

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การวางแผนการวิจัย

3.1.1 เปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมี สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ คุณสมบัติทางเคมีฟิสิกส์ ของแป้งข้าวและคุณลักษณะของขนมปังจากแป้งข้าว

3.1.1.1 การเตรียมแป้ง (แป้งข้าวสาลี แป้งข้าวไม่งอก แป้งข้าวงอก และแป้งข้าวงอกที่นำไปอบ)

3.1.1.2 วิเคราะห์องค์ประกอบของแป้งสาลี แป้งข้าวไม่งอก แป้งข้าวงอก และแป้งข้าวงอกที่นำไปอบ ได้แก่

1) องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า น้ำตาลรีดิวซ์ และเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส

2) สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิก ปริมาณแกมมาออริซานอล และปริมาณแอลฟาโทโคเฟอรอล

3) คุณสมบัติทางเคมีฟิสิกส์ ได้แก่ คุณสมบัติด้านความหนืด

3.1.1.3) ผลิตและวิเคราะห์คุณลักษณะของขนมปังจากแป้งข้าว ได้แก่ สี เนื้อสัมผัส ปริมาตรจำเพาะ และคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัส

3.1.2 ศึกษาการปรับปรุงคุณภาพแป้งเพื่อผลิตขนมปังปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าว

ปรับปรุงคุณภาพแป้งด้วยแป้งข้าวโพดและแป้งข้าวเจ้า โดยนำแป้งข้าวไม่งอก แป้งข้าวงอก และแป้งข้าวงอกที่นำไปอบ มาทำการผสมกับแป้งข้าวโพด และแป้งข้าวเจ้า เพื่อให้มีคุณภาพแป้งใกล้เคียงกับแป้งสาลีโดยนำไปวิเคราะห์ดังนี้

วิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีฟิสิกส์ของแป้งข้าว ได้แก่ คุณสมบัติด้านความหนืด

3.1.3 ศึกษาผลของการใช้แป้งข้าวโพดและแป้งข้าวเจ้าต่อคุณภาพของขนมปังปราศจากกลูเตนจากข้าวงอก

โดยนำแป้งข้าวงอกมาผสมกับแป้งข้าวโพดและแป้งข้าวเจ้า ตามอัตราส่วนที่ได้จากการทำการออกแบบการทดลองโดยใช้แผนการทดลอง Mixture Design แบบ Simplex Centroid ซึ่งได้แป้งขนมปังทั้งหมด 7 สิ่งทดลอง แล้วนำไปวิเคราะห์ ดังนี้

3.1.3.1 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งขนมปัง ได้แก่ ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า น้ำตาลรีดิวซ์

3.1.3.2 สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแป้งขนมปัง ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิก แกมมาออริซานอล และแอลฟาโทโคเฟอรอล

นำแป้งขนมปังที่ได้จากการออกแบบแผนการทดลองโดยใช้แผนการทดลอง Mixture Design แบบ Simplex Centroid ทั้งหมด 7 สิ่งทดลอง มาผลิตเป็นขนมปังแล้วนำไปวิเคราะห์ดังนี้

3.1.3.3 คุณลักษณะของขนมปังปราศจากกลูเตนจากข้าวงอก ได้แก่ สี เนื้อสัมผัส และปริมาตรจำเพาะ

3.1.3.4 คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสของขนมปังปราศจากกลูเตนจากข้าวงอก

3.2 เครื่องมือและสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

3.2.1 วัตถุดิบ

ข้าวเปลือกของข้าวเหนียว (พันธุ์ กข 6)

3.2.1.1 การทำขนมปัง

1) แป้ง (แป้งสาลี (WF), แป้งข้าวไม่งอก (UGRF), แป้งข้าวงอก (GRF), แป้งข้าวงอกที่นำไปอบ (HGRF), แป้งข้าวเจ้า (RF) และแป้งข้าวโพด (CF))

2) น้ำตาล (Sugar)

3) มาการีน (Margarine)

4) เกลือ (Salt)

5) ยีสต์ (Yeast)

6) น้ำ (Water)

3.3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือในการวิเคราะห์

3.3.2.1 เครื่องแก้วต่าง ๆ (Pyrex, Germany)

3.3.2.2 เครื่องชั่งละเอียด (Presica 25A, Switzerland)

3.3.2.3 เครื่อง UV-spectrophotometer (Shimadzu, Japan)

3.3.2.4 เครื่อง Magnetic stirrer (Kitchenaid, USA)

3.3.2.5 เครื่อง pH Meter

3.3.2.6 เครื่องวิเคราะห์โปรตีน (Gerhardt)

3.3.2.7 เครื่องวิเคราะห์ไขมัน (BUCHI E-816, Switzerland)

3.3.2.8 เครื่องปั่นผสม (Vortex mixer) (Hamony, Japan)

3.3.2.9 เครื่องเหวี่ยงแยก (Centrifuge) (Universal 320R, Germany)

3.3.2.10 เครื่อง Rapid Visco Analyzer (RVA) (NEWPORT SCIENTIFIC, SYDNEY, AUSTRALIA)

3.3.2.11 เครื่อง Texture Analyzer (TA-XT2i, Texture Technologies Corp., Scarsdale, NY/Stable Micro Systems, Godalming, Surrey, UK)

3.3.2.12 เครื่องวัดสี (Chroma meter (Minolta CR-300, Japan)

3.3.2.13 ตะแกรง ละเอียดขนาด 140 mesh (Standard sieve, USA)

3.3.2.14 เตาเผาถ้ำ (Muffle furnace, Model S1202PID, Thailand)

3.3.2.15 ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) (Binder, Germany)

3.3.2.16 เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer)

3.3.2.17 ไมโครปิเปต (Micro-pipett (VIPR) ขนาด 1000 μ l)

3.3.2.18 อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water bath) (Mettler schutzart, Germany)

3.3.3 สารเคมี

3.3.3.1 กรดซัลฟูริก (Sulfuric acid), (Fluka; Germany)

3.3.3.2 กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid), (J.T. Baker, Thailand)

3.3.3.3 กรดบอริก (Boric acid), (Rankem, India)

3.3.3.4 กรดแกลลิก (Gallic acid), (Fluka, Germany)

3.3.3.5 กรดมาริก (Malic acid), (Fluka, Germany)

3.3.3.6 คอปเปอร์ซัลเฟต (Copper sulphate), (Analar, England)

3.3.3.7 แคลเซียมคลอไรด์ (Calcium chloride.2H₂O), (Fluka; Germany)

3.3.3.8 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide), (Univar, Australia)

3.3.3.9 โซเดียมคาร์บอเนต (Sodium carbonate), (Univar, Australia)

3.3.3.10 โซเดียมคลอไรด์ (Sodium chloride), (Fluka; Germany)

3.3.3.11 โซเดียมเอไซด์ (Sodium azide), (Univar, Australia)

3.3.3.12 ปีโตรเลียม อีเทอร์ (Petroleum ether), (Rci labscan, thailand)

3.3.3.13 โพแทสเซียมซัลเฟต (Potassium sulphate), (Univar, Australia)

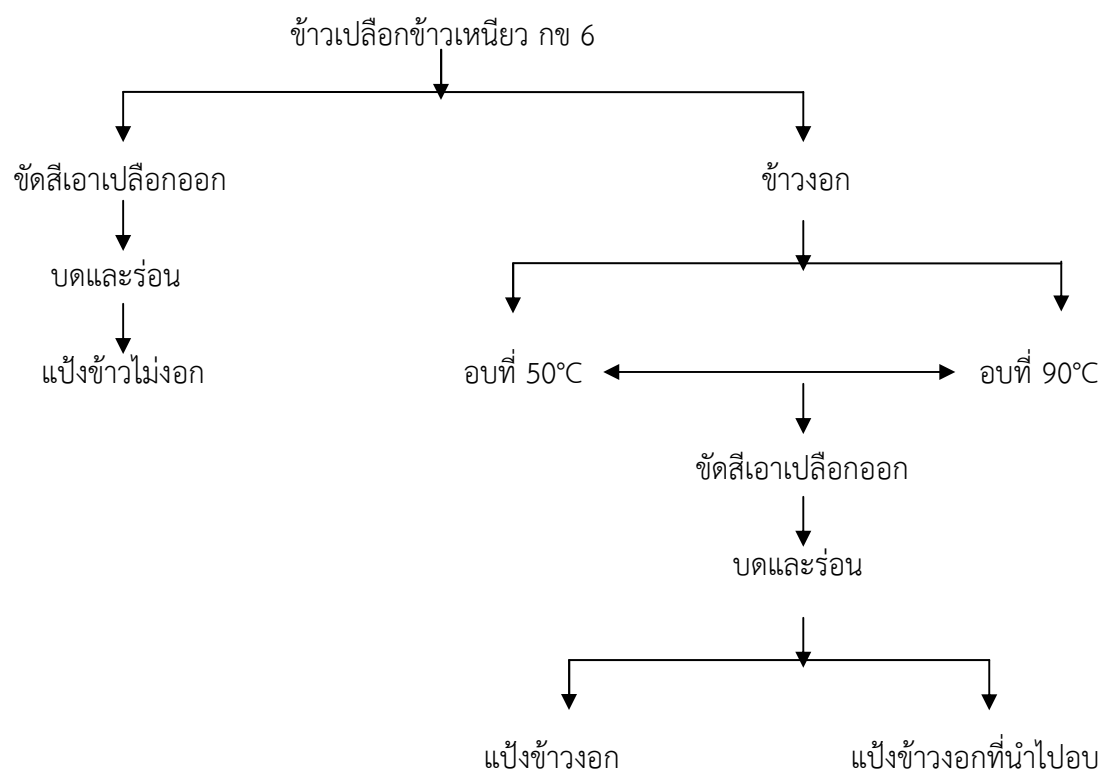
3.3.3.14 รีเอเจนท์ Folin-ciocalteu (Sigma, Germany)

3.3 ขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย

3.3.1 เปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมี สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ คุณสมบัติทางเคมีฟิสิกส์ ของแป้งข้าว และคุณลักษณะของขนมปังจากแป้งข้าว

3.3.1.1 การเตรียมแป้ง

แป้งข้าวสาลีตราหงส์ขาว (ท้องตลาด) แป้งข้าวไม่งอกได้จากการนำข้าวเปลือกข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6 (ดัดแปลงมาจากวิธีของ Moongngarm and Saetung, 2010) ไปผ่านการขัดสี แล้วนำมาบดและร่อน ส่วนแป้งข้าวงอกได้จากการนำข้าวเปลือกข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6 มาแช่น้ำ 48 ชั่วโมง โดยเปลี่ยนน้ำทุก ๆ 6 ชั่วโมง ซึ่งจะได้ความชื้นประมาณร้อยละ 40 ± 2 จากนั้นนำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 28 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาพื่อนำมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 40-45 องศาเซลเซียส จนได้ความชื้นประมาณร้อยละ 10-12 จากนั้นนำข้าวงอกที่ผ่านการอบแห้งทำการขัดสีเพื่อแยกแกลบออก นำไปบดและร่อนผ่านตะแกรง 140 mesh นำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส และแป้งข้าวงอกที่นำไปอบวิธีการทำเหมือนกับการเตรียมแป้งข้าวออก ยกเว้นในขั้นตอนการอบโดยแป้งข้าวงอกที่นำไปอบจะนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เพื่อยับยั้งเอนไซม์ แสดงดังภาพประกอบ 3.1



ภาพประกอบ 3.1 แผนผังการเตรียมแป้ง

แป้งทั้ง 4 ชนิดนำไปวิเคราะห์ดังนี้

1) วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวสาลี แป้งข้าวไม่งอก แป้งข้าววงอก และแป้งข้าววงอกที่นำไปอบ

(1) องค์ประกอบทางเคมี

(1.1) การวิเคราะห์ปริมาณความชื้นและของแข็งรวม (Moisture and total solids) (AOAC, 2000) (ดังภาคผนวก ก)

(1.2) การหาวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนหรือโปรตีนวิธีเจลดาลท์ (Total nitrogen and crude protein, Kjeldahl method) (AOAC, 2000) (ดังภาคผนวก ก)

(1.3) การหาปริมาณไขมันด้วยวิธีซอกท์เลท (Extractable lipid, Soxhlet method) (AOAC, 2000) (ดังภาคผนวก ก)

(1.4) การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (Dry ashing) (AOAC, 2000) (ดังภาคผนวก ก)

(1.5) การวิเคราะห์หา Reducing sugar ดัดแปลงจากวิธีของ Somogyi และ Nelson, 1952 ; สุพัตรา เลิศวณิชย์วัฒนา, 2546) (ดังภาคผนวก ก)

(1.6) การวิเคราะห์แอลฟา-อะไมเลส (Megazyme International Ireland Limited, 2004) (ดังภาคผนวก ก)

(2) สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

(2.1) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ดัดแปลงจากวิธีของ Randhir et al (2004) (ดังภาคผนวก ก)

(2.2) ปริมาณแกมมาออร์ซานอล ตามวิธีของ Kiing et al (2009)

(ดั่งภาคผนวก ก)

(2.3) ปริมาณแอลฟาโทโคเฟอรอล ดัดแปลงวิธีของ Ryynanen et al (2004)

และวิธีของ Chen and Bergman (2005) (ดั่งภาคผนวก ก)

(3) คุณสมบัติทางเคมีฟิสิกส์

(3.1) คุณสมบัติด้านความหนืดของแป้งด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyzer

(กล้านรงค์ ศรีรอต และ เกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ, 2546)

โดยซึ่งตัวอย่างแป้งข้าวดิบที่บดเป็นผงและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 70 mesh มาจำนวนหนึ่ง โดยจำนวนของตัวอย่างขึ้นอยู่กับชนิดของตัวอย่างและความชื้น ในกรณีที่ตัวอย่างมีความชื้น 14 เปอร์เซ็นต์ ให้ตวงน้ำกลั่นปริมาตร 25.00 ± 0.05 มิลลิลิตร ใส่ลงในแคน ปริมาณของตัวอย่างและน้ำที่ใช้ควรคำนึงถึงค่าความชื้นของตัวอย่างด้วย โดยสามารถคำนวณได้จากสูตร ดังนี้

$$S = \frac{(28 \times C)}{(100 - M)}$$

$$W = 28 - S$$

เมื่อ S = น้ำหนักตัวอย่างที่เหมาะสมสำหรับแป้งแต่ละชนิด

C = ความเข้มข้นของสารละลายแป้งที่ต้องการ คิดเป็นน้ำหนักแห้ง (ร้อยละ)

M = ปริมาณความชื้นของแป้ง (ร้อยละ)

W = ปริมาณน้ำที่ถูกต้อง (g)

(4) การผลิตและวิเคราะห์คุณลักษณะของขนมปัง

(4.1) ผลิตขนมปัง (ดัดแปลงวิธีของ Demirkesen et al, 2010)

ทำขนมปังโดยแปรรูปแป้งของแป้งเป็น 4 สิ่งทดลอง ได้แก่ แป้งข้าวสาลี, แป้งข้าวไม่ออก แป้งข้าวออก และแป้งข้าวออกที่นำไปอบ โดยการผลิตขนมปังประกอบไปด้วย แป้งข้าว 100 กรัม น้ำตาลร้อยละ 8 มาการีนร้อยละ 8 ยีสต์ร้อยละ 1 เกลือ และน้ำร้อยละ 75 ดังตาราง 3.1 ส่วนผสมที่เป็นของแห้ง (แป้ง ยีสต์ น้ำตาล และเกลือ) ถูกผสมในโถผสม และเติมมาการีนโดยทำการละลายก่อน จากนั้นเติมน้ำและผสมส่วนผสมทั้งหมดนาน 20 นาที และพักโดไว้ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 85 นาน 40 นาที และนวดโด หลังจากนั้น นำมาอบที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส 50 นาที ทำให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำไปวิเคราะห์

ตาราง 3.1 ส่วนผสมต่างๆ ที่ใช้ในการผลิตขนมปัง โดยมีชนิดของแป้งเป็นปัจจัยที่ศึกษา

ส่วนผสม (กรัม)	control	ชนิดของแป้ง		
		แป้งข้าวไม่ออก	แป้งข้าวออก	แป้งข้าวออกที่นำไปอบ
แป้งสาลี	100	0	0	0
แป้งข้าวไม่ออก	0	100	0	0
แป้งข้าวออก	0	0	100	0
แป้งข้าวออกที่นำไปอบ	0	0	0	100
น้ำตาลทราย	8	8	8	8
มาการีน	8	8	8	8
เกลือ	2	2	2	2
ยีสต์	1	1	1	1
น้ำ	75	75	75	75

(4.2) การวัดสี crust ขนมปัง และ ส่วน crumb ขนมปังโดยใช้เครื่อง Chroma meter (Minolta CR-300) (ดัดแปลงวิธีของ Panchan and Naivikul, 2009; Tong. et al, 2010) ขนมปังหลังอบ 2 ชั่วโมง นำมาวัดค่าสีของขนมปังใช้เครื่อง Chroma meter โดยสีของ crust ขนมปังวัดที่เปลือกของขนมปัง และสีของ crumb ขนมปังวัดส่วนกลางของขนมปัง และบันทึกค่า L, a, b โดยค่า L ใช้วัดค่าความสว่าง จากสีดำ (0) ถึงสีขาว (100) ค่า a วัดค่าสีแดง (+a) และสีเขียว (-a) และ ค่า b วัดค่าสีเหลือง (+b) และสีน้ำเงิน (-b)

(4.3) การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของ crumb ขนมปังด้วยเครื่อง Texture Analyzer รุ่น TA-XT2i (ดัดแปลงวิธีของ Tong et al, 2010)

ขนมปังหลังอบ 2 ชั่วโมงนำมาวัดเนื้อสัมผัส ใช้ cylinder probe ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 35 มิลลิเมตร โดยมีการตั้งค่า parameter ดังนี้ pre-test speed: 2.0 mm/s, crosshead speed: 1 mm/s, post-test speed 10.0 mm/s, rupture test distance ร้อยละ 1, distance ร้อยละ 10, and time 5.00 s. ก่อนขนมปังถูกตัดสไลด์สูง 10 มิลลิเมตรคุณสมบัติด้านเนื้อสัมผัสของขนมปัง ได้แก่ hardness, adhesiveness, springiness, chewiness, gumminess and cohesiveness ขนมปังสไลด์ถูกนำมาบีบอัด ลักษณะของ Texture Profile Analyzer ที่ได้จากการใช้เครื่องวัดค่าเนื้อสัมผัสจะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่กระทำกับตัวอย่างต่อเวลา ผ่านการกดของหัววัด 2 ครั้ง ดังนี้ ความสูงของกราฟ คือแรงกดที่กระทำในแต่ละครั้ง ซึ่งจะแสดงค่าความแข็งของตัวอย่าง (Hardness), ขอบเขตของวัสดุที่สามารถเสียรูปก่อนที่จะเกิดการแตกหัก (Cohesiveness), อัตราการคืนรูปของวัสดุหลังจากถูกกด (Springiness) และงานที่ใช้ในการเอาชนะแรงระหว่างพื้นผิวของตัวอย่างกับพื้นผิวของวัสดุ (Adhesiveness) และ Chewiness

(4.4) การวัดปริมาตรจำเพาะของก้อนขนมปัง โดยใช้เมล็ดงา
(อ้างอิงวิธี rapseed displacementv วิธีของ Malomo et al, 2011 และ สุนีย์ ชลนาภิจุล, 2540)
ปริมาตรจำเพาะของขนมปังถูกวัดหลังจากนำออกจากเตาอบ 2 ชั่วโมง
โดยใช้สูตร ดังนี้

$$\text{ปริมาตรจำเพาะ (ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกรัม)} = \frac{\text{ปริมาตรของขนมปัง (ลูกบาศก์เซนติเมตร)}}{\text{น้ำหนักของโด (กรัม)}}$$

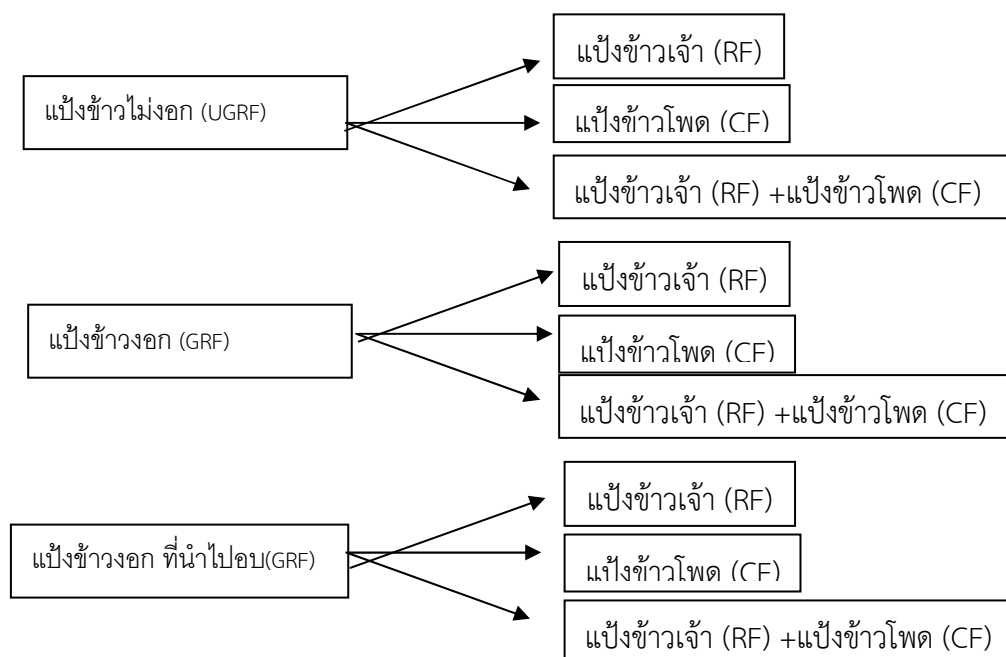
(5) การประเมินคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสของขนมปัง
ขนมปังถูกนำมาใช้หลังนำออกจากการอบ 2 ชั่วโมง โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 20 คน
ทั้งผู้หญิงและผู้ชาย อายุระหว่าง 20-35 ปี ประเมินระดับการยอมรับโดยใช้การทดสอบแบบ
9-point scale (ดัดแปลงวิธีของ Lazaridou, et al, 2007) ระดับจาก 1 คือไม่ชอบที่สุด ระดับ 9 คือ
ชอบมากที่สุดโดยการทดสอบคุณลักษณะทางด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติ ความนุ่ม กลิ่น และ
ความชอบโดยรวม เตรียมขนมปังเป็นชิ้นขนาด 10×10 เซนติเมตร บรรจุในภาชนะพลาสติกปิดสนิท
กลั่นน้ำตามระหว่างตัวอย่าง ประเมินในห้องปฏิบัติการภายใต้แสงสีขาว

3.3.2 การปรับปรุงคุณภาพแป้งข้าวเพื่อผลิตขนมปังปราศจากกลูเตน

วัตถุดิบ; แป้งสาลี (WF) แป้งข้าว (แป้งข้าวไม่ออก (UGRF) แป้งข้าวออก (GRF) และ
แป้งข้าวออกที่นำไปอบ (HGRF)) แป้งข้าวโพด (CF) และแป้งข้าวเจ้า (RF)

การเตรียมแป้ง

- 1) แป้งสาลี (WF) ร้อยละ 100
- 2) แป้งข้าวโพด (CF) ร้อยละ 100
- 3) แป้งข้าวเจ้า (RF) ร้อยละ 100
- 4) แป้งข้าว (แป้งข้าวไม่ออก (UGRF) แป้งข้าวออก (GRF) และแป้งข้าวออกที่นำไปอบ (HGRF)) ร้อยละ 70 : แป้งข้าวเจ้า (ร้อยละ 30)
- 5) แป้งข้าว (แป้งข้าวไม่ออก (UGRF) แป้งข้าวออก (GRF) และแป้งข้าวออกที่นำไปอบ (HGRF)) ร้อยละ 70 : แป้งข้าวโพด (ร้อยละ 30)
- 6) แป้งข้าว : แป้งข้าวเจ้า ที่เตรียมจากข้อ 4 (ร้อยละ 70) นำมาผสมกับแป้งข้าวโพด ร้อยละ 30



ภาพประกอบ 3.2 แผนผังการเตรียมแบ่งเพื่อผลิตขนมปังปราศจากกลูเตนจากแบ่งข้าว

3.3.3 ศึกษาผลของการใช้แบ่งข้าวโพดและแบ่งข้าวเจ้าต่อคุณภาพของขนมปังปราศจากกลูเตนจากข้าวงอก จากข้อ 3.3.2 นำมาหาสูตรที่เหมาะสมโดยใช้แผนการทดลอง Mixture Design แล้วนำแบ่งไปวิเคราะห์ ดังนี้

3.3.3.1 องค์ประกอบทางเคมีของแบ่งขนมปัง ได้แก่ ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า น้ำตาลรีดิทซ์

3.3.3.2 สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแบ่งขนมปัง ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิก แคมมาออริซานอล และแอลฟาโทโคเฟอรอล

3.3.3.3 การผลิตและวิเคราะห์คุณลักษณะของขนมปังปราศจากกลูเตนจากข้าวงอก

1) การผลิตขนมปังปราศจากกลูเตนจากข้าวงอก

วัตถุดิบ

(1) แบ่งข้าวโพด (CF)

(2) แบ่งข้าวเจ้า (RF)

(3) แบ่งข้าวงอก (GRF)

การออกแบบการทดลอง (ดัดแปลงวิธีของ น้ำฝน รักชุมแก้ว และคณะ, 2549)

ทำการทดลองโดยออกแบบการทดลองโดยใช้แผนการทดลอง mixture design แบบ Simplex Centroid โดยแปรระดับของแบ่ง 3 ชนิด ได้แก่ แบ่งข้าวงอก ร้อยละ 0.5-0.9 แบ่งข้าวเจ้า ร้อยละ 0-0.5 แบ่งข้าวโพด ร้อยละ 0-0.4 และกำหนดสิ่งทดลองอื่นๆ คงที่ ประกอบด้วย โซเดียมเคซิเนท (ร้อยละ 2) แชนแทนกัม (ร้อยละ 2) น้ำตาล (ร้อยละ 8) เกลือ (ร้อยละ 2) ยีสต์ (ร้อยละ 1) มาการีน (ร้อยละ 8) และน้ำ (ร้อยละ 75) อัตราส่วนของแบ่งแสดงดังตาราง 3.2

ตาราง 3.2 ค่ารหัสของผังการทดลอง mixture design และปริมาณแบ่งแต่ละชนิด

สิ่งทดลอง (TRT)	ค่ารหัส (Code Value)			ชนิดของแบ่ง		
	แบ่งข้างนอก	แบ่งข้างโพต	แบ่งข้างเจ้า	แบ่งข้างนอก	แบ่งข้างโพต	แบ่งข้างเจ้า
1	0	0	1	0.5	0	0.5
2	1	0	0	0.9	0	0.1
3	1/2	1/2	0	0.7	0.2	0.1
4	0	1/2	1/2	0.5	0.2	0.3
5	0	1	0	0.5	0.4	0.1
6	1/2	0	1/2	0.7	0	0.3
7	1/3	1/3	1/3	0.63	0.13	0.23

2) วิเคราะห์คุณลักษณะของขนมปังปราศจากกลูเตนจากข้างนอก ได้แก่

(2.1) การวัดสีเนื้อเปลือกนอก (crust) ขนมปัง และ ส่วนเนื้อใน (crumb)

ขนมปังโดยใช้เครื่อง Chroma meter (Minolta CR-300) (ดัดแปลงวิธีของ Panchan and Naivikul, 2009; Tong. et al, 2010) ตามข้อ 4.2

(2.2) การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของเนื้อใน (crumb) ขนมปังด้วยเครื่อง Texture Analyzer รุ่น TA-XT2i (ดัดแปลงวิธีของ Tong et al, 2010) ตามข้อ 4.3

(2.3) การวัดปริมาตรจำเพาะของก้อนขนมปัง โดยใช้เมล็ดงา (อ้างอิงวิธี rapseed displacementv :วิธีของ malomo et al, 2011 และ สุนีย์ ชลนาภิกุล, 2540) ตามข้อ 4.4

3.3.3.4 การประเมินคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสของขนมปัง (ดัดแปลงวิธีของ Lazaridou et al, 2007) ตามข้อ 5

3.3.3.5 การทำนายสูตรที่ดีที่สุด สำหรับผลิตขนมปังปราศจากกลูเตนจากข้างนอก
ทำนายสูตรที่เหมาะสมโดยใช้โปรแกรม design expert ทำนายจาก Response Surface โดยนำข้อมูลด้านคุณภาพของขนมปังทั้ง 7 สิ่งทดลองมาสร้างสมการถดถอยโดยใช้ค่ารหัสเป็นตัวแปรต้น และคุณภาพเป็นตัวแปรตาม โดยพิจารณาจากสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) ของตัวแปร ที่มีค่าเข้าใกล้ 1 คือมีค่ามากกว่า 0.8 และสามารถหาสูตรที่เหมาะสมสำหรับการทำขนมปังได้จากการ optimization ของข้อมูลคุณภาพที่ได้จากสมการทำนาย และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแบ่ง กับคุณภาพของขนมปังจากการคำนวณสมการ โดยนำจุดที่เหมาะสมที่ได้มาแทนค่าในสมการทำนาย ข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพและประสาทสัมผัสของตัวอย่างทั้ง 7 สิ่งทดลองนำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยวิธี response surface methodology (RSM) สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยใช้ linear model เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างค่าคุณภาพทางกายภาพและประสาทสัมผัส กับปริมาณแบ่งแต่ละชนิด ซึ่งนำไปสร้างสมการถดถอยสามารถทำนายสูตรขนมปังที่มีคุณภาพด้านต่างๆ

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.4.1 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของแป้ง ได้แก่ ปริมาณโปรตีน ไขมัน โปรตีน และเถ้า โดยชนิดของแป้ง 4 ระดับ ได้แก่ แป้งข้าวสาลี แป้งข้าวที่ไม่ได้งอก แป้งข้าวงอก และแป้งข้าวงอกที่นำไปอบ ทำการทดลอง 3 ซ้ำ และนำเสนอข้อมูลในรูปแบบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3.4.2 การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีฟิสิกส์และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแป้ง โดยคุณสมบัติทางเคมีฟิสิกส์ ได้แก่ คุณสมบัติด้านความหนืด และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิก แกมมาออริซานอล และแอลฟาโทโคเฟอรอล โดยชนิดของแป้ง 4 ระดับ ได้แก่ แป้งข้าวสาลี แป้งข้าวที่ไม่ได้งอก แป้งข้าวงอก และแป้งข้าวงอกที่นำไปอบ โดยเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณจากเครื่องมือวิเคราะห์ ทำการทดลอง 3 ซ้ำ และนำเสนอข้อมูลในรูปแบบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบสมมติฐานโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว

3.4.3 การศึกษาคุณลักษณะของขนมปัง ได้แก่ คุณสมบัติด้านเนื้อสัมผัส ค่าสี และปริมาตรจำเพาะ และการทดสอบคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัส ทำการทดลอง 3 ซ้ำ และนำเสนอข้อมูลในรูปแบบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบสมมติฐานโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว

3.5 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

3.5.1 สถิติพื้นฐาน ได้แก่ เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3.5.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบสมมติฐานใช้โปรแกรม SPSS สถิติที่ใช้ คือ การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA in CRD) หรือ F-test และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามวิธี Duncan Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3.5.3 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัส สถิติที่ใช้ คือ การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง (Two-way ANOVA in RBD) และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

3.6.1 ทราบความเหมาะสมและความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้แป้งข้าวงอกผลิตขนมปัง

3.6.2 ขนมปังปราศจากกลูเตนเป็นทางเลือกสำหรับผู้บริโภคที่แพ้กลูเตน

3.6.3 ข้อมูลที่ได้สามารถใช้เป็นแนวทางในการเพิ่มมูลค่าให้กับข้าวได้