก (olcic acid) กรดไลโนเลอิก (linolcic acid) และกรดปาล์มมิติก (palmitic acid) เป็นส่วนใหญ่ มีกรดลอริก (lauric acid) และกรดไมริสโทเลอิก (myristolcic acid) เล็กน้อย นอกจากนี้ยังพบ สเตียรอลแอลกอฮอล์ซึ่งมีอยู่ประมาณร้อยละ 5 พบขี้ผึ้งร้อยละ 3 – 9 เป็นพวกเอสเทอร์ของกรดลิกโนคริก (lignocric acid) ($C_{23}H_{47}CO_2H$) และไมริสโซอิลแอลกอฮอล์ (myrisoyl alcohol) ($C_{30}H_{61}OH$) เป็นส่วนใหญ่

วิตามิน

วิตามินส่วนใหญ่พบในส่วนที่เรียกว่า เยื่อหุ้มเนื้อเมล็ดและจมูกข้าว ไม่พบวิตามินเอ วิตามินซี และวิตามินดี ในข้าวสาร รำละเอียดและรำข้าวขาว พบวิตามินบีหนึ่ง วิตามินบีสองและไนอาซิน (niacin) โดยพบวิตามินบีหนึ่งในรำละเอียดร้อยละ 65 รำข้าวขาวร้อยละ 13 และข้าวขาวร้อยละ 22 วิตามินบีสองในรำละเอียดร้อยละ 39 รำข้าวขาวร้อยละ 8 และข้าวขาวร้อยละ 53 และในรำละเอียดร้อยละ 54 รำข้าวขาวร้อยละ 13 และข้าวขาวร้อยละ 33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกลือแร่

เกลือแร่ของข้าวมีปริมาณไม่คงที่แตกต่างกันไปตามลักษณะของดินที่ใช้ปลูกและวิธีวิเคราะห์ เกลือแร่ร้อยละ 51 อยู่ในรำละเอียด ร้อยละ 10 อยู่ในรำข้าวขาวและร้อยละ 28 อยู่ในข้าวขาว แร่ธาตุที่พบมี ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม คลอรีน ซิลิคอน โซเดียมและเหล็ก แร่ธาตุที่พบมากที่สุดคือ แมกนีเซียม โพแทสเซียมและซิลิคอน

สารอาหารในข้าวกล้องที่มีคุณค่าและเป็นประโยชน์ต่อร่างกาย

- วิตามินบี 1	ช่วยป้องกันโรคเหน็บชา
- วิตามินบี 2	ป้องกันโรคปากนกกระจอก
- ไนอะซิน	ช่วยรักษาระบบผิวหนัง และระบบประสาท ป้องกันโครเพ็ลเลกระ (pellagra)ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดอาการท้องเสีย ประสาทไหว
- ฟอสฟอรัส	ช่วยในการเจริญเติบโตของกระดูกและฟัน
- แคลเซียม	ทำให้กระดูกแข็งแรง ป้องกันไม่ให้เป็นตะคริว
- ทองแดง	สร้างเม็ดโลหิตและเฮโมโกลบิล
- ธาตุเหล็ก	สร้างเม็ดโลหิตและเฮโมโกลบิล
- โปรตีน	เสริมสร้างส่วนที่สึกหรอ
- ไขมัน	ให้พลังงานแก่ร่างกาย (ไขมันในเมล็ดข้าวไม่มีโคเลสเตอรอล)
- คาร์โบไฮเดรต	ให้พลังงานแก่ร่างกาย
- กาก	ข้าวกล้องมีกากอาหารมากซึ่งจะทำให้ท้องไม่ผูก และช่วยป้องกันโรคมะเร็งในลำไส้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

1. แป้งสาลีอเนกประสงค์ ตรา ว่าว
2. แป้งข้าวกล้อง ตรา ลูกเต้า
3. แป้งมันฝรั่งดัดแปร (Elianc™ 100)
4. ผงกระเทียมป่น
5. ผงฟู
6. เกลือป่น
7. งาขาว
8. ข้าวโอ๊ต
9. เนยสดชนิดเค็ม
10. นมสดชนิดจืด

3.2 เครื่องมือ

11. เครื่องวัดเนื้อสัมผัส(Texture analyzer(TA TX2i))
12. เครื่องวัดสี(Minolta Chroma meter CR 300)
13. เครื่องวัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (Thermoconstanter รุ่น TH 200)
14. เครื่องHalogen Moisture Analyzer (Metter Toledo HR73)
15. เครื่องผสมอาหาร (KitchenAid รุ่น 5K5SS)
16. เตาอบ
17. ที่วัดอุณหภูมิเตาอบ
18. เวอร์เนียคาลิเปอร์

3.3 อุปกรณ์ในการทดลอง

19. ถาดสำหรับอบ
20. ที่ร่อนแป้ง
21. อ่างผสม
22. พลาสติกสำหรับคลุม
23. ไม้คลึงแป้ง
24. ที่ตัดแป้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

25. ตะแกรง
26. จานอลูมิเนียม
27. ที่คีบ

3.3 สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.4 วิธีการทดลอง

3.4.1 วิธีการผลิตแครกเกอร์จากแป้งสาลี

สูตรแครกเกอร์เมล็ดแฟลกซ์ (คณะผู้จัดทำสำนักพิมพ์แสงแดด, 2548) โดยใช้แป้งสาลีทั้งหมด ใช้งาขาวและข้าวโอ๊ตแทนเมล็ดแฟลกซ์ โดยมีสูตรดังนี้

สูตรแครกเกอร์เมล็ดแฟลกซ์

ส่วนผสม

1. แป้งสาลีอเนกประสงค์	197.0	กรัม
2. ผงกระเทียมป่น	2.0	กรัม
3. ผงฟู	1.6	กรัม
4. เกลือป่น	3.0	กรัม
5. งาขาวและข้าวโอ๊ต	55.5	กรัม
6. เนยสดชนิดเค็มหั่นชิ้นเล็ก	25.0	กรัม
7. นมสดชนิดจืด	105.0	กรัม

วิธีทำ

การเตรียมส่วนผสมและกรรมวิธีการผลิตเบื้องต้น ดังภาพที่ 1

ร่อนแป้ง ผงฟู ผงกระเทียม และเกลือ 2 ครั้งลงในอ่างผสม

↓

ใส่งาขาว ข้าวโอ๊ต เนยสด ลงในอ่างผสม

↓

คลุกเคล้าให้เข้ากันจนแป้งจับตัวเป็นเม็ด

↓

ใส่นมสดทีละน้อยจนหมด

↓

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นวดแป้งเป็นก้อนกลมอย่างเบามือ คลุมด้วยพลาสติก

↓

นำเข้าแช่ในตู้เย็นช่องธรรมดานานประมาณ 30 นาที

↓

ตัดแบ่งแป้งเป็นสองส่วนเท่า ๆ กัน

↓

คลึงแป้งจากตรงกลางออกได้เป็นแผ่นสี่เหลี่ยมผืนผ้า

↓

ตัดเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมขนาดชิ้นกว้าง 1 นิ้ว ยาว 2.5 นิ้ว

↓

วางเรียงในถาดที่เตรียมไว้ โดยวางแต่ละชิ้นให้ห่างกันประมาณ 0.5 นิ้ว

↓

นำเข้าเตาอบที่อุ่นไว้ที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส นานประมาณ 10 – 15 นาที

↓

เมื่อสุกเหลืองดีแล้ว นำออกจากเตาอบ

↓

เทออกจากถาด วางพักไว้บนตะแกรงให้เย็น

ภาพที่ 1 แสดงขั้นตอนการเตรียมส่วนผสมและกรรมวิธีการผลิตเบื้องต้น

3.4.2 ศึกษาปริมาณแป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีที่เหมาะสม

ศึกษาอัตราส่วนแป้งข้าวกล้องที่ใช้ทดแทนส่วนของแป้งสาลีในสูตรพื้นฐาน มี 5 Treatment **คือ อัตราส่วน** แป้งข้าวกล้อง: แป้งสาลี **เป็น** 0: 100, 40: 60, 50: 50, 60: 40 และ 70: 30 โดยคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมจากการให้คะแนนด้าน สี กลิ่น ความกรอบ รสชาติ และการยอมรับโดยรวม

ทำการทดสอบการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสโดยวิธี Hedonic Test โดยใช้ระดับคะแนนการยอมรับ 5 ระดับ คือ 1 – 5 **ใช้ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัส คือ** นักศึกษาคณะอุตสากรรมเกษตร จำนวน 20 คน โดยทำการวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติแบบ CRD (Completely Randomize Design)

3.4.3 ศึกษาการลดปริมาณของไขมันจากสูตร

ทำการลดปริมาณของไขมันจากสูตรที่ได้รับการยอมรับจากข้อที่ 2. โดยลดปริมาณเนยจากสูตรลงเป็น 0, 50, 75 และ 100 % ของปริมาณเนยทั้งหมด โดยคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมจากการให้คะแนนด้าน สี กลิ่น ความกรอบ รสชาติ และการยอมรับโดยรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำแครกเกอร์แต่ละสูตรมาทดสอบการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสโดยวิธี Hedonic Test โดยใช้ระดับคะแนนการยอมรับ 5 ระดับ คือ 1 – 5 ใช้ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัส คือ นักศึกษาคณะอุตสากรรมเกษตร จำนวน 20 คน และทำการวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติแบบ CRD (Completely Randomize Design)

3.4.4 การเปรียบเทียบคุณภาพของแครกเกอร์ข้าวกล้องกับแครกเกอร์เพื่อสุขภาพในท้องตลาด

นำผลิตภัณฑ์สูตรที่คัดเลือกแล้วมาทดสอบทางด้านกายภาพโดยเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์แครกเกอร์เพื่อสุขภาพ อีก 6 ตัวอย่าง โดยทำการวัดความหนาของชิ้นผลิตภัณฑ์โดยใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์ทำการวัดตัวอย่าง 6 ซ้ำ ๆ ละ 1ชิ้นผลิตภัณฑ์ และทำการวัดความกรอบของผลิตภัณฑ์โดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส ทำการวัดตัวอย่าง 6 ซ้ำ ๆ ละ 1 ชิ้นผลิตภัณฑ์ และทำการวัดค่า a_w และวัดความชื้นของผลิตภัณฑ์ โดยนำผลการทดลองที่ได้มาทำการวิเคราะห์ทางสถิติแบบ CRD (Completely Randomize Design)

3.4.5 วิธีการวัดคุณภาพทางกายภาพ

วัดคุณภาพของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ทางกายภาพโดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส(Texture analyzer(TA TX2i))เพื่อวัดความกรอบของผลิตภัณฑ์โดยทำการวัดตัวอย่าง 6 ซ้ำ และวัดสีของผลิตภัณฑ์โดยใช้เครื่องวัดสี(Minolta Chroma meter CR 300)โดยทำการวัดให้ทั่วทั้งแผ่นวัดตัวอย่างละ 6 ครั้ง และเมื่อได้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายจะทำการวัดคุณภาพจากเดิมโดยวัดค่า a_w โดยใช้เครื่องวัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (Thermoconstanter รุ่น TH 200) และหาปริมาณความชื้นโดยวิธี Halogen drying

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ศึกษาปริมาณแป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีที่เหมาะสม

4.1.1 การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส

ตารางที่ 2 คะแนนการทดสอบการยอมรับประสาททางสัมผัสของแครกเกอร์ที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวกล้อง

แป้งข้าวกล้องที่ทดแทน (%)โดยน้ำหนัก	สี	กลิ่น	ความกรอบ	รสชาติ	การยอมรับโดยรวม
0%	3.85 ± 0.63^{a}	$3.30\pm0.60^{b,c}$	3.62 ± 0.47^{a}	3.35 ± 0.58^{a}	$3.60\pm0.43^{a,b}$
40%	$3.78\pm0.42^{a,b}$	3.68 ± 0.43^{a}	3.42 ± 0.46^{a}	$3.35\pm0.50^{a,b}$	3.65 ± 0.33^{a}
50%	3.47 ± 0.51^{b}	$3.57\pm0.50^{a,b}$	3.42 ± 0.58^{a}	$3.37\pm0.62^{a,b}$	$3.35\pm0.46^{b,c}$
60%	3.08 ± 0.42^{c}	$3.38\pm0.33^{a,b,c}$	3.42 ± 0.47^{a}	$3.03\pm0.43^{b,c}$	3.27 ± 0.48^{c}
70%	2.65 ± 0.52^{d}	3.22 ± 0.64^{c}	2.90 ± 0.68^{b}	2.82 ± 0.50^{c}	2.80 ± 0.46^{d}

หมายเหตุ : อักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

โดยใช้แผนการทดลองแบบ CRD และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan

จากการทดลองใช้แป้งข้าวกล้องที่ระดับต่าง ๆ คือ 40 – 70 % ทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 40%, 50%, 60% และ 70% ของน้ำหนักแป้งทั้งหมดในการผลิตแครกเกอร์พบว่า เมื่อนำแครกเกอร์ที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวกล้องมาทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสโดยใช้วิธีการทดสอบแบบ 5 point Hedonic scale เพื่อประเมินคุณภาพในด้านสี กลิ่น ความกรอบ รสชาติ และการยอมรับโดยรวม พบว่า แป้งข้าวกล้องที่ระดับ 0% จะมีคะแนนความชอบด้านสีมากที่สุดโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.85 รองลงมาคือ แป้งข้าวกล้องที่ระดับ 40% โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.78 ซึ่งแป้งข้าวกล้องทั้งสองระดับนี้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ส่วนแป้งข้าวกล้องที่ระดับ 70% ได้คะแนนความชอบด้านสีน้อยที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.65 ทั้งนี้เนื่องมาจากสีจากตัวของข้าวกล้องเองที่มีอยู่แล้วประกอบกับเมื่อโดยความร้อนทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ระหว่างการอบมากขึ้น จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำขึ้น

เมื่อพิจารณาความชอบด้านกลิ่นและรสชาติของผลิตภัณฑ์ พบว่า แครกเกอร์ที่ระดับแป้งข้าวกล้อง 40% และ 50% มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นและรสชาติอยู่ในเกณฑ์สูงและไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ส่วนแครกเกอร์ที่ระดับแป้งข้าวกล้อง 70% มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นและรสชาติน้อยที่สุดเนื่องมาจากมีกลิ่นและรสชาติของแป้งที่ยังไม่สุกเหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์ ทำให้มีคะแนนน้อยกว่าแครกเกอร์ที่ระดับแป้งข้าวกล้อง 40% และ 50%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อพิจารณาคะแนนด้านความกรอบและการยอมรับโดยรวม พบว่า แครกเกอร์ที่ระดับแป้งข้าวกล้อง 0% จะมีคะแนนความชอบด้านความกรอบมากที่สุดรองลงมาคือ 40%, 50% และ 60% ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนการยอมรับโดยรวมที่ระดับแป้งข้าวกล้อง 40% มีคะแนนความชอบมากที่สุด และรองลงมาคือที่ระดับแป้งข้าวกล้อง 0% และ 50% ตามลำดับ โดยที่ระดับแป้งข้าวกล้อง 0% และ 40% ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) และที่ระดับแป้งข้าวกล้อง 0% และ 50% ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) แต่ที่ระดับแป้งข้าวกล้อง 40% และ 50% นั้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) (ตารางที่ 2) ผลจากการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสสรุปได้ว่า การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องที่ระดับ 40% จะให้แครกเกอร์ที่มีคะแนนความชอบด้านกลิ่น และการยอมรับโดยรวมสูงที่สุด ส่วนทางด้านสี รสชาติ และความกรอบจะมีคะแนนความชอบที่รองลงมาแต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) กับแป้งข้าวกล้องที่ได้คะแนนความชอบสูงที่สุด

4.1.2 สีของแครกเกอร์

ตารางที่ 3 สีแครกเกอร์ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้อง

แป้งข้าวกล้องที่ทดแทน(%) โดยน้ำหนัก	ค่าสี		
	L	a	b
0%	74.98±1.42^{a}	-22.29±1.23^{c}	47.77±0.63^{a}
40%	62.65±1.33^{b}	-15.87±1.16^{b}	43.55±0.28^{b}
50%	63.13±1.71^{b}	-16.96±1.48^{b}	41.61±0.62^{b}
60%	60.20±1.13^{c}	-13.95±1.29^{a}	43.07±0.61^{c}
70%	58.49±1.16^{d}	-14.11±1.51^{a}	41.09±0.78^{c}

หมายเหตุ : อักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

โดยใช้แผนการทดลองแบบ CRD และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan

เมื่อนำแครกเกอร์ที่ผ่านการอบแล้วมาวัดสี โดยใช้เครื่องวัดสี พบว่า สีของแครกเกอร์ที่ใช้ระดับแป้งข้าวกล้อง 0% จะมีสีเหลืองอ่อน และแครกเกอร์ที่ระดับแป้งข้าวกล้องสูงขึ้นจะมีสีเหลืองคล้ำจนเป็นสีน้ำตาล สีของแครกเกอร์จะคล้ำขึ้นเมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องที่ระดับเพิ่มขึ้น ผลจากการวัดค่าสี L, a, bพบว่า แครกเกอร์ที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวกล้องที่ระดับ 40% นั้นมีค่า L, a, b ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) กับแป้งข้าวกล้องที่ระดับ 50% แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) กับแป้งข้าวกล้องที่ระดับ 60% และ 70% เมื่อเทียบกับแครกเกอร์ที่ระดับแป้งข้าวกล้อง 0% โดยค่า L ซึ่งแสดงถึงความสว่าง และค่า b ซึ่งแสดงถึงความเข้มของสีเหลือง (+ หมายถึง สีเหลือง ,- หมายถึง สีน้ำเงิน) มีแนวโน้มลดลงจนมีค่าน้อยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการใช้

เมื่อใช้แป้งข้าวกล้องที่ระดับ 70% ทดแทนแป้งสาลี ในขณะที่ ค่า a ซึ่งแสดงความเข้มของสีแดง (+ หมายถึง สีแดง, - หมายถึง สีเขียว) มีค่าที่ใกล้เคียงกัน การที่แครกเกอร์มีสีคล้ำนั้นเกิดจากแป้งข้าวกล้องที่นำมาใช้มีสีคล้ำของตัวแป้งข้าวกล้องที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบของรำข้าวที่ยังไม่ผ่านการขัดสี รวมถึงปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่เกิดขึ้นในระหว่างการอบ มีผลทำให้แครกเกอร์มีสีคล้ำขึ้นเมื่อทดแทนด้วยแป้งข้าวกล้องที่ระดับเพิ่มขึ้น

4.1.3 ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความกรอบของแครกเกอร์

ตารางที่ 4 ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความกรอบของแครกเกอร์ที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวกล้อง

แป้งข้าวกล้องที่ทดแทน(%) โดยน้ำหนัก	ความกรอบ (นิวตัน)
0%	10.23 ± 1.42^{a}
40%	8.95 ± 1.77^{a}
50%	5.40 ± 0.83^{b}
60%	5.99 ± 0.30^{b}
70%	3.98 ± 0.63^{c}

หมายเหตุ : อักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

โดยใช้แผนการทดลองแบบ CRD และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan

จากการใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 40%, 50%, 60% และ 70% ของน้ำหนักทั้งหมดในแครกเกอร์ เมื่อนำมาวัดเนื้อสัมผัสด้านความกรอบของแครกเกอร์ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส โดยใช้หัววัด P0.25S กดลงบนตัวอย่างแครกเกอร์ ค่าความกรอบหาได้จากการนับจำนวน peak ของแรงที่ใช้กดลงบนตัวอย่าง ถ้าจำนวน peak มีค่ามากแสดงว่าผลิตภัณฑ์มีความกรอบแข็งมาก (ภาคผนวก ค)

ผลการทดลองพบว่าแครกเกอร์ที่ผลิตจากแป้งข้าวกล้องที่ระดับ 0% มีจำนวน peak มากที่สุด และมีค่าลดลงเมื่อระดับแป้งข้าวกล้องที่เพิ่มขึ้น โดยที่ระดับแป้งข้าวกล้อง 40% มีจำนวน peak ที่ลดลงอย่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) กับแป้งข้าวกล้องที่ระดับ 0% แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับแป้งข้าวกล้องที่ระดับ 50%, 60% และ 70% ตามลำดับ พบว่า จำนวน peak ที่มีแนวโน้มลดลงจะแสดงถึงค่าความกรอบแข็งที่ลดลงของแครกเกอร์ ที่ระดับแป้งข้าวกล้อง 70% จะมีค่าความกรอบแข็งน้อยที่สุด หากกล่าวโดยรวมแล้วแครกเกอร์จากการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องมีความกรอบแข็งน้อยกว่าแครกเกอร์ที่ไม่ทดแทนด้วยแป้งข้าวกล้อง เพราะมี จำนวน peak ที่น้อยกว่า โดยค่าความกรอบแข็งที่ลดลงแปรผกผันกับระดับแป้งข้าวกล้องที่เพิ่มขึ้น เนื่องมาจากองค์ประกอบที่เป็นเส้นใยอะไมโลสต่อเส้นใยอะไมโลเพคตินมีปริมาณที่สูงจึงทำให้แป้งข้าวกล้องเกิดอาการร่วนไม่เกาะกัน จึงทำให้แครกเกอร์ที่ไม่ทดแทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วยแป้งข้าวกล้องมีความกรอบแข็งมากกว่าแครกเกอร์ที่มีการทดแทนด้วยแป้งข้าวกล้อง โดยความกรอบแข็งดังกล่าวมีความกรอบที่แข็งเกินไปเมื่อเทียบกับแครกเกอร์ที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวกล้อง ดังนั้นผู้บริโภคจึงยอมรับแครกเกอร์ที่มีความกรอบแข็งที่ลดลงมาเล็กน้อย คือมีความกรอบที่พอดี ไม่แข็งจนเกินไป ทำให้ผู้บริโภคยอมรับความกรอบแข็งที่ระดับแป้งข้าวกล้อง 40% มากกว่าแป้งข้าวกล้องที่ระดับ 0%

4.2 ศึกษาการลดปริมาณของไขมันจากสูตร

4.2.1 การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส

การศึกษาลดปริมาณไขมันจากสูตร (%) โดยน้ำหนัก ที่ระดับ 0%, 50%, 75% และ 100% โดยใช้ระดับแป้งข้าวกล้องที่ทดแทนแป้งสาลีที่ 40% โดยน้ำหนักของแป้งทั้งหมด เมื่อทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสโดยใช้วิธีการทดสอบแบบ 5 point Hedonic scale ซึ่งมีปัจจัยในการตัดสิน คือ สี กลิ่น ความกรอบ รสชาติ และการยอมรับโดยรวม ใช้ผู้ทดสอบ 20 คน ได้ผลดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 คะแนนการทดสอบการยอมรับประสาททางสัมผัสของแครกเกอร์โดยลดเปอร์เซ็นต์ไขมันจากสูตรโดยน้ำหนัก

ปริมาณไขมันที่ลดลง (%) โดยน้ำหนัก	สี	กลิ่น	ความกรอบ	รสชาติ	การยอมรับโดยรวม
0%	3.73 ± 0.43^{a}	3.30 ± 0.51^{a}	3.32 ± 0.52^{a}	$3.12\pm0.53^{a,b}$	3.37 ± 0.53^{a}
50%	3.57 ± 0.51^{a}	3.30 ± 0.48^{a}	3.28 ± 0.50^{a}	3.48 ± 0.51^{a}	3.43 ± 0.51^{a}
75%	3.48 ± 0.38^{a}	3.13 ± 0.41^{a}	3.50 ± 0.54^{a}	$3.13\pm0.72^{a,b}$	3.27 ± 0.59^{a}
100%	2.65 ± 0.57^{b}	2.72 ± 0.44^{b}	2.67 ± 0.67^{b}	2.78 ± 0.63^{b}	2.71 ± 0.41^{b}

หมายเหตุ : อักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

โดยใช้แผนการทดลองแบบ CRD และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan

จากตาราง พบว่า คุณลักษณะด้านสี ด้านกลิ่น ความกรอบ และการยอมรับโดยรวมของแครกเกอร์ที่ทำการลดปริมาณของไขมันจากสูตร (%) โดยน้ำหนัก ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ที่ระดับ 50% และ 75% เมื่อเทียบกันที่ระดับ 0% แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ที่ระดับ 100%

คุณลักษณะด้านรสชาติของแครกเกอร์ที่ทำการลดปริมาณของไขมันจากสูตร (%) โดยน้ำหนัก จะพบว่า ที่ระดับ 0%, 50% และ75% ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) และที่ระดับ 0%, 75% และ 100% ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) แต่ที่ระดับ 50% จะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) กับที่ระดับ 100% ดังนั้นผลจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแครกเกอร์โดยลดปริมาณของไขมันจากสูตร (%) โดยน้ำหนัก จึงสรุปได้ว่า ที่ระดับการลดไขมันที่ 50% มีคะแนนด้านกลิ่น ด้านรสชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และการยอมรับโดยรวมสูงที่สุด ส่วนด้านสี ที่ระดับการลดไขมันที่ 0% มีคะแนนสูงที่สุดแต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับที่ระดับการลดไขมันที่ 50% ส่วนด้านความกรอบ ที่ระดับการลดไขมันที่ 75% มีคะแนนสูงสุดแต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับที่ระดับการลดไขมันที่ 50% ซึ่งมีผลจากการยอมรับของผู้บริโภคเนื่องจากเปอร์เซ็นต์ของไขมันที่ลดลงจากสูตรจะมีผลกระทบต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ทางด้านความกรอบโดยยิ่งลดเปอร์เซ็นต์ไขมันลงจะพบว่าเนื้อของผลิตภัณฑ์จะมีความแห้งและแข็งเกินไป จึงทำให้ผู้บริโภคยอมรับที่ระดับการลดไขมัน 100% น้อยที่สุด แต่จะยอมรับมากที่สุดที่ระดับการลดไขมัน 50 %

4.2.2 สีของแครกเกอร์

ตารางที่ 6 สีแครกเกอร์โดยลดเปอร์เซ็นต์ไขมันจากสูตร(%) โดยน้ำหนัก

ปริมาณไขมันที่ลดลง (%) โดยน้ำหนัก	ค่าสี		
	L	a	b
0%	61.37 ± 1.42^{a}	8.15 ± 3.78^{b}	21.98 ± 0.97^{b}
50%	60.84 ± 2.16^{a}	7.74 ± 1.01^{b}	22.29 ± 0.38^{b}
75%	62.22 ± 2.04^{a}	6.44 ± 0.83^{b}	23.38 ± 0.88^{a}
100%	62.52 ± 2.97^{a}	6.70 ± 1.23^{b}	24.04 ± 1.10^{a}

หมายเหตุ : อักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการทดลองอบแครกเกอร์ที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวกล้องที่ระดับ 40% ของน้ำหนักแป้งทั้งหมด โดยมีระดับการลดไขมันจากสูตร (%) โดยน้ำหนัก ที่ 0%, 50%, 75% และ 100% อบที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที พบว่าสีของแครกเกอร์ที่ระดับการลดไขมันที่ 100% มีค่าความสว่าง (L) มากที่สุด และเมื่อทำการลดระดับไขมันลดลงทำให้ค่าความสว่าง (L) ลดลงอย่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าสีแดง (a) ที่มีค่ามากที่สุดคือ แครกเกอร์ที่ระดับการลดไขมันที่ 0% และเมื่อทำการลดระดับไขมันที่เพิ่มขึ้นจะพบว่าค่าสีแดง (a) มีแนวโน้มลดลงอย่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนค่าสีเหลือง (b) ที่มีค่ามากที่สุดคือแครกเกอร์ที่ระดับการลดไขมันที่ 100% จะมีค่ามากที่สุดและเมื่อทำการลดระดับไขมันที่ลดลงจะพบว่ามีแนวโน้มลดลง โดยที่ระดับการลดไขมันที่ 0% และ 50% มีค่าสีเหลือง (b) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และที่ระดับการลดไขมันที่ 75% และ 100% มีค่าสีเหลือง (b) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ที่ระดับการลดไขมันที่ 0% และ 50% มีค่าสีเหลือง (b) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับที่ระดับการลดไขมันที่ 75% และ 100%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความกรอบ

ตารางที่ 7 ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความกรอบของแครกเกอร์โดยลดเปอร์เซ็นต์ไขมันจากสูตร(%) โดยน้ำหนัก

ปริมาณไขมันที่ลดลง (%) โดยน้ำหนัก	ความกรอบ
0%	5.48 ± 0.97^{a}
50%	11.75 ± 9.73^{a}
75%	8.65 ± 1.22^{a}
100%	11.10 ± 2.32^{a}

หมายเหตุ : อักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

โดยใช้แผนการทดลองแบบ CRD และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan

จากการใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 40% โดยน้ำหนักของแป้งทั้งหมด โดยมีระดับการลดไขมันจากสูตร (%) โดยน้ำหนักที่ระดับ 0%, 50%, 75% และ 100% เมื่อนำมาวัดเนื้อสัมผัสด้านความกรอบของแครกเกอร์ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัสโดยใช้หัววัด P0.25S กดลงบนตัวอย่างแครกเกอร์ ค่าความกรอบหาได้จากการนับจำนวน peak ของแรงที่ใช้กดลงบนตัวอย่าง ถ้าจำนวน peak มีค่ามากแสดงว่าแครกเกอร์มีความกรอบแข็งมาก

จากผลการทดลอง (ตารางที่ 7) พบว่า แครกเกอร์ที่ระดับการลดไขมันที่ 50% มีจำนวน peak มากที่สุดและมีจำนวน peak ใกล้เคียงกับแครกเกอร์ที่ระดับการลดไขมันที่ 100% ส่วนแครกเกอร์ที่ระดับการลดไขมันที่ 75% และ 0% มีจำนวน peak ที่ลดลงตามลำดับ หากกล่าวโดยรวมแล้วแครกเกอร์ที่ระดับการลดไขมันที่ 0% มีความกรอบแข็งน้อยกว่าแครกเกอร์ที่ระดับการลดไขมันที่ 50% เพราะมีจำนวน peak น้อยกว่าโดยค่าความกรอบแข็งจะเพิ่มขึ้นเมื่อระดับการลดไขมันที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากเนื้อของแป้งจะเหนียวกว่าจึงเกาะตัวกันได้ดีกว่าเนื้อแป้งที่มีปริมาณไขมันสูง ซึ่งไขมันจะทำให้มีน้ำมันมากเกินไปจึงทำให้แป้งมีลักษณะที่เปราะและแตกได้ง่าย การที่อักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) มีตัวอักษรที่เหมือนกันอาจมาจากขั้นตอนในการวัดคุณภาพของตัวชิ้นผลิตภัณฑ์ ซึ่งเกิดจากความหนาของชิ้นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้มีความหนาที่ไม่เท่ากันในแต่ละชิ้น และลักษณะผิวของชิ้นผลิตภัณฑ์มีการใส่เมล็ดธัญพืชซึ่งอาจจะมีการกระจายตัวที่ไม่ทั่วถึงทั้งชิ้นของผลิตภัณฑ์ จึงทำให้ค่าที่วัดได้ในแต่ละชิ้นมีค่าที่สูงต่ำไม่เท่ากันหรือไม่ใกล้เคียงกันเมื่อนำค่าที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติจึงทำให้ไม่เกิดความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

96883

4.3 การเปรียบเทียบคุณภาพของแครกเกอร์ข้าวกล้องกับแครกเกอร์เพื่อสุขภาพในท้องตลาด

ตารางที่ 8 เปรียบเทียบคุณภาพของแครกเกอร์ข้าวกล้องกับผลิตภัณฑ์แครกเกอร์เพื่อสุขภาพในท้องตลาด

ผลิตภัณฑ์แครกเกอร์	ความกรอบ	ความหนา	ความชื้น	ค่า a_w
แครกเกอร์ข้าวกล้อง	11.75 ± 9.73^{d}	2.39 ± 0.12^{c}	2.04 ± 0.21^{e}	0.27 ± 0.03^{b}
แครกเกอร์ตรา Nutri	8.99 ± 1.95^{d}	4.70 ± 0.21^{b}	2.00 ± 0.15^{e}	0.62 ± 0.01^{a}
แครกเกอร์ตรา Lotte	8.24 ± 1.14^{d}	3.98 ± 0.07^{b}	1.23 ± 0.07^{f}	0.53 ± 0.01^{a}
แครกเกอร์ตรา Kavli	23.07 ± 4.62^{c}	4.15 ± 0.17^{b}	5.76 ± 0.06^{b}	0.50 ± 0.01^{a}
แครกเกอร์ตรา Kenji	12.644 ± 2.04^{d}	2.98 ± 0.14^{c}	3.22 ± 0.05^{d}	0.47 ± 0.23^{a}
แครกเกอร์ตรา Wasa	51.81 ± 12.40^{a}	8.02 ± 0.65^{a}	9.08 ± 0.17^{a}	0.51 ± 0.01^{a}
แครกเกอร์ตรา Lotus	31.86 ± 2.93^{b}	7.50 ± 1.65^{a}	3.86 ± 0.06^{c}	$0.54\pm0.04^{a,b}$

หมายเหตุ : อักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

โดยใช้แผนการทดลองแบบ CRD และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan

จากผลการทดลองได้ทำการเลือกสูตรของแครกเกอร์ข้าวกล้องที่ทดแทนด้วยแป้งสาลีที่ระดับ 40% และทำการลดระดับไขมันที่ 50% มาทำการเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์แครกเกอร์เพื่อสุขภาพจากท้องตลาดดังตารางที่ 8 จะได้ว่า เมื่อใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัสมาทำการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความกรอบ โดยใช้วัดวัด P0.25S พบว่า แครกเกอร์ข้าวกล้องมีความกรอบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญสถิติ ($p\leq0.05$) กับแครกเกอร์ตรา Kenji, Lotte และ Nutri แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) กับแครกเกอร์ตรา Wasa, Lotus และ Kavli ตามลำดับ

ด้านความหนาของชิ้นผลิตภัณฑ์ใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์ในการวัดความหนาของชิ้นผลิตภัณฑ์ หน่วยเป็น มิลลิเมตร พบว่า แครกเกอร์มีความหนาไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) กับแครกเกอร์ตรา Kenji แต่มีความหนาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) กับแครกเกอร์ตรา Wasa, Lotus, Kavli, Lotte และ Nutri ตามลำดับ

ด้านความชื้นทำการวัดโดยใช้เครื่องวัดความชื้น Halogen drying โดยใช้น้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 4.507 ± 0.01กรัม พบว่า แครกเกอร์ข้าวกล้องมีระดับความชื้นที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) กับแครกเกอร์ตรา Nutri แต่มีระดับความชื้นที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) กับแครกเกอร์ตรา Wasa, Kavli, Lotus, Kenji และ Lotte ตามลำดับ การที่แครกเกอร์ตรา Nutri มีค่าความชื้นต่ำ แต่มีค่า a_w สูง เนื่องจากค่า a_w เป็นปริมาณน้ำอิสระที่อยู่ในชิ้นผลิตภัณฑ์แต่ความชื้นเป็นปริมาณของน้ำที่ชิ้นผลิตภัณฑ์ดูดเข้าไป และเมื่อพิจารณาจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สภาวะการเก็บของแครกเกอร์ตรา Nutri มีการใช้ก๊าซเฉื่อยช่วยในการเก็บรักษาจึงทำให้ป้องกันชิ้นผลิตภัณฑ์ดูดความชื้นเข้าไป จึงทำให้ความชื้นที่วัดได้จากชิ้นผลิตภัณฑ์มีค่าต่ำ

ด้านคุณลักษณะของค่า a_w ของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์นั้นได้ทำการวัดโดยใช้เครื่องวัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ พบว่า แครกเกอร์ข้าวกล้องมีค่า a_w ที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับแครกเกอร์ตรา Lotus แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับแครกเกอร์ตรา Nutri, Lotte, Kavli, Kenji และ Wasa ตามลำดับ การที่แครกเกอร์ข้าวกล้องมีระดับค่า a_w ที่ต่ำที่สุดนั้นเนื่องมาจากสภาวะการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ระหว่างรอทำการวัดและชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการเก็บรักษาจึงทำให้ค่าที่ได้มีค่าน้อยกว่าท้องตลาด ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่มาจากท้องตลาดจะมีลักษณะของส่วนผสมที่แตกต่างกันไปเช่น บางชนิดจะใส่เม็ดธัญพืชแห้ง บางชนิดไม่ใส่เม็ดธัญพืช เป็นต้น ส่วนบรรจุภัณฑ์นั้นบางชนิดจะใช้กระดาษและบางชนิดจะให้พลาสติกลามิเนต จึงทำให้มีผลต่อค่า a_w ของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

1. การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องที่ระดับเพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้โดจากการนวดผสมมีความแข็งแรงและยืดหยุ่นลดลง
2. การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องที่ระดับเพิ่มขึ้นจะทำให้สีของโดและแครกเกอร์คล้ำขึ้น
3. การทดแทนแป้งข้าวกล้องที่ระดับ 70 % ทดแทนแป้งสาลีที่ 30 % ทำให้แครกเกอร์มีความกรอบลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
4. การทดแทนแป้งข้าวกล้องที่ระดับเพิ่มขึ้นจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีการยอมรับทางด้านกลิ่นลดลง
5. การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องที่ระดับ 40 % ทดแทนแป้งสาลีที่ 60 % ในการผลิตแครกเกอร์เป็นระดับที่เหมาะสม เนื่องจากมีความกรอบที่ไม่แข็งหรือร่วนเกินไป และผู้บริโภคส่วนใหญ่จะยอมรับในระดับการเติมแป้งข้าวกล้องที่ระดับนี้มากที่สุด
6. การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องที่ระดับ 40 % ในการผลิตแครกเกอร์โดยลดเปอร์เซ็นต์ไขมันจากสูตรคือ 0 %, 50 %, 75% และ 100% ทำให้แครกเกอร์มีความกรอบแข็งเพิ่มขึ้นและทำให้ผลิตภัณฑ์มีความหยาบเพิ่มขึ้น ตามเปอร์เซ็นต์ของไขมันลดลงจากสูตรโดยน้ำหนัก
7. การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องที่ระดับ 40 % ร่วมกับการลดปริมาณของไขมันที่ใช้ในระดับ 50 % มีคะแนนด้านกลิ่น ด้านรสชาติ และการยอมรับโดยรวมสูงที่สุดจึงเป็นระดับที่เหมาะสม ในการผลิตแครกเกอร์ที่สุด
8. การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องที่ระดับ 40 % ร่วมกับการลดปริมาณของไขมันที่ใช้ในระดับ 50 % เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ในท้องตลาดพบว่า ด้านความกรอบและความหนาของชิ้นผลิตภัณฑ์ที่ทดลองมีค่าใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ตรา Kenji.
9. การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องที่ระดับ 40 % ร่วมกับการลดปริมาณของไขมันที่ใช้ในระดับ 50 % เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ในท้องตลาดพบว่า ความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่ทดลองมีค่าใกล้เคียงกันกับผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ตรา Nutri อย่างมีนัยสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องที่ระดับ 40 % ร่วมกับการลดปริมาณของไขมันที่ใช้ในระดับ 50 % เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ในท้องตลาดพบว่า ค่า Aw ของผลิตภัณฑ์ที่ทดลองมีค่า Aw ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ตัวอย่างจากท้องตลาดที่สุ่มเลือกมา

ข้อเสนอแนะ

ในการผลิตแครกเกอร์ข้าวกล้องออกสู่ท้องตลาดควรมีการปรับปรุงด้านรสชาติของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ข้าวกล้องโดยมีการเพิ่มรสหวานเข้าไป เพราะแครกเกอร์ข้าวกล้องที่ผลิตได้จะไม่มีการเติมน้ำตาล เพื่อให้ใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ท้องตลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 2539. ขนมปังกรอบ. กระทรวงอุตสาหกรรม กรุงเทพฯ.

เอกสารทางวิชาการ เรื่อง ข้าวกล้อง: ข้าวซ้อมมือ: ข้าวขาว. 2541. สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ณรงค์ นิยมวิทย์ 2538. "องค์ประกอบของข้าวกล้อง". ธัญชาติและพืชหัว, 12-15. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

คณะผู้จัดทำสำนักพิมพ์แสงแดด 2548. "สูตรแครกเกอร์เมล็ดแฟลกซ์". คุกกี้และขนมปัง, 150. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แสงแดด.

รศ.ดร. พรรณิภา ศิวะพิรุฬห์เทพ 2548. เอกสารประกอบการสอนวิชา การวางแผนการทดลองทางอุตสาหกรรมเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

รศ.ดร. ปราณี อ่านเปรื่อง 2547. "การทดสอบการยอมรับ". หลักการวิเคราะห์อาหารด้วยประสาทสัมผัส, 183-206. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

1. ศึกษาปริมาณแป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีที่เหมาะสม

1.1. การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส

ตารางภาคผนวกที่ 1 การวิเคราะห์ทางสถิติทางกายภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ ที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวกล้อง

COLOR

Duncan[a]

FLOUR	N	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	4
E	20	2.6500			
D	20		3.0833		
C	20			3.4667	
B	20			3.7833	3.7833
A	20				3.8500
Sig.		1.000	1.000	.051	.678

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 20.000.

หมายเหตุ : A = แป้งข้าวกล้องที่ระดับ 0%, B = แป้งข้าวกล้องที่ระดับ 40%, C = แป้งข้าวกล้องที่ระดับ 50%, D = แป้งข้าวกล้องที่ระดับ 60%, E = แป้งข้าวกล้องที่ระดับ 70%

ตารางภาคผนวกที่ 2 การวิเคราะห์ทางสถิติทางกายภาพด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ ที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวกล้อง

SMELL

Duncan[a]

FLOUR	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
E	20	3.2167		
A	20	3.3000	3.3000	
D	20	3.3833	3.3833	3.3833
C	20		3.5667	3.5667
B	20			3.6833
Sig.		.337	.123	.082

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 20.000.

หมายเหตุ : A = แป้งข้าวกล้องที่ระดับ 0%, B = แป้งข้าวกล้องที่ระดับ 40%, C = แป้งข้าวกล้องที่ระดับ 50%, D = แป้งข้าวกล้องที่ระดับ 60%, E = แป้งข้าวกล้องที่ระดับ 70%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 3 การวิเคราะห์ทางสถิติทางกายภาพด้านความกรอบของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ ที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวกล้อง

CRISP

Duncan[a]

FLOUR	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
E	20	2.9000	
D	20		3.4167
B	20		3.4167
C	20		3.4167
A	20		3.6167
Sig.		1.000	.292

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 20.000.

หมายเหตุ : A = แป้งข้าวกล้องที่ระดับ 0%, B = แป้งข้าวกล้องที่ระดับ 40%, C = แป้งข้าวกล้องที่ระดับ 50%, D = แป้งข้าวกล้องที่ระดับ 60%, E = แป้งข้าวกล้องที่ระดับ 70%

ตารางภาคผนวกที่ 4 การวิเคราะห์ทางสถิติทางกายภาพด้านรสชาติของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ ที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวกล้อง

TASTE

Duncan[a]

FLOUR	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
E	20	2.8167		
D	20	3.0333	3.0333	
B	20		3.3500	3.3500
C	20		3.3667	3.3667
A	20			3.4833
Sig.		.196	.060	.455

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 20.000.

หมายเหตุ : A = แป้งข้าวกล้องที่ระดับ 0%, B = แป้งข้าวกล้องที่ระดับ 40%, C = แป้งข้าวกล้องที่ระดับ 50%, D = แป้งข้าวกล้องที่ระดับ 60%, E = แป้งข้าวกล้องที่ระดับ 70%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 5 การวิเคราะห์ทางสถิติทางกายภาพด้านการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ ที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวกล้อง

ADMIT

Duncan[a]

FLOUR	N	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	4
E	20	2.8000			
D	20		3.2667		
C	20		3.3500	3.3500	
A	20			3.6000	3.6000
B	20				3.6500
Sig.		1.000	.548	.073	.718

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 20.000.

หมายเหตุ : A = แป้งข้าวกล้องที่ระดับ 0%, B = แป้งข้าวกล้องที่ระดับ 40%, C = แป้งข้าวกล้องที่ระดับ 50%, D = แป้งข้าวกล้องที่ระดับ 60%, E = แป้งข้าวกล้องที่ระดับ 70%

1.2 สีของแครกเกอร์

ตารางภาคผนวกที่ 6 การวิเคราะห์ทางสถิติค่าสี L ของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ ที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวกล้อง

L

Duncan[a]

FLOUR	N	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	4
E	6	58.4933			
D	6		60.1983		
B	6			62.6517	
C	6			63.1333	
A	6				74.9833
Sig.		1.000	1.000	.547	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6.000.

หมายเหตุ : A = แป้งข้าวกล้องที่ระดับ 0%, B = แป้งข้าวกล้องที่ระดับ 40%, C = แป้งข้าวกล้องที่ระดับ 50%, D = แป้งข้าวกล้องที่ระดับ 60%, E = แป้งข้าวกล้องที่ระดับ 70%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 7 การวิเคราะห์ทางสถิติค่าสี a ของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ ที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวกล้อง

A

Duncan[a]

FLOUR	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
A	6	-22.2900		
C	6		-16.9617	
B	6		-15.8733	
E	6			-14.1183
D	6			-13.9533
Sig.		1.000	.173	.833

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6.000.

หมายเหตุ : A = แป้งข้าวกล้องที่ระดับ 0%, B = แป้งข้าวกล้องที่ระดับ 40%, C = แป้งข้าวกล้องที่ระดับ 50%, D = แป้งข้าวกล้องที่ระดับ 60%, E = แป้งข้าวกล้องที่ระดับ 70%

ตารางภาคผนวกที่ 8 การวิเคราะห์ทางสถิติค่าสี b ของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ ที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวกล้อง

B

Duncan[a]

FLOUR	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
E	6	41.0900		
C	6	41.6050		
D	6		43.0700	
B	6		43.5500	
A	6			47.7717
Sig.		.153	.182	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6.000.

หมายเหตุ : A = แป้งข้าวกล้องที่ระดับ 0%, B = แป้งข้าวกล้องที่ระดับ 40%, C = แป้งข้าวกล้องที่ระดับ 50%, D = แป้งข้าวกล้องที่ระดับ 60%, E = แป้งข้าวกล้องที่ระดับ 70%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความกรอบของแครกเกอร์

ตารางภาคผนวกที่ 9 การวิเคราะห์ทางสถิติลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความกรอบของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ ที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวกล้อง

TEXTURE

Duncan[a]

		Subset for alpha = .05		
FLOUR	N	1	2	3
E	6	3.97617		
C	6		5.40450	
D	6		5.98583	
B	6			8.94633
A	6			10.22750
Sig.		1.000	.379	.059

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6.000.

หมายเหตุ : A = แป้งข้าวกล้องที่ระดับ 0%, B = แป้งข้าวกล้องที่ระดับ 40%, C = แป้งข้าวกล้องที่ระดับ 50%, D = แป้งข้าวกล้องที่ระดับ 60%, E = แป้งข้าวกล้องที่ระดับ 70%

2. ศึกษาการลดปริมาณของไขมันจากสูตร

2.1 การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส

ตารางภาคผนวกที่ 10 การวิเคราะห์ทางสถิติทางกายภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ โดยลดเปอร์เซ็นต์ไขมันจากสูตรโดยน้ำหนัก

COLOR

Duncan[a]

		Subset for alpha = .05	
BUTTER	N	1	2
D	20	2.6490	
C	20		3.4840
B	20		3.5675
A	20		3.7340
Sig.		1.000	.121

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 20.000.

หมายเหตุ : A = ปริมาณไขมันที่ลดลง 100 % โดยน้ำหนัก, B = ปริมาณไขมันที่ลดลง 50 % โดยน้ำหนัก, C = ปริมาณไขมันที่ลดลง 75 % โดยน้ำหนัก, D = ปริมาณไขมันที่ลดลง 0% โดยน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 11 การวิเคราะห์ทางสถิติทางกายภาพด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ โดยลดเปอร์เซ็นต์ไขมันจากสูตรโดยน้ำหนัก

SMELL

Duncan[a]

BUTTER	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
D	20	2.7160	
C	20		3.1330
A	20		3.2995
B	20		3.3000
Sig.		1.000	.285

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 20.000.

หมายเหตุ : A = ปริมาณไขมันที่ลดลง 100 % โดยน้ำหนัก, B = ปริมาณไขมันที่ลดลง 50 % โดยน้ำหนัก, C = ปริมาณไขมันที่ลดลง 75 % โดยน้ำหนัก, D = ปริมาณไขมันที่ลดลง 0% โดยน้ำหนัก

ตารางภาคผนวกที่ 12 การวิเคราะห์ทางสถิติทางกายภาพด้านความกรอบของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ โดยลดเปอร์เซ็นต์ไขมันจากสูตรโดยน้ำหนัก

CRISP

Duncan[a]

BUTTER	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
D	20	2.6670	
B	20		3.2840
A	20		3.3230
C	20		3.5000
Sig.		1.000	.254

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 20.000.

หมายเหตุ : A = ปริมาณไขมันที่ลดลง 100 % โดยน้ำหนัก, B = ปริมาณไขมันที่ลดลง 50 % โดยน้ำหนัก, C = ปริมาณไขมันที่ลดลง 75 % โดยน้ำหนัก, D = ปริมาณไขมันที่ลดลง 0% โดยน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 13 การวิเคราะห์ทางสถิติทางกายภาพด้านรสชาติของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ โดยลดเปอร์เซ็นต์ไขมันจากสูตรโดยน้ำหนัก

TASTE

Duncan[a]

BUTTER	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
D	20	2.7835	
A	20	3.1170	3.1170
C	20	3.1345	3.1345
B	20		3.4830
Sig.		.087	.074

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 20.000.

หมายเหตุ : A = ปริมาณไขมันที่ลดลง 100 % โดยน้ำหนัก, B = ปริมาณไขมันที่ลดลง 50 % โดยน้ำหนัก, C = ปริมาณไขมันที่ลดลง 75 % โดยน้ำหนัก, D = ปริมาณไขมันที่ลดลง 0% โดยน้ำหนัก

ตารางภาคผนวกที่ 14 การวิเคราะห์ทางสถิติทางกายภาพด้านการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ โดยลดเปอร์เซ็นต์ไขมันจากสูตรโดยน้ำหนัก

ADMIT

Duncan[a]

BUTTER	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
D	20	2.7125	
C	20		3.2745
A	20		3.3670
B	20		3.4335
Sig.		1.000	.360

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 20.000.

หมายเหตุ : A = ปริมาณไขมันที่ลดลง 100 % โดยน้ำหนัก, B = ปริมาณไขมันที่ลดลง 50 % โดยน้ำหนัก, C = ปริมาณไขมันที่ลดลง 75 % โดยน้ำหนัก, D = ปริมาณไขมันที่ลดลง 0% โดยน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 สีของแครกเกอร์

ตารางภาคผนวกที่ 15 การวิเคราะห์ทางสถิติค่าสี L ของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ โดยลดเปอร์เซ็นต์ไขมันจากสูตรโดยน้ำหนัก

L

Duncan[a]

BUTTER	N	Subset for alpha = .05
		1
B	6	60.8367
A	6	61.3717
C	6	62.2183
D	6	62.5200
Sig.		.242

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6.000.

หมายเหตุ : A = ปริมาณไขมันที่ลดลง 100 % โดยน้ำหนัก, B = ปริมาณไขมันที่ลดลง 50 % โดยน้ำหนัก, C = ปริมาณไขมันที่ลดลง 75 % โดยน้ำหนัก, D = ปริมาณไขมันที่ลดลง 0% โดยน้ำหนัก

ตารางภาคผนวกที่ 16 การวิเคราะห์ทางสถิติค่าสี a ของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ โดยลดเปอร์เซ็นต์ไขมันจากสูตรโดยน้ำหนัก

A

Duncan[a]

BUTTER	N	Subset for alpha = .05
		1
C	6	6.4383
D	6	6.6950
B	6	7.7350
A	6	8.1483
Sig.		.208

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6.000.

หมายเหตุ : A = ปริมาณไขมันที่ลดลง 100 % โดยน้ำหนัก, B = ปริมาณไขมันที่ลดลง 50 % โดยน้ำหนัก, C = ปริมาณไขมันที่ลดลง 75 % โดยน้ำหนัก, D = ปริมาณไขมันที่ลดลง 0% โดยน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 17 การวิเคราะห์ทางสถิติค่าสี b ของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ โดยลดเปอร์เซ็นต์ไขมันจากสูตรโดยน้ำหนัก

B

Duncan[a]

BUTTER	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
A	6	21.9833	
B	6	22.2850	
C	6		23.3767
D	6		24.0383
Sig.		.558	.206

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6.000.

หมายเหตุ : A = ปริมาณไขมันที่ลดลง 100 % โดยน้ำหนัก, B = ปริมาณไขมันที่ลดลง 50 % โดยน้ำหนัก, C = ปริมาณไขมันที่ลดลง 75 % โดยน้ำหนัก, D = ปริมาณไขมันที่ลดลง 0% โดยน้ำหนัก

2.3 ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความกรอบ

ตารางภาคผนวกที่ 18 การวิเคราะห์ทางสถิติลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความกรอบของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ โดยลดเปอร์เซ็นต์ไขมันจากสูตรโดยน้ำหนัก

TEXTURE

Duncan[a]

BUTTER	N	Subset for alpha = .05
		1
A	6	5.47800
C	6	8.64867
D	6	11.09200
B	6	11.75150
Sig.		.061

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6.000.

หมายเหตุ : A = ปริมาณไขมันที่ลดลง 100 % โดยน้ำหนัก, B = ปริมาณไขมันที่ลดลง 50 % โดยน้ำหนัก, C = ปริมาณไขมันที่ลดลง 75 % โดยน้ำหนัก, D = ปริมาณไขมันที่ลดลง 0% โดยน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การเปรียบเทียบคุณภาพของแครกเกอร์ข้าวกล้องกับแครกเกอร์เพื่อสุขภาพในท้องตลาด

ตารางภาคผนวกที่ 19 การวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบคุณภาพของแครกเกอร์ข้าวกล้องกับแครกเกอร์เพื่อสุขภาพในท้องตลาด ด้านความกรอบของชิ้นผลิตภัณฑ์

TEXTURE

Duncan[a]

SAMPLE	N	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	4
B	6	8.24517			
A	6	8.99300			
G	6	11.75150			
D	6	12.64450			
C	6		23.07417		
F	6			31.86000	
E	6				51.81383
Sig.		.287	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6.000.

หมายเหตุ : A = แครกเกอร์ตรา Nutri, B = แครกเกอร์ตรา Lotte, C = แครกเกอร์ตรา Kavli, D = แครกเกอร์ตรา Kenji, E = แครกเกอร์ตรา Wasa, F = แครกเกอร์ตรา Lotus, G = แครกเกอร์ข้าวกล้องที่ระดับ 40% และปริมาณไขมันที่ลดลง 50 % โดยน้ำหนัก

ตารางภาคผนวกที่ 20 การวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบคุณภาพของแครกเกอร์ข้าวกล้องกับแครกเกอร์เพื่อสุขภาพในท้องตลาด ด้านความหนาของชิ้นผลิตภัณฑ์

PARTICLE

Duncan[a]

SAMPLE	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
G	6	2.3917		
D	6	2.9833		
B	6		3.9833	
C	6		4.1500	
A	6		4.7000	
F	6			7.5000
E	6			8.0250
Sig.		.142	.093	.191

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6.000.

หมายเหตุ : A = แครกเกอร์ตรา Nutri, B = แครกเกอร์ตรา Lotte, C = แครกเกอร์ตรา Kavli, D = แครกเกอร์ตรา Kenji, E = แครกเกอร์ตรา Wasa, F = แครกเกอร์ตรา Lotus, G = แครกเกอร์ข้าวกล้องที่ระดับ 40% และปริมาณไขมันที่ลดลง 50 % โดยน้ำหนัก

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 21 การวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบคุณภาพของแครกเกอร์ข้าวกล้องกับแครกเกอร์เพื่อสุขภาพในท้องตลาด ด้านน้ำที่อยู่ในอาหารหรือค่า a_w ของชิ้นผลิตภัณฑ์

AW

Duncan[a]

SAMPLE	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
G	2	.27100	
D	2	.47350	.47350
C	2		.50250
E	2		.50800
B	2		.53350
F	2		.54500
A	2		.62550
Sig.		.057	.154

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

หมายเหตุ : A = แครกเกอร์ตรา Nutri, B = แครกเกอร์ตรา Lotte, C = แครกเกอร์ตรา Kavli, D = แครกเกอร์ตรา Kenji, E = แครกเกอร์ตรา Wasa, F = แครกเกอร์ตรา Lotus, G = แครกเกอร์ข้าวกล้องที่ระดับ 40% และปริมาณไขมันที่ลดลง 50 % โดยน้ำหนัก

ตารางภาคผนวกที่ 22 การวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบคุณภาพของแครกเกอร์ข้าวกล้องกับแครกเกอร์เพื่อสุขภาพในท้องตลาด ด้านความชื้นของชิ้นผลิตภัณฑ์

MOISTURE

Duncan[a]

SAMPLE	N	Subset for alpha = .05					
		1	2	3	4	5	6
B	3	1.2333					
A	3		1.9967				
G	3		2.0433				
D	3			3.2167			
F	3				3.8567		
C	3					5.7600	
E	3						9.0833
Sig.		1.000	.660	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

หมายเหตุ : A = แครกเกอร์ตรา Nutri, B = แครกเกอร์ตรา Lotte, C = แครกเกอร์ตรา Kavli, D = แครกเกอร์ตรา Kenji, E = แครกเกอร์ตรา Wasa, F = แครกเกอร์ตรา Lotus, G = แครกเกอร์ข้าวกล้องที่ระดับ 40% และปริมาณไขมันที่ลดลง 50 % โดยน้ำหนัก

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

เครื่องมือ

1. เครื่องวัดค่า Water Activity (Aw) รุ่น Thermoconstanter

1.1 วิธีการ Set-up Calibration

ให้ทำการปรับ Calibration เครื่องโดยให้สังเกตดังนี้

- ให้ปรับ 1 ครั้ง ในตอนเช้าหรือตอนเริ่มต้น แล้วใช้ได้ทั้งวัน
- ถ้าเครื่องทิ้งไว้นานดดยไม่ได้ใช้ ให้ปรับทุกครั้งก่อนที่จะนำเครื่องมาใช้

1.2 วิธีปฏิบัติ

1.) ตลับความชื้นมาตรฐาน (Salt Standard) มาใส่ใน Measuring Chember ให้เริ่มต้นด้วย Salt Standard SAL – 90 (90.1 % ERH)

2.) ปิดฝาครอบให้เรียบร้อย

3.) ให้หมุนปุ่มสีเหลืองตรงด้านหน้าซ้ายมือของเครื่องไปยังหมายเลข 2

4.) รอประมาณ 1 ถึง 2 นาที แล้วค่อยกดปุ่มสีฟ้า Enter ด้านขวามือ กดจนกระทั่งบนจอ (LCD) กระพริบ ถ้าข้อความบนจออ่านว่า NO ก็ให้รอจนกว่า แสดงว่า

CAL

90

บนหน้าจอจะแสดงข้อความว่า พร้อมๆกับกระพริบด้วย

CAL

5.) ให้กดปุ่มสีฟ้า Enter อีกครั้งหนึ่งจนกระทั่งข้อความบนจอหยุดกระพริบ

6.) เครื่องจะทำการ Calibration จนเสร็จสิ้นกระบวนการ

7.) หลังจากเสร็จสิ้นการ Calibration แล้ว เครื่องจะคืนสู่สภาพปรกติคือพร้อมที่จะวัดและแสดงค่า อุณหภูมิ และ % ERH (Aw = ERH/100) ของตัวอย่าง

8.) สำหรับค่าอื่นๆให้ทำการ Calibration ในทำนองเดียวกันกับค่า 90 ดังกล่าวข้างต้น

<u>หมายเหตุ</u>

1.) ต้องใช้ตลับ Salt Standard ให้ตรงกับค่าที่ต้องการ Calibration เท่านั้น มิฉะนั้นแล้วจะเกิดความคลาดเคลื่อนในความแม่นยำของการวัดค่า % ERH

2.) ห้ามกดปุ่มสีฟ้า Enter กว่าจะแน่ใจว่าข้อความที่กำลังกระพริบอยู่บนจอ LCD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

90 75

เป็นค่าที่ต้องการ Calibration เช่น หรือ เป็นต้น

CAL CAL

3.) ให้ทำการ Calibration หลายๆ ค่าในคราวเดียวกันเป็นลำดับ เริ่มต้นด้วยจากค่ามากถึงค่าน้อยอย่างน้อยสองค่าซึ่งสามารถคลุมถึงค่าของ Aw ที่คาดคิดว่าจะเป็น เช่น ถ้าคาดคิดว่าค่า Aw ของผลิตภัณฑ์ที่จะผลิตภัณฑ์ที่จะทำการวัดอยู่ในช่วง 0.6 ถึง 0.7 ให้ทำการ Calibration เริ่มต้นจากค่า 90,75 และ 53 เป็นต้น แต่ถ้าต้องการความแน่นอนและแม่นยำก็ให้ทำการ Calibration โดยเริ่มต้นจากค่า 90, 75 ,53 และ 33 ซึ่งเท่านี้ก็พอเพียงที่จะครอบคลุมได้เกือบทั้งหมด

4.) ให้สังเกตสีของ Salt Standard ที่ค่าต่างๆกัน ในกรณีที่เกิดการผิดพลาดอันเนื่องมาจากการสลับกันของฝาตลับหรือทำฝาตลับหายก็ให้สังเกตง่ายๆดังนี้

SAL – 98	สีส้ม
SAL – 90	สีขาว
SAL – 75	สีม่วง
SAL – 53	สีเขียว
SAL – 33	สีน้ำเงิน
SAL – 11	สีขาว

1.3 วิธีการใช้เครื่องเพื่อทำการวัดสารตัวอย่าง

1.) หมุนปุ่มสีเหลืองของเครื่อง Thermoconstanter ในตำแหน่งที่ (1)

2.) นำตลับพลาสติก (Sample Cup) มาใส่สารตัวอย่างให้ได้ปริมาตรประมาณ 80 – 90 %

3.) นำตลับตัวอย่างมาใส่ไว้ใน Measuring Chamber

4.) ปิดฝาให้เรียบร้อย

5.) Set อุณหภูมิให้ได้ตามที่ต้องการ เช่น ถ้า ถ้าต้องการควบคุมตัวอย่างให้ได้ 25 °C ก็ให้ตั้งปุ่มสีดำตรงขวามือให้ได้หมายเลข 190 เป็นต้น

6.) จากนั้นรอจนกระทั่งอ่านอุณหภูมิได้ตามที่ตั้งไว้ และ Relative Humideity ของอากาศที่วัดได้อยู่ในสภาวะที่สมดุลย์ (Equilibrium) กับสารตัวอย่าง สภาวะนี้เราเรียกว่า Equilibrirum Relative Humidity (ERH) เมื่อหารด้วย 100 ก็จะได้ค่า Water Activity (Aw) ตามที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer)

2.1 การ Calibration เครื่อง

1.) ทำการเปิดเครื่องคอมพิวเตอร์ และเครื่องวัดเนื้อสัมผัส

2.) เปิดโปรแกรม Texture in English เลือกเมนู Calibration แล้วเลือก Calibration Force นำน้ำหนัก 5 กิโลกรัมมาวางบนแท่นแล้วกด Enter รอจนหน้าจอคอมพิวเตอร์ แสดงว่า Calibration สมบรูณ์ก็กดปุ่ม OK แล้วนำน้ำหนัก 5 กิโลกรัมออก ซึ่งถือว่า Calibration Force เสร็จสมบรูณ์

3.) ต่อหัววัดเนื้อสัมผัส P 0.25s และวางฐานที่ใช้สำหรับการกดทะลุได้

2.2 การ Set โปรแกรมวัดความกรอบของตัวอย่าง

1.) หลังจาก Calibration Force แล้ว ให้เลือก TA Seting ที่ปุ่มเมนูเพื่อทำการปลี่ยนค่าต่างๆ ของการวัดให้เป็นการวัดความกรอบของอาหารซึ่งมีค่าดังนี้

Option	Measure Force in Compression
Pre- Test Speed	1.0 mm/s
Test Speed	1.0 mm/s
Post – Test Speed	10.0 mm/s
Distance	3 mm
Trigger type	Auto – 5 g
Data Acquisition reat	200 pps

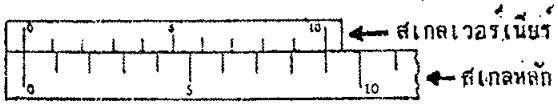
แล้วทำการกดปุ่ม Update เพื่อทำการเปลี่ยนแปลงในโปรแกรมเพื่อทำพร้อมที่จะทำการวัดความกรอบ

3. เวอร์เนียร์คาลิเปอร์ (Vernier Calipers)

3.1 <u>หลักการสร้างสเกลเวอร์เนียร์</u>

สเกลเวอร์เนียร์เป็นสเกลที่สร้างขึ้น ให้มีระยะห่างของสเกลต่างจากสเกลหลักโดยมีความสัมพันธ์ต่อกันง่ายๆ ดังตัวอย่างในรูปที่ 1 สเกลเวอร์เนียร์ 10 ช่อง เท่ากับสเกลหลัก 9 ช่อง ดังนั้นแต่ละช่องของสเกลเวอร์เนียร์จะสั้นกว่าแต่ละช่องของสเกลหลักเป็นระยะ 1/10 ของ 1 ช่อง ของสเกลหลัก จากรูปที่ 1 ขีดศูนย์ของสเกลหลักและของสเกลเวอร์เนียร์อยู่ตรงกัน ขีดแรกของสเกลเวอร์เนียร์อยู่ตรงกัน ขีดแรกของสเกลเวอร์เนียร์จะสั้นกว่าขีดแรกของสเกลหลัก 1/10 ของ 1 ช่องของสเกลหลัก ขีดที่สองของสเกลเวอร์เนียรีจะสั้นกว่าขีดที่สองของสเกลหลัก 2/10 ของระยะ 1 ช่องของสเกลหลัก ขีดที่ 10 ของสเกลเวอร์เนียร์ จะสั้นกว่าขีดที่ 10 ของสเกลหลัก 10/10 = 1 ช่องของระยะสเกลหลัก นั่นคือขีดบนสเกลเวอร์เนียร์จะตรงกับขีดบนสเกลหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



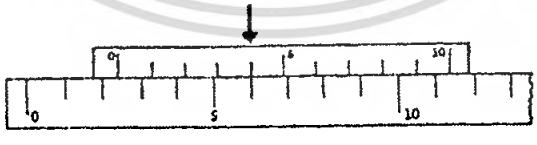
รูปที่ 1 แสดงสเกลเวอร์เนียร์

3.2 <u>หลักการอ่านสเกลเวอร์เนียร์</u>

ถ้าเลื่อนสเกลเวอร์เนียร์ไปทางขวาจนกระทั่งที่ตำแหน่งขีดที่ 6 ของสเกลเวอร์เนียร์ตรงกับขีดบนสเกลหลัก ดังแสดงในรูป 2 สเกลเวอร์เนียร์เลื่อนไป 6/10 ของระยะช่องในสเกลหลักไปทางขวาของขีดศูนย์ของสเกลหลัก สเกลเวอร์เนียร์จะบอกค่าเศษของระยะแบ่งบนสเกลหลัก ที่ขีดศูนย์ของสเกลเวอร์เนียร์เลื่อนไปจากขีดศูนย์บนสเกลหลัก นั่นคือรูปที่ 2 จะอ่านได้ 0.6 หน่วยของสเกลหลัก

รูปที่ 2 แสดงสเกลเวอร์เนียร์เลื่อนไป 6/10 ของระยะช่องในสเกลหลักไปทางขวาของขีดศูนย์ของสเกลหลัก

ตามรูปที่ 3 ขีดศูนย์ของสเกลเวอร์เนียร์อยู่ทางขวาของขีดที่ 2 ของสเกลหลักและขีดที่ 4 ของสเกลเวอร์เนียร์ตรงกับขีดของสเกลหลัก จะอ่านค่าได้โดยตรงจากสเกลหลัก 2.0 ส่วนเศษที่เหลือให้อ่านจากสเกลเวอร์เนียร์ ซึ่งอ่านเศษได้ระยะ 0.4 (เพราะตรงกับขีดที่ 4 ของสเกลเวอร์เนียร์) ระยะที่อ่านได้จริงๆทั้งหมด = 2.0 + 0.4 หน่วยของสเกลหลัก



รูปที่ 3 แสดงขีดศูนย์ของสเกลเวอร์เนียร์อยู่ทางขวาของขีดที่ 2 ของสเกลหลักและขีดที่ 4 ของสเกลเวอร์เนียร์ตรงกับขีดของสเกลหลัก

แม้อุปกรณ์หลายชนิดมีสเกลเวอร์เนียร์ขนาดต่างๆ กันประกอบร่วม แต่หลักการสำคัญจะเหมือนกัน กล่าวโดยสรุป หลักการทั่วไปในการสร้างสเกลเวอร์เนียร์ให้มี n ช่องบนสเกลเวอร์เนียร์เท่ากับความยาวบนสเกลหลัก n-1 ช่อง จะได้ความสัมพันธ์

$$nV = (n-1)S \qquad \text{..... (1)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ n เป็นจำนวนช่องบนสเกลเวอร์เนียร์ V เป็นระยะ 1 ช่องของเวอร์เนียร์ S เป็นระยะ 1 ช่องของสเกลหลัก คือ

$$n (S-V) = S \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

หรือ

$$S - V = (S/N) \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

S/n เป็นค่าละเอียดที่สุด (least count) ที่อ่านได้โดยตรงจากเวอร์เนียร์

จากสมการที่ (3) ค่าละเอียดที่สุดของเวอร์เนียร์ S/n มีค่าเท่ากับผลต่างของขนาดความแตกต่างของระยะหนึ่งช่องของสเกลหลักและหนึ่งช่องของสเกลเวอร์เนียร์คือ (S-V) นี่เป็นเวอร์เนียร์แบบที่สร้างขึ้นโดยเอาสเกลหลัก (n-1) ช่องมาแบ่งเป็นสเกลเวอร์เนียร์ n ช่อง จะเห็นว่าความละเอียดจะขึ้นกับค่า n เวอร์เนียร์ที่ละเอียดมากขึ้นจะมีความยาวของสเกลเวอร์เนียร์ยาวขึ้นตามสมการที่ (1),(2) หรือ (3) ที่กล่าวมาข้างต้น

เวอร์เนียร์ที่ละเอียดมากโดยหลักการอาจสร้างขึ้นโดยความสัมพันธ์ของ S และ V ที่ต่างไปจากสมการที่ (3) เช่นในรูปที่ 4 แสดงรูปเวอร์เนียร์ที่มีขนาดของ V ยาวกว่า S จำนวนช่องบนสเกลเวอร์เนียร์มี n = 20 ช่อง จะเห็นว่าสเกลเวอร์เนียร์ได้จากการเอา 39 ช่องสเกลหลักมาแบ่งเป็น 20 ช่องสเกลเวอร์เนียร์ ความสัมพันธ์ของ S และ V เป็น

$$20 V = 39 S \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

$$20 V = [\, 2(20) - 1 \,] S$$

$$20 V = 2 (20) S - S$$

$$2(20)S - 20V = S$$

$$20 (2S - V) = S$$

$$2S - V = (S/20)$$

<u>สรุป</u> โดยกรณีทั่วไป เราสามารถสร้างเวอร์เนียร์ละเอียดเท่าไรก็ได้ และความสัมพันธ์ทั่วไปของ S และ V อาจเขียนได้ดังนี้

$$(mS - V) = (S / n) \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots (5)$$

เมื่อ m =1,2,3,....

และ n เป็นจำนวนช่องของสเกลเวอร์เนียร์ ที่สร้างจากการเอาสเกลหลัก (mn-1) ช่องมาแบ่ง ดังสมการที่ (4) จากสมการที่ (3) และ (5) จะเห็นว่า สมการที่ (3) เป็นกรณีพิเศษของสมการที่ (5) นั่นคือ m = 1 ค่า S/n คือค่าละเอียดที่สุดของสเกลเวอร์เนียร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4 แสดงสเกลเวอร์เนียร์ n = 20, S = 1 มม.

รูปที่ 5 แสดง ค่าจากสเกลหลัก + ค่าจากสเกลเวอร์เนียร์

จากรูปที่ 4 สเกลเวอร์เนียร์ n = 20, S = 1 มม. ค่าละเอียดที่สุด S/n = 1/20 มม. หรือ 0.05 มม. ค่าที่อ่านได้จากการวัดตามรูปที่ 5 คือ ค่าจากสเกลหลัก + ค่าจากสเกลเวอร์เนียร์

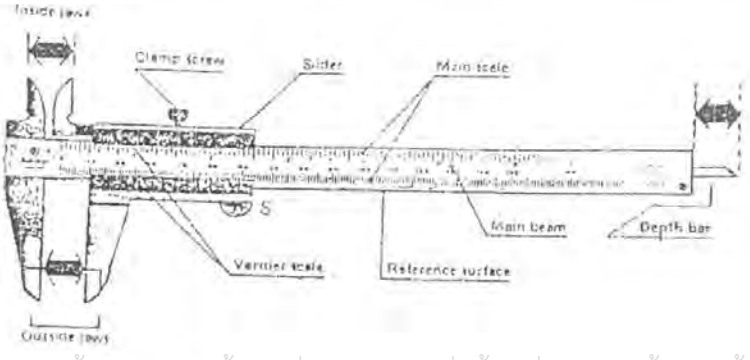
= 9.0 มม. + 3 × (0.05 มม.)

= 9.15 มม.

3.3 เวอร์เนียร์คาลิเปอร์

เพื่อความสะดวกในการยึดวัตถุที่ต้องการวัดจึงใช้คาลิเปอร์ (calipers) ซึ่งมีลักษณะเหมือนเขี้ยว (jaws) เป็นคู่ ใช้ยึดวัตถุที่ต้องการวัดขนาดในหน่วยความยาว เราเรียกอุปกรณ์ที่มีส่วนของคาลิเปอร์และเวอร์เนียร์ว่า เวอร์เนียร์คาลิเปอร์ ดังรูปที่ 6

สเกลชุดบนและชุดล่าง สามารถใช้วัดได้ทั้งขนาดวัตถุภายนอก ขนาดวัตถุภายใน ความลึก และขนาดของวัตถุที่มีลักษณะเป็นขั้นบันได เมื่อเขี้ยวของคาลิเปอร์ชิดกัน ขีดศูนย์ของสเกลเวอร์เนียร์จะตรงกับขีดศูนย์ของสเกลหลักดังรูป 1 เมื่อคลายเกลียวยึด (clamp screw) จะใช้ปุ่ม S เลื่อนเขี้ยวของคาลิเปอร์แยกออกจากกันทำให้สเกลเวอร์เนียร์เลื่อนออกไปจากขีดศูนย์ของสเกลหลัก



รูปที่ 6 แสดงเวอร์เนียร์คาลิเปอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีใช้ 1. หาค่าละเอียดที่สุดของเวอร์เนียร์

2. วางวัตถุที่ต้องการวัดให้เหมาะสม เช่น วางวัตถุที่ต้องการวัดขนาดภายนอกระหว่างเขี้ยวนอก (outside jaws) ใส่เขี้ยวใน (inside jaws) ระหว่างผิวในทั้งสองของวัตถุที่ต้องการวัดขนาดภายใน

3. อ่านค่าจากสเกลหลักที่อยู่หน้าขีดศูนย์ของสเกลเวอร์เนียร์

4. ดูว่าขีดใดของสเกลเวอร์เนียร์ตรงกับขีดใดบนสเกลหลัก

5. เอาจำนวนช่องของสเกลเวอร์เนียร์ที่อยู่หน้าขีดนั้นคูณกับค่าละเอียดที่สุดในข้อ 1 เอาค่าที่ได้ (ซึ่งคือเศษของสเกลหลัก) บวกกับค่าที่ได้ในข้อ 3

4. **เครื่อง Halogen Moisture Analyzer (Metter Toledo HR73)**

การหาความชื้นโดยวิธี Halogen drying เป็นวิธีการหาความชื้นเช่นเดียวกับ Moisture Balance Method แต่มีการพัฒนาที่สูงกว่า โดย halogen เป็นแหล่งของรังสี และสามารถใช้หาความชื้นของตัวอย่างอาหารได้มากชนิดกว่า Infra Red Drying และจำนวนตัวอย่างที่ใช้จะให้ปริมาณที่น้อยกว่าปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรมอาหารต่าง ๆ จึงหันมานิยมใช้วิธีการหาความชื้นประเภทนี้

วิธีปฏิบัติ

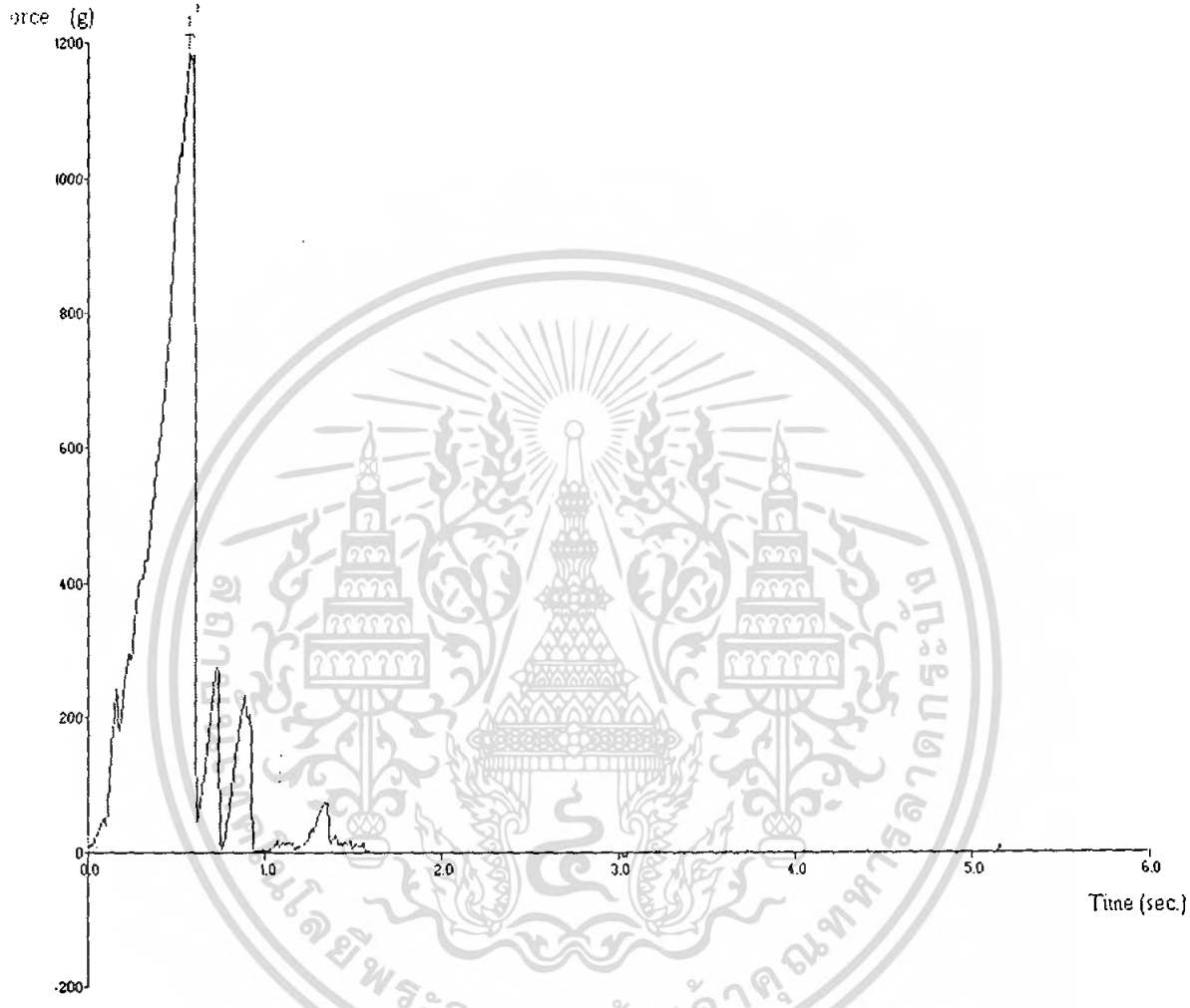
1. อบจานอลูมิเนียม ที่อุณหภูมิ 130 °ซ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ในตู้อบแห้ง ทำให้เย็นในโถแก้วดูดความชื้น
2. ชั่งน้ำหนักของจานอลูมิเนียมในเครื่อง Halogen Moisture Analyzer (Metter Toledo HR73)
3. ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 4.5 กรัม
4. ตั้งโปรแกรมการใช้งานและโปรแกรมการพิมพ์ข้อมูล
   4.1. ตั้ง Temperature program แบบ step
   4.2. ตั้ง Drying temperature ที่ temp1 = 170 C เวลา 2 นาที, temp2 = 130 C เวลา 2 นาที
   4.3. ตั้ง Measurement time = 11 นาที
   4.4. ตั้ง Selecting the display mode แบบ Moisture content
5. กดปุ่ม start เครื่องจะเริ่มทำงาน รอจนกระทั่งจานอลูมิเนียมที่ใส่ตัวอย่างเลื่อนตัวออกด้านนอกเครื่อง ซึ่งเครื่องจะสิ้นสุดการทำงานและเป็นการสิ้นสุดการหาความชื้น

รูปที่ 7 แสดงเครื่อง Halogen Moisture Analyzer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

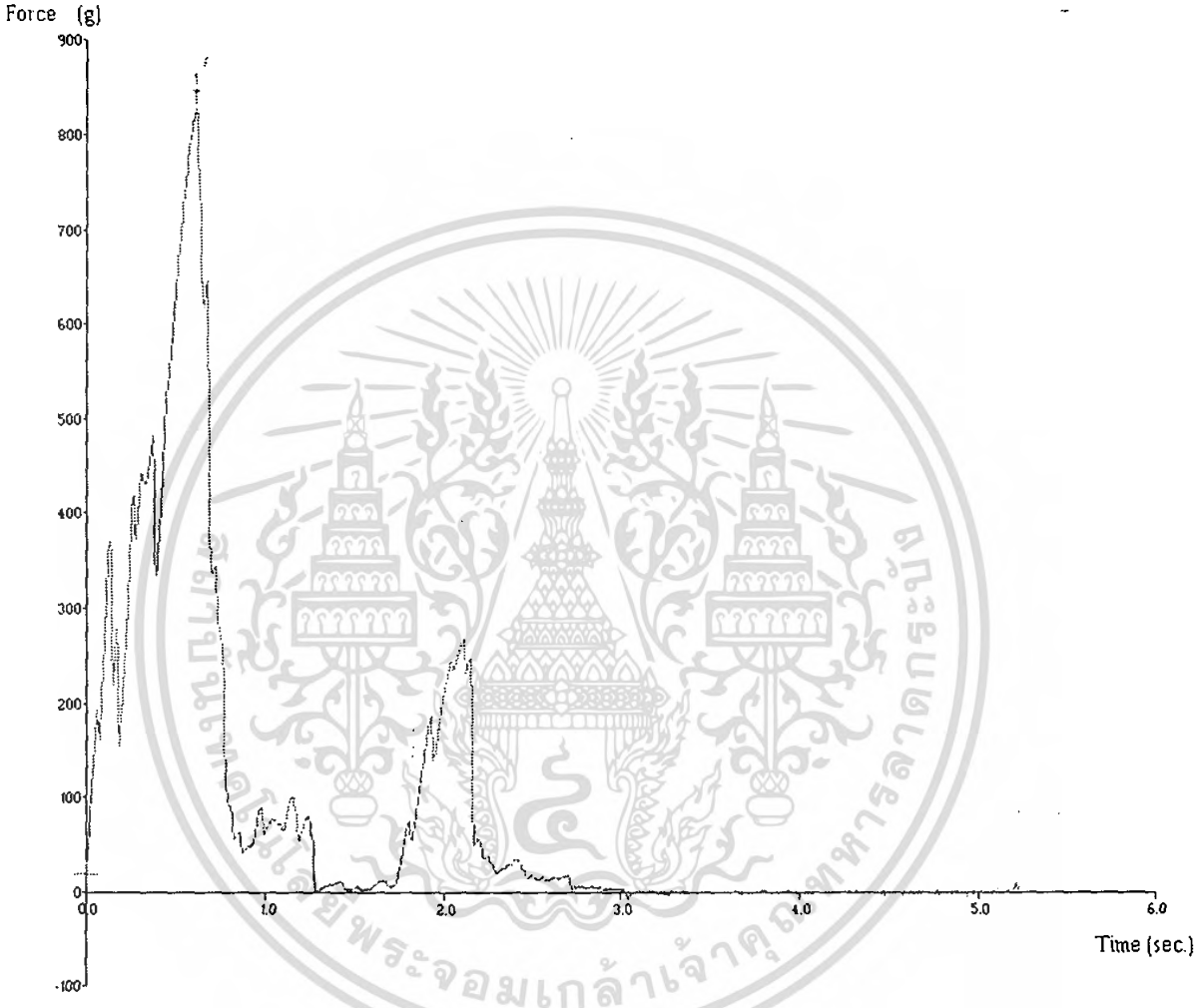
ภาคผนวก ค.

กราฟลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความกรอบ



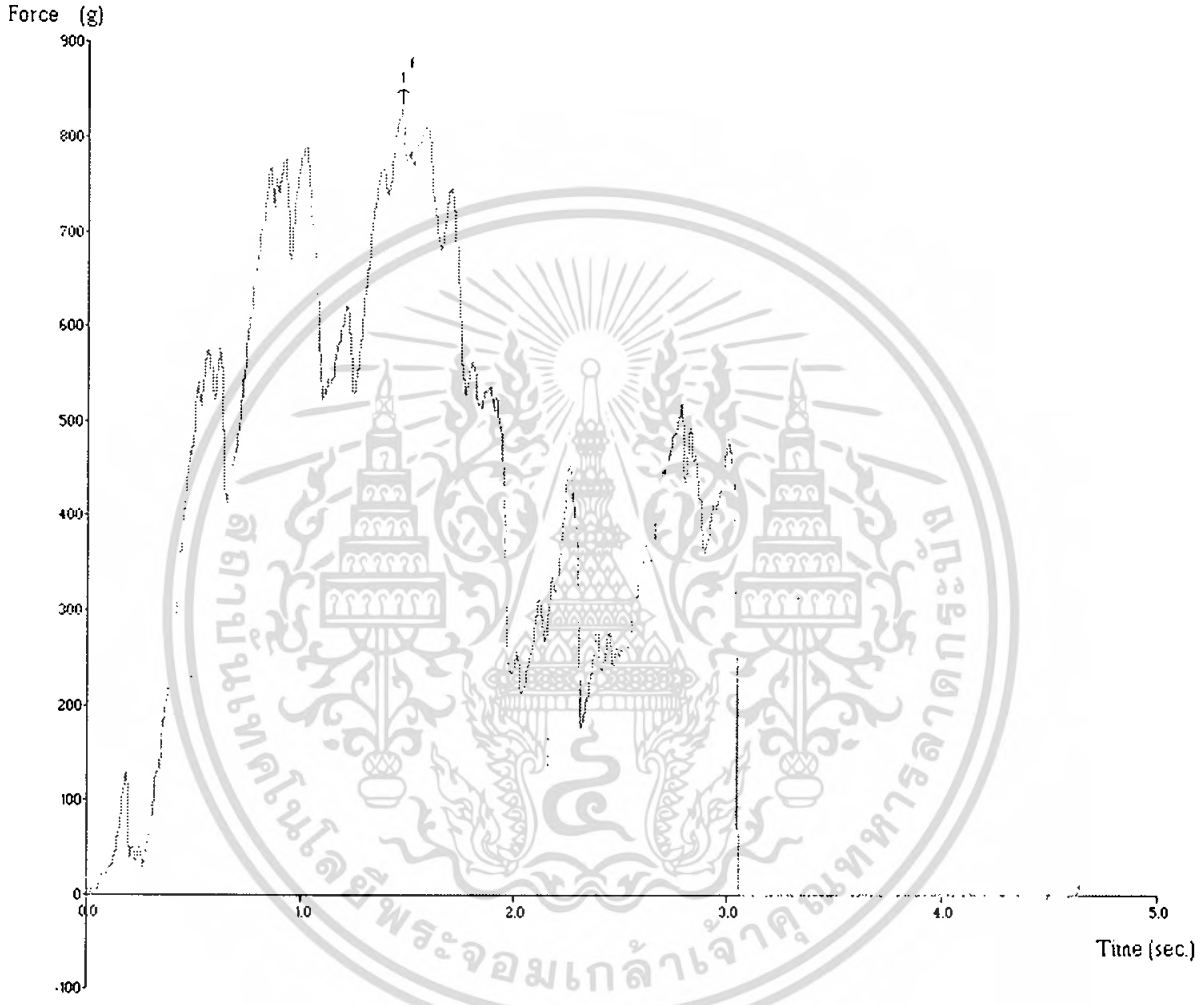
รูปที่ 8 กราฟแสดงค่าความกรอบของตัวอย่าง แครกเกอร์ข้าวกล้องที่ระดับ 40% และปริมาณไขมันที่ลดลง 50 % โดยน้ำหนัก ที่อ่านได้จำนวน peak ของแรงที่กดลงบนตัวอย่างโดยใช้หัววัดแบบ P 0.25s ด้วยเครื่อง TA.XT2 Texture Analyzer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



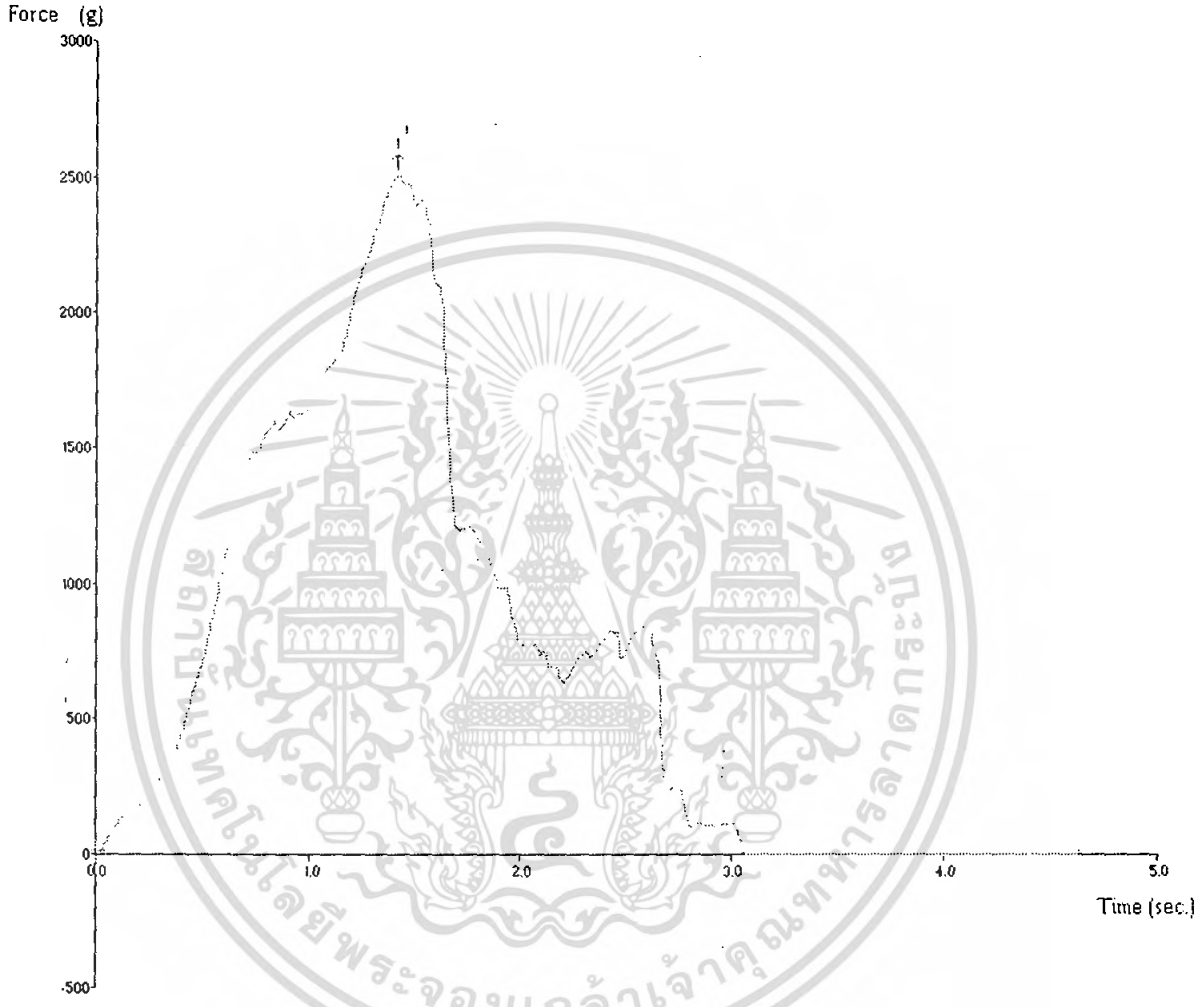
รูปที่ 9 กราฟแสดงค่าความกรอบของตัวอย่าง แครกเกอร์ตรา Nutri ที่อ่านได้จำนวน peak ของแรงที่กดลงบนตัวอย่างโดยใช้หัววัดแบบ P 0.25s ด้วยเครื่อง TA.XT2 Texture Analyzer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



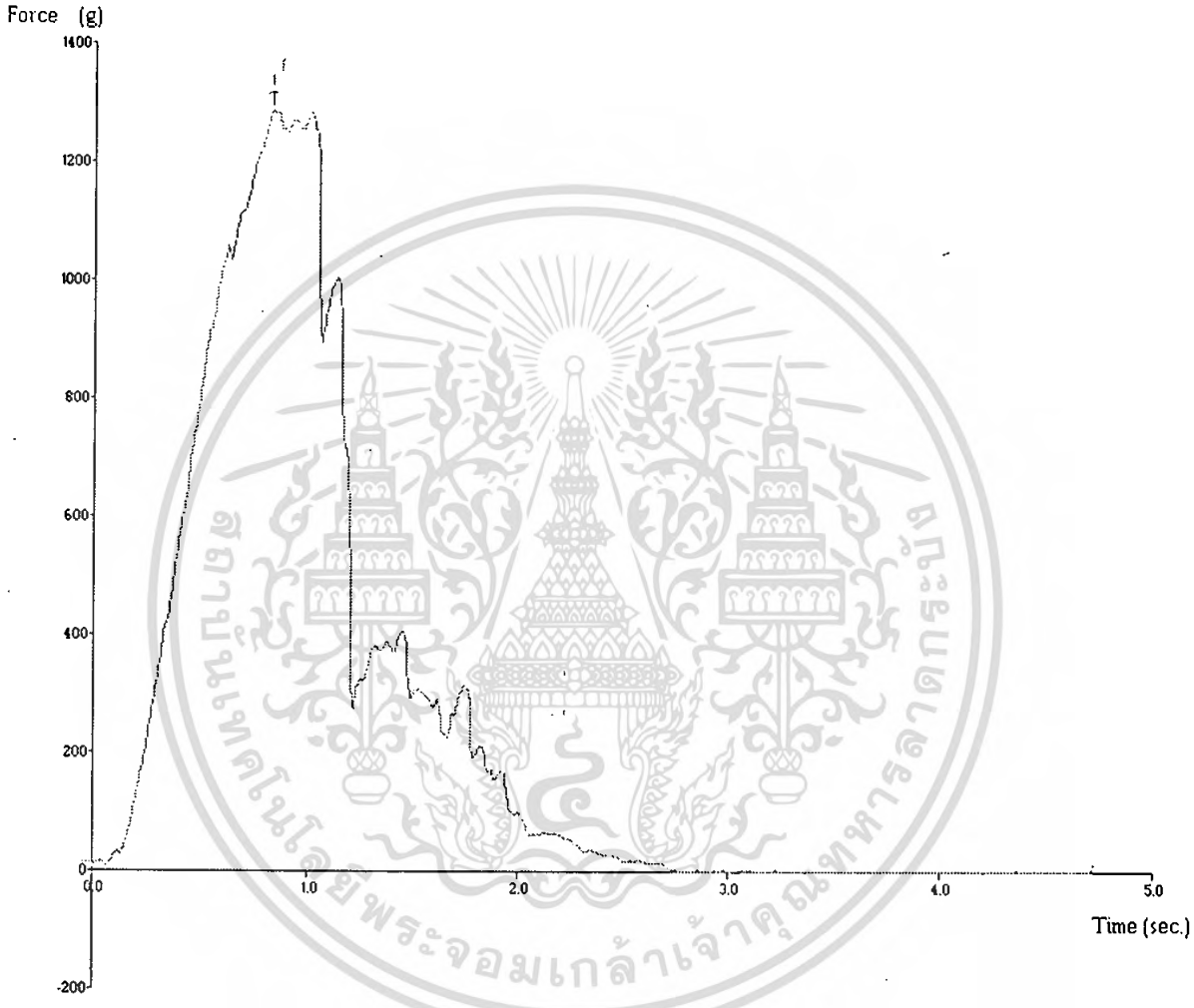
รูปที่ 10 กราฟแสดงค่าความกรอบของตัวอย่าง แครกเกอร์ตรา Lotte ที่อ่านได้จำนวน peak ของแรงที่กดลงบนตัวอย่างโดยใช้หัววัดแบบ P 0.25s ด้วยเครื่อง TA.XT2 Texture Analyzer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



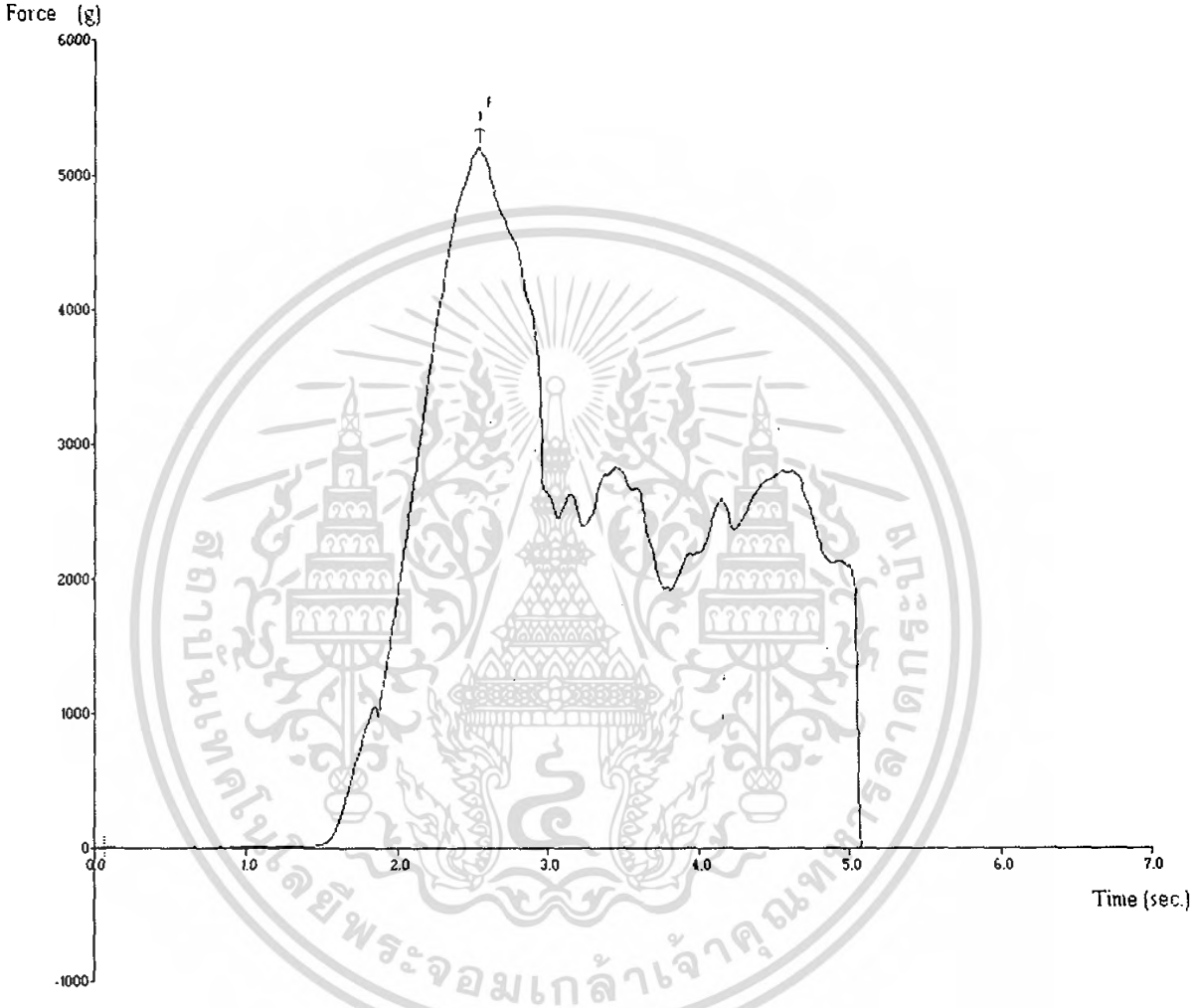
รูปที่ 11 กราฟแสดงค่าความกรอบของตัวอย่าง แครกเกอร์ตรา Kavli ที่อ่านได้จำนวน peak ของแรงที่กดลงบนตัวอย่างโดยใช้หัววัดแบบ P 0.25s ด้วยเครื่อง TA.XT2 Texture Analyzer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



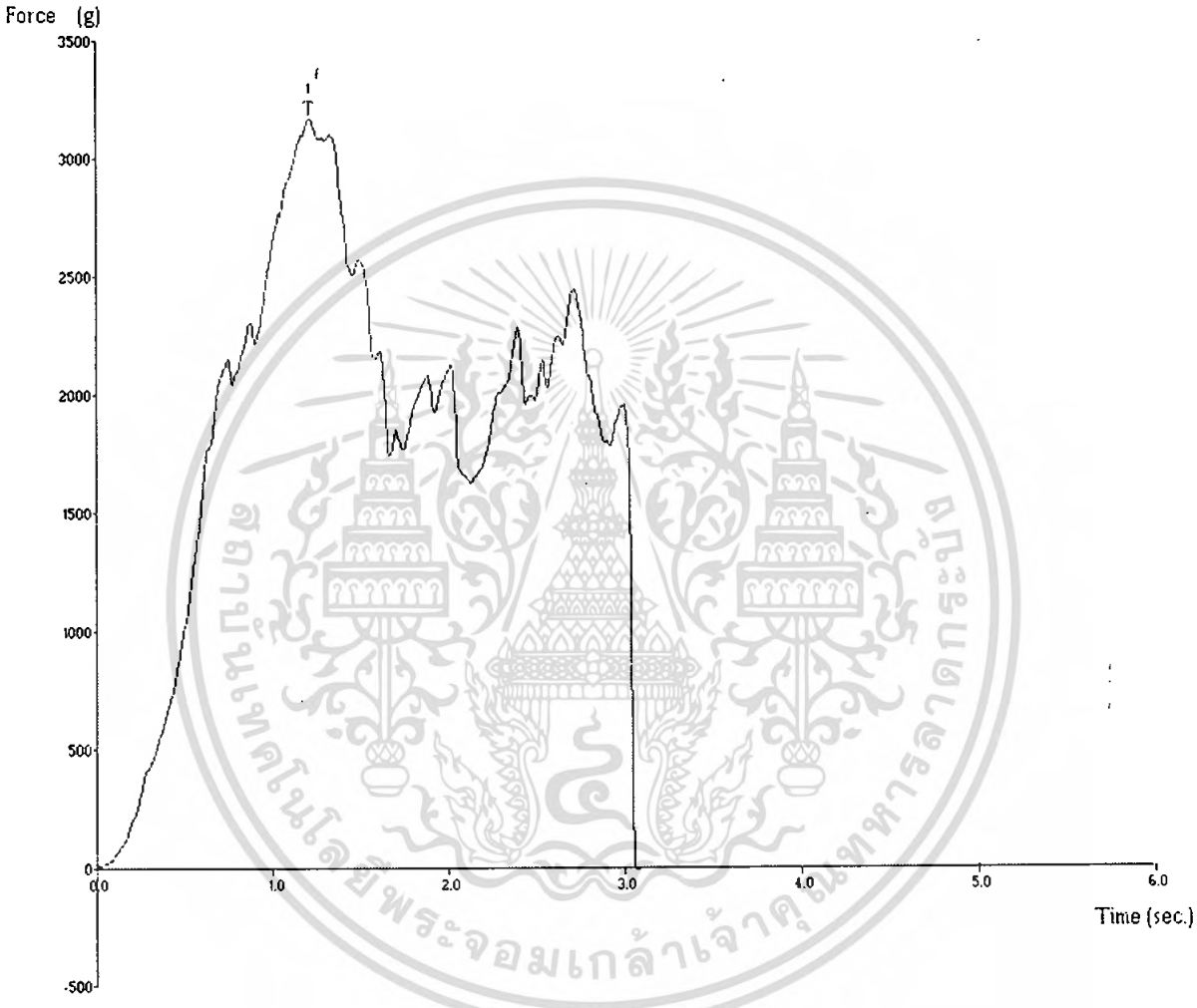
รูปที่ 12 กราฟแสดงค่าความกรอบของตัวอย่าง แครกเกอร์ตรา Kenji ที่อ่านได้จำนวน peak ของแรงที่กดลงบนตัวอย่างโดยใช้หัววัดแบบ P 0.25s ด้วยเครื่อง TA.XT2 Texture Analyzer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 13 กราฟแสดงค่าความกรอบของตัวอย่าง แครกเกอร์ตรา Wasa ที่อ่านได้จำนวน peak **ของ** แรงที่กดลงบนตัวอย่างโดยใช้หัววัดแบบ P 0.25s ด้วยเครื่อง TA.XT2 Texture Analyzer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

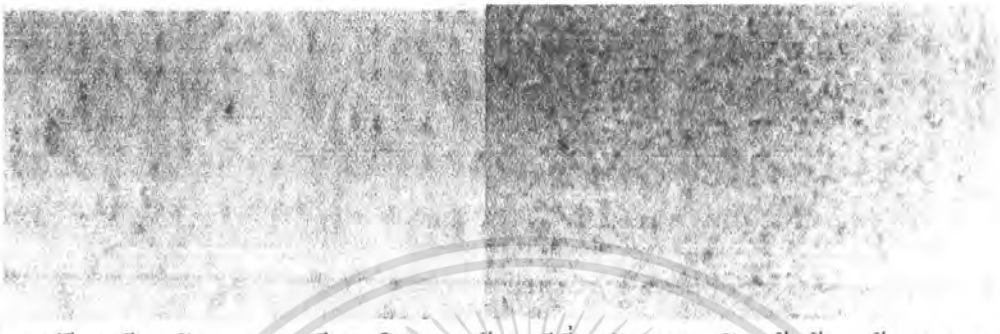


รูปที่ 14 กราฟแสดงค่าความกรอบของตัวอย่าง แครกเกอร์ตรา Lotus ที่อ่านได้จำนวน peak ของแรงที่กดลงบนตัวอย่างโดยใช้หัววัดแบบ P 0.25s ด้วยเครื่อง TA.XT2 Texture Analyzer

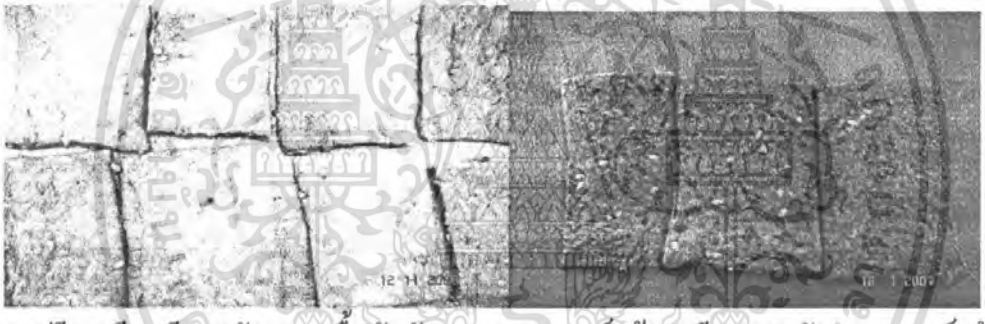
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

รูปลักษณะทางกายภาพของผลิตแครกเกอร์



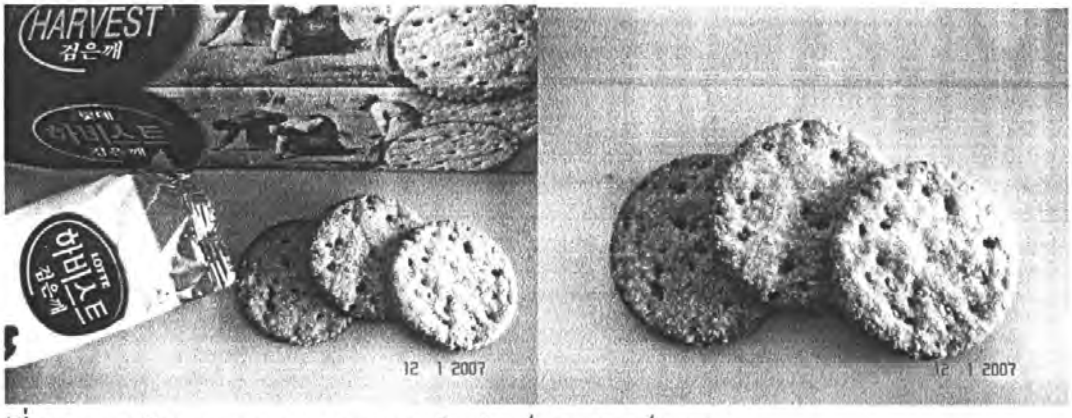
รูปที่ 15 เปรียบเทียบลักษณะและสีของโดของแป้งสาลีที่ระดับ 100%กับแป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 50 % โดยลดปริมาณไขมันจากสูตร 50 % โดยน้ำหนัก



รูปที่ 16 เปรียบเทียบสีและลักษณะเนื้อสัมผัสของแครกเกอร์แป้งสาลี 100% กับแครกเกอร์แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 50 % โดยลดปริมาณไขมันจากสูตร 50 % โดยน้ำหนัก เมื่ออบเสร็จ

รูปที่ 17 แสดงลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ตรา Nutri

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

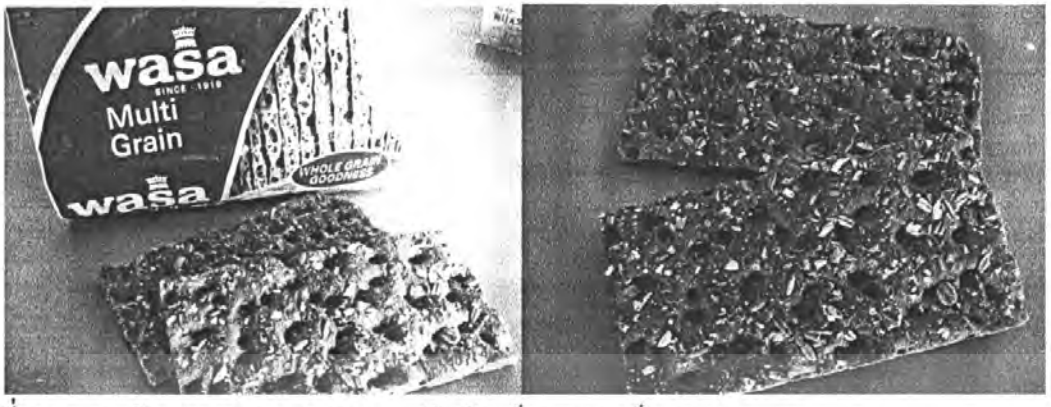


รูปที่ 18 แสดงลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ตรา Lotte

รูปที่ 19 แสดงลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ตรา Kavli

รูปที่ 20 แสดงลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ตรา Kenji

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 21 แสดงลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ตรา Wasa

รูปที่ 22 แสดงลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ตรา Lotus

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

แบบรายงานผลการทดสอบวิธี Hedonic Scaling

ผู้ทดสอบ..... วันที่...../...../.....

คำแนะนำ

กรุณาชิมตัวอย่างของผลิตภัณฑ์และให้คะแนนตามการยอมรับของท่านต่อคุณลักษณะด้าน สี กลิ่น ความกรอบ รสชาติ และการยอมรับโดยรวมของตัวอย่าง โดยเกณฑ์การให้คะแนนมีดังนี้

ชอบมาก	เท่ากับ 5 คะแนน
ชอบ	เท่ากับ 4 คะแนน
เฉย ๆ	เท่ากับ 3 คะแนน
ไม่ชอบ	เท่ากับ 2 คะแนน
ไม่ชอบมาก	เท่ากับ 1 คะแนน

รหัสตัวอย่าง				
สี				
กลิ่น				
ความกรอบ				
รสชาติ				
การยอมรับโดยรวม				

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นาย อนันตพร ทิพย์มงคลเจริญ เกิดเมื่อวันที่ 24 กันยายน พ.ศ. 2527 ที่จังหวัดฉะเชิงเทรา สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนเบญจมราชรังสฤษฎิ์ ฉะเชิงเทรา ปีการศึกษา 2545 และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิตจาก สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2549 ปัจจุบันอาศัยอยู่ที่ 28 ม.10 ต. บางแก้ว อ. เมือง จ. ฉะเชิงเทรา 24000 (086-6085-187)

นางสาว กมลรัตน์ เรืองฤทธิ์ เกิดเมื่อวันที่ 5 มีนาคม พ.ศ. 2527 ที่จังหวัดนครนายก สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนมหาวชิราวุธสงขลา ปีการศึกษา 2545 และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิตจาก สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2549 ปัจจุบันอาศัยอยู่ที่ 1/42 ถ. ริมทะเล ต. บ่อยาง อ. เมือง จ. สงขลา 90000 (086-5525-747)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้