บทที่ 3
วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัสดุ

3.1.1 วัตถุดิบ

1. ข้าวเหนียวหักที่หาซื้อได้ในจังหวัดเชียงใหม่
2. ข้าวเจ้าหักที่หาซื้อได้ในจังหวัดเชียงใหม่
3. แป้งข้าวเหนียวที่ผลิตโดยวิธีโม่เปียก ตรา ช้างสามเศียร
4. แป้งข้าวเจ้าที่ผลิตโดยวิธีโม่เปียก ตรา ช้างสามเศียร
5. น้ำดื่มจากบริษัท เชียงใหม่โพสตาร์ (1992) จำกัด
6. น้ำมันพืช ตรา องุ่น
7. ผงปรุงรสสำเร็จรูป ได้แก่ บาร์บิคิว พริกหยวก ปาปริกา และแม็กซิกันบาร์บิคิว ซึ่งซื้อได้จากร้านค้าในจังหวัดเชียงใหม่

3.1.2 สารเคมี

1. ปิโตเลียม อีเทอร์ (Petroleum ether)
2. กรดซัลฟูริกเข้มข้น (Sulfuric Acid conc.)
3. กรดบอริก (Boric Acid)
4. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide)
5. เอทธิลแอลกอฮอล์ร้อยละ 95 (Ethyl alcohol)
6. คอปเปอร์ซัลเฟต (Copper sulfate)
7. โซเดียมซัลเฟต (Sodium sulfate)
8. อะไมไลสบริสุทธิ์ (Potato amylose)
9. ไอโอดีน (Iodine)
10. โปแตสเซียมไอโอไดด์ (Potassium Iodide)
11. สารละลายแป้ง (Starch solution)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2 อุปกรณ์

3.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ผลิตขนมอบพองจากข้าวเหนียวหัก

1. ตู้อบลมร้อนแบบถาดใช้ไฟฟ้า (Tray dryer: ผลิตในประเทศ)
2. เครื่องผสมอาหาร (Food mixer: Kitchen Aid, Model 5K5SS)
3. เครื่องบดเนื้อ (Meat grinder: ผลิตในประเทศ)
4. เครื่องบดแบบค้อน (Hammer mill: Armfield Crompton controls series 2000, FT2)
5. เครื่องชั่งแบบสปริง (Weighing machine: ผลิตในประเทศ)
6. เตาอบไมโครเวฟ (Microwave oven: SHARP Model R-241)
7. เตาแก๊ส (Gas cooker: ผลิตในประเทศ)
8. ตู้เย็น (Refrigerator: TOSHIBA Model super direct cool ขนาด 5.8 คิวบิกฟุต)
9. จานเซรามิค ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12 นิ้ว
10. ถุงกระดาษเคลือบไข (ถุง Dunkin Donuts ขนาด 16 × 29 เซนติเมตร)
11. เครื่องครัวที่จำเป็นในงานวิจัย เช่น รังถึง หม้ออะลูมิเนียม มีด เขียง ผ้าขาวบาง กะละมังเคลือบ ช้อน จาน ชาม เป็นต้น
12. อุปกรณ์เบเกอรี่ที่จำเป็นในงานวิจัย เช่น ไม้พายพลาสติก พิมพ์ขนมปังขนาดกลาง ตะแกรงลวด มีดหั่นขนมปัง เป็นต้น
13. บรรจุภัณฑ์ ได้แก่ ถุงพลาสติกแบบซิปล็อค ถุงพลาสติกแบบใส่ของร้อน

3.2.2 อุปกรณ์ที่ใช้วิเคราะห์คุณภาพ

1. ตู้อบลมร้อน (Hot air oven: Model ULM500)
2. เครื่องชั่งทศนิยม 3 ตำแหน่ง (Analytical balance: Precisa, XT 320M)
3. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Analytical balance: Sartorius Model A120S)
4. เครื่องวัดค่าปริมาณน้ำอิสระ (Thermoconstanter: AQUA Lab Model CX3TX, USA)
5. เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture analyzer: TA.XT.plus Probe ¼” Sph Stainless Part code P/O 0.025 S.)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

6. เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Spectrophotometer: Biomate, Model V-530)
7. ชุดวิเคราะห์ไขมัน (Soxhlet apparatus: Soxtec avanti 2050, Itecator)
8. ชุดวิเคราะห์โปรตีน (Kjeltec distillation unit: Model Tecator 2100)
9. เวอร์เนียร์ คาร์ลิปเปอร์ (Vernier carliper: Tficle Bremd)
10. กระป๋องอบความชื้น (Moisture can)
11. เครื่องแก้วที่จำเป็น เช่น ขวดรูปชมพู่ หลอดทดลอง บีกเกอร์ แท่งแก้วคนสาร กรวยกรอง บิวเรต ปิเปต

3.3 วิธีการทดลอง

3.3.1 ศึกษาคุณภาพทางเคมีของวัตถุดิบหลัก

วัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตขนมอบพองมี 4 ชนิด ได้แก่ แป้งข้าวเหนียว แป้งข้าวเจ้า ข้าวเหนียว และข้าวเจ้าหัก วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design, CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ สุ่มตัวอย่างนำมาวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีต่างๆ ดังนี้

- ความชื้น โดยการอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส (AOAC, 2000)
- โปรตีน ด้วย Semi-Kjedalh method โดยหาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดแล้วคูณกับ coversion factor ของข้าวคือ 5.95 (AOAC, 2000)
- แป้ง โดยวิธี Phenol-sulfuric method (Dobois *et al*, 1956)
- อะไมโลส โดยวิธีการทำให้เกิดสี (colorimetric method) วัดสีที่เกิดขึ้นโดย Spectro-photometer (Juliano, 1971)
- วอเตอร์แอคติวิตี (a_w) โดยเครื่องวัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี (Thermoconstanter)

จากนั้นนำข้อมูลที่ได้นำไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

3.3.2 ศึกษาผลของการเติมแป้งข้าวเจ้าทดแทนแป้งข้าวเหนียว และระยะเวลาอบแห้งต่อคุณภาพขนมอบพอง

ใช้แป้งข้าวเหนียวเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตขนมอบพอง เติมน้ำสะอาดลงในแป้งพอให้สามารถจับตัวกันเป็นก้อนได้ ปั้นแป้งให้เป็นรูปทรงกระบอกใส่ลงในพิมพ์ขนมปัง นำไปนึ่งด้วยไอน้ำเดือดประมาณ 20 นาที (หรือจนแป้งสุก) ยกลงผึ่งให้เย็น แล้วนำไปใส่ในช่องแช่แข็งของตู้เย็นทิ้งไว้ 1 คืน แล้วนำมาเฉือนเป็นแผ่นๆ ความหนาประมาณ 3.5 มิลลิเมตร กดด้วยพิมพ์ให้เป็นรูปร่าง แล้วทำการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาดที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เมื่อตัวอย่างเย็นนำไปเก็บในตู้เย็นเป็นเวลา 1 คืน เพื่อให้ความชื้นกระจายตัวเท่ากันทั้งชิ้นขนม (งามชื่น, 2547) เมื่อครบกำหนดนำไปอบด้วยเตาอบไมโครเวฟที่ระดับความร้อนสูงสุดเพื่อให้ขนมเกิดการพองตัว (Jomduang, 1994) สังเกตได้จากขนมมีการพองตัวเต็มที่ และมีสีเข้มขึ้นจนออกเหลือง

ในการศึกษาผลของการเติมแป้งข้าวเจ้า และระยะเวลาในการอบแห้ง วางแผนการทดลองแบบ 5×3 Factorial in CRD (Factorial in Completely Randomized Design) โดยปัจจัยแรกเป็นปริมาณแป้งข้าวเจ้าที่เติมลงไปทดแทนแป้งข้าวเหนียวซึ่งเป็นส่วนผสมหลัก เติมลงไป 5 ระดับ คือ ร้อยละ 0 5 10 20 และ 30 โดยน้ำหนัก ปัจจัยที่ 2 เป็นระยะเวลาอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส 3 ช่วง ได้แก่ 1 2 และ 3 ชั่วโมง ทำการทดลองอย่างละ 3 ซ้ำ โดยทำการผลิตขนมอบพองตามวิธีที่ระบุไว้เบื้องต้น ในระหว่างการผลิต และหลังการอบพองสุ่มตัวอย่างวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ และเคมีดังนี้

- ความชื้นก่อนการอบพอง โดยการอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส (AOAC, 2000)
- อัตราการพองตัว โดยคิดจากความหนาของผลิตภัณฑ์หลังอบพอง / ความหนาของผลิตภัณฑ์ก่อนอบพอง ทำการเก็บข้อมูล 10 ค่าต่อตัวอย่าง (ประชา และจุฬาลักษณ์, 2543)
- ความหนาแน่น โดยคิดจากน้ำหนัก/ปริมาตร (g/cm^3) ของผลิตภัณฑ์ ทำการเก็บข้อมูล 10 ค่าต่อตัวอย่าง (ดัดแปลงจาก ประชา และจุฬาลักษณ์, 2543)
- ค่าแรงต้านการเจาะทะลุ (นิวตัน) โดยใช้เครื่อง Texture Analyser (ประชา และจุฬาลักษณ์, 2543)
- อะไมโลส โดยวิธีการทำให้เกิดสี (colorimetric method) วัดสีที่เกิดขึ้นโดย Spectrophotometer (Juliano, 1971)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเช่นเดียวกับข้อ 3.3.1 จากนั้นทำการตรวจคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธี 9-point hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบชิม 15 คน ทดสอบคุณภาพด้านลักษณะปรากฏ ความง่ายในการกัดขนมให้แตก ความง่ายเมื่อทำการเคี้ยวขนม และความชอบโดยรวมที่มีต่อขนมอบพอง ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนตามความชอบ 1 – 9 คะแนน โดยเรียงคะแนนจากชอบน้อยที่สุดไปหาชอบมากที่สุด (ไพโรจน์, 2545) วางแผนการทดลองแบบ 5×3 Factorial in RCBD (Randomized Complete Block Design) นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเช่นเดียวกับข้อ 3.3.1

3.3.3 ศึกษาผลของความหนาก่อนการอบพอง และระยะเวลาอบแห้งต่อคุณภาพขนมอบพอง

ในการศึกษาผลของความหนาก่อนการอบพอง และระยะเวลาในการอบแห้ง วางแผนการทดลองแบบ 3×3 Factorial in CRD (Factorial in Completely Randomized Design) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ปัจจัยแรกเป็นความหนาของขนมก่อนการอบพอง ปัจจัยที่ 2 คือ ระยะเวลาอบแห้ง ทำการผลิตขนมอบพองโดยใช้ส่วนผสมระหว่างแป้งข้าวเหนียวและแป้งข้าวเจ้า ที่เลือกได้จากการศึกษาในข้อ 3.3.2 ทำการผลิตขนมอบพองตามขั้นตอนที่ระบุไว้ในข้อ 3.3.2 จนถึงขั้นตอนการเฉือนแป้งออกเป็นแผ่น แบ่งความหนาของแป้งก่อนการอบแห้งเป็น 3 ระดับ คือ ประมาณ 2.5 3.5 และ 4.5 มิลลิเมตร กดด้วยพิมพ์ให้เป็นรูปร่าง แล้วทำการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาดที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 3 ระดับ คือ 1 2 และ 3 ชั่วโมง ทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ และเคมีเช่นเดียวกับข้อ 3.3.2 ยกเว้นไม่วิเคราะห์หาอะไมโลส นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเช่นเดียวกับข้อ 3.3.1 จากนั้นทำการตรวจคุณภาพทางประสาทสัมผัส วางแผนการทดลองแบบ 3×3 Factorial in RCBD (Randomized Complete Block Design) โดยใช้วิธีเช่นเดียวกับข้อ 3.3.2 นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเช่นเดียวกับข้อ 3.3.1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

3.3.4 ศึกษาผลของการนวดแป้งนึ่งสุกก่อนการอบแห้ง และภาชนะที่ใช้อบพองด้วยไมโครเวฟต่อคุณภาพขนมอบพอง

ในการศึกผลของการนวดแป้งนึ่งสุก และภาชนะที่อบพอง วางแผนการทดลองแบบ 3×2 Factorial in CRD (Factorial in Completely Randomized Design) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ปัจจัยแรกเป็นระยะเวลานวดแป้งนึ่งสุกเป็นเวลานาน 3 ระดับ คือ 0 10 และ 20 นาที ปัจจัยที่ 2 คือ ภาชนะที่ใช้อบพองด้วยไมโครเวฟแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ จานเซรามิค และถุงกระดาษ ทำการผลิตขนมอบพอง โดยใช้ส่วนผสมระหว่างแป้งข้าวเหนียวและแป้งข้าวเจ้า ที่เลือกได้จากการศึกษาในข้อ 3.3.2 ทำการผลิตขนมอบพองตามขั้นตอนที่ระบุไว้ในข้อ 3.3.2 จนถึงขั้นตอนการนึ่งแป้งด้วยไอน้ำเดือด หลังจากนึ่งแป้งจนสุกแล้วนำมานวดด้วยหัวตะขอของเครื่องผสมแป้งขนม-ปัง (food mixer) เป็นเวลานาน 0 10 และ 20 นาที แล้วปั้นเป็นรูปทรงกระบอกใส่ลงในพิมพ์ขนมปัง นำไปใส่ในช่องแช่แข็งของตู้เย็นทิ้งไว้ 1 คืน แล้วนำมาเฉือนเป็นแผ่นๆ โดยใช้ความหนาก่อนการอบพอง และระยะเวลาอบแห้งที่เลือกได้จากการศึกษาในข้อ 3.3.3 ในขั้นตอนการอบพองด้วยเตาอบไมโครเวฟ ทำการแบ่งภาชนะที่ใช้ใส่ขนมในการอบพองออกเป็น 2 ชนิด คือ จานเซรามิค และถุงกระดาษเคลือบไข (ถุง Dunkin Donut) ในการอบพองใช้ขนม 20 ชิ้นต่อการอบ 1 ครั้ง ใช้ระดับความร้อนสูงสุดในการอบพองเพื่อให้ขนมเกิดการพองตัว (Jomduang, 1994) สังเกตได้จากขนมมีการพองตัวเต็มที่ และมีสีเข้มขึ้นจนออกเหลือง ทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ และเคมีเช่นเดียวกับข้อ 3.3.3 นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเช่นเดียวกับข้อ 3.3.3 จากนั้นทำการตรวจคุณภาพทางประสาทสัมผัส วางแผนการทดลองแบบ 3×2 Factorial in RCBD (Randomized Complete Block Design) โดยใช้วิธีเช่นเดียวกับข้อ 3.3.3 นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเช่นเดียวกับข้อ 3.3.3

3.3.5 ศึกษารูปแบบของข้าวที่ใช้ต่อคุณภาพขนมอบพอง

ในการศึกษารูปแบบของข้าว ทำการวางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ แบ่งวัตถุดิบที่ใช้ออกเป็น 3 รูปแบบคือ แป้งข้าวเหนียวและแป้งข้าวเจ้า ข้าวเหนียวหักบดหยาบและข้าวเจ้าหักบดหยาบ และเมล็ดข้าวเหนียวหักไม่บดและเมล็ดข้าวเจ้าหักไม่บด ทำการผลิตขนมอบพองตามขั้นตอนที่ระบุไว้ในข้อ 3.3.2 โดยเปลี่ยนรูปแบบวัตถุดิบเป็นแป้งข้าวเหนียวและแป้งข้าวเจ้า ข้าวเหนียวหักบดหยาบและข้าวเจ้าหัก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

บดหยาบ โดยใช้เครื่องบดแบบแห้งขนาดตะแกรง 0.25 มิลลิเมตร และเมล็ดข้าวเหนียวหักและเมล็ดข้าวเจ้าหัก โดยนำข้าวหักที่นึ่งสุกแล้วมาบดละเอียดด้วยเครื่องบดเนื้อ 2 ครั้ง ในการผลิตขนมอบพองใช้ส่วนผสมระหว่างแป้งข้าวเหนียวและแป้งข้าวเจ้า ที่เลือกได้จากการศึกษาในข้อ 3.3.2 ความหนาและระยะเวลาอบแห้งที่เลือกได้ในข้อ 3.3.3 ระยะเวลาในการนวดแป้งนึ่งสุก และภาชนะที่ใช้ใส่ในการอบพองที่เลือกได้จากการศึกษาในข้อ 3.3.4 ทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ และเคมีเช่นเดียวกับข้อ 3.3.3 นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเช่นเดียวกับข้อ 3.3.3 จากนั้นทำการตรวจคุณภาพทางประสาทสัมผัส วางแผนการทดลองแบบ RCBD (Randomized Complete Block Design) ใช้วิธีเช่นเดียวกับข้อ 3.3.3 ทำการทดสอบคุณภาพด้านลักษณะปรากฏ ความง่ายในการกัดขนมให้แตก ความง่ายเมื่อทำการเคี้ยวขนม กลิ่นหอมของข้าว ความเนียนละเอียดของเนื้อขนมเมื่อสัมผัสกับลิ้น และความชอบโดยรวมที่มีต่อขนมอบพองนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเช่นเดียวกับข้อ 3.3.3

3.3.6 ศึกษาการปรุงรสขนมอบพอง

ทำการผลิตขนมอบพองโดยใช้วัตถุดิบและกระบวนการผลิตที่เลือกได้ในข้อ 3.3.2 3.3.3 3.3.4 และ 3.3.5 ทำการปรุงรสขนมอบพองทั้งหมด 4 รสชาติ คือ บาร์บิคิว พริกหยวก ปาปริกา และแม็กซิกันบาร์บิคิว ในแต่ละรสชาติใช้ปริมาณผงปรุงรส 4 ระดับ คือร้อยละ 3 6 9 และ 12 แต่ละระดับจะเพิ่มเปอร์เซ็นต์การสูญเสียอีกร้อยละ 5 และใช้น้ำมันช่วยในการเกาะติดของผงปรุงรสอีกร้อยละ 8 เมื่อเตรียมส่วนผสมของผงปรุงรสเสร็จแล้วก็นำขนมอบพองที่เตรียมไว้มาฉีดพ่นด้วยน้ำมันพืชคลุกเคล้าให้ทั่ว จากนั้นค่อยๆ โรยผงปรุงรสลงไปให้ทั่วคลุกเคล้าจนผงปรุงรสเกาะติดขนมดี เมื่อได้ขนมอบพองที่ผ่านการปรุงรสแล้วนำมาทำการตรวจคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธี Ranking test ใช้ผู้ทดสอบชิม 10 คน ตรวจคุณภาพสอบด้านความชอบรวม (ไพโรจน์, 2545)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

3.3.7 การเปรียบเทียบคุณภาพทางเคมี กายภาพ และประสาทสัมผัส ระหว่างขนมอบพองที่ได้กับขนมอบพองทางการค้า

นำขนมอบพองที่ผลิตได้ทั้ง 4 รสชาติ คือ บาร์บิคิว พริกหยวก ปาปริกา และแม็กซิกัน-บาร์บิคิว และขนมอบพองทางการค้า 3 ตรา (รสดั้งเดิม) คือ โดโซะ ชินมัย และโอเซ่น มาทำการเปรียบเทียบคุณภาพทางกายภาพ และเคมี วางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ คือ ความหนาแน่น และค่าแรงต้านการเจาะทะลุ เช่นเดียวกับข้อ 3.3.2 และคุณภาพทางเคมีคือ ความชื้น โปรตีน ไขมัน และอะไมโลส เช่นเดียวกับข้อ 3.3.1 นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเช่นเดียวกับข้อ 3.3.3 จากนั้นทำการตรวจคุณภาพทางประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบ RCBD (Randomized Complete Block Design) ใช้วิธีเช่นเดียวกับข้อ 3.3.6 นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเช่นเดียวกับข้อ 3.3.6

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved