

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี คุณสมบัติทางเคมีฟิสิกส์ และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของแป้งข้าวฟ่างงอก และแป้งข้าวฟ่างไม่งอก เปรียบเทียบกับแป้งสาลี จากนั้นปรับปรุงคุณภาพของแป้งข้าวฟ่างให้เหมาะสมต่อการผลิตขนมปังปราศจากกลูเตน โดยการผสมแป้งข้าวฟ่างงอก และไม่งอกเข้ากับแป้งมันสำปะหลังในอัตราส่วนต่างๆ มีการวิเคราะห์คุณสมบัติด้านความหนืดของแป้งขนมปังที่ได้และประเมินคุณลักษณะด้านต่างๆ ของขนมปังที่ผลิตได้ ได้แก่ สมบัติด้านเนื้อสัมผัส สีของเปลือกด้านนอกและเนื้อด้านใน ปริมาณแทนนิน สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด แอนโธไซยานินทั้งหมด และการทดสอบทางประสาทสัมผัส ในขั้นตอนสุดท้ายเป็นการพัฒนาขนมปังให้มีคุณลักษณะเป็นที่ยอมรับมากขึ้นด้วยการเติมผงไข่ขาว โดยดำเนินการวิจัยตามลำดับดังต่อไปนี้

- 3.1 การวางแผนการวิจัย
- 3.2 วัตถุดิบ เครื่องมือและสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง
- 3.3 วิธีดำเนินการทดลอง
- 3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล
- 3.5 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

#### 3.1 การวางแผนการวิจัย

3.1.1 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมี คุณสมบัติทางเคมีฟิสิกส์ และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแป้ง 3 ชนิด ได้แก่ แป้งข้าวฟ่างไม่งอก แป้งข้าวฟ่างงอก และแป้งสาลี ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มโดยสมบูรณ์ (Completely randomized design; CRD) มี 1 ปัจจัยศึกษา คือ ชนิดของแป้ง รวมทั้งหมดมี 3 ทรีทเมนต์ แต่ละทรีทเมนต์ทำการทดลอง 3 ซ้ำ รวมหน่วยทดลอง 9 หน่วยทดลอง

3.1.2 การศึกษาผลของอัตราส่วนของแป้งข้าวฟ่างงอก แป้งข้าวฟ่างไม่งอก และแป้งมันสำปะหลังต่อคุณสมบัติด้านความหนืดของแป้งขนมปัง ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มโดยสมบูรณ์ (Completely randomized design; CRD) โดยมี 1 ปัจจัยศึกษา คือ อัตราส่วนผสมระหว่างแป้งข้าวฟ่างงอก แป้งข้าวฟ่างไม่งอกและแป้งมันสำปะหลัง 5 ระดับ คือ 50: 0: 50, 37.5:12.5:50, 25: 25: 50, 12.5:37.5: 50 และ 0: 50: 50 และมีทรีทเมนต์ควบคุม คือ แป้งสาลี 100 เปอร์เซ็นต์ รวมทั้งหมดมี 6 ทรีทเมนต์ แต่ละทรีทเมนต์ทำการทดลอง 3 ซ้ำ รวมหน่วยทดลอง 18 หน่วยทดลอง

3.1.3 การศึกษาคุณลักษณะและการยอมรับทางประสาทสัมผัสของขนมปังปราศจากกลูเตนที่ทำจากแป้งข้าวฟ่างงอกผสมแป้งข้าวฟ่างไม่งอก และแป้งมันสำปะหลังในอัตราส่วนต่างๆ ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มโดยสมบูรณ์ (Completely randomized design ; CRD) โดยมี 1 ปัจจัยศึกษา คือ อัตราส่วนผสมระหว่างแป้งข้าวฟ่างงอก แป้งข้าวฟ่างไม่งอกและแป้งมันสำปะหลัง 5 ระดับ คือ 50:0:50, 37.5:12.5:50, 25:25:50, 12.5:37.5:50 และ 0:50:50 และมีทรีทเมนต์ควบคุม คือ แป้งสาลี 100 เปอร์เซ็นต์ รวมทั้งหมดมี 6 ทรีทเมนต์ ทำการทดลอง 3 ซ้ำ รวมหน่วยทดลอง 18 หน่วยทดลอง สำหรับ

การศึกษาการยอมรับทางประสาทสัมผัสของขนมปังปราศจากกลูเตนใช้แผนการทดลองแบบบล็อก (Randomized Complete Block design; RBD)

3.1.4 การปรับปรุงคุณลักษณะของขนมปังปราศจากกลูเตนจากข้าวฟ่างอก ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มโดยสมบูรณ์ (Completely randomized design; CRD) โดยมี 1 ปัจจัยศึกษา คือ ปริมาณผงไข่ขาว 3 ระดับ คือ 3.5, 6.5 และ 13 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้ง และมีทรีทเมนต์ควบคุม คือ ไม่เติมผงไข่ขาว รวมทั้งหมดมี 4 ทรีทเมนต์ ทำการทดลอง 3 ซ้ำ รวมหน่วยทดลอง 12 หน่วยทดลอง

## 3.2 วัตถุดิบ เครื่องมือและสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

### 3.2.1 วัตถุดิบ

1. ข้าวฟ่างพันธุ์ลูกผสมสีแดง (แปซิฟิก 99) จากจังหวัดเพชรบูรณ์
2. แป้งมันสำปะหลัง (ตราแมวแดงดาวเทียมลูกโลก, ประเทศไทย)
3. แป้งสาลี (ตราห่าน, ประเทศไทย)
4. ยีสต์
5. เกลือ
6. น้ำตาล (มิตรผล, ประเทศไทย)
7. ซอร์เบต
8. ผงไข่ขาว (เฟียว โปรตีน พลัส, ประเทศไทย)

### 3.2.2 อุปกรณ์และเครื่องมือในการวิเคราะห์

1. เครื่องวิเคราะห์โปรตีน (Kjedahl, Gerhardt)
2. เครื่องวิเคราะห์ไขมัน (Buchi, Switzerland)
3. เครื่องวิเคราะห์เส้นใย (Velp Scientifica, Italy)
4. เตาเผาเถ้า (Muffle furnace, Model S1202PID, Thailand)
5. ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) (Binder, Germany)
6. เครื่องวัดความหนืดแบบรวดเร็ว (Rapid Visco Analyzer, RVA Newport scientific, Australia)
7. เครื่อง Texture Analyzer (TA-XT2i, Stable Micro Systems, Godalming, Surrey, UK)
8. เครื่องวัดสี Chroma meter (Minolta CR-300, Japan)
9. เครื่อง UV/VIS spectrophotometer (Shimadzu, Japan)
10. เครื่องปั่น (Kitchenaid, USA)
11. เตาอบ
12. อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Mettler schutzart, Germany)
13. เครื่องบด (Panasonic, Thailand)

### 3.2.3 สารเคมี

1. Sulfuric acid (J.T. Baker, Thailand)
2. Copper sulphate (Univar, Australia)
3. Hydrochloric acid (BDH, England)
4. Potassium sulphate (Univar, Australia)
5. Boric acid (Rankem, India)
6. Petroleum ether (BDH; England)
7. Potassium hydroxide (Univar; Australia)
8. Acetone (BDH; England)
9. Sulfuric acid (Fluka, Germany)
10. 2-butanol (BDH, England)
11. Catechin (Fluka, Germany)
12. Methanol (BDH, England)
13. Folin-ciocalteu reagent (Sigma, Germany)
14. Gallic acid (Fluka, Germany)
15. Potassium chloride (Univar, Australia)
16. Sodium acetate (Univar, Australia)
17. Amylase HR reagent (Sigma, Germany)
18. Sodium hydroxide (Univar, Australia)
19. Casein (Merck, Germany)
20. Trichloroacetic acid (TCA)
21. Pelargonodin (Fluka, Germany)
22. Ethanol (BDH, England)
23. Potassium phosphate (Riedel-de Haen, Germany)
24. Sodium carbonate (Univar, Australia)
25. L-Tyrosine (Sigma, Germany)
26. Protease (Sigma, Germany)

## 3.3 วิธีดำเนินการทดลอง

### 3.3.1 การเตรียมข้าวฟ่างอก

แป้งข้าวฟ่างอกเตรียมตามวิธีการของ Elkhalfa (1988) โดยนำเมล็ดข้าวฟ่างแช่ในน้ำข้ามคืน (16-18 ชั่วโมง) โดยมีการเปลี่ยนน้ำ 2 ครั้งเพื่อล้างสิ่งสกปรกและเปลือกข้าวฟ่างออก นำเมล็ดที่แช่แล้วมาล้างด้วยน้ำสะอาดหลายๆ ครั้ง แล้วนำมาผึ่งเป็นชั้นบางๆ บนผ้าขาวบางที่พรมน้ำให้ชุ่มทุกๆ 12 ชั่วโมง เป็นเวลา 2 วัน เพื่อให้เกิดการงอกของราก (อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส) หลังจากนั้นนำเมล็ดที่งอกมาล้างน้ำและทำให้แห้งในตู้อบอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสจนมีน้ำหนักคงที่ (ความชื้นสุดท้ายประมาณ  $5 \pm 1$  เปอร์เซ็นต์) ใช้มือดึงส่วนที่เป็นรากออก ก่อนนำเมล็ดไปบดด้วยเครื่องบดและ

ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 mesh สำหรับแป้งข้าวฟ่างไม่ออกได้จากการนำเมล็ดข้าวฟ่างมาบดและร่อนผ่านตะแกรง โดยไม่ผ่านขั้นตอนการรอกและอบแห้งในตู้อบลมร้อนเหมือนกับแป้งข้าวฟ่างออก แป้งข้าวฟ่างทั้งสองชนิดมีการเก็บรักษาในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จนกระทั่งนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี คุณสมบัติทางเคมีฟิสิกส์และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เปรียบเทียบกับแป้งสาลี ดังรายละเอียดต่อไปนี้

- 1) การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (รายละเอียดดังภาคผนวก ค)
  - (1) ปริมาณความชื้น (Moisture: Drying method) ตาม AOAC (2000)
  - (2) ปริมาณโปรตีนด้วยวิธีเจลดาล์ (Crude protein: Kjeldahl method) ตาม AOAC (2000)
  - (3) ปริมาณไขมันด้วยวิธีซอกซ์เลท (Extractable lipid: Soxhlet method) ตาม AOAC (2000)
  - (4) ปริมาณเส้นใยอาหารหยาบ (Crude fibre: Crude fibre method) ตาม AOAC (2000)
  - (5) ปริมาณเถ้า (Ash: Dry ashing method) ตาม AOAC (2000)
  - (6) กิจกรรมของเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส (ใช้ชุดทดสอบ Megazyme)
  - (7) กิจกรรมของเอนไซม์โปรติเอส (Elkhalifa *et al.*, 1999)
- 2) การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีฟิสิกส์ (รายละเอียดดังภาคผนวก ค)
  - (1) คุณสมบัติด้านความหนืดด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyzer (Hugo *et al.*, 2003)
  - (2) ความสามารถในการละลายและพองตัว (Swelling power and solubility) (Li and Yeh, 2001)
- 3) การวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (รายละเอียดดังภาคผนวก ค)
  - (1) ปริมาณแทนนิน ด้วยวิธี Vanillin HCl ดัดแปลงจาก Price *et al.* (1978)
  - (2) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ด้วยวิธี Folin Ciocalteu (Kaluza *et al.*, 1980)
  - (3) ปริมาณแอนโธไซยานินทั้งหมด ดัดแปลงตามวิธีของ Abdel-Aal and Hucl (1999)
- 4) คุณลักษณะของขนมปังปราศจากกลูเตนที่ผลิตจากแป้งข้าวฟ่างออกและแป้งข้าวฟ่างไม่ออก 100 เปอร์เซ็นต์
 

นำแป้งข้าวฟ่างออกและไม่ออกไปผลิตเป็นขนมปังปอนด์ เปรียบเทียบกับแป้งสาลี 100 เปอร์เซ็นต์ โดยเติมส่วนผสมที่เป็นผง ได้แก่ น้ำตาล และเกลือลงในแป้งปริมาณ 6.7 และ 1.7 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้งตามลำดับ หลังจากผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน เติมซอร์เบท (3.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้ง) และน้ำ (80 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้ง) ปั่นส่วนผสมทั้งหมดด้วยเครื่องปั่นความเร็วต่ำนาน 20 นาที นำแป้งที่นวดเข้ากันแล้ว (แบทเทอร์) ใส่ในภาตสแตนเลส นำก้อนโดไปบ่ม (proof) ที่อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส นาน 50-60 นาที จากนั้นนำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที

3.3.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติด้านความหนืดของแป้งขนมปังที่มีอัตราส่วนของแป้ง ข้าวฟ่างงอก แป้งข้าวฟ่างไม่งอกและแป้งมันสำปะหลังแตกต่างกัน

นำแป้งข้าวฟ่าง แป้งข้าวฟ่างไม่งอก และแป้งมันสำปะหลังมาผสมให้เข้ากันดีในอัตราส่วนแตกต่างกัน 5 ระดับ คือ 50: 0: 50, 37.5: 12.5: 50, 25: 25: 50, 12.5: 37.5: 50 และ 0: 50: 50 (ดัดแปลงจาก Onyango *et al.*, 2010) จากนั้นนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติด้านความหนืดด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyzer (Hugo *et al.*, 2003) และรายงานค่าความหนืดสูงสุด (Peak viscosity) ความหนืดต่ำสุด (Trough viscosity) ความหนืดสุดท้าย (Final viscosity) ความหนืดลดลง (Breakdown) การคืนตัว (Setback) เวลาเริ่มเกิดความหนืด (Peak time) และอุณหภูมิเริ่มเปลี่ยนแปลงความหนืด (Pasting temperature)

3.3.3 การวิเคราะห์คุณลักษณะขนมปังปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวฟ่าง

นำแป้งขนมปังที่มีอัตราส่วนของแป้งข้าวฟ่างงอก แป้งข้าวฟ่างไม่งอกและแป้งมันสำปะหลังแตกต่างกัน 5 ระดับ คือ 50: 0: 50, 37.5: 12.5: 50, 25: 25: 50, 12.5: 37.5: 50 และ 0:50:50 มาผลิตเป็นขนมปังโดยดัดแปลงจากวิธีของ Onyango *et al.* (2010) มีปริมาณส่วนผสมทั้งหมดแสดงได้ดังตาราง 3.1 และมีชุดควบคุม คือ ขนมปังที่ทำจากแป้งสาลี 100 เปอร์เซ็นต์

ตาราง 3.1 อัตราส่วนของแป้งข้าวฟ่างงอก แป้งข้าวฟ่างไม่งอก แป้งมันสำปะหลังและส่วนผสมอื่นๆ ในการผลิตขนมปังปราศจากกลูเตน

| อัตราส่วนของแป้ง<br>ข้าวฟ่างงอก:ข้าวฟ่างไม่งอก:มันสำปะหลัง | ส่วนผสม (เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้ง) |        |           |       |     |
|------------------------------------------------------------|-------------------------------------|--------|-----------|-------|-----|
|                                                            | ยีสต์                               | น้ำตาล | ซอร์เทนิง | เกลือ | น้ำ |
| 50 : 0 : 50,                                               | 1.5                                 | 6.7    | 3.5       | 1.7   | 80  |
| 37.5 : 12.5 : 50                                           | 1.5                                 | 6.7    | 3.5       | 1.7   | 80  |
| 25 : 25 : 50                                               | 1.5                                 | 6.7    | 3.5       | 1.7   | 80  |
| 12.5 : 37.5 : 50                                           | 1.5                                 | 6.7    | 3.5       | 1.7   | 80  |
| 0 : 50 : 50                                                | 1.5                                 | 6.7    | 3.5       | 1.7   | 80  |

การผลิตขนมปัง เริ่มจากเติมยีสต์แห้ง (1.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้ง) ผสมลงไปในแป้งขนมปังที่เตรียมไว้ จากนั้นเติมส่วนผสมอื่นๆ ที่เป็นผง ได้แก่ น้ำตาล และเกลือ (6.7และ 1.7 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้งตามลำดับ) หลังจากผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน เติมซอร์เทนิง (3.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้ง) และน้ำ (80 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้ง) ปั่นส่วนผสมทั้งหมดด้วยเครื่องปั่นความเร็วต่ำนาน 20 นาที นำแป้งที่นวดเข้ากันแล้ว (แบทเทอร์) ใส่ในภาตสแตนเลส และบ่ม (proof) ที่อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส นาน 50-60 นาที จากนั้นนำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที เมื่อครบเวลานำขนมปังออกจากตู้อบ ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 2 ชั่วโมง) แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ส่วนแรกนำไปวิเคราะห์คุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัส และสีของส่วนเปลือกนอกและเนื้อใน ส่วนที่ 2 นำไปผึ่งลมให้แห้งและบดให้ละเอียด แล้วบรรจุใส่ถุงพลาสติกปิดปากให้แน่น เก็บที่อุณหภูมิ 25 องศา

เซลเซียส เพื่อรอการวิเคราะห์ปริมาณแทนนิน สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และแอนโทไซยานินทั้งหมด ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

- 1) การวิเคราะห์คุณลักษณะของขนมปัง (รายละเอียดดังภาคผนวก ค)
  - (1) คุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture analyzer (Onyango *et al.*, 2010)
  - (2) ค่าสีของส่วนเปลือกนอกและเนื้อในของขนมปังด้วยเครื่อง Chroma meter (Schober *et al.*, 2005)
  - (3) ปริมาณแทนนิน ด้วยวิธี Vanillin HCl ดัดแปลงจาก Price *et al.* (1978)
  - (4) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ด้วยวิธี Folin Ciocalteu (Kaluza *et al.*, 1980)
  - (5) ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด ดัดแปลงจากวิธีของ Abdel-Aal and Hucl (1999)

### 3.3.4 การปรับปรุงคุณลักษณะของขนมปังปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวฟ่างอก

การทดลองตอนนี้ นำขนมปังสูตรที่ใช้แป้งข้าวฟ่างอก แป้งข้าวฟ่างไม่ออกและแป้งมันสำปะหลังในอัตราส่วน 25: 25: 50) มาปรับปรุงคุณภาพด้วยการเติมผงไข่ขาวในปริมาณแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 3.5, 6.5 และ 13 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้ง จากนั้นนำไปวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ ดังนี้

- 1) คุณลักษณะของขนมปัง (รายละเอียดดังภาคผนวก ค)
  - (1) ความสูงของขนมปังและปริมาตรจำเพาะ ด้วยวิธี Displacement of millet seeds (Veluppillai *et al.*, 2010)

นำขนมปังหลังอบเสร็จ 1 ชั่วโมง มาวัดความสูงด้วยไม้บรรทัดและวัดปริมาตร จากนั้นนำค่าปริมาตรที่ได้ไปคำนวณปริมาตรจำเพาะ (Specific volume) จากสูตรต่อไปนี้

$$\text{Specific volume (cm}^3\text{/g)} = \frac{\text{Volume of bread (cm}^3\text{)}}{\text{Dough weight (g)}}$$

- (2) ค่าสีของส่วนเปลือกนอกและเนื้อในของขนมปัง โดยใช้เครื่อง Chroma meter (Schober *et al.*, 2005)
- (3) คุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัส โดยใช้เครื่อง Texture analyzer (Onyango *et al.*, 2010)

### 2) คุณภาพทางประสาทสัมผัส

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสขนมปังปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวฟ่างที่มีการเติมผงไข่ขาวในปริมาณ 3.5 6.5 และ 13 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้ง ใช้ผู้ทดสอบกึ่งฝึกฝน (Semi-trained panelists) จำนวน 20 คน โดยทั้งหมดเป็นนักศึกษาภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนศาสตร์ ชั้นปีที่ 4 ปีการศึกษา 2554 ผู้ทดสอบแต่ละคนต้องประเมินความชอบที่มีต่อผลิตภัณฑ์ในด้านลักษณะปรากฏ รูปร่าง รูอากาศ กลิ่นหอมของขนมปัง สีของเนื้อใน รสชาติ ความนุ่มเมื่อกัดดู และ ความชอบโดยรวม โดยใช้แบบทดสอบแบบ 9-point Hedonic scale ซึ่งคะแนน 9 = ชอบมากที่สุด

คะแนน 8 = ชอบมาก คะแนน 7 = ชอบปานกลาง คะแนน 6 = ชอบเล็กน้อย คะแนน 5 = เฉยๆ  
 คะแนน 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย คะแนน 3 = ไม่ชอบปานกลาง คะแนน 2 = ไม่ชอบมาก และคะแนน 1 =  
 ไม่ชอบมากที่สุด (ดังภาคผนวก ง)

### 3) สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

- (1) ปริมาณแทนนิน ด้วยวิธี Vanillin HCl ดัดแปลงจาก Price *et al.* (1978)
- (2) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ด้วยวิธี Folin Ciocalteu (Kaluza *et al.*, 1980)
- (3) ปริมาณแอนโธไซยานินทั้งหมด ดัดแปลงจากวิธีของ Abdel-Aal and Hucl (1999)

## 3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.4.1. การศึกษาและเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณโปรตีน ไขมัน เส้นใยอาหาร ความชื้น เถ้า กิจกรรมของเอนไซม์แอลฟา - อะไมเลส และกิจกรรมของเอนไซม์โปรติเอส คุณสมบัติทางเคมีฟิสิกส์ ได้แก่ สมบัติด้านความหนืด ความสามารถในการละลายและพองตัว และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ได้แก่ ปริมาณแทนนิน สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และแอนโธไซยานินทั้งหมดของแป้งข้าวฟ่างงอก แป้งข้าวฟ่างไม่งอก และแป้งสาลี เก็บรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณจากเครื่องมือวิเคราะห์ ทำการทดลอง 3 ซ้ำ และนำเสนอข้อมูลในรูปแบบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA in CRD) โดยมี 1 ปัจจัยศึกษา คือ ชนิดของแป้ง 3 ชนิด ได้แก่ แป้งข้าวฟ่างงอก แป้งข้าวฟ่างไม่งอก และแป้งสาลี เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Least - Significant Different (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

3.4.2. การศึกษาคุณสมบัติด้านความหนืดของแป้งขนมปังที่มีส่วนผสมของแป้งข้าวฟ่างงอก แป้งข้าวฟ่างไม่งอก และแป้งมันสำปะหลังในอัตราส่วนต่างๆ และเปรียบเทียบกับแป้งสาลี 100 เปอร์เซ็นต์ โดยเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณจากเครื่องมือวิเคราะห์ ทำการทดลอง 3 ซ้ำ นำเสนอข้อมูลในรูปแบบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA in CRD) โดยมี 1 ปัจจัยศึกษา คือ อัตราส่วนผสมระหว่างแป้งข้าวฟ่างงอก แป้งข้าวฟ่างไม่งอก และแป้งมันสำปะหลัง 5 ระดับ ได้แก่ 50: 0: 50, 37.5: 12.5: 50, 25: 25: 50, 12.5: 37.5: 50 และ 0:50:50 และมีทริทเทมต์ควบคุม คือ แป้งสาลี 100 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบความแตกต่างค่าโดยเฉลี่ยวิธี Duncan Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

3.4.3. การศึกษาและเปรียบเทียบคุณภาพทางเคมี-กายภาพของขนมปังจากแป้งข้าวฟ่างงอก ผสมแป้งข้าวฟ่างไม่งอกและแป้งมันสำปะหลังในอัตราส่วนต่างๆ กับขนมปังจากแป้งสาลี 100 เปอร์เซ็นต์ ได้แก่ คุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัส สีส่วนเปลือกด้านนอกและเนื้อด้านใน ปริมาณแทนนิน สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณแอนโธไซยานินทั้งหมด โดยเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณจากเครื่องมือวิเคราะห์ ทำการทดลอง 3 ซ้ำ นำเสนอข้อมูลในรูปแบบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA in CRD) โดยมี 1 ปัจจัยศึกษา คือ อัตราส่วนผสมระหว่างแป้งข้าวฟ่างงอก แป้งข้าวฟ่างไม่งอกและแป้งมันสำปะหลัง 5 ระดับ ได้แก่ 50: 0: 50,

37.5: 12.5: 50, 25: 25: 50, 12.5: 37.5: 50 และ 0: 50: 50 และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

3.4.4. การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมปังจากแป้งข้าวฟ่างอกผสมแป้งข้าวฟ่างไม่ออกและแป้งมันสำปะหลังในอัตราส่วนต่างๆ 5 ระดับ คือ 50:0:50, 37.5:12.5:50, 25:25:50, 12.5:37.5:50 และ 0:50:50 และขนมปังจากแป้งสาลี 100 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ผู้ทดสอบ 20 คน นำเสนอข้อมูลในรูปแบบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง (Two-way ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

3.4.5 การศึกษาและเปรียบเทียบคุณภาพด้านกายภาพของขนมปังปราศจากกลูเตนที่เติมผงไข่ขาวแตกต่างกัน 3 ระดับ ได้แก่ คุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัส สีส่วนเปลือกนอกและสีของส่วนเนื้อใน โดยเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณจากเครื่องมือวิเคราะห์ ทำการทดลอง 3 ซ้ำ นำเสนอข้อมูลในรูปแบบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA in CRD) โดยมี 1 ปัจจัยศึกษา คือ ปริมาณผงไข่ขาว 3 ระดับ ได้แก่ 3.5, 6.5 และ 13 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้ง และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

3.4.6 การทดสอบคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของขนมปังปราศจากกลูเตนที่เติมผงไข่ขาวแตกต่างกัน 3 ระดับ โดยใช้ผู้ทดสอบ 20 คน นำเสนอข้อมูลในรูปแบบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง (Two-way ANOVA in RBD) และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

3.4.7 การศึกษาและเปรียบเทียบปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของขนมปังปราศจากกลูเตนที่เติมผงไข่ขาว ได้แก่ ปริมาณแทนนิน สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและแอนโธไซยานินทั้งหมด โดยเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณจากเครื่องมือวิเคราะห์ ทำการทดลอง 3 ซ้ำ นำเสนอข้อมูลในรูปแบบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA in CRD) โดยมี 1 ปัจจัยศึกษา คือ ปริมาณผงไข่ขาว 6.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้ง และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Independent Samples t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

3.4.8 ตรวจสอบข้อมูลเพื่อเตรียมการวิเคราะห์ข้อมูล

### 3.5 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

3.5.1 สถิติพื้นฐาน ได้แก่ เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3.5.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบสมมติฐานใช้โปรแกรม SPSS สถิติที่ใช้ คือ F-test หรือการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA in CRD) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามวิธี Least - Significant Different (LSD) และ Duncan Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

3.5.3 การวิเคราะห์ข้อมูลทางประสาทสัมผัส สถิติที่ใช้ คือ การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง (Two-way ANOVA in RBD) และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์



