

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
การวิเคราะห์ห้องค์ประกอบทางเคมี

ก.1 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้นและของแข็งรวม (Moisture and total solids) (AOAC. 2000)

โดยทำการอบ moisture can พร้อมฝาในตู้อบอุณหภูมิ 100-102 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที นำมาใส่ desiccator ให้เย็นลง ชั่งจานและฝาโดยใช้เครื่องชั่งชนิดละเอียดถึงหน่วยมิลลิกรัม นำตัวอย่างอาหารใส่ moisture can ประมาณ 3-5 กรัม แล้วปิดฝา นำไปชั่งน้ำหนักอย่างรวดเร็วพร้อมฝา ให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอน หลังจากนั้นนำ moisture can ไปใส่ในตู้อบ (เปิดฝา) อบที่อุณหภูมิ 102±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หรือจนน้ำหนักคงที่ เอา moisture can ออกจากตู้อบ (ปิดฝา) และวางให้เย็นใน desiccator เมื่อเย็นแล้วนำไปชั่งน้ำหนักและคำนวณหาปริมาณความชื้นและของแข็งรวม

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}} \times 100$$

ก.2 การหาวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนหรือโปรตีนวิธีเจลดาลท์ (Total nitrogen and crude protein : Kjeldahl method) (AOAC. 2000)

ใส่วัสดุควบคุมการเดือด 2-3 ชิ้น ในหลอดเจลดาลท์ ใส่ K_2SO_4 3.0 กรัม แล้วชั่งตัวอย่าง 0.3-0.4 กรัม ใส่ในหลอดเจลดาลท์ เติม $CuSO_4$ 0.13 กรัม แล้วเติม H_2SO_4 เข้มข้น 6.0 มิลลิลิตร ลงในหลอดเขย่าเบา ๆ เพื่อผสม จากนั้นใส่หลอดเจลดาลท์ในช่องเครื่องย่อยซึ่งมีเตาไฟฟ้าต้มนาน 20 นาที แล้วทำการย่อยต่อ 90 นาที จากนั้นตั้งทิ้งไว้ให้เย็น นำหลอดเจลดาลท์ ที่ย่อยแล้วไปเติมน้ำกลั่น 18 มิลลิลิตร (ปริมาตรประมาณ 3 เท่า ของกรดที่ย่อยเพื่อทำการเจือจางกรด) แล้วนำไปใส่ในช่องกลั่นของเครื่องกลั่นอัตโนมัติ กดปุ่มสารละลาย NaOH เข้มข้น 35 % w/v ให้ไหลลงผสมกับสารในหลอดเจลดาลท์ ในปริมาตรต่าง 5 เท่า (30 มิลลิลิตร) ของ H_2SO_4 ที่ใช้อยู่ ตรวจสอบ H_2BO_3 อิมตัวปริมาตร 10 มิลลิลิตรใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 500 มิลลิลิตร เติม mix indicator 3 หยด นำไปวางตำแหน่งสิ่งที่กลั่นได้ จากนั้นนำสารที่กลั่นได้ไตเตรทกับสารละลาย HCL เข้มข้น 0.2 N จนถึงจุดสมมูลแล้วบันทึกผล

$$\% \text{ Nitrogen} = \frac{(\text{มล. HCL} - \text{มล. Blank}) \times (\text{Normality ของ HCL} \times 14.007)}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (mg)}} \times 100$$

$$\% \text{ Protein} = \% \text{ Nitrogen} \times \text{conversion factor}$$

ก.3 การหาปริมาณไขมันด้วยวิธีซอกท์เลท (Extractable lipid : Soxhlet method) (AOAC. 2000)

ซึ่งตัวอย่างประมาณ 3 กรัม วางบนกระดาษกรองและห่อลงใส่ใน extraction thimble และทำการสวม adapter นำเข้าเครื่องวิเคราะห์ไขมัน ซึ่งปิกเกอร์ประจำเครื่องให้น้ำหนักที่แน่นอนละเอียดถึงหน่วยมิลลิกรัม แล้วใส่ตัวทำละลายคือ petroleum ether ใส่ลงในปิกเกอร์ 100 มิลลิตรใส่ thimble บรรจุตัวอย่างลงในหลอดซอกท์เลทปรับอัตราการไหลของน้ำผ่านเครื่องสกัดให้เหมาะสมกับระบบ reflux ด้วยระบบ steam bath เป็นเวลา 90 นาที หลังจากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้นและชั่งหาน้ำหนักไขมันที่ได้

$$\% \text{ Fat} = \frac{\text{น้ำหนักปิกเกอร์ที่มีไขมัน (กรัม)} - \text{น้ำหนักปิกเกอร์ที่ปราศจากไขมัน (กรัม)}}{\text{น้ำหนักอาหารก่อนทำแห้ง (กรัม)}} \times 100$$

ก.4 การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (Dry ashing) (AOAC. 2000)

เผาด้วย crucible เป่าในเตา muffle furnace ที่ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นนำถ้วย crucible ออกมาทำให้เย็นใน desiccator ประมาณ 1 ชั่วโมง จนเย็นถึงอุณหภูมิห้อง ซึ่งถ้วย crucible ให้ละเอียดถึงหน่วยมิลลิกรัม ซึ่งตัวอย่างอาหารประมาณ 5 กรัมลงในถ้วย crucible ถ้าตัวอย่างอาหารเป็นของเหลวให้ระเหยของเหลวบน steam bath เพื่อป้องกันการระเหยออกในขั้นตอนเผาให้เป็นถ่านสีดำวางถ้วย crucible บนเตาไฟฟ้าในตู้คว้น เพิ่มอุณหภูมิทีละน้อยจนควันหมดไป ตัวอย่างอาหารเปลี่ยนเป็นถ่านสีดำ ใส่ถ้วย crucible ในเตา muffle furnace โดยพยายามวางตรงกลางเตาแล้วปรับอุณหภูมิที่ 420-550 องศาเซลเซียส ใช้เวลาตลอดคืน (หรืออย่างน้อย 16 ชั่วโมง) เอาถ้วย crucible ออกจากเตา muffle furnace ถ้าได้เถ้าเป็นสีขาวให้นำไปทำให้เย็นใน desiccator แต่ถ้ายังมีส่วนสีดำปนอยู่ในเถ้าให้นำไปทำให้เย็นใน desiccator แล้วเติมน้ำกลั่น 1.0-2.0 มิลลิกรัม ใช้แท่งแก้วคนหรือช้อนให้เถ้ากระจายตัวออก ล้างเถ้าในแท่งแก้วให้หมด แล้วนำไปอบไล่ไอน้ำเมื่อแห้งให้นำไปเข้าเตา muffle furnace อีก 24 ชั่วโมง ทำให้เย็นใน desiccator ที่อุณหภูมิห้อง แล้วชั่งหาน้ำหนักละเอียดถึงหน่วยมิลลิกรัม เพื่อหาน้ำหนักเถ้า

$$\% \text{ เถ้า} = \frac{\text{น้ำหนักเถ้า}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้}} \times 100$$

ก.5 การวิเคราะห์หา Reducing sugar ตัดแปลงจากวิธีของ Somogyi และ Nelson (1952 : ไม่มีเลขหน้า) ; อ้างอิงมาจาก สุพัตรา เลิศวณิชย์วัฒนา (2546 : 93-94)

ชั่งตัวอย่างมา 1 กรัม ผสมกับน้ำกลั่นปริมาตร 10 มิลลิลิตร เขย่าด้วย vortex และนำไป centrifuge ที่ 6000 rpm เป็นเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส กรองด้วยกระดาษเบอร์ 4 จากนั้นดูดสารตัวอย่างเข้าขวดที่ได้มา 1 มิลลิลิตร เติมน้ำละลาย alkaline copper reagent ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ผสมกัน นำไปต้มในอ่างน้ำเดือดนาน 15 นาที แล้วทำให้เย็นทันทีโดยแช่ในน้ำเย็นจัด จากนั้นเติมน้ำละลาย nelson reagent ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ผสมกันทันที ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที เติมน้ำกลั่นปริมาตร 10 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันทิ้งไว้ 15 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง spectrophotometer เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับปริมาณน้ำตาลกลูโคสมาตรฐาน

ก.6 การวิเคราะห์แอลฟา-อะไมเลส (Megazyme)

1. การสกัดตัวอย่าง

การสกัดแป้ง

นำแป้งมาบด ประมาณ 10-50 กรัม ร่อนผ่านตะแกรง 0.5 มิลลิเมตร ชั่งน้ำหนักแป้งที่แน่นอน 3 กรัม ใส่ใน flask ขนาด 50 มิลลิเมตร โดยแต่ละ flask เติม Extract Buffer solution (pH 5.4) 20 มิลลิลิตร แล้วนำไปคนให้เข้ากัน นำไปสกัดด้วยเอนไซม์ นาน 15-20 นาที ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เขย่าเป็นครั้งคราว แล้วนำสารละลายมากรองผ่านกระดาษกรอง whatman GF/A หรือ centrifuge ที่ 1000 g เป็นเวลา 10 นาที และทำการวิเคราะห์ภายใน 2 ชั่วโมง

การสกัดแป้งข้าวออก

นำแป้งมาบด ประมาณ 20 กรัม ร่อนผ่านตะแกรง 0.5 มิลลิเมตร ชั่งน้ำหนักแป้งที่แน่นอน 0.5 กรัม ของข้าวออก ใน volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร เติม 1% sodium chloride 0.02% calcium chloride และ 0.02% sodium azide นำไปสกัดด้วยเอนไซม์ นาน 15-20 นาที ที่อุณหภูมิห้อง เขย่าเป็นครั้งคราว แล้วนำสารละลายมากรองผ่านกระดาษกรอง whatman GF/A หรือ centrifuge ที่ 1000 g เป็นเวลา 10 นาที และทำการวิเคราะห์ภายใน 2 ชั่วโมง จากนั้นเจือจางตัวอย่างที่กรองให้ได้ 0.5 ml ด้วย Extract Buffer solution 9.5 ml วิเคราะห์กิจกรรมภายใน 2 ชั่วโมง

2. วิธีวิเคราะห์

การวิเคราะห์แป้ง

นำสารละลาย Amylase HR Reagent 0.2 มิลลิลิตร เติมลงในหลอดทดลองและนำไปบ่มในตู้บ่มอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที บ่มตัวอย่างที่สกัดได้จากแป้งข้าวเหนียวที่ไม่ได้งอก ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 5 นาที นำหลอดทดลองที่มีสารละลาย Amylase HR Reagent 0.2 มิลลิลิตร มาเติมตัวอย่างที่บ่มและสกัดได้จากแป้งข้าวเหนียวที่ไม่ได้งอก นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 20 นาที เติม Stopping Reagent 3.0 มิลลิลิตร เพื่อหยุดปฏิกิริยาแล้วเขย่า นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 400 นาโนเมตร โดยใช้ น้ำกลั่นเป็น blank

การวิเคราะห์แป้งข้าวงอก

นำสารละลาย Amylase HR Reagent 0.2 มิลลิลิตร เติมลงในหลอดทดลองและนำไปปั่นในตู้อบอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที และบ่มตัวอย่างที่สกัดได้จากแป้งข้าวเหนียวงอก ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 5 นาที นำหลอดทดลองที่มีสารละลาย Amylase HR Reagent 0.2 มิลลิลิตร เติม 0.2 มิลลิลิตรของตัวอย่างที่บ่มและสกัดได้จากแป้งข้าวเหนียวงอก นำไปปั่นที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 10 นาที เติม Stopping Reagent 3.0 มิลลิลิตร เพื่อหยุดปฏิกิริยาแล้วเขย่าอย่างรวดเร็วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 400 นาโนเมตร โดยใช้ น้ำกลั่นเป็น blank

ก.7 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ตามวิธีของ Randhir และคณะ (2004)

ชั่งตัวอย่างข้าวมา 50 มิลลิกรัม เติม 95 % เอทานอล 2.5 มิลลิลิตร หลังจากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็ว 13,000 rpm เป็นเวลา 10 นาที แล้วนำไปกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4 นำสารสกัดที่ได้จากการกรองมา 1 มิลลิลิตร และเติม 95% เอทานอล 1 มิลลิลิตร น้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร และ Folin-Ciocalteu phenol reagent 0.5 มิลลิลิตร นำไปบ่มไว้เป็นเวลา 5 นาที แล้วเติม 5% โซเดียมคาร์บอเนต 1 มิลลิลิตร ผสมอย่างรวดเร็วก่อนวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 725 นาโนเมตร ในการเตรียมแบงค์ (blank) โดยใช้ น้ำกลั่นในตัวอย่าง

ก.8 การวิเคราะห์ปริมาณแกมมาออริซานอล ตามวิธีของ Kiing และคณะ (2009)

ชั่งตัวอย่างข้าว 1 กรัม ในหลอดทดลองโดยแบ่งเป็น 2 หลอดทดลอง หลังจากนั้นสกัดด้วยสารละลายเมทานอลด้วยสารละลายที่แตกต่างกัน (4 และ 8 ml) ทำการผสมด้วยเครื่องผสมเป็นเวลา 1 นาที ที่อุณหภูมิห้อง หลังจากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 2,500 rpm เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นดูดเอาเฉพาะส่วนใส แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 314 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ปริมาณแกมมาออริซานอลคำนวณได้จาก สมการนี้

$$K = \frac{X}{V} \times \frac{W}{Y-X}$$

เมื่อ K = ค่าคงที่

X = จำนวนของแกมมาออริซานอลในการสกัด (g)

Y = จำนวนแกมมาออริซานอลทั้งหมดในข้าว

V = ปริมาตรที่ใช้ในการสกัด

W = น้ำหนักของตัวอย่างที่ใช้

ก.9 การวิเคราะห์หาปริมาณ α -tocopherol ตัดแปลงจากวิธีของ Ryynanen และคณะ (2004: 749-765) และวิธีของ Chen และ Bergman (2005: 319-331)

ชั่งตัวอย่าง 0.5 กรัม ใส่ในหลอดฝาเกลียว (screw cap) ขนาด 30 มิลลิลิตร เติม ascorbic acid 0.1 กรัม เติม ethanol ปริมาตร 5 มิลลิลิตร และน้ำกลั่นปริมาตร 2 มิลลิลิตร ปั่นผสมด้วยเครื่อง vortex แล้วเติม KOH ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร นำไปต้มใน water bath ที่อุณหภูมิประมาณ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 25 นาที โดยในระหว่างการต้มให้น้ำออกมาปั่นผสมด้วยเครื่อง vortex ทุกๆ 5 นาที เมื่อครบเวลาให้น้ำออกมาทำให้เย็นด้วยน้ำเย็นจัด ขั้นตอนการสกัด ใส่น้ำกลั่นปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร และ ethanol ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร ลงในหลอดที่ทำให้เย็นแล้วจากขั้นตอน saponification หลังจากนั้นเทสารในหลอดลงใน flask ขนาด 125 มิลลิลิตร เติมสารละลายผสมของ n-hexane และ Ethyl acetate ในอัตราส่วน 8 : 2 ตามลำดับ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร แล้วนำไปปั่นด้วย magnetic stirrer เป็นเวลา 10 นาที นำมาดูดเอาส่วนใสที่ต้องการที่อยู่ด้านบนใสในหลอดทดลองขนาด 50 มิลลิลิตร หลังจากนั้น เติม n-hexane : ethyl acetate (8 : 2) ลงใน flask เติม แล้วนำไปปั่นด้วย magnetic stirrer ทำเช่นเดิมจนครบ 3 ครั้ง นำสารที่สกัดมาใส่ใน funnel ขนาด 125 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นปริมาตร 10 มิลลิลิตร แล้วเขย่าเป็นรูปเลข 8 ประมาณ 10 รอบ เพื่อล้างกำจัดสารที่ละลายได้ในน้ำออก โดยการปล่อยน้ำที่แยกชั้นอยู่ด้านล่างทิ้งไป ทำเช่นเดิมจนครบ 3 ครั้ง แล้วปล่อยสารสกัดลงในหลอดทดลองขนาด 50 มิลลิลิตร แล้วนำสารสกัดที่ได้ ไประเหยให้แห้งด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ แล้วละลายสารสกัดแห้งที่ได้จากการมาละลายด้วย methanol ปริมาตร 10 มิลลิลิตร แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 292 นาโนเมตร

ขั้นตอนการเตรียมสารละลายมาตรฐาน

ชั่งสาร α -tocopherol บริสุทธิ์ 0.1 กรัม ละลายด้วย n-hexane ปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร จะได้ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร หรือ 1000 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร (ppm) ทำการเจือจางความเข้มข้นเป็น 500 250 125 62.5 31.25 15.625 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

ภาคผนวก ข
การวิเคราะห์ทางกายภาพ

ข.1 การวัดปริมาตรของขนมปัง (สุนีย์ ชลนาทิกกุล, 2540)

- 1) วัดปริมาตรภาชนะที่จะใช้วัดขนมปัง (ภาชนะที่ใช้เป็นกล่องสี่เหลี่ยมที่สามารถบรรจุขนมปังที่ต้องการวัดได้) ใส่เมล็ดงาให้เต็มภาชนะแล้วปาดวัดปริมาตรด้วยกระบอกลง 1000 มิลลิลิตร อ่านค่าปริมาตรเมล็ดงา
- (2) วางขนมปังที่ต้องการวัดปริมาตรลงในภาชนะที่ทราบปริมาตรแล้ว เทเมล็ดงาลงในภาชนะให้เต็มแล้วปาดวัดปริมาตรเมล็ดงาที่อยู่ในภาชนะ
- (3) คำนวณ ปริมาตรขนมปัง = ปริมาตรเมล็ดงา 1 - ปริมาตรเมล็ดงา 2

$$\text{ปริมาตรจำเพาะ} = \text{ปริมาตรขนมปัง} / \text{น้ำหนักขนมปัง}$$

ข.2 การวัดเนื้อสัมผัสของขนมปัง โดยใช้เครื่อง Texture analyzer Model TA-XT2

1. เปิดเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture analyzer) และคอมพิวเตอร์
2. เข้าสู่โปรแกรมการทำงานโดยเลือก Icon Texture Expert
3. กดปุ่ม Restart โปรแกรมจะแสดงกราฟมาตรฐาน
4. เลือกเมนู TA – Calibrate Force โดยให้ตรวจสอบว่าต้องไม่มี Probe หรือตัวอย่างที่ฐานของเครื่อง Texture analyzer แล้วจึงกดปุ่ม OK รอสักครู่ เครื่องจะแสดงข้อความบอกให้วางตุ้มน้ำหนัก 5 kg ลงบนตำแหน่งที่กำหนด จากนั้นกด OK เครื่องจะแสดงข้อความ “Calibration successful”
5. เลือกที่เมนู TA – Calibrate Probe ติดตั้ง Cylinder Probe (P/35) เข้ากับเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส กำหนดระยะทางในการเคลื่อนที่กลับของหัววัดเมื่อสัมผัสกับฐานเครื่องแล้วเป็น 40 mm กดปุ่ม OK

6. เลือกที่เมนู TA– TA Setting กำหนดสภาวะในการวัดที่เหมาะสมกับตัวอย่าง

Parameter

TA-XT2 Settings: Mode: Measure Force in Compression

Pre-Test Speed: 2.0 mm/s

Test Speed: 10.0 mm/s

Post-Test Speed: 10.0 mm/s Distance: 9.4 mm

Trigger Type : Auto-5g

Data Acquisition Rate: 200 pps

Accessory: 2mm Cylinder Probe (P/35) using 5kg load cell

7. เลือกที่เมนู TA – Run a Test วางอาหารลงบนฐาน Probe ก็จะเลื่อนตำแหน่งเพื่อวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของตัวอย่าง

ภาคผนวก ค
แบบสอบถาม

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส วิธี 9 – point hedonic scale

การทดสอบความชอบโดยการให้คะแนน (acceptance test)

ชื่อ.....วันที่.....

ผลิตภัณฑ์ :

คำแนะนำ : มีผลิตภัณฑ์อยู่ 4 ตัวอย่างที่ทำการให้รหัสแล้ว กรุณาชิมทีละตัวอย่างตามลำดับจากซ้ายไปขวา แล้วใส่คะแนนลงในช่องว่างให้ตรงกับระดับความชอบของท่าน และกรุณาตีม้น้ำทุกครั้งก่อนชิมขนมปังตัวอย่างถัดไปการให้คะแนนถือหลักเกณฑ์ต่อไปนี้

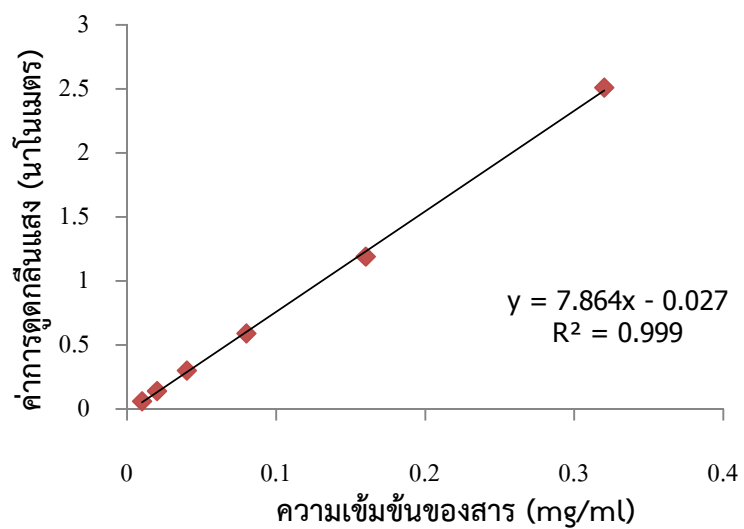
ชอบมากที่สุด	9	คะแนน	ไม่ชอบเล็กน้อย	4	คะแนน
ชอบมาก	8	คะแนน	ไม่ชอบปานกลาง	3	คะแนน
ชอบปานกลาง	7	คะแนน	ไม่ชอบมาก	2	คะแนน
ชอบเล็กน้อย	6	คะแนน	ไม่ชอบมากที่สุด	1	คะแนน
เฉยๆ	5	คะแนน			

คุณลักษณะ	รหัสของตัวอย่าง			
ลักษณะปรากฏ				
กลิ่น				
สี				
รสชาติ				
ความนุ่ม				
ความชอบโดยรวม				

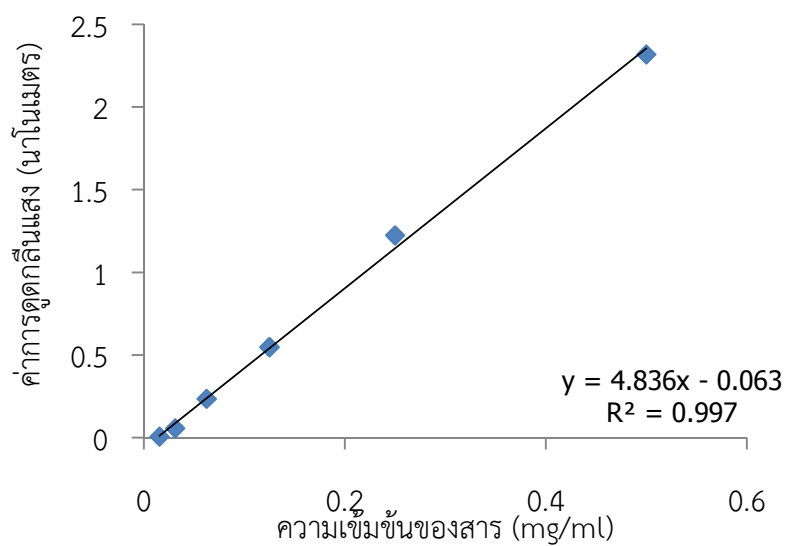
ข้อเสนอแนะ :

.....

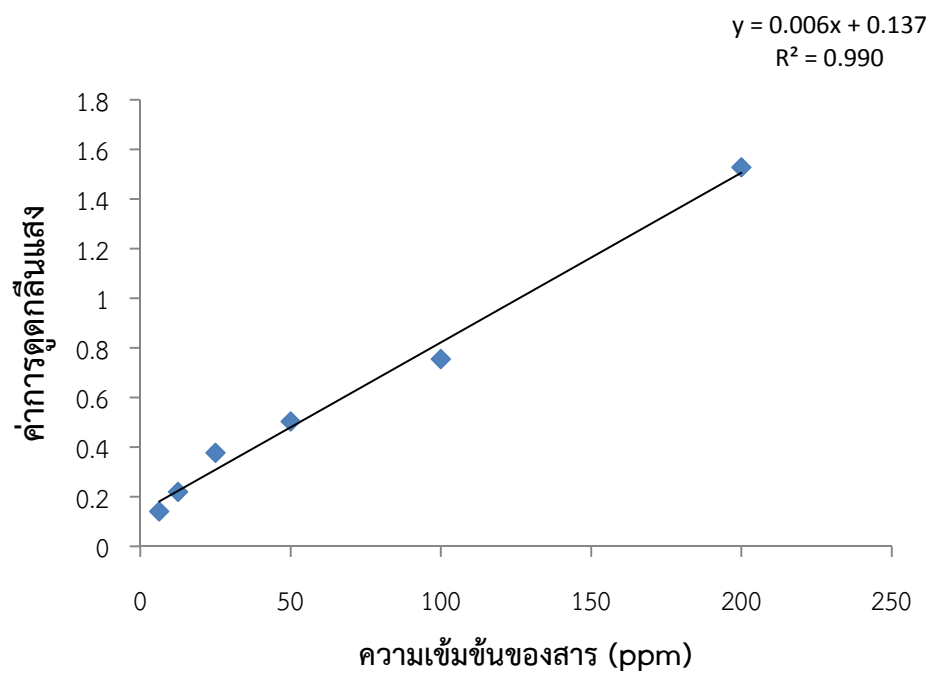
ภาคผนวก ง
กราฟมาตรฐาน



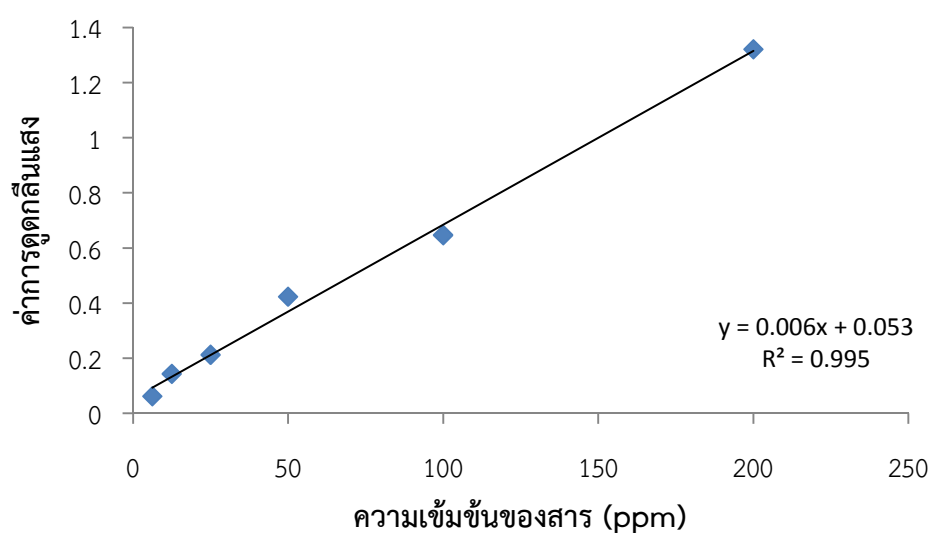
ภาพประกอบภาคผนวก ง.1 กราฟมาตรฐานของสารประกอบฟีนอลิก



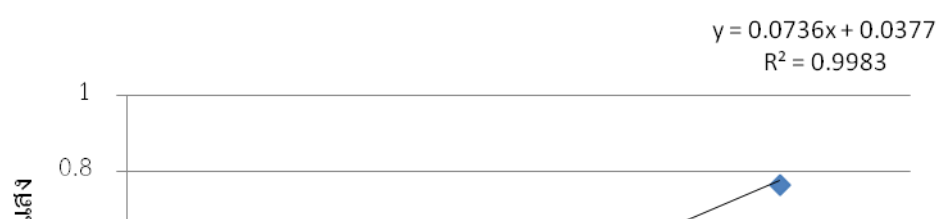
ภาพประกอบภาคผนวก ง.2 กราฟมาตรฐานของน้ำตาลรีดิวซ์



ภาพประกอบภาคผนวก ง.3 กราฟมาตรฐานแกมม่าออริซานอล สกัดด้วยเมทานอล 4 ml



ภาพประกอบภาคผนวก ง.4 กราฟมาตรฐานแกมม่าออริซานอล สกัดด้วยเมทานอล 8 ml



ภาพประกอบภาคผนวก ง.5 กราฟมาตรฐานของโทโคเฟอร์รอล

ภาคผนวก จ
การวิเคราะห์ความแปรปรวน

ตารางภาคผนวก จ.1 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าว

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
1. ปริมาณความชื้น					
ชนิดของแป้ง	24.859	3	8.286	74.061	.000*
ความคลาดเคลื่อน	.895	12	.112		
2. ปริมาณโปรตีน					
ชนิดของแป้ง	79.012	3	26.337	517.078	.000*
ความคลาดเคลื่อน	.407	8	.051		
3. ปริมาณไขมัน					
ชนิดของแป้ง	11.945	3	3.982	596.058	.000*
ความคลาดเคลื่อน	.080	12	.007		
5. ปริมาณเถ้า					
ชนิดของแป้ง	2.107	3	.702	1872.540	.000*
ความคลาดเคลื่อน	.003	8	.000		

*มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางภาคผนวก จ.2 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และกิจกรรมของเอนไซม์อะไมเลสของแป้งข้าว

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
1. ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์					
ชนิดของแป้ง	.004	3	.001	440.148	.000*
ความคลาดเคลื่อน	.000	8	.000		
2. ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก					
ชนิดของแป้ง	.236	3	.079	170.180	.000*
ความคลาดเคลื่อน	.004	8	.000		
3. กิจกรรมของเอนไซม์อะไมเลส					
ชนิดของแป้ง	798.573	3	266.191	4320.087	.000*
ความคลาดเคลื่อน	.493	8	.062		

*มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางภาคผนวก จ.3 การเปรียบเทียบปริมาณแกมมาอริซานอลและแอลฟาโทโคเฟอรอลของ
แป้งข้าว

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
1. ปริมาณแกมมาอริซานอล					
ชนิดของแป้ง	55.113	3	18.371	123.527	.000*
ความคลาดเคลื่อน	2.974	20	.149		
2. ปริมาณแอลฟาโทโคเฟอรอล					
ชนิดของแป้ง	47.974	3	15.991	545.669	.000*
ความคลาดเคลื่อน	.586	20	.029		

*มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางภาคผนวก จ.4 การเปรียบเทียบความหนืดของแป้งข้าว

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
1. Peak viscosity					
สูตรขนมปัง	24916.720	3	8305.573	423.935	.000*
ความคลาดเคลื่อน	156.733	8	19.592		
2. Trough					
สูตรขนมปัง	8198.885	3	2732.962	466.401	.000*
ความคลาดเคลื่อน	46.877	8	5.860		
3. Breakdown					
สูตรขนมปัง	5448.666	3	1816.222	316.267	.000*
ความคลาดเคลื่อน	45.942	8	5.743		
4. Final Viscosity					
สูตรขนมปัง	32192.518	3	10730.839	915.825	.000*
ความคลาดเคลื่อน	93.737	8	11.717		
5. Setback viscosity					
สูตรขนมปัง	9881.935	3	3293.978	2008.973	.000*
ความคลาดเคลื่อน	13.117	8	1.640		
6. Peak Time					
สูตรขนมปัง	10.304	3	3.435	176.887	.000*
ความคลาดเคลื่อน	.155	8	.019		
7. Pasting Temp.					
สูตรขนมปัง	6242.673	3	2080.891	8879.100	.000*
ความคลาดเคลื่อน	1.875	8	.234		

*มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางภาคผนวก จ.5 การเปรียบเทียบ สี crust ของ ค่า L^* a^* และ b^* ของขนมปังจากข้าว

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
1. ค่า L^*					
สูตรขนมปัง	365.341	3	121.780	58.093	.000*
ความคลาดเคลื่อน	67.082	32	2.096		
2. ค่า a^*					
สูตรขนมปัง	449.895	3	149.965	120.451	.000*
ความคลาดเคลื่อน	39.841	32	1.245		
3. ค่า b^*					
สูตรขนมปัง	296.445	3	98.815	96.044	.000*
ความคลาดเคลื่อน	32.923	32	1.029		

มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)ตารางภาคผนวก จ.6 การเปรียบเทียบ สี crumb ของ ค่า L^ a^* และ b^* ของขนมปังจากข้าว

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
1. ค่า L^*					
สูตรขนมปัง	1622.981	3	540.994	137.811	.000*
ความคลาดเคลื่อน	125.620	32	3.926		
2. ค่า a^*					
สูตรขนมปัง	385.870	3	128.623	245.546	.000*
ความคลาดเคลื่อน	16.762	32	.524		
3. ค่า b^*					
สูตรขนมปัง	306.840	3	102.280	73.398	.000*
ความคลาดเคลื่อน	44.592	32	1.393		

*มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางภาคผนวก จ.7 การเปรียบเทียบปริมาตรจำเพาะของขนมปังจากข้าว

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
1. ปริมาตรจำเพาะ					
สูตรขนมปัง	1.961	3	.654	318.856	.000*
ความคลาดเคลื่อน	.016	8	.002		

*มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางภาคผนวก จ.8 การเปรียบเทียบคุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัสของขนมปังจากข้าว

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
1. ความแข็ง					
สูตรขนมปัง	2069.530	3	689.843	102.629	.000*
ความคลาดเคลื่อน	53.774	8	6.722		
2. ความเกาะติดกัน					
สูตรขนมปัง	4.485	3	1.495	33.575	.000*
ความคลาดเคลื่อน	.356	8	.045		
3. ความเหนียวติดกัน					
สูตรขนมปัง	11.277	3	3.759	6.020	.019*
ความคลาดเคลื่อน	4.995	8	.624		
4. ความยืดหยุ่น					
สูตรขนมปัง	.210	3	.070	12.893	.002*
ความคลาดเคลื่อน	.043	8	.005		
5. ความเหนียวติดยึด					
สูตรขนมปัง	18831.682	3	6277.227	357.220	.000*
ความคลาดเคลื่อน	140.579	8	17.572		
6. การเคี้ยว					
สูตรขนมปัง	169110.444	3	56370.148	1745.498	.000*
ความคลาดเคลื่อน	258.357	8	32.295		

*มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางภาคผนวก จ.9 การเปรียบเทียบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของขนมปังจากข้าว

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
1. ลักษณะปรากฏ					
สูตรขนมปัง	333.237	3	111.079	70.733	.000
BLOCK	84.137	19	4.428	2.820	.001*
ความคลาดเคลื่อน	89.512	57	1.570		
2. กลิ่น					
สูตรขนมปัง	231.250	3	77.083	52.778	.000
BLOCK	51.450	19	2.708	1.854	.038*
ความคลาดเคลื่อน	83.250	57	1.461		
3. สี					
สูตรขนมปัง	228.900	3	76.300	56.045	.000
BLOCK	63.300	19	3.332	2.447	.005*
ความคลาดเคลื่อน	77.600	57	1.361		
4. รสชาติ					
สูตรขนมปัง	150.237	3	50.079	32.250	.000
BLOCK	120.938	19	6.365	4.099	.000*
ความคลาดเคลื่อน	88.512	57	1.553		
5. ความนุ่ม					
สูตรขนมปัง	178.037	3	59.346	46.204	.000
BLOCK	101.938	19	5.365	4.177	.000*
ความคลาดเคลื่อน	73.213	57	1.284		
6. การยอมรับรวม					
สูตรขนมปัง	262.450	3	87.483	101.663	.000
BLOCK	90.050	19	4.739	5.508	.000*
ความคลาดเคลื่อน	49.050	57	.861		

*มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางภาคผนวก จ.10 การเปรียบเทียบการปรับปรุงด้านความหนืดของแป้งเพื่อพัฒนาขนมปัง
ปราศจากกลูเตน

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
1. Peak viscosity					
สูตรขนมปัง	235827.320	11	21438.847	208.803	.000*
ความคลาดเคลื่อน	2464.197	24	102.675		
2. Trough					
สูตรขนมปัง	121610.131	11	11055.466	454.453	.000*
ความคลาดเคลื่อน	583.848	24	24.327		
3. Breakdown					
สูตรขนมปัง	22655.332	11	2059.576	53.015	.000*
ความคลาดเคลื่อน	932.372	24	38.849		
4.Final Viscosity					
สูตรขนมปัง	450122.291	11	40920.208	526.669	.000*
ความคลาดเคลื่อน	1864.710	24	77.696		
5. Setback viscosity					
สูตรขนมปัง	111708.713	11	10155.338	427.326	.000*
ความคลาดเคลื่อน	570.357	24	23.765		
6. Peak Time					
สูตรขนมปัง	19.214	11	1.747	13.735	.000*
ความคลาดเคลื่อน	3.052	24	.127		
8. Pasting Temp.					
สูตรขนมปัง	1378.625	11	125.330	169.738	.000*
ความคลาดเคลื่อน	17.721	24	.738		

*มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางภาคผนวก จ.11 การเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของแป้งขนมปังปราศจากกลูเตน

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
1. ปริมาณความชื้น					
ชนิดของแป้ง	19.740	6	3.290	32.977	.000*
ความคลาดเคลื่อน	3.492	35	.100		
2. ปริมาณโปรตีน					
ชนิดของแป้ง	51.087	6	8.514	105.668	.000*
ความคลาดเคลื่อน	2.820	35	.081		
3. ปริมาณไขมัน					
ชนิดของแป้ง	4.506	6	.751	20.876	.000*
ความคลาดเคลื่อน	.504	14	.036		
5. ปริมาณเถ้า					
ชนิดของแป้ง	1.992	6	.332	44.784	.000*
ความคลาดเคลื่อน	.259	35	.007		

*มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางภาคผนวก จ.12 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของแป้งขนมปังปราศจากกลูเตน

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
1. ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์					
ชนิดของแป้ง	772.214	6	128.702	98.928	.000*
ความคลาดเคลื่อน	45.534	35	1.301		
2. ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก					
ชนิดของแป้ง	15.026	6	2.504	257.242	.000*
ความคลาดเคลื่อน	.341	35	.010		

*มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางภาคผนวก จ.13 การเปรียบเทียบปริมาณแกมม่าอริซานอลและแอลฟาโทโคเฟอรอลของ
แป้งขนมปังปราศจากกลูเตน

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
1. ปริมาณแกมม่าอริซานอล					
ชนิดของแป้ง	.286	6	.048	102.905	.000*
ความคลาดเคลื่อน	.016	35	.000		
2. ปริมาณแอลฟาโทโคเฟอรอล					
ชนิดของแป้ง	37.361	6	6.227	115.930	.000*
ความคลาดเคลื่อน	1.880	35	.054		

*มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางภาคผนวก จ.14 การเปรียบเทียบ สี crust ของค่า L^* a^* และ b^* ของขนมปังปราศจากกลูเตน
ที่พัฒนาสูตรโดย mixture design

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
1. ค่า L^*					
สูตรขนมปัง	561.838	6	93.640	52.868	.000*
ความคลาดเคลื่อน	61.991	35	1.771		
2. ค่า a^*					
สูตรขนมปัง	146.015	6	24.336	49.172	.000*
ความคลาดเคลื่อน	17.322	35	.495		
3. ค่า b^*					
สูตรขนมปัง	49.371	6	8.229	11.032	.000*
ความคลาดเคลื่อน	26.105	35	.746		

*มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางภาคผนวก จ.15 การเปรียบเทียบ สี crumb ของค่า L^* a^* และ b^* ของขนมปังปราศจากกลูเตน
ที่พัฒนาสูตรโดย mixture design

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
1. ค่า L^*					
สูตรขนมปัง	812.157	6	135.360	91.859	.000*
ความคลาดเคลื่อน	51.574	35	1.474		
2. ค่า a^*					
สูตรขนมปัง	81.141	6	13.523	76.621	.000*
ความคลาดเคลื่อน	6.177	35	.176		
3. ค่า b^*					
สูตรขนมปัง	188.600	6	31.433	158.412	.000*
ความคลาดเคลื่อน	6.945	35	.198		

*มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางภาคผนวก จ.16 การเปรียบเทียบปริมาตรจำเพาะของขนมปังปราศจากกลูเตนที่พัฒนาสูตร
โดย mixture design

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
1. ปริมาตรจำเพาะ					
สูตรขนมปัง	1.957	6	.326	42.204	.000*
ความคลาดเคลื่อน	.108	14	.008		

*มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางภาคผนวก จ.17 การเปรียบเทียบคุณสมบัติด้านเนื้อสัมผัสของขนมปังปราศจากกลูเตนที่พัฒนา
สูตรโดย mixture design

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
1. ความแข็ง					
สูตรขนมปัง	137.746	6	22.958	47.883	.000*
ความคลาดเคลื่อน	6.712	14	0.479		
2. ความเกาะติด					
สูตรขนมปัง	10.565	6	1.761	57.885	.000*
ความคลาดเคลื่อน	.426	14	.030		
3. ความเหนียวติดกัน					
สูตรขนมปัง	875121.937	6	145853.656	17724.009	.000*
ความคลาดเคลื่อน	115.208	14	8.229		
4. ความยืดหยุ่น					
สูตรขนมปัง	1.350	6	.225	18.134	.000*
ความคลาดเคลื่อน	.174	14	.012		
5. ความเหนียวติดยืด					
สูตรขนมปัง	769.673	6	128.279	70.173	.000*
ความคลาดเคลื่อน	25.592	14	1.828		
6. การเคี้ยว					
สูตรขนมปัง	6354.822	6	1059.137	71.314	.000*
ความคลาดเคลื่อน	207.923	14	14.852		

*มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางภาคผนวก จ.18 การเปรียบเทียบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของขนมปังปราศจากกลูเตน
ที่พัฒนาสูตรโดย Mixture Design

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
1. ลักษณะปรากฏ					
สูตรขนมปัง	269.086	6	44.848	734.936	.000
BLOCK	123.507	19	6.500	5.064	.000*
ความคลาดเคลื่อน	146.343	114	1.284		
2. กลิ่น					
สูตรขนมปัง	45.200	6	7.533	6.265	.000
BLOCK	137.964	19	7.261	6.038	.000*
ความคลาดเคลื่อน	137.086	114	1.203		
3. สี					
สูตรขนมปัง	136.800	6	22.800	15.388	.000
BLOCK	146.686	19	7.720	5.210	.000*
ความคลาดเคลื่อน	168.914	114	1.482		
4. รสชาติ					
สูตรขนมปัง	51.886	6	8.648	4.857	.000
BLOCK	218.029	19	11.475	6.445	.000*
ความคลาดเคลื่อน	202.971	114	1.780		
5. ความนุ่ม					
สูตรขนมปัง	119.343	6	19.890	9.182	.000
BLOCK	160.257	19	8.435	3.894	.000*
ความคลาดเคลื่อน	246.943	114	2.166		
6. การยอมรับรวม					
สูตรขนมปัง	128.043	6	21.340	14.942	.000
BLOCK	151.686	19	7.983	5.590	.000*
ความคลาดเคลื่อน	162.814	114	1.428		

*มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)