บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1. วัสดุอุปกรณ์

1. วัตถุดิบ
    1. เนื้อปลาดุก ใช้ปลาดุกสด ขนาด 3 – 4 ตัวต่อกิโลกรัม
    2. แป้งมันสำปะหลัง ใช้แป้งมันสำปะหลังที่ผลิตจากมันสำปะหลังแท้ 100 %
    3. แป้งข้าวกล้อง ใช้ข้าวกล้องข้าวเหนียว
    4. แครอท คัดเลือกผลที่มีลักษณะดีไม่เน่าเสียหรือมีตำหนิ
    5. ฟักทอง คัดเลือกผลที่มีลักษณะดีไม่เน่าเสียหรือมีตำหนิ
    6. กระเทียม คัดเลือกผลที่มีลักษณะดีไม่เน่าเสียหรือมีตำหนิ
    7. พริกไทยป่นขาว
    8. เกลือป่น
    9. น้ำ
    10. น้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์
    11. น้ำมันสำหรับทอด ใช้น้ำมันปาล์ม
2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตข้าวเกรียบปลา
    1. เครื่องบด (Crusher, National : Model MK – 5080 M, Malaysia)
    2. เครื่องปั่นผสม (Blender, Imarflex : IF 300, ประเทศไทย)
    3. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง (Ohaus รุ่น TS2KS, USA)
    4. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Sartorius รุ่น A120S, Germany)
    5. เครื่องผสมอาหาร (Kitchen aid, USA)
    6. เครื่องสไลด์ข้าวเกรียบ (Slicer, เชียงใหม่ ประเทศไทย)
    7. เครื่องอบแห้งอาหาร (Carbinet dryer : K.S.L, ประเทศไทย)
    8. เครื่องวัดความเร็วรอบ (Tachometer : รุ่น CT7, England)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

9. ถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ หนา 50 μm ขนาด 5X8 นิ้ว มีส่วนประกอบของ 20 μm OPP (Oriented polypropylene) / 25 μm VMCPP (Vacuum Metallized Cast Polypropylene) (สต็องแพ็ค, ประเทศไทย)
10. ถุงโพลิโพรพิลีน ขนาด 5X8 นิ้ว

3. อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพ

1. อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

-เครื่องวัดสี (Minolta Camera : Model CR – 310, Japan and Hunter Lab : Color Quest II Colorimeter, USA)

-เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Instron Texture Machine รุ่น 5565, England)

2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

-เครื่องวิเคราะห์หาโปรตีน (Semi – micro Kjeldahl : Quicket, England)

-เครื่องวัดการดูดกลืนคลื่นแสง (UV/VIS Spectrophotometer : Jasco รุ่น SSE – 343, Japan)

-เครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระในอาหาร (a_w meter : testo 650, Germany)

ตู้อบลมร้อน (Hot air oven : Termaks, Germany)

-เครื่องสกัดไขมัน (Soxtec avanti 2050, Itecator รุ่น S – 263, Sweden)

3. อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

-หม้อนึ่งความดัน (Autoclave, Hirayama : Model HA – 300 MIV, Japan)

-ตู้บ่มเชื้อ (Incubator, Heraeus : Model D – 6450 Hanau, Germany)

-อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water bath, Memmert : Model WB14, Germany)

4. อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ชุดอุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส เช่น จาน

4. การเตรียมวัตถุดิบ

1. เนื้อปลาดุก ใช้ปลาดุกสด ขนาด 3 – 4 ตัวต่อกิโลกรัม นำมาล้างให้สะอาด ลอกหนังและก้างออกเอาแต่เนื้อ หั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ นำมาบดในเครื่องบด เป็นเวลา 3 นาทีจนเนื้อปลาละเอียดดี

2. แป้งมันสำปะหลัง ใช้แป้งมันสำปะหลังที่ผลิตจากมันสำปะหลังแท้ 100 %

3. แป้งข้าวกล้อง นำข้าวกล้องข้าวเหนียวมาบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดแป้งให้ร่อนผ่านตะแกรงร่อนแป้งขนาด 80 เมช (mesh) ได้

4. แครอทและฟักทอง คัดเลือกผลที่มีลักษณะดีไม่เน่าเสียหรือมีตำหนิ ปอกเปลือก ล้างให้สะอาด หั่นเป็นชิ้นขนาดความยาว 2 นิ้วความกว้างตามขนาดของแครอท นำไปนึ่งให้สุกเป็นเวลา 30 นาที ทิ้งไว้ให้เย็น จากนั้นนำไปใส่ในเครื่องปั่นผสม เติมน้ำลงไปหนึ่งในสามส่วนของปริมาณที่ใช้ในแต่ละสูตรการทดลอง ปั่นที่ความเร็ว 21,000 รอบ/นาที (เบอร์ 3) เป็นเวลา 3 นาที

5. กระเทียม คัดเลือกผลที่มีลักษณะดีไม่เน่าเสียหรือมีตำหนิ ปอกเปลือก ล้างให้สะอาด จากนั้นนำไปใส่ในเครื่องปั่นผสม เติมน้ำลงไปหนึ่งในสามส่วนของปริมาณที่ใช้ในแต่ละสูตรการทดลอง ปั่นที่ความเร็ว 21,000 รอบ/นาที (เบอร์ 3) เป็นเวลา 3 นาที

3.2. **วิธีการทดลอง** แบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอน คือ

1 : **การศึกษาเค้าโครงของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลา ด้วยวิธี** Ideal Ratio Profile แบ่งการทดลองเป็นขั้นตอนย่อยตามลำดับดังนี้

ก.นำข้าวเกรียบปลาตรามโนห์รา ซึ่งเป็นข้าวเกรียบที่เป็นที่นิยมชนิดหนึ่งในท้องตลาดเป็นผลิตภัณฑ์ต้นแบบ นำมาให้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 10 คน ทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยสอบถามถึงคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ว่ามีลักษณะใดบ้างที่ผู้ทดสอบคิดว่าเป็นคุณลักษณะที่สำคัญของข้าวเกรียบปลา เพื่อนำคุณลักษณะดังกล่าวมาใช้เป็นหลักสำคัญในการพัฒนา

ข.สอบถามถึงคุณลักษณะสำคัญดังกล่าวของข้าวเกรียบปลาตรามโนห์ราว่าจุดที่ผู้บริโภคคิดว่าดีที่สุด (Ideal : I) ในแต่ละคุณลักษณะอยู่ที่ระดับใด และจุดที่ผู้ทดสอบชิมคิดว่าผลิตภัณฑ์นั้นมีอยู่ในแต่ละคุณลักษณะนั้น (Sample : X) อยู่ที่ระดับใด ซึ่งผู้ทดสอบชิมจะมีความอิสระในการบอก Ideal (Floating Ideals) โดยให้ผู้ทดสอบชิมบอกตำแหน่งของ Ideal ในคุณลักษณะนั้น ๆ และตำแหน่งของตัวอย่างที่ทดสอบบนสเกลเดียวกัน

ค.นำค่า Ideal ของผู้ทดสอบชิมมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อ Fixed Ideal สำหรับใช้ในการพัฒนาครั้งต่อไป ซึ่งสามารถทำให้ทราบถึงทิศทางการพัฒนาในระดับหนึ่งว่าจุดที่ผู้ทดสอบชิมส่วนใหญ่คิดว่าดีที่สุดของแต่ละคุณลักษณะอยู่ที่ระดับใด

ง.จากนั้นทำการคำนวณหาอัตราส่วนระหว่างค่าจุดที่ผู้ทดสอบชิมคิดว่าเป็นของข้าวเกรียบปลาตรามโนห์รา (Sample : X) กับจุดที่ผู้ทดสอบชิมคิดว่าดีที่สุด (Ideal : I) ในแต่ละคุณลักษณะที่ทำการทดสอบ คือ (X) / (I) เพื่อให้ทราบถึงทิศทางการพัฒนาคุณภาพข้าวเกรียบปลาในการทดลองขั้นต่อไป

2 : การหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของแป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวกล้อง และเนื้อปลา

2.1. การศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของแป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวกล้อง และเนื้อปลาโดยวางแผนการทดลองแบบ Mixture design ซึ่งเป็นแผนการทดลองหาส่วนผสมที่เหมาะสมของส่วนผสมหลัก โดยอาศัยหลักการที่ว่าเมื่อเราทำการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของส่วนประกอบใดส่วนประกอบหนึ่ง ส่วนประกอบที่เหลือในสูตรจะมีการเปลี่ยนแปลงไปด้วย และผลรวมของส่วนประกอบทั้งหมดจะเท่ากับ 1 หรือ 100% จากหลักดังกล่าวเราสามารถนำมาใช้ในการหาสัดส่วนของแป้งมันสำปะหลังซึ่งกำหนดในช่วง 30 – 60% แป้งข้าวกล้องกำหนดในช่วง 15 – 30% และเนื้อปลากำหนดในช่วง 25 – 40% โดยใช้โปรแกรม XVERT ดังตาราง 3.1

ส่วนผสมอื่นจะถูกกำหนดให้คงที่ในทุกสูตรการทดลองคือ เกลือ 2% กระเทียม 2% พริกไทย 2% น้ำตาล 3% แครอท 5% ฟักทอง 5% และน้ำ 13% ของน้ำหนักแป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวกล้องรวมกับเนื้อปลา จากนั้นก็ทำการผลิตเป็นข้าวเกรียบปลาที่ปรับปรุงมาจาก ดวงใจ และนงนุช 2533 ตามแผนภูมิในภาพ 3.1 โดยในการทดลองนี้จะทำการผลิตข้าวเกรียบปลาแต่ละสูตร 2 ครั้ง แต่ละครั้งได้นำไปทดสอบทางประสาทสัมผัส กายภาพและเคมี

ตาราง 3.1 แสดงปริมาณของส่วนผสมที่ใช้ในแต่ละการทดลอง

สูตรที่	ปริมาณการใช้โดยน้ำหนัก (w/w)		
	แป้งมันสำปะหลัง (%)	แป้งข้าวกล้อง (%)	เนื้อปลา (%)
1	60	15	25
2	50	20	30
3	40	25	35
4	30	30	40

นวดเนื้อปลากับเกลือในเครื่องผสม (Kichen Aid) โดยใช้หัวผสมรูปใบไม้ ความเร็ว 63 รอบ/นาที (เบอร์ 1) ประมาณ 2 นาที จนกระทั่งปลาเหนียว

↓

เติมเครื่องปรุงอื่น ๆ จนหมด ยกเว้นแป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวกล้องและน้ำผสมด้วยเครื่องผสมใช้ความเร็ว 63 รอบ/นาที (เบอร์ 1) ประมาณ 3 นาที จนส่วนผสมเป็นเนื้อเดียวกัน

↓

เติมแป้งมันสำปะหลังที่ผสมกับแป้งข้าวกล้องที่บดละเอียดสลับกับน้ำผสมด้วยเครื่องผสมใช้ความเร็ว 63 รอบ/นาที (เบอร์ 1) ประมาณ 5 นาที จนส่วนผสมเป็นเนื้อเดียวกัน

↓

นำก้อนแป้งที่ได้ปั้นเป็นแท่งรูปทรงกระบอก ให้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2.5 ซม.ยาวประมาณ 18 ซม. ห่อด้วยถุงโพลิโพรพิลีน มัดปากถุงด้วยเชือกให้แน่น

↓

นำก้อนแป้งที่ได้ไปนึ่งจนสุกที่อุณหภูมิน้ำเดือด โดยใช้เวลาประมาณ 60 นาที

↓

ปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำไปแช่ในตู้เย็น (อุณหภูมิ 4 – 10^{0}ซ) เป็นเวลาประมาณ 48 – 72 ชั่วโมง

↓

นำก้อนแป้งที่ได้แกะถุงพลาสติกออก แล้วนำไปหั่นเป็นแว่นบาง ๆ ด้วยเครื่องสไลด์ให้หนาประมาณ 1.0 – 2.0 มิลลิเมตร

↓

นำไปอบในเครื่องอบแห้งแบบตู้ (Carbinet dryer) ที่อุณหภูมิ 50 – 65^{0}ซ เวลา 3 ชั่วโมง

ภาพ 3.1 กระบวนการผลิตข้าวเกรียบปลา

2.2. การทดสอบทางประสาทสัมผัส นำมาทดสอบชิมแบบ Ideal Ratio Profile Test โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนมาแล้วจำนวน 10 คน ตัวอย่างที่จะทดสอบทำการทอดในน้ำมันปาล์มที่อุณหภูมิ 175 - 180^{0}ซ เวลา 10 – 20 วินาทีจนข้าวเกรียบสุก พองดีแล้วตักขึ้นจากน้ำมัน ปล่อยให้สะเด็ดน้ำมัน ปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำมาทำการทดสอบชิมทันที โดยบรรจุในจานพลาสติกที่ใส่รหัสเป็นตัวเลข 3 หลักที่สุ่มตัวอย่างจากตารางสุ่มตัวอย่าง ลักษณะที่ทำการทดสอบได้แก่ สี ขนาดหลังทอด ความเนียนเนื้อ ความพอง ความกรอบ กลิ่นเครื่องเทศ รสเค็ม รสหวาน และการยอมรับรวม

2.3. การวิเคราะห์ทางกายภาพ นำข้าวเกรียบปลาที่ได้มาทอดในน้ำมันที่อุณหภูมิ 175 - 180^{0}ซ เวลา 10 – 20 วินาทีจนข้าวเกรียบสุก พองดีแล้วตักขึ้นจากน้ำมัน ปล่อยให้สะเด็ดน้ำมัน แล้วนำไปทดสอบทางกายภาพดังนี้

-วัดค่าสีในระบบฮันเตอร์ (Hunter lab) เป็นค่า L, a, b

-วัดค่าเนื้อสัมผัส วัดค่าแรงสูงสุดที่กดทำให้ข้าวเกรียบทอดแตก (Compression force) หน่วยนิวตัน

2.4. การวิเคราะห์ทางเคมี นำข้าวเกรียบปลาที่ได้มาทอดในน้ำมันที่อุณหภูมิ 175 - 180^{0}ซ เวลา 10 – 20 วินาทีจนข้าวเกรียบสุกพองดีแล้วตักขึ้นจากน้ำมัน ปล่อยให้สะเด็ดน้ำมัน แล้วนำไปทดสอบทางเคมี ดังนี้

-โปรตีน โดยวิธี Semi – micro Kjeldahl Method (AOAC, 1998)

-เส้นใยอาหาร โดยนำตัวอย่างมาต้มกับกรด ต้มกับด่าง กรอง อบกากให้

-เส้นใยอาหาร โดยนำตัวอย่างมาต้มกับกรด ต้มกับด่าง กรอง อบกากให้แห้ง แล้วนำกากที่ได้ไปเผาให้เป็นเถ้า (AOAC, 1998)

2.5 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ สำหรับลักษณะทางประสาทสัมผัสจะนำผลการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ RCBD และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ LSD ส่วนลักษณะทางกายภาพและเคมีจะนำผลการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ CRD และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ LSD

3. : การคัดเลือกปัจจัยที่มีความสำคัญต่อคุณภาพข้าวเกรียบปลา

3.1. การคัดเลือกปัจจัยที่มีความสำคัญต่อคุณภาพข้าวเกรียบปลา

จากการทดลองในขั้นตอนที่ 2 ทำให้ทราบอัตราส่วนของแป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวกล้องและเนื้อปลาที่ผู้บริโภคต้องการมากที่สุด จึงได้ทำการศึกษาเพื่อคัดเลือกปัจจัยหลักที่มีผลต่อคุณภาพข้าวเกรียบปลาด้วยการวางแผนการทดลองแบบ Plackett and Burnman Design โดยมีปัจจัยที่ต้องการศึกษา 8 ปัจจัยจึงเลือกแผนการทดลองแบบ N = 12 treatment ซึ่งจะทำให้สามารถกลั่นกรองปัจจัยได้ 8 ปัจจัย ส่วนที่เหลืออีก 3 ปัจจัยเป็น dummy variable (ตาราง 3.2) แล้วทำการผลิตเป็นข้าวเกรียบปลาดังภาพ 3.1

ตาราง 3.2 การกำหนดระดับปัจจัยและปริมาณที่ใช้ในการทดลองแบบ Plackett and Burman Design (N = 12 treatment)

สูตรที่	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	80%(1)	10%(1)	5%(-1)	25%(1)	10%(1)	10%(1)	1%(-1)	3%(-1)	-1	1	-1
2	80%(1)	5%(-1)	10%(1)	25%(1)	10%(1)	4%(-1)	1%(-1)	3%(-1)	1	-1	1
3	70%(-1)	10%(1)	10%(1)	25%(1)	3%(-1)	4%(-1)	1%(-1)	10%(1)	-1	1	1
4	80%(1)	10%(1)	10%(1)	10%(-1)	3%(-1)	4%(-1)	4%(1)	3%(-1)	1	1	-1
5	80%(1)	10%(1)	5%(-1)	10%(-1)	3%(-1)	10%(1)	1%(-1)	10%(1)	1	-1	1
6	80%(1)	5%(-1)	5%(-1)	10%(-1)	10%(1)	4%(-1)	4%(1)	10%(1)	-1	1	1
7	70%(-1)	5%(-1)	5%(-1)	25%(1)	3%(-1)	10%(1)	4%(1)	3%(-1)	1	1	1
8	70%(-1)	5%(-1)	10%(1)	10%(-1)	10%(1)	10%(1)	1%(-1)	10%(1)	1	1	-1
9	70%(-1)	10%(1)	5%(-1)	25%(1)	10%(1)	4%(-1)	4%(1)	10%(1)	1	-1	-1
10	80%(1)	5%(-1)	10%(1)	25%(1)	3%(-1)	10%(1)	4%(1)	10%(1)	-1	-1	-1
11	70%(-1)	10%(1)	10%(1)	10%(-1)	10%(1)	10%(1)	4%(1)	3%(-1)	-1	-1	1
12	70%(-1)	5%(-1)	5%(-1)	10%(-1)	3%(-1)	4%(-1)	1%(-1)	3%(-1)	-1	-1	-1

หมายเหตุ -1 แทน การใช้ปัจจัยที่ระดับต่ำ

+1 แทน การใช้ปัจจัยที่ระดับสูง

กำหนดให้

A แทนปริมาณของแป้งผสมเนื้อปลา ระดับต่ำคือ 70% ระดับสูงคือ 80%
(แป้งผสมเนื้อปลา หมายถึงอัตราส่วนของแป้งมันสำปะหลัง : แป้งข้าวกล้อง : เนื้อปลา เท่ากับ 60 : 15 : 25)

B แทนปริมาณของแครอท	ระดับต่ำคือ 5%	ระดับสูงคือ 10%
C แทนปริมาณฟักทอง	ระดับต่ำคือ 5%	ระดับสูงคือ 10%
D แทนปริมาณน้ำ	ระดับต่ำคือ 10%	ระดับสูงคือ 25%
E แทนปริมาณพริกไทย	ระดับต่ำคือ 3%	ระดับสูงคือ 10%
F แทนปริมาณน้ำตาล	ระดับต่ำคือ 4%	ระดับสูงคือ 10%
G แทนปริมาณเกลือ	ระดับต่ำคือ 1%	ระดับสูงคือ 4%
H แทนปริมาณกระเทียม	ระดับต่ำคือ 3%	ระดับสูงคือ 10%

I - K เป็นปัจจัยแทน dummy variable

3.2. การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส นำข้าวเกรียบปลาที่ทอดแล้วมาทดสอบชิมแบบ Ideal Ratio Profile Test โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนมาแล้วจำนวน 10 คน ลักษณะที่ทำการทดสอบได้แก่ สี ขนาดหลังทอด ความเนียนเนื้อ ความพอง ความกรอบ กลิ่นเครื่องเทศ รสเค็ม รสหวาน และการยอมรับรวม

3.3. การวิเคราะห์ทางด้านกายภาพ นำข้าวเกรียบปลาที่ทอดแล้วมาทดสอบดังนี้

-วัดค่าสีในระบบฮันเตอร์ (Hunter lab) เป็นค่า L, a, b

-วัดค่าเนื้อสัมผัส วัดค่าแรงสูงสุดที่กดทำให้ข้าวเกรียบทอดแตก (Compression force) หน่วยนิวตัน

3.4. การวิเคราะห์ทางเคมี นำข้าวเกรียบปลาที่ทอดแล้วมาทดสอบดังนี้

-โปรตีน โดยวิธี Semi – micro Kjeldahl Method (AOAC, 1998)

-เส้นใยอาหาร โดยนำตัวอย่างมาต้มกับกรด ต้มกับด่าง กรอง อบกากให้แห้ง แล้วนำกากที่ได้ไปเผาให้เป็นเถ้า (AOAC, 1998)

3.5. การวิเคราะห์ผลของแต่ละปัจจัยต่อคุณภาพของข้าวเกรียบปลา

การคำนวณผลของแต่ละปัจจัยทำได้โดยนำผลการทดลองในระดับสูงและระดับต่ำมาหาค่าเฉลี่ย และนำค่าเฉลี่ยที่ได้มาหาผลต่างระหว่างการใช้ปัจจัยในระดับสูงและระดับต่ำอีกครั้งหนึ่ง เพื่อที่จะนำไปหาค่า t – test ตามแบบ Plackett and Burnman Design (ไพโรจน์, 2539)

4 : การพัฒนาหาสูตรที่เหมาะสมของข้าวเกรียบปลา

4.1. ศึกษาสูตรที่เหมาะสมของข้าวเกรียบปลา

เมื่อทราบปัจจัยหลักที่มีผลกระทบต่อคุณภาพและการยอมรับของผู้ทดสอบชิมต่อผลิตภัณฑ์จากการทดลองในตอนที่ 3 ซึ่งมี 3 ปัจจัยคือ เกลือ แครอท และน้ำ จึงนำมาวางแผนการทดลองแบบ 2^3 Factorial experiment in central composite design with 5 center point ซึ่งจะได้สิ่งทดลองดังตาราง 3.3 แล้วทำการผลิตเป็นข้าวเกรียบปลาดังแผนภูมิในภาพ 3.1

ตาราง 3.3 สิ่งทดลองของแผนการทดลอง 2^3 Factorial experiment in central composite design with 5 center points

สูตรที่	Treatment combination	ปัจจัย A	ปัจจัย B	ปัจจัย C
1	(1)	2.4%(-1)	17%(-1)	8.4%(-1)
2	a	3.6%(+1)	17%(-1)	8.4%(-1)
3	b	2.4%(-1)	23%(+1)	8.4%(-1)
4	ab	3.6%(+1)	23%(+1)	8.4%(-1)
5	c	2.4%(-1)	17%(-1)	9.6%(+1)
6	ac	3.6%(+1)	17%(-1)	9.6%(+1)
7	bc	2.4%(-1)	23%(+1)	9.6%(+1)
8	abc	3.6%(+1)	23%(+1)	9.6%(+1)
9	$-\alpha a$	2.0%(-1.682)	20%(0)	9.0%(0)
10	$+\alpha a$	4.0%(+1.682)	20%(0)	9.0%(0)
11	$-\alpha b$	3.0%(0)	15%(-1.682)	9.0%(0)
12	$+\alpha b$	3.0%(0)	25%(+1.682)	9.0%(0)
13	$-\alpha c$	3.0%(0)	20%(0)	8.0%(-1.682)
14	$+\alpha c$	3.0%(0)	20%(0)	10%(+1.682)
15	Cp1	3.0%(0)	20%(0)	9.0%(0)
16	Cp2	3.0%(0)	20%(0)	9.0%(0)
17	Cp3	3.0%(0)	20%(0)	9.0%(0)

หมายเหตุ -1 แทนการใช้ปัจจัยที่ระดับต่ำ +1 แทนการใช้ปัจจัยที่ระดับสูง

0 แทนการใช้ปัจจัยที่ระดับกลาง $-\alpha$ แทนการใช้ปัจจัยที่ระดับปีกซ้าย

$+\alpha$ แทนการใช้ปัจจัยที่ระดับปีกขวา

กำหนดให้

ปัจจัย A คือปริมาณของเกลือ

-αa แทน ปีกซ้าย กำหนด 2.0%, -1 แทน ระดับต่ำ กำหนด 2.4%,

0 แทน จุดกึ่งกลาง กำหนด 3.0%, +1 แทน ระดับสูง กำหนด 3.6%,

+αa แทน ปีกขวา กำหนด 4.0%

ปัจจัย B คือปริมาณของน้ำ

-αb แทนปีกซ้าย กำหนด 15%, -1 แทน ระดับต่ำ กำหนด 17%,

0 แทน จุดกึ่งกลาง กำหนด 20%, +1 แทน ระดับสูง กำหนด 23%,

+αb แทน ปีกขวา กำหนด 25%

ปัจจัย C คือ ปริมาณของแครอท

-αc แทน ปีกซ้าย กำหนด 8.0%, -1 แทน ระดับต่ำ กำหนด 8.4%,

0 แทน จุดกึ่งกลาง กำหนด 9.0%, +1 แทน ระดับสูง กำหนด 9.6%,

+αc แทน ปีกขวา กำหนด 10.0%

ส่วนผสมอื่นจะกำหนดให้คงที่ทุกสูตรการทดลองดังนี้คือ แป้งผสมเนื้อปลา 70% พริกไทย 3% ฟักทอง 5% น้ำตาล 4% กระเทียม 3% (แป้งผสมเนื้อปลา หมายถึงอัตราส่วนของแป้งมันสำปะหลัง : ข้าวกล้อง : เนื้อปลาเท่ากับ 60 :15 : 25)

4.2. การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส นำข้าวเกรียบปลาที่ทอดแล้วมาทดสอบชิมแบบ Ideal Ratio Profile Test โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนมาแล้วจำนวน 10 คน ลักษณะที่ทำการทดสอบได้แก่ สี ขนาดหลังทอด ความเนียนเนื้อ ความพอง ความกรอบ กลิ่นเครื่องเทศ รสเค็ม รสหวาน และการยอมรับรวม

4.3. การวิเคราะห์ทางด้านกายภาพ นำข้าวเกรียบปลาที่ทอดแล้วมาทดสอบดังนี้

-วัดค่าสีในระบบฮันเตอร์ (Hunter lab) เป็นค่า L, a, b

-วัดค่าเนื้อสัมผัส วัดค่าแรงสูงสุดที่กดทำให้ข้าวเกรียบทอดแตก (Compression force) หน่วยนิวตัน

4.4. การวิเคราะห์ทางเคมี นำข้าวเกรียบปลาที่ทอดแล้วมาทดสอบดังนี้

-โปรตีน โดยวิธี Semi – micro Kjeldahl Method (AOAC, 1998)

-เส้นใยอาหาร โดยนำตัวอย่างมาต้มกับกรด ต้มกับด่าง กรอง อบกากให้แห้ง แล้วนำกากที่ได้ไปเผาให้เป็นเถ้า (AOAC, 1998)

4.5. การวิเคราะห์ทางสถิติ นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ (เกลือ น้ำ และแครอท) และตัวแปรตาม (ค่าตอบสนอง Y) โดยอธิบายในรูปสมการถดถอย (Multiple linear regression equations) สมการความสัมพันธ์ที่ได้จะต้องเป็นสมการที่มีนัยสำคัญ (Significant equations) จากนั้นนำสมการถดถอยที่ได้มาทำการถอดรหัส (Decoding) ซึ่งสามารถใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Mathcad 7 Professional หรือคำนวณด้วยตัวเองดังนี้

$$\text{ปัจจัยที่ไม่ได้ถอดรหัส} = \frac{\text{ค่าจริง} - ((\text{ค่าที่ระดับสูง} + \text{ค่าที่ระดับต่ำ})/2)}{((\text{ค่าที่ระดับสูง} - \text{ค่าที่ระดับต่ำ})/2)}$$

แทนค่าปริมาณตัวแปรอิสระ (เกลือ แครอท และน้ำ) ลงในสมการถอดรหัสที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส แล้ววิเคราะห์ค่าสัดส่วนเฉลี่ยที่คำนวณได้ ปริมาณตัวแปรอิสระที่เหมาะสมสำหรับแต่ละคุณลักษณะ คือปริมาณที่ทำให้ค่าสัดส่วนเฉลี่ยที่คำนวณได้มีค่าเข้าใกล้ 1.00 มากที่สุด

5 : ศึกษาคุณภาพและคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์สุดท้าย

5.1. การวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัส นำข้าวเกรียบปลาที่ทอดแล้วมาทดสอบชิมแบบ Ideal Ratio Profile Test โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนมาแล้วจำนวน 10 คน ลักษณะที่ทำการทดสอบได้แก่ สี ขนาดหลังทอด ความเนียนเนื้อ ความพอง ความกรอบ กลิ่นเครื่องเทศ รสเค็ม รสหวาน และการยอมรับรวม

5.2. การวิเคราะห์ทางด้านกายภาพ นำข้าวเกรียบปลาที่ทอดแล้วมาทดสอบดังนี้

-วัดค่าสีในระบบฮันเตอร์ (Hunter lab) เป็นค่า L, a, b

-วัดค่าเนื้อสัมผัส วัดค่าแรงสูงสุดที่กดทำให้ข้าวเกรียบทอดแตก (Compression force) หน่วยนิวตัน

5.3. การวิเคราะห์ทางด้านเคมี

-ความชื้น อบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 100°ซ (AOAC, 1998)

-โปรตีน โดยวิธี Semi – micro Kjeldahl Method (AOAC, 1998)

-ไขมัน สกัดด้วยปิโตรเลี่ยมอีเทอร์ (AOAC, 1998)

-เส้นใยอาหาร ต้มในกรด ต้มในด่าง (AOAC, 1998)

-เถ้า เผาที่อุณหภูมิ 550°ซ (AOAC, 1998)

-คาร์โบไฮเดรท หาโดย 100 - %ความชื้น - %โปรตีน - %ไขมัน - %เถ้า (AOAC, 1998)

-ค่า a_w วัดปริมาณน้ำอิสระที่ระเหยออกมาโดยใช้เครื่อง a_w meter (AOAC, 1998)

-การวิเคราะห์หาเมธิลเอสเทอร์กรดไขมัน ใช้เครื่องแก๊สโครมาโตกราฟ (AOAC, 1995)

-วิตามินอี ใช้เครื่องโครมาโตกราฟความดันสูง (Albala-Hurtado et al., 1997)

-เบต้า - แคโรทีน ใช้เครื่องโครมาโตกราฟความดันสูง (Pupin et al., 1999)

5.4. การวิเคราะห์ทางด้านจุลินทรีย์ (APHA, 1992 อ้างใน เรณู, 2543)

-จุลินทรีย์ทั้งหมด โคโลนีต่อกรัม

-ยีสต์และรา โคโลนี ต่อกรัม

-*Escherichia coli* โดยวิธี MPN ต่อกรัมของตัวอย่าง

-*Staphylococcus aureus* โคโลนีต่อกรัม

-*Salmonella* ในตัวอย่าง 25 กรัม

6 : การศึกษาวิธีการเก็บรักษาข้าวเกรียบปลา

6.1 ศึกษาวิธีการเก็บรักษาข้าวเกรียบปลา โดยใช้สารกันหืน 2 ชนิดคือบิวทีเลทเตดไฮดรอกซีโทลูอีน 0.02% และกรดซิตริก 0.028% (ละลายกรดซิตริก 0.028% ในโพรพิลีนไกลคอล 0.1% ซึ่งโพรพิลีนไกลคอนจะทำหน้าที่เป็นอิมัลซิฟายด์เออร์) ใส่ในน้ำมันปาล์มขณะทอดข้าวเกรียบแบบน้ำมันท่วม (Irwandi et al, 2000) บรรจุในภาชนะบรรจุ 2 ชนิดคือ ถุงโพลิโพรพิลีนและถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ ขนาด 5X8 นิ้ว และไม่ใส่สารกันหืนแต่เติมด้วยก๊าซไนโตรเจนบรรจุถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ โดยจะบรรจุถุงละ 40±1 กรัมทุกสูตรการทดลอง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20°ซ อุณหภูมิห้อง (30 – 37°ซ) และ 45°ซ การตรวจวิเคราะห์จะทำการสุ่มตัวอย่างข้าวเกรียบออกมาตรวจสอบทุก 2 สัปดาห์จนครบ 3 เดือน โดยถ้าตัวอย่างใดมีค่า Thiobarbituric acid number (TBA) เกิน 20 มิลลิกรัมของมาโลนัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม (Shamberger et al., 1977) ก็ถือว่าตัวอย่างนั้นเกิดการเสื่อมเสีย จะไม่ทำการทดลองต่อไป

6.2. การวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัส นำข้าวเกรียบปลามาทดสอบชิมแบบ Ideal Ratio Profile Test ใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนมาแล้วจำนวน 10 คน โดยนำข้าวเกรียบปลาที่จะทำการทดสอบมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้องให้มีอุณหภูมิคงที่เป็นเวลา 10 นาที แล้วจึงนำมาทดสอบชิม ลักษณะที่ทำการทดสอบได้แก่ สี ความกรอบ กลิ่นหืน และการยอมรับรวม

6.3. การวิเคราะห์ทางด้านกายภาพ

-วัดค่าสีในระบบฮันเตอร์ (Hunter lab) เป็นค่า L, a, b

-วัดค่าเนื้อสัมผัส วัดค่าแรงสูงสุดที่กดทำให้ข้าวเกรียบทอดแตก (Compression force) หน่วยนิวตัน

6.4. การวิเคราะห์ทางด้านเคมี

-ความชื้น อบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 100°ซ (AOAC, 1998)

-ค่า a_w วัดปริมาณน้ำอิสระที่ระเหยออกมาโดยใช้เครื่อง a_w meter (AOAC, 1998)

-Thiobarbituric acid number (TBA) กลั่นแล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 538 นาโนเมตร (Pearson, 1976)

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University