

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

1. วัตถุประสงค์ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์

1.1 น้ำพริกนรกข้าวโพดเสริมสมุนไพร

- (1) พริกชี้ฟ้าแห้ง (พันธุ์สวน, ตลาดสดบนเมือง, ประเทศไทย)
- (2) ข้าวโพดไร่ฝักอ่อน (พันธุ์ NK – 48 บริษัทเมล็ดพันธุ์แปซิฟิก, ประเทศไทย)
- (3) ปลาป่นแห้ง (ตลาดสดบนเมือง จ.ลพบุรี, ประเทศไทย)
- (4) หอมแดง (พันธุ์หอมเล็ก, ตลาดสดบนเมือง, ประเทศไทย)
- (5) กระเทียม (พันธุ์กระเทียมขาว, ตลาดสดบนเมือง, ประเทศไทย)
- (6) มะขามเปียก (พันธุ์เปรี้ยวยักษ์, ตลาดสดบนเมือง, ประเทศไทย)
- (7) น้ำตาลปี๊บ (ตรามะลิ, ร้านตาโพธิ์, ประเทศไทย)
- (8) เกลือ (ตราปรุ้งทิพย์, ร้านตาโพธิ์, ประเทศไทย)
- (9) ใบมะกรูด (พันธุ์ไทรโยก, ตลาดสดบนเมือง, ประเทศไทย)
- (10) ตระไคร้ (ตลาดสดบนเมือง จ.ลพบุรี, ประเทศไทย)

1.2 ข้าวตังข้าวโพดไร่

- (1) ข้าวโพดไร่ฝักอ่อน (พันธุ์ NK – 48 บริษัทเมล็ดพันธุ์แปซิฟิก, ประเทศไทย)
- (2) ข้าวหอมมะลิ (ตลาดสดบนเมือง จ.ลพบุรี, ประเทศไทย)
- (3) เกลือ (ตราปรุ้งทิพย์, ร้านตาโพธิ์, ประเทศไทย)
- (4) น้ำตาลทราย (ตรามิตรผล, ประเทศไทย)

1.3 ข้าวเกรียบข้าวโพดไร่

- (1) แป้งมันสำปะหลัง (ตราปลามังกร, ประเทศไทย)
- (2) ข้าวโพดไร่ (พันธุ์ NK – 48 บริษัทเมล็ดพันธุ์แปซิฟิก, ประเทศไทย)
- (3) กระเทียม (ตลาดสดบนเมือง, จังหวัดลพบุรี ประเทศไทย)
- (4) เกลือป่น (ปรุ้งทิพย์, ประเทศไทย)
- (5) น้ำตาลทราย (มิตรผล, ประเทศไทย)
- (6) น้ำ (อาคารคหกรรมศาสตร์ 2 มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี, ประเทศไทย)

2. เครื่องมือในการวิจัย

2.1 วัสดุและอุปกรณ์

- (1) เครื่องบดไฟฟ้า (savioil model 22, ประเทศอิตาลี)
- (2) อุปกรณ์เครื่องครัวเช่น กระทะ, ถ้วย, มีด, ช้อน, กระทะ, เตาแก๊ส ฯลฯ

2.2 เครื่องมือวิเคราะห์

- (1) เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง (electronic analytical balance, บริษัทเมทเลอร์ โทเลโด ประเทศไทย จำกัด)
- (2) ตู้อบลมร้อน (oven hot air, Memmert GmbH: CH/052, มหาฤกษ์ อิเล็กทรอนิกส์ แอนด์ ซัพพลายส์, รุ่น YXD-1A, ประเทศไทย)
- (3) เครื่องวัด a_w (aqualab model series 4 Decagon Device Inc., Pullman, USA.)
- (4) ชุดวิเคราะห์ความชื้น ได้แก่ ชุดกลั่นไอน้ำ, เครื่อง UV-VIS Spectrophotometer
- (5) ชุดวิเคราะห์ความชื้น ตามวิธี AOAC (2000)
- (6) ชุดอุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์
- (7) ชุดอุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์ proximate analysis
- (8) ชุดกลั่น electric mantle (isopad, รุ่น LG 2/ER, ประเทศอังกฤษ)

3. สารเคมี

- (1) กรดซัลฟิวริกเข้มข้น (sulfuric acid ; H_2SO_4 Merck, ประเทศเยอรมัน)
- (2) คตะลิสต์ผสม(catalyst mixture) ประกอบด้วย
 - โซเดียมซัลเฟตปราศจากน้ำ ร้อยละ 96 (Na_2SO_4 , บริษัทไทยคริลิคไฟเบอร์ จำกัด, ประเทศไทย)
 - คอปเปอร์ซัลเฟตร้อยละ 3.5 ($CuSO_4$, บริษัท บอร์นเนตคอร์ปอเรชั่น, ประเทศไทย)
 - เซเลเนียมไดออกไซด์ร้อยละ 0.5 (SeO_2 , Merck, ประเทศเยอรมัน)
- (3) โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide, NaOH Merck, ประเทศเยอรมัน)
- (4) ปีโตเลียม อีเทอร์ (Petroleum ether Merck, ประเทศเยอรมัน)
- (5) กรดบอริก (Boric acid, H_3PO_4 Merck, ประเทศเยอรมัน)
- (6) เอทิลแอลกอฮอล์ (Ethyl alcohol ; C_2H_5OH Merck, ประเทศเยอรมัน)
- (7) อินดิเคเตอร์ผสม (Mixed indicator) ประกอบด้วย
 - เมทิลเรดร้อยละ 0.016 (methyl red, Merck, ประเทศเยอรมัน)

- โบรโมคริสซอลกรีนร้อยละ 0.083 ในเอซิลแอลกอฮอล์(bromocresol green, Merck, ประเทศเยอรมัน)

(8) อาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์

- PCD (plate count Agar ; SIGMA, ประเทศสหรัฐอเมริกา)

- PDA (potato dextrose agar ; SIGMA, ประเทศสหรัฐอเมริกา)

(9) กรดไทรโอบาปีโทริก TBA-reagent (2-thiobarbituric acid, Sigma-Aldrich Chemie GmbH, ประเทศเยอรมัน)

(10) ไฮโดรคลอริก (hydrochloric, HCl Merck, ประเทศเยอรมัน)

4. เครื่องประมวลผลทางสถิติ

(1) เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

(2) โปรแกรมประมวลผลทางสถิติสำเร็จรูป SPSS Version 11.5

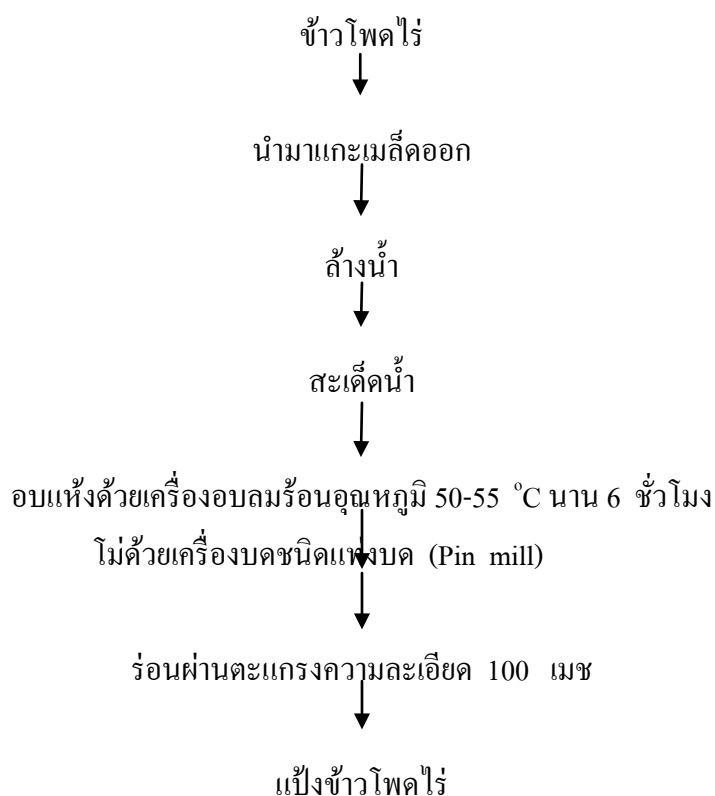
5. วิธีดำเนินการวิจัย

1) การตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบที่ใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากข้าวโพดไร่

(1) ข้าวโพดไร่ฝักสด พันธุ์ NK 48 (วิเคราะห์โดยบริษัท ห้องปฏิบัติการ (ประเทศไทย) จำกัด) ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน เถ้า ใยอาหาร ความชื้น พลังงานจากไขมัน และพลังงานทั้งหมด

(2) แป้งข้าวโพดไร่

ในการเตรียมแป้งข้าวโพดไร่ นำข้าวโพดไร่ฝักแก่มาแกะเมล็ดออกล้างน้ำ อบแห้งที่อุณหภูมิ 50 – 55 °C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง นำมาผลิตเป็นแป้งด้วยเครื่องบดชนิดแท่ง (pin mill) โดยดัดแปลงกรรมวิธีการผลิตจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรรมวิธีการผลิตแป้งข้าวโพดไร่

ที่มา: (ดัดแปลงจาก สุวรรณี ปานเจริญ, 2551)

จากนั้นนำมาวิเคราะห์คุณภาพโดย บริษัทห้องปฏิบัติการกลาง(ประเทศไทย)จำกัด โดย การตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน ความชื้น เถ้าเยื่อใย และ พลังงานจากไขมัน ตามวิธี AOAC (2000)

(3) ข้าวหอมมะลิ

ตรวจสอบคุณภาพทางด้านกายภาพ ได้แก่ ค่า a_w คุณภาพทางเคมี ตามวิธี AOAC (2000) ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน ความชื้น เถ้าเยื่อใย และพลังงานทั้งหมด ตา

2) การสำรวจตลาดผลิตภัณฑ์จากข้าวโพดที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

สำรวจตลาดผลิตภัณฑ์จากข้าวโพด ที่มีจำหน่ายในท้องตลาดในจังหวัดลพบุรี ได้แก่ ร้านค้าชุมชน ร้านค้า OTOP ห้างสรรพสินค้า Big C และ Tesco Lotus ทำการสำรวจระหว่าง วันที่ 20 เมษายน – 24 พฤษภาคม 2552 การสำรวจด้วยวิธีการสังเกต (Observation)และทำการบันทึก ข้อมูล ข้อมูลที่บันทึกได้แก่ ผู้ผลิต ตรายี่ห้อ ชื่อผลิตภัณฑ์ ปริมาณบรรจุ ราคา และส่วนประกอบ ซึ่งข้อมูลที่ได้จะนำไปใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากข้าวโพดไร่ต่อไป

3) การสร้างแนวคิดและการคัดเลือกผลิตภัณฑ์

ในการสร้างแนวคิดผลิตภัณฑ์ ผู้วิจัยได้แบ่งแนวคิดออกเป็น 2 ส่วน คือ ผลิตภัณฑ์จากแป้งข้าวโพดไร่ที่เตรียมจากวิธีการโม่แห้ง และผลิตภัณฑ์จากข้าวโพดไร่ฝักสด จากนั้นทำการกลั่นกรองแนวคิดผลิตภัณฑ์ด้วยวิธี Sequential screening โดยสร้างเกณฑ์ที่ใช้ในการคัดเลือก เพื่อกลั่นกรองให้เหลือแนวคิดผลิตภัณฑ์ที่เป็นไปได้จำนวนน้อยที่สุด แล้วทำการหาข้อสรุปแนวคิดผลิตภัณฑ์โดยการอภิปรายกลุ่ม(Focus group) กับผู้ร่วมอภิปรายที่มีความสนใจและชื่นชอบการรับประทานข้าวโพดและผลิตภัณฑ์จากข้าวโพด จำนวน 12 คน ทำการคัดเลือกให้ได้ผลิตภัณฑ์จากแป้งข้าวโพดไร่ จำนวน 1 ผลิตภัณฑ์ และผลิตภัณฑ์จากข้าวโพดไร่ฝักสด จำนวน 2 ผลิตภัณฑ์ เพื่อนำไปพัฒนาผลิตภัณฑ์จากข้าวโพดไร่ต่อไป

4) การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากข้าวโพดไร่

จากการสร้างแนวคิดและคัดเลือกผลิตภัณฑ์จากข้าวโพดไร่ในข้อที่ 1 จะได้ผลิตภัณฑ์จากข้าวโพดไร่ฝักสด จำนวน 2 ผลิตภัณฑ์ คือ น้ำพริกนรกข้าวโพดเสริมสมุนไพร และข้าวตังข้าวโพดไร่ และผลิตภัณฑ์จาก แป้งข้าวโพดไร่ จำนวน 1 ผลิตภัณฑ์ คือ ข้าวเกรียบข้าวโพดที่มีใยอาหารสูง โดยมีขั้นตอนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ดังนี้

การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำพริกนรกข้าวโพดเสริมสมุนไพร

ขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัยแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 การสำรวจพฤติกรรมของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์น้ำพริกนรกข้าวโพดเสริมสมุนไพร

ทำการสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภค โดยการออกแบบสอบถามกับผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมาย ที่มีอายุตั้งแต่ 18 – 60 ปี ในจังหวัดลพบุรี จำนวน 100 คน เพื่อให้ทราบถึงพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภค สำรวจชนิดสมุนไพรเพื่อใช้ในผลิตภัณฑ์น้ำพริกนรก และชนิดบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม กับน้ำพริกนรกข้าวโพดเสริมสมุนไพร

ตอนที่ 2 คัดเลือกสูตรพื้นฐานผลิตภัณฑ์น้ำพริกนรกข้าวโพด

1. ทำการศึกษาคุณภาพของน้ำพริกนรกข้าวโพดสูตรพื้นฐาน ซึ่งมีส่วนผสมดังตารางที่ 5

2. ศึกษาปริมาณข้าวโพดในผลิตภัณฑ์น้ำพริกนรกข้าวโพดสูตรพื้นฐาน

ตารางที่ 6 การศึกษาปริมาณข้าวโพดในผลิตภัณฑ์น้ำพริกนรกข้าวโพดสูตรพื้นฐาน โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD)

สิ่งทดลอง	ปริมาณข้าวโพด (ร้อยละ)
1	20
2	30
3	40
4	50

ทำการวัดค่าทางคุณภาพผลิตภัณฑ์น้ำพริกนรก เหมือนตอนที่ 2 ศึกษาคุณลักษณะโดยทั่วไปและวิเคราะห์องค์ประกอบเคมีและคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำพริกนรกข้าวโพดสูตรพื้นฐาน

ตอนที่ 3 ศึกษาปริมาณสมุนไพรในผลิตภัณฑ์น้ำพริกนรกข้าวโพดเสริมสมุนไพร

สมุนไพรที่ใช้ได้แก่ ตะไคร้และใบมะกรูดซึ่งได้จากแบบสอบถาม จากตอนที่ 1 ทำการศึกษาปริมาณสมุนไพรในผลิตภัณฑ์น้ำพริกนรกข้าวโพดเสริมสมุนไพรโดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) แบ่งออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ปริมาณสมุนไพร ร้อยละ 10, 15 และ 20 ของส่วนผสมทั้งหมด

ตารางที่ 7 การศึกษาปริมาณสมุนไพรในผลิตภัณฑ์น้ำพริกนรกข้าวโพดเสริม โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD)

สิ่งทดลอง	ปริมาณสมุนไพร (ร้อยละ)
1	10
2	15
3	20

ทำการวัดค่าทางคุณภาพผลิตภัณฑ์น้ำพริกนรก เหมือนตอนที่ 2

ตอนที่ 4 ศึกษาคุณภาพผลิตภัณฑ์สุดท้ายของน้ำพริกนรกข้าวโพดเสริมสมุนไพร

1. ศึกษาคุณภาพผลิตภัณฑ์สุดท้ายของผลิตภัณฑ์น้ำพริกนรกข้าวโพดเสริมสมุนไพร ทำการวัดค่าคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำพริกนรกข้าวโพดเสริมสมุนไพร ดังนี้

(1) การทดสอบคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ ได้แก่ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ตามวิธี AOAC (2000) ยีสต์ และรา ตามวิธี AOAC (2000)

(2) การทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัส โดยใช้ 9-point hedonic scale ทดสอบกับผู้บริโภคที่ชื่นชอบการรับประทานน้ำพริกนรกจำนวน 100 คน

(3) คุณค่าทางโภชนาการ (วิเคราะห์โดยบริษัท ห้องปฏิบัติการ (ประเทศไทย) จำกัด)

ได้แก่ พลังงานทั้งหมด พลังงานจากไขมัน ไขมันทั้งหมด ไขมันอิ่มตัว โคลเลสเตอรอล โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ใยอาหาร น้ำตาล โซเดียม วิตามินเอ วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 แคลเซียม เหล็ก เถ้า ความชื้น

ตอนที่ 5 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ของน้ำพริกนรกข้าวโพดเสริมสมุนไพร

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์น้ำพริกนรกข้าวโพดเสริมสมุนไพร ที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่ผู้บริโภคต้องการ (แบบสอบถามตอนที่ 1) ศึกษาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (25-37 องศาเซลเซียส) เป็นระยะเวลา 35 วัน โดยทำการวัดค่าคุณภาพ ดังนี้

(1) การทดสอบคุณภาพทางด้านกายภาพ ได้แก่ ค่า a_w ตามวิธี ภาคผนวก ง-1

(2) ค่าคุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น ตามวิธี AOAC (2000) ความหืน ตามวิธี Pearson (1976)

(3) การทดสอบคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ ได้แก่ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด AOAC (2000) ยีสต์ และรา AOAC (2000)

สำหรับคุณภาพทางจุลินทรีย์ของน้ำพริก จะใช้เกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน น้ำพริก ปั่นแห้ง (มพช.130/2546) ที่กำหนดให้มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน 1×10^4 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัมและมีเชื้อยีสต์และรา ไม่เกิน 10 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม โดยผลิตภัณฑ์น้ำพริกนรกที่ได้จะต้องมีค่าคุณภาพทางจุลินทรีย์ไม่เกินกว่าที่ทางมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนกำหนดไว้

(4) การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

โดยนำน้ำพริกนรกข้าวโพดเสริมสมุนไพรเสิร์ฟพร้อมกับข้าวสวย แล้วทำการทดสอบโดยให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-Point hedonic scaling) (ไพโรจน์ วิริยศิริ, 2547) โดย 1 คือไม่ชอบมากที่สุด และ 9 คือชอบมากที่สุด และทำการทดสอบกับผู้บริโภคจำนวน 30 คน

(5) การวิเคราะห์ข้อมูล นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA)

ทำการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test

กรรมวิธีการผลิตน้ำพริกนรกข้าวโพดเสริมสมุนไพร (สำนักพิมพ์แสงแดด, 2549)

1. นำข้าวโพดไร่ฝักสดมาป่นให้ละเอียด แยกน้ำและกากออกจากกัน นำส่วนที่เป็นกากข้าวโพดคั่วให้หอมจนกรอบ แล้วก็เอามาป่นให้ละเอียดพักไว้
2. นำใบมะกรูดและตะไคร้หั่น แล้วนำไปอบด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จากนั้น นำมาทอดให้กรอบ ยกขึ้นให้สะเด็ดน้ำมัน แล้วก็เอามาป่นให้ละเอียดพักไว้
3. นำพริกแห้งไปคั่ว อย่าให้ไหม้เพราะจะทำให้ขม พอคั่วได้ที่แล้วก็เอาไปป่นๆให้ละเอียด แล้วก็พักไว้อีก
4. กระเทียมโขลกให้ละเอียดเจียน้ำมัน ยกขึ้นให้สะเด็ดน้ำมัน แล้วก็เอามาป่นให้ละเอียดพักไว้
5. เตรียมมะขามเปียก น้ำตาลปีบ น้ำตาลทราย เคลือผสมกันในกระทะให้สุก
6. นำข้าวโพดคั่ว ปลาป่น พริกแห้งป่น ใบมะกรูดทอด ตะไคร้ทอด กระเทียมเจียวผสมกันจนเข้ากันดีแล้ว
7. นำส่วนผสมลงไปในกระทะคั่ว ด้วยไฟอ่อนจนแห้ง คั่วให้หอม
8. ส่วนผสมทั้งหมดลง พักไว้ให้เย็นแล้วใส่ขวดเก็บไว้

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวตังข้าวโพดไร่

ขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัยแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 การสำรวจพฤติกรรมของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ข้าวตังข้าวโพดไร่

ทำการสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภค โดยการออกแบบสอบถามกับผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมาย ที่มีอายุตั้งแต่ 18 – 60 ปี จำนวน 100 คน ในจังหวัดลพบุรี เพื่อให้ทราบถึงพฤติกรรมและความต้องการหน้าข้าวตัง รูปร่าง รวมถึงชนิดบรรจุภัณฑ์ข้าวตังข้าวโพดไร่

ตอนที่ 2 การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ข้าวตังข้าวโพดไร่

2.1 การคัดเลือกสูตรพื้นฐานของผลิตภัณฑ์ข้าวตัง

ทำการรวบรวมสูตรข้าวตัง จากหนังสือ ตำราต่างๆมา 3 สูตร โดยเลือกสูตรที่มีส่วนผสมใกล้เคียงกันมากที่สุด เพื่อให้ได้ลักษณะข้าวตังที่ เหลือง กรอบ มีลักษณะเบา และเนื้อละเอียด ซึ่งนำมา คัดเลือกสูตรที่ได้คะแนนเฉลี่ยความชอบสูงสุด ทั้ง 3 สูตร ทำตามกรรมวิธีดังภาพที่ 2

(1) ศึกษาด้านคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่า a_w ค่าความแข็ง(Hardness)โดยใช้เครื่อง Texture Analyzer และ อัตราการพองตัว(เท่า) โดยวิธีการแทนที่ของเมล็ดงา

(2) คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ความชื้น ตามวิธี AOAC (2000) และความหืนตามวิธี Pearson (1976)

(3) คุณภาพทางจุลินทรีย์ ได้แก่ จุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา ตามวิธี AOAC (2000)

(4) คุณภาพทางประสาทสัมผัสกับผู้ทดสอบชิม จำนวน 50 คนโดยทำการคัดเลือกสูตรที่ได้รับคะแนนความชอบในคุณลักษณะที่เกี่ยวข้องได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส ความชอบรวม โดยให้คะแนน 1 ชอบน้อยที่สุด 9 ชอบมากที่สุด

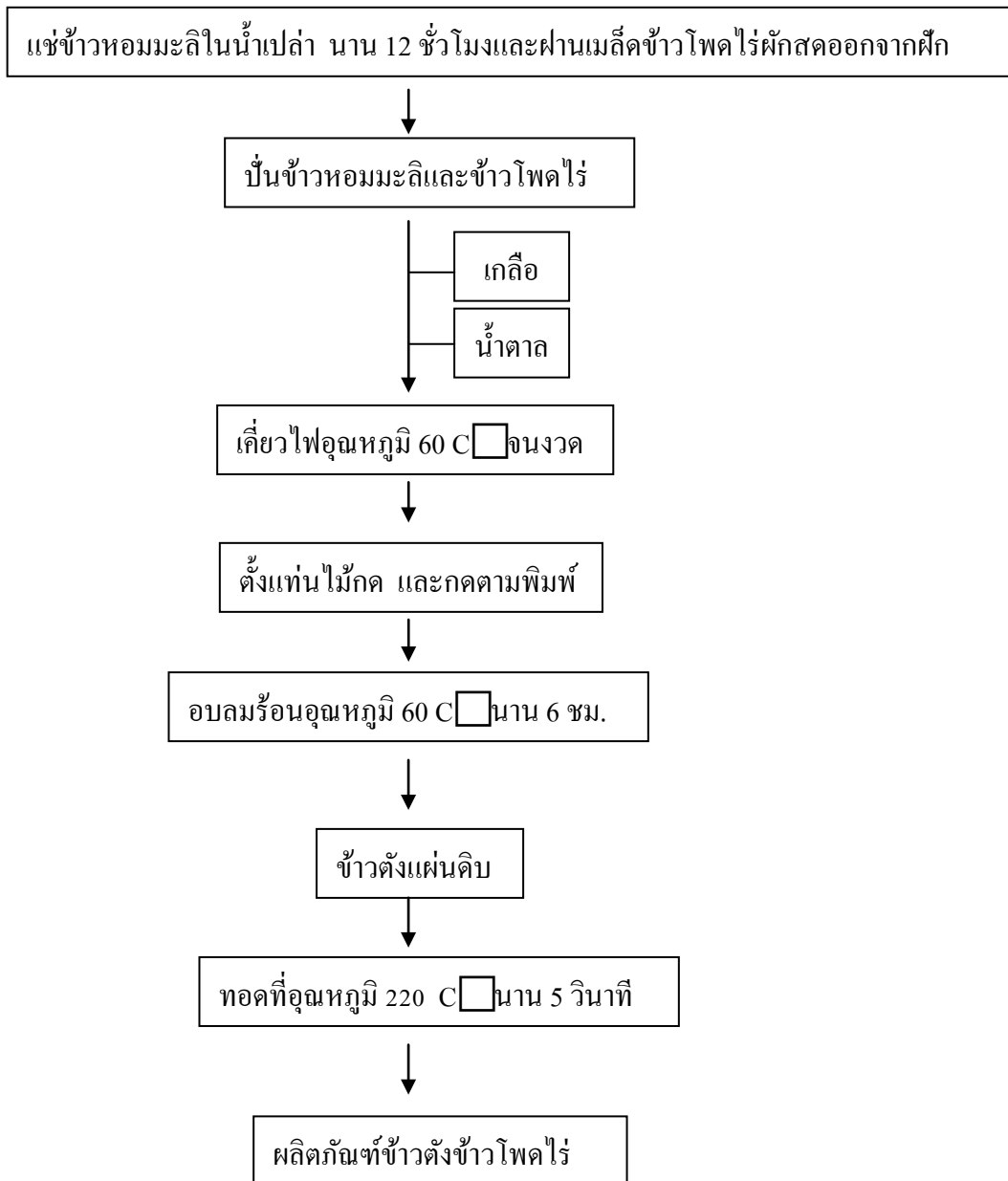
ส่วนผสมของสูตรพื้นฐานข้าวตังข้าวโพด

ส่วนผสม	ข้าวตัง (ร้อยละ)		
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
ข้าวเจ้า	30	30	30
ข้าวเหนียว	15	-	-
แป้งมัน	-	-	10
น้ำ	55	70	60

สูตรที่ 1 : คัดแปลงจากอัมรา วงษ์พัก (2549)

สูตรที่ 2 : คัดแปลงจากกรมการจัดหางาน กระทรวงแรงงาน (2552)

สูตรที่ 3 : คัดแปลงจากกลุ่มแม่บ้านเกษตร จ.ฉะเชิงเทรา (2552)



ภาพที่ 2 กรรมวิธีการผลิตข้าวตั้งข้าวโพดไร่

2.2 การศึกษาปริมาณระหว่างข้าวหอมมะลิต่อข้าวโพดไร่ และน้ำ ในผลิตภัณฑ์ข้าวตั้งข้าวโพดไร่

นำสูตรพื้นฐานที่ได้จากการคัดเลือกมาศึกษาปริมาณข้าวโพดไร่เพื่อที่ใช้ในการทำข้างตั้งข้าวโพดไร่ ด้วยการทดแทนข้าวโพดไร่บางส่วนในส่วนผสมหลัก โดยศึกษากรรมวิธีที่เหมาะสมระหว่างข้าวหอมมะลิต่อข้าวโพดไร่ และน้ำ โดยใช้การวางแผนการทดลองแบบ 2^3 แฟกทอเรียล

(Factorial in CRD) โดยใช้ ข้าวหอมมะลิ ร้อยละ 20 และ 30 ข้าวโพดไร่ ร้อยละ 10 และ 20 น้ำ ร้อยละ 60 และ 70 ดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 การศึกษากรรมวิธีที่เหมาะสมระหว่างข้าวหอมมะลิต่อข้าวโพดไร่ และน้ำ

สิ่งทดลอง	ข้าวหอมมะลิ (ร้อยละ)	ข้าวโพดไร่ฝักสด (ร้อยละ)	น้ำ (ร้อยละ)
1	20	10	60
2	20	10	70
3	20	20	60
4	20	20	70
5	30	10	60
6	30	10	70
7	30	20	60
8	30	20	70

ทำการวัดค่าคุณภาพทางด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ข้าวตั้งข้าวโพดดังต่อไปนี้

- (1) ค่าคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่า a_w ตามวิธี ภาคผนวก ง-1 อัตราการพองตัว โดยการแทนที่ของเมล็ดงา และค่าความแข็ง(Hardness) ตามวิธี ภาคผนวก ง-1 ค่าสี L^* a^* b^*
- (2) ค่าคุณภาพทางเคมี ได้แก่ ค่าความชื้น ตามวิธี AOAC (2000)
- (3) ค่าคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยวิธีให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-Point hedonic scaling) ที่ขึ้นชอบการรับประทานข้าวโพด จำนวน 50 คน

2.3 การศึกษาปริมาณเกลือและน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ข้าวตั้งข้าวโพดไร่

เพื่อปรับรสชาติให้ข้าวตั้งข้าวโพดมีกลิ่นหอมและรสชาติที่มีความหวาน เค็มเล็กน้อย จึงปรับรสชาติโดยการเพิ่มปริมาณน้ำตาลและเกลือในใส่ในส่วนผสมทั้งหมด โดยวางแผนการทดลอง แบบ 2×3 Factorial in CRD ได้ทั้งหมด 6 สิ่งทดลอง ได้แก่ น้ำตาลทราย ที่ระดับ 2.0 2.7 และเกลือ ที่ระดับ 1.0 1.3 1.6 ได้ทั้งหมด 6 สิ่งทดลอง จากนั้นทดสอบกับผู้บริโภค จำนวน 50 คน ได้แก่ สี กลิ่นข้าวโพด รสชาติ ความชอบรวม ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 point Hedonic Scale)

2.4 การศึกษาอุณหภูมิ เวลาที่เหมาะสมในการอบแห้งและในการทอดผลิตภัณฑ์ข้าวตังข้าวโพดไร่

กำหนดอุณหภูมิ และเวลาในการอบแห้ง อุณหภูมิและเวลาในการทอด บั๊จยละ 2 ระดับ ใช้การวางแผนการทดลองแบบ 2^4 Factorial โดยอุณหภูมิในการอบ คือ 60, 80 องศาเซลเซียส เวลา 5, 6 ชั่วโมง และอุณหภูมิในการทอด 220, 230 องศาเซลเซียส 3, 5 วินาที จากนั้นพิจารณา ลักษณะผลิตภัณฑ์ข้าวตังทอดที่ได้ เลือกสภาวะที่ดีที่สุดที่ทำให้ข้าวตังมีการพองตัวที่ดี สม่่าเสมอสุกทั่วทั้งเมล็ด มีสีเหลืองทอง)

วัดค่าคุณภาพทางกายภาพ ดังนี้

- (1) ลักษณะผลิตภัณฑ์ข้าวตังทอดที่ดี ต้องเหลืองกรอบ พองตัวสม่ำเสมอโดยการสังเกต
- (2) ค่า a_w ตามวิธีภาคผนวก ง-1
- (3) อัตราการพองตัว โดยการแทนที่ของเมล็ดงา
- (4) ค่าความแข็ง(Hardness) โดยเครื่อง Texture Analyzer ตามวิธีภาคผนวก ง-1
- (5) ค่าสี L^* a^* b^*

2.5 การศึกษาคุณภาพผลิตภัณฑ์สุดท้ายผลิตภัณฑ์ข้าวตังข้าวโพดไร่

นำข้าวตังข้าวโพดไร่ที่ผ่านการพัฒนามาวิเคราะห์คุณภาพดังนี้

- (1) ศึกษาด้านคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่า a_w ตามวิธีภาคผนวก ง-1 อัตราการพองตัว โดยการแทนที่ของเมล็ดงา ค่าความแข็ง(Hardness) โดยเครื่อง Texture Analyzer ตามวิธีภาคผนวก ง-1 ค่าสี L^* a^* b^*
- (2) คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ความชื้นตามวิธี Pearson (1976) คุณค่าทางโภชนาการ (วิเคราะห์โดยบริษัท ห้องปฏิบัติการ (ประเทศไทย) จำกัด) ได้แก่ พลังงานทั้งหมด พลังงานจากไขมัน ไขมันทั้งหมด ไขมันอิ่มตัว โคลเลสเตอรอล โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ใยอาหาร น้ำตาล โซเดียม วิตามินเอ วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 แคลเซียม เหล็ก ธาตุเหล็ก
- (3) คุณภาพทางจุลินทรีย์ ได้แก่ จุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา ตามวิธี AOAC 2000
- (4) คุณภาพทางประสาทสัมผัสกับผู้ทดสอบชิม จำนวน 50 คน ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 -Point hedonic scale)

2.6 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ข้าวตังข้าวโพดไร่

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงการเก็บรักษาข้าวตังข้าวโพดไร่ โดยบรรจุในถุงบรรจุภัณฑ์

พลาสติกชนิดโพลิโพรพิลีน (Polypropylene: PP) ในสถานะสุญญากาศ เก็บที่อุณหภูมิห้อง (25 - 37°C) เป็นเวลา 35 วัน ได้

- (1) คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่า a_w ตามวิธีภาคผนวก ง-1
- (2) คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้นตามวิธี AOAC (2000) ความหืน ตามวิธี Pearson (1976)
- (3) คุณภาพทางจุลินทรีย์ ได้แก่ จุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา ตามวิธี AOAC 2000
- (4) ศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 -Point hedonic scale)

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบข้าวโพดที่มีใยอาหารสูง

ตอนที่ 1 การสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบที่มีใยอาหารสูงจากแป้งข้าวโพดไร่

ทำการสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภค โดยการออกแบบสอบถามกับผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมาย ที่มีอายุตั้งแต่ 15 – 60 ปี ที่อาศัยอยู่ในจังหวัดลพบุรีและจังหวัดใกล้เคียง คำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่าง โดยทดลองออกแบบสอบถามกับผู้บริโภคโดยทั่วไปจำนวน 30 ชุด เพื่อคำนวณสัดส่วนของจำนวนประชากรที่คาดว่าจะสนใจจะซื้อข้าวเกรียบที่มีใยอาหารสูงจากแป้งข้าวโพดไร่ สุ่มตัวอย่างที่คำนวณได้โดยวิธีโควตา (quota sampling) กับกลุ่มเป้าหมาย แสดงดังภาคผนวก ข เพื่อทราบถึงพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคข้าวเกรียบที่มีใยอาหารสูงจากแป้งข้าวโพดไร่

ตอนที่ 2 การศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบข้าวโพดสูตรพื้นฐาน

จากการทดลองเบื้องต้นและคัดเลือกสูตรพื้นฐานผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบข้าวโพดจากแป้งมันสำปะหลัง โดยทำการเติมเมล็ดข้าวโพดไร่บดละเอียดลงในส่วนผสม ซึ่งส่วนผสมของสูตรพื้นฐานและกรรมวิธีการผลิตดัดแปลงจาก (อภิญา มานะโรจน์, 2552) ส่วนผสมสูตรพื้นฐานผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบข้าวโพด แสดงตารางที่ 9 และกรรมวิธีการผลิต แสดงดังภาพที่ 3 ทำการศึกษาคุณภาพทางด้านกายภาพ คุณภาพด้านเคมี และคุณภาพทางประสาทสัมผัส ของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบข้าวโพดสูตรพื้นฐานจากแป้งมันสำปะหลัง เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่าคุณภาพของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบข้าวโพดที่จะทำการพัฒนาในขั้นต่อไป โดยทำการวัดค่าคุณภาพดังต่อไปนี้

- (1) ค่าคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าความแข็ง(Hardness) ตามวิธี ภาคผนวก ง-1 ค่า a_w ตามวิธี ภาคผนวก ง-1
- (2) ค่าคุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณใยอาหาร ตามวิธี AOAC (2000) ค่า

ความชื้น ตามวิธี AOAC (2000) ค่าความหืน (Thiobarbituric acid number, TBA) ตามวิธี Pearson (1976)

(3) ค่าคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยวิธีให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-Point hedonic scaling) กับผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายที่มีอายุระหว่าง 15-60 ปี และชื่นชอบการรับประทานข้าวโพด จำนวน 50 คน

(4) ค่าคุณภาพทางจุลินทรีย์ ได้แก่ จำนวนจุลินทรีย์ ตามวิธี AOAC (2000) ยีสต์ และรา ตามวิธี AOAC (2000)

ตารางที่ 9 ส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบข้าวโพดสูตรพื้นฐาน

ส่วนผสม	สูตรพื้นฐาน (ร้อยละ)
แป้งมันสำปะหลัง	46.0
เมล็ดข้าวโพดไร่บดละเอียด	26.0
กระเทียมบดละเอียด	3.0
น้ำตาลทราย	3.8
เกลือป่น	0.8
น้ำ	18.0
ผงฟู	2.0
พริกไทยป่น	1.0

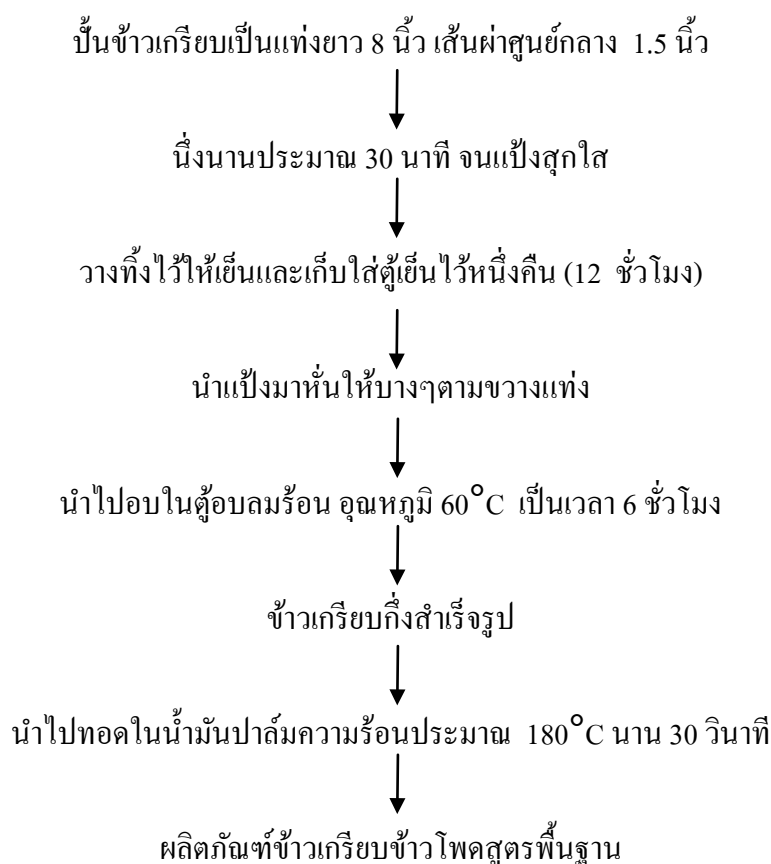
ที่มา: (ดัดแปลงจาก อภิญา มานะโรจน์, 2552)

ผสมแป้งและส่วนผสมต่างๆ ให้เข้ากัน



นวดจนแป้งข้าวเกรียบเนียนเข้ากันดี





ตอนที่ 3 การศึกษาอัตราส่วนของแป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวโพดไร่ และน้ำ ในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบข้าวโพดสูตรพื้นฐาน

จากการศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบข้าวโพดสูตรพื้นฐานซึ่งทำมาจากแป้งมันสำปะหลัง ทำการศึกษาการทดแทนแป้งข้าวโพดไร่ในอัตราส่วนของส่วนผสมที่เป็นแป้งมันสำปะหลัง และศึกษาอัตราส่วนของน้ำที่ใช้ เพื่อให้ได้สูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบข้าวโพดซึ่งมีแป้งข้าวโพดไร่เป็นส่วนผสม โดยทำการวางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD ศึกษาอัตราส่วนของแป้งมันสำปะหลัง 2 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 60 และ 70 ของปริมาณแป้งทั้งหมด อัตราส่วนของแป้งข้าวโพด 2 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 30 และ 40 ของปริมาณแป้งทั้งหมด และอัตราส่วนของน้ำ 2 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 18 และ 20 ของส่วนผสมทั้งหมด สามารถจัดสิ่งทดลองออกเป็น 8 สิ่งทดลอง โดยทำการทดลองเปรียบเทียบกับสูตรพื้นฐาน ส่วนผสมแสดงดังตารางที่ 10

ทำการวัดค่าคุณภาพทางด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบข้าวโพดดังต่อไปนี้

(1) ค่าคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าความแข็ง ตามวิธี ภาคผนวก ง-1 ค่า a_w

ตามวิธี ภาคผนวก ง-1

(2) ค่าคุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณไขมันอาหาร ตามวิธี AOAC (2000) ค่าความชื้น ตามวิธี AOAC (2000) ค่าความหืน (Thiobarbituric acid number, TBA) ตามวิธี Pearson,(1976)

(3) ค่าคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยวิธีให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-Point hedonic scaling) กับผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายที่มีอายุระหว่าง 15-60 ปี และชื่นชอบการรับประทานข้าวโพด จำนวน 50 คน

ตารางที่ 10 ส่วนผสมของสิ่งทดลองต่างๆ ของข้าวเกรียบข้าวโพด ในการศึกษาอัตราส่วนของแป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวโพดไร่ และน้ำ ในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบข้าวโพดสูตรพื้นฐาน

สิ่งทดลอง	ปัจจัย (ร้อยละ)			ส่วนผสมอื่นๆ (ร้อยละ)					
	แป้งมันสำปะหลัง	แป้งข้าวโพดไร่	น้ำเดือด	เมล็ดข้าวโพดไร่บด	กระเทียม	น้ำตาลทราย	เกลือป่น	ผงฟู	พริกไทย
1	29.1 (60.0)	14.5 (30.0)	19.4 (18.0)	26.0	3.0	4.0	1.0	2.0	1.0
2	28.1 (60.0)	14.1 (30.0)	20.8 (20.0)	26.0	3.0	4.0	1.0	2.0	1.0
3	27.0 (60.0)	18.0 (40.0)	18.0 (18.0)	26.0	3.0	4.0	1.0	2.0	1.0
4	26.2 (60.0)	17.4 (40.0)	19.4 (20.0)	26.0	3.0	4.0	1.0	2.0	1.0
5	31.5 (70.0)	13.5 (30.0)	18.0 (18.0)	26.0	3.0	4.0	1.0	2.0	1.0
6	30.5 (70.0)	13.1 (30.0)	19.4 (20.0)	26.0	3.0	4.0	1.0	2.0	1.0
7	29.4 (70.0)	16.8 (40.0)	16.8 (18.0)	26.0	3.0	4.0	1.0	2.0	1.0
8	28.6 (70.0)	16.3 (40.0)	18.1 (20.0)	26.0	3.0	4.0	1.0	2.0	1.0
สูตรพื้นฐาน	45.0	-	18.0	26.0	3.0	4.0	1.0	2.0	1.0

หมายเหตุ : ค่าที่อยู่ในวงเล็บ () หมายถึง ร้อยละของปัจจัยจากการวางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD

ตอนที่ 4 การศึกษาสูตรผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบข้าวโพดที่มีใยอาหารสูง

ทำการศึกษาสูตรผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบข้าวโพดที่มีใยอาหารสูง โดยใช้เทคนิคโปรแกรมเชิงเส้นตรง ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เชิงสำเร็จรูป Lindo ทำการเติมอินนูลินซึ่งเป็นแหล่งของสารอาหารที่มีใยอาหารสูงเพื่อเพิ่มปริมาณใยอาหาร ซึ่งการเติมสารอาหารดังกล่าวจะเติมในปริมาณที่สามารถสร้างคุณค่าทางโภชนาการได้ตามบัญชีสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคประจำวันสำหรับคนไทยตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป (Thai Recommended Daily Intakes-Thai RDI) คือมีปริมาณใยอาหารมากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 15 ที่ Thai RDI กำหนด หรือเท่ากับ 3.75 กรัมต่อข้าวเกรียบสำเร็จรูป 100 กรัม

ตอนที่ 5 การศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้าย

นำผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบข้าวโพดที่มีใยอาหารสูงที่ผ่านการพัฒนาในข้อ 4 มาทำการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านต่างๆ ดังนี้

- (1) ค่าคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าความแข็ง ตามวิธี ภาคผนวก ง-1 ค่า a_w ตามวิธี ภาคผนวก ง-1
- (2) คุณค่าทางโภชนาการ (วิเคราะห์โดยบริษัท ห้องปฏิบัติการ (ประเทศไทย) จำกัด) ได้แก่ พลังงานทั้งหมด พลังงานจากไขมัน ไขมันทั้งหมด ไขมันอิ่มตัว โคลเลสเตอรอล โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ใยอาหาร น้ำตาล โซเดียม วิตามินเอ วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 แคลเซียม เหล็ก เถ้า ความชื้น
- (3) ค่าคุณภาพทางจุลินทรีย์ ได้แก่ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ตามวิธี AOAC (2000) ยีสต์และรา ตามวิธี AOAC (2000)
- (4) ค่าคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยวิธีให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-Point hedonic scaling) กับผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายที่มีอายุระหว่าง 15-60 ปี และชื่นชอบการรับประทานข้าวโพด จำนวน 100 คน

ตอนที่ 6 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบข้าวโพดที่มีใยอาหารสูง

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบข้าวโพดที่มีใยอาหารสูงที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่ผู้บริโภคต้องการ (จากการสอบถามความต้องการของผู้บริโภคในข้อที่ 4.1.1) ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (25-37 °C) เป็นเวลา 35 วัน โดยทำการวัดค่าคุณภาพในวันที่ 0, 7, 14, 21, 28 และ 35 ทำการวิเคราะห์ค่าคุณภาพดังต่อไปนี้

- (1) ค่าคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าความแข็ง ตามวิธี ภาศผนวก ง-1
ค่า a_w ตามวิธี ภาศผนวก ง-1
 - (2) ค่าคุณภาพทางเคมี ได้แก่ ค่าความชื้น ตามวิธี AOAC (2000) ค่าความหืน (Thiobarbituric acid number, TBA) ตามวิธี Pearson, (1976)
 - (3) ค่าคุณภาพทางจุลินทรีย์ ได้แก่ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ตามวิธี AOAC (2000) ยีสต์ และรา ตามวิธี AOAC (2000)
- เปรียบเทียบคุณภาพทางจุลินทรีย์กับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบ มพช.008/2550 ที่กำหนดให้มีจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน 1×10^3 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม และมีเชื้อยีสต์และรา ไม่เกิน 10 โคโลนี ต่อตัวอย่าง 1 กรัม โดยผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบที่ได้จะต้องมีค่าคุณภาพทางจุลินทรีย์ไม่เกินกว่าที่ทางมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนกำหนดไว้
- (4) ค่าคุณภาพทางประสาทสัมผัส
- นำผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บนานที่สุดและมีค่าคุณภาพทางจุลินทรีย์ตามที่ทางมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบกำหนดไว้ มาทดสอบความชอบกับผู้บริโภค กลุ่มเป้าหมายที่มีอายุระหว่าง 15-60 ปี และชื่นชอบการรับประทานข้าวโพด จำนวน 50 คน โดยวิธีให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-Point hedonic scaling)

5. สถานที่ทำการวิจัย

ห้องปฏิบัติการ ศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี และห้องปฏิบัติการ
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี
ห้องปฏิบัติการทางเคมี ชั้น 3 ศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี