

## ขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา

### Cracker from Horm-nin Rice Flour added Calcium from Fish Bone

#### คำนำ

ปัจจุบันการบริโภคอาหารว่าง หรืออาหารขบเคี้ยวเป็นที่นิยมกันมากขึ้น และมีปริมาณเพิ่มขึ้นในประเทศไทย จะสังเกตได้จากอาหารประเภทนี้มีออกวางจำหน่ายอย่างแพร่หลาย มีหลายแบบหลายยี่ห้อ รวมถึงเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีการเจริญเติบโตทางการตลาดอย่างรวดเร็ว (กิตติยา, 2544) ดังเช่นรายงานขององค์กร USA Rice Federation มีการนำข้าวเจ้ามาใช้ทำผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ ซึ่งมีอัตราการใช้ข้าวในการผลิตเพิ่มขึ้นในปี 2000-2001 ประมาณร้อยละ 18 ของผลิตภัณฑ์ทั้งหมด ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ข้าวในการผลิต ได้แก่ อาหารว่าง อาหารเช้า อาหารเด็ก อาหารแช่แข็ง อาหารหวาน เป็นต้น (Whilkinson, 2004) ประเทศไทยก็เป็นหนึ่งในสมาชิกขององค์กรดังกล่าว โดยองค์กรมีหน้าที่ส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากข้าว ซึ่งมีการสำรวจจากบริษัทต่างๆ ที่แปรรูปจากข้าว ร้อยละ 96 มีความเห็นให้ข้าวเหมาะสมในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่ให้คุณค่าทางโภชนาการ เนื่องจากข้าวมีคุณสมบัติที่เหมาะสม คือ มีไขมันน้อย ไขมันต่ำ ไม่มีโคเลสเตอรอล เก็บรักษาได้นาน และช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสอาหารให้ดีขึ้น โดยการพัฒนาจะคำนึงถึงคุณภาพ คุณค่าทางอาหาร การผลิตตลอดจนถึงผู้บริโภค (อรอนงค์, 2547)

การวิจัยในครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อ ใช้แป้งข้าวเจ้าหอมนิลทดแทนแป้งสาลีในขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา เพื่อลดการนำเข้าแป้งสาลี ช่วยลดต้นทุนในการผลิต และที่สำคัญเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการแก่ผลิตภัณฑ์ โดยข้าวเจ้าหอมนิล เป็นข้าวที่มาจากการปรับปรุงพันธุ์เพื่อประโยชน์ในการปลูกและการบริโภค ซึ่งสารอาหารที่มีในข้าวหอมนิล ได้แก่ โปรตีน เส้นใย วิตามิน ธาตุเหล็ก ธาตุสังกะสี และสารแอนโทไซยานิน เป็นต้น สารอาหารเหล่านี้มีประโยชน์และจำเป็นต่อร่างกาย เหมาะกับการนำมาแปรรูปทางอุตสาหกรรม เช่น ผลิตภัณฑ์อาหารจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิล ขนมขบเคี้ยวต่างๆ (สินีล ไรซ์, 2547) และในส่วนของกระดูกปลาทู เป็นส่วนที่ได้จากเศษเหลือของสัตว์น้ำ ที่มาจากโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำ ซึ่งมีมากถึงร้อยละ 40-60 ของวัตถุดิบ (มัทนา, 2545) โดยสารอาหารในกระดูกปลาทูจะมีโปรตีนและแคลเซียมสูงเหมาะที่จะใส่ในผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะช่วยให้ได้รับสารอาหารที่เหมาะสมตามปริมาณที่แนะนำต่อวัน เพื่อประโยชน์ต่อสุขภาพของผู้บริโภคในด้านของสารอาหารที่เพิ่มขึ้น

## วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาสูตรพื้นฐานของผลิตภัณฑ์ขนมปังกรอบ
2. เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา และศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์
3. เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา
4. เพื่อศึกษาอายุการเก็บ และต้นทุนการผลิต ขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา

## ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพิ่มการใช้ประโยชน์จากแป้งข้าวเจ้าหอมนิล
2. ทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณค่าทางสารอาหารเพิ่มขึ้น และเกิดความหลากหลายในผลิตภัณฑ์
3. ลดการนำเข้าแป้งสาลีจากต่างประเทศ เพื่อช่วยลดต้นทุนการผลิต และลดการสูญเสียเงินตราในประเทศ
4. เป็นทางเลือกใหม่ในการบริโภคผลิตภัณฑ์ขนมปังกรอบ

## การตรวจเอกสาร

### แครกเกอร์ (Crackers)

ขนมปังกรอบ คือ ผลิตภัณฑ์ขนมอบที่ทำจากแป้งสาลีเป็นหลัก กับส่วนประกอบอื่นๆ อาจปรุงแต่งกลิ่นรสด้วยหรือไม่ก็ได้ หรือบางกรณีอาจมีการเติมแต่งด้วยส่วนประกอบอื่นๆ ที่สามารถมองเห็นส่วนประกอบที่ใช้ ขนมปังกรอบมีรูปร่าง ขนาด และชื่อเรียกตามส่วนผสมและวิธีการทำต่างๆ กัน โดยขนมปังกรอบแบ่งเป็น แครกเกอร์ บิสกิต และคุกกี้ (สมอ., 2530)

คุณลักษณะที่ต้องการในขนมปังกรอบ จะต้องมีความกรอบ มีกลิ่นรสตามปกติของ ขนมปังกรอบชนิดนั้นๆ ไม่มีกลิ่นหืนหรือรสขม มีสีตามธรรมชาติของผลิตภัณฑ์ และข้อบกพร่องที่อาจมีได้ ในกรณีที่แตกหัก บิ่น ในแครกเกอร์ ไม่เกินร้อยละ 5 ยกเว้นฟัฟแครกเกอร์ ไม่เกินร้อยละ 8 บิสกิตและคุกกี้ ไม่เกินร้อยละ 10 โดยมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 4.0 และสารที่ช่วยทำให้ขึ้นฟูให้ใช้ได้ ในปริมาณที่เหมาะสม (สมอ., 2530)

แครกเกอร์ คือ ขนมปังกรอบที่มีปริมาณน้ำตาลต่ำหรือไม่มีเลย มีไขมันค่อนข้างสูง ทำจากแป้งสาลีที่มีโปรตีนประมาณ ร้อยละ 8-14 ลักษณะแป้งผสมค่อนข้างเหนียว และสามารถรีดเป็นแผ่นได้ แป้งผสมนี้สามารถนำไปผลิตทำแครกเกอร์ได้หลายชนิด ขึ้นอยู่กับวิธีการ (จิตรนา และคณะ, 2546) โดยประเภทของแครกเกอร์ มีดังนี้

### แครกเกอร์ชนิดไม่หวาน และไม่มีการหมักของโด

#### 1. วอเตอร์ และมาทโซ (Water and Matzo)

1.1 แครกเกอร์ชนิด Matzo ทำขึ้นจากแป้งสาลี และน้ำเพียงอย่างเดียว มีไขมันเพียงเล็กน้อย ซึ่งรูปร่างของ Matzo มีลักษณะเป็นวงกลม หรือสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีแผ่นขนาดใหญ่ โดยทั่วไป Matzo มีแป้งประมาณ 100 ส่วน และน้ำ 83 ส่วน การผสมจะค่อยๆ ผสมเข้าด้วยกันจนเป็นโด แผ่นโดแครกเกอร์ มีชั้นบางๆ 2-6 ชั้น ซึ่งระยะเวลาในการอบสั้น ใช้เวลาประมาณ 1 นาที ที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิที่สูงทำให้เกิดการพองตัวของโด และทำให้มีสีที่เข้ม

เพิ่มขึ้น มีการสูญเสียความชื้นอย่างต่อเนื่อง หลังจากออกจากเตาอบ ซึ่งความชื้น โดยทั่วไป ประมาณร้อยละ 3

1.2 แครกเกอร์ชนิด Water มีความบางเบา เหมือนกับ Matzo ซึ่งมีส่วนผสมของแป้งสาลี ไขมัน เกลือ และน้ำ ในอัตราส่วน 100 : 6.5 : 1 : 29 ซึ่งโคเมียมักจะไม่เพิ่มขนาดและแตก ร่วนได้ง่ายหลังจากการผสม โดยก่อนการขึ้นแผ่นโคจะเกิดปฏิกิริยาโปรตีโอไลติก (proteolytic) ทำให้เกิดความนุ่มนวลของกลูเตน มีการขยายตัวของโคเล็กน้อย แผ่นโคมีความเหนียวและจะพองโค ก่อนการขึ้นรูป การขึ้นรูปจะทำให้เกิดชั้นบาง เมื่ออบด้วยอุณหภูมิสูง โดยทั่วไปมีรูปทรงเป็น วงกลม เส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นค่อนข้างใหญ่ ประมาณ 70 มิลลิเมตร

Matzo และ Water ประกอบด้วยระดับน้ำตาลต่ำ น้ำเชื่อม หรือมอลต์สกัด การหมักเหมือนกับครีมแครกเกอร์ ใช้เวลาในการหมักเพียง 3-4 ชั่วโมง ปริมาณไขมัน ร้อยละ 5-11 ต่อ แป้งสาลี ร้อยละ 100 ใช้เวลาในการอบ 4-5 นาที ใช้ความร้อนในเตาอบพอประมาณ ซึ่งจะทำให้เกิด ความพองกรอบ อีกทั้งยังมีความนุ่ม ลื่นคอเมื่อรับประทาน นิยมรับประทานกับเนยแข็ง ชีส หรือสิ่ง อื่นๆ ที่มีรสจัดเพื่อเรียกน้ำย่อย ใช้ทำเป็นอาหารว่างได้ดี (Manley, 1991)

2. พัพ (Puff) พัพมีลักษณะโครงสร้างเป็นชั้นเกล็ด มีปริมาณไขมันสูง ใช้ยีสต์เป็นตัวช่วยให้เกิดการขยายตัวของพัพ ภายใต้อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส หรือสูงกว่านี้ (โคเริ่มขยายตัวที่ อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส) การเกิดชั้นของโคจะบางมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับกรด และการพับ ซึ่ง ไขมันเป็นตัวทำให้เกิดชั้นในระหว่างการอบ พัพมีส่วนประกอบหลัก ได้แก่ แป้งสาลีโปรตีนสูง น้ำ เย็นจัด เกลือ เมทตาไบซัลไฟต์ (SMS) ซอร์บิทอล ปริมาณร้อยละ 19 และนมผงเล็กน้อย ในส่วน ของไขมันจะช่วยเพิ่มความอ่อนนุ่มของเนื้อสัมผัส ความร้อนในการอบจะใช้อุณหภูมิสูง เพื่อให้ เกิดชั้นเกล็ด และเพิ่มสีของผิวหน้า นอกจากนี้สามารถตกแต่งด้วยน้ำตาลเพื่อให้สี และความเงาที่ผิวหน้า (Manley, 1991) โดยทั่วไปพัพมีปริมาณความชื้นร้อยละ 2.5

### แครกเกอร์ชนิดไม่หวาน และการหมักของโค

1. ครีมแครกเกอร์ (Cream Cracker) ครีมแครกเกอร์เกิดขึ้นครั้งแรกในปี 1885 โดย Irish firm of Jacobs ในอังกฤษมีความนิยมมาก ลักษณะของแครกเกอร์มีสีขาวนวลเหมือนนม เป็น แครกเกอร์ชนิดไม่หวานเป็นพื้นฐาน มีส่วนผสมของแป้งสาลี ไขมัน และเกลือ มีปริมาณไขมัน

ประมาณร้อยละ 11 โดยใช้ยีสต์เป็นสารช่วยให้ขึ้นฟูในการหมักโด เมื่ออบจะเกิดชั้นบางซ้อนกัน และยึดติดกัน ซึ่งปริมาณไขมันมีผลต่อการแยกชั้น ทำให้ครีมแครกเกอร์มีลักษณะเฉพาะ คือ เป็นชั้นเกล็ด ผิวหน้าไม่สม่ำเสมอ มีความหวานน้อยหรือไม่หวานเลย มีรสเค็ม และมีความบางกรอบ ขนาดของชิ้น ประมาณ 65 x 75 มิลลิเมตร ส่วนใหญ่เป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า โดยครีมแครกเกอร์สามารถใช้แทนขนมปังได้ นิยมรับประทานกับเนยสด เนยแข็ง และรับประทานเป็นอาหารว่าง มีปริมาณความชื้นร้อยละ 3-4

คุณลักษณะของครีมแครกเกอร์เมื่อรับประทาน เนื้อสัมผัสมีความอ่อนนุ่ม ไม่แข็ง เช่น การกัดชิ้นแครกเกอร์จะไม่แตกเป็นชิ้นเล็กเมื่อบดเคี้ยว แต่จะละลายทันทีเมื่ออยู่ในปาก มีความลื่นคอ ซึ่งการทำครีมแครกเกอร์แบบไม่มีรสหวาน จะมีความไวต่อปฏิกิริยาออกซิเดชัน ทำให้เกิดกลิ่นหืนเนื่องจากไขมันเป็นปัจจัยสำคัญของอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ (Manley, 1991)

2. โซดาแครกเกอร์ (Soda Cracker) โซดาแครกเกอร์ผลิตในอเมริกา ตั้งแต่ปี พ.ศ.1840 หลักการของโซดาแครกเกอร์จะทำปฏิกิริยากับอัลคาไลน์ โดยสารช่วยทำให้ขึ้นฟู คือ โซเดียมไบคาร์บอเนต (sodium bicarbonate) ซึ่งหลังจากการอบ จะมีลักษณะเฉพาะ ของกลิ่นรส และลักษณะของผิวหน้า เช่น การฉีกพื้นน้ำมัน และรอยเกลือ รูปร่างของโซดาแครกเกอร์จะเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมจัตุรัสมีขนาด 50 x 50 มิลลิเมตร และความหนา 4 มิลลิเมตร น้ำหนักประมาณ 3-3.5 กรัม มีปริมาณความชื้นประมาณร้อยละ 2.5 โดยลักษณะทั่วไปจะมีรูพรุน 9 รู ใน 3 แถว อย่างชัดเจน (Manley, 1991)

### แครกเกอร์ชนิดหวาน และมีความบาง ปรับปรุงโดยใช้เอนไซม์

1. เซเวอรี่ แครกเกอร์ (Savoury Cracker) มีลักษณะเฉพาะด้านเนื้อสัมผัสที่อ่อนนุ่ม จะรู้สึกได้เมื่อรับประทาน โดยทั่วไปเป็นแผ่นแครกเกอร์ แต่ในบางครั้งจะมีครีมสอดไส้เหมือนแซนวิช รสชาติไม่หวาน ซึ่งมีผงชีสเป็นพื้นฐานของครีม วิธีการผลิตโด Savoury Cracker จะหมักด้วยยีสต์ โดยใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ หรือโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟด์ ช่วยในการหมักโด และช่วยการยึดติดของครีม ทำให้เนื้อสัมผัสมีความอ่อนนุ่มมาก เนื่องจากได้รับอากาศที่เกิดจากแอมโมเนีย และโซเดียมไบคาร์บอเนต ชนิดของแครกเกอร์ในกลุ่มนี้ ได้แก่ Ritz, Tuc, Cheddars และอื่นๆ ส่วนการเกิดชั้นบางในครีมแครกเกอร์ และโซดาแครกเกอร์ เกิดจากวิธีการผลิตที่เหมือนกัน แต่จะต้องอาศัยเอนไซม์ในการเกิดชั้น ใช้ระยะเวลาในการหมักค่อนข้างสั้น หากมีระดับของ

แอมโมเนียไบคาร์บอเนตที่สูงจะช่วยให้การขยายตัวของโคเพิ่มขึ้น ระดับไขมัน มีประมาณร้อยละ 7-9 ของส่วน ผสมทั้งหมด ไขมันมีส่วนช่วยในการขยายตัวของโคเช่นเดียวกัน และไขมันยังทำให้มีกลิ่นรสเพิ่มขึ้น ดังเช่น ชีสสด และชีสผง

โดยสถานะในเตาอบมีผลต่อการระเหยน้ำ มีผลต่อการสูญเสียกลิ่น เช่น กลิ่นของชีส อีกทั้งมีการเสริมกลิ่นรส เช่น เกลือ และโมโนโซเดียมกลูตาเมต จะใช้ในระดับเหมาะสมที่สุด เพื่อช่วยในด้านกลิ่นรส แครกเกอร์ที่ดีที่สุด จะมีกรดทำปฏิกิริยาที่ pH ประมาณ 5.5 โดยทั่วไปในการผลิตมีอัตราส่วนของน้ำตาล หรือน้ำเชื่อมเล็กน้อย เมื่อรับประทานจะมีความรู้สึก dryness และมีรสหวานเมื่ออยู่ในปาก ตกแต่งให้สวยงามด้วยเมล็ดป๊อปปี๊ งา เมล็ดผักชี และเกลือ (ใช้เป็นเกลือหรือผลึกเกลือ) หลังจากการอบมีการฉีดพ่นน้ำมันพืชโดยทันที เป็นส่วนสำคัญในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้ดีขึ้น และเป็นการเพิ่มลักษณะปรากฏ โดยน้ำมันที่ใช้ฉีดพ่นเป็นน้ำมันกลั่นบริสุทธิ์ มีกรดไขมันไม่อิ่มตัว การฉีดพ่นน้ำมันที่ผิวหน้า ลงบนแผ่นแครกเกอร์ขนาดใหญ่ อาจเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน เกิดการเหม็นหืนระหว่างการเก็บ ซึ่งตามปกติจะใช้น้ำมันมะพร้าวหรือน้ำมันปาล์ม ปริมาณการใช้ ร้อยละ 10-20 ของน้ำหนักผลิตภัณฑ์ (Manley, 1991)

### วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตขนมปังกรอบ

วัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนประกอบในการผลิตขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา

#### 1. แป้งสาลี (Wheat Flour)

แป้งสาลีเป็นแป้งที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ทุกชนิด เพราะแป้งสาลีมีโปรตีน 2 ชนิดที่รวมกันอยู่ในสัดส่วนที่เหมาะสมคือ กลูเตนิน (glutenin) และไกลอะดลิน (gliadin) เมื่อนำแป้งสาลีผสมกับน้ำในอัตราส่วนที่ถูกต้องจะทำให้เกิดสารชนิดหนึ่งเรียกว่า กลูเตน (gluten) มีลักษณะเป็นยางเหนียว ยืดหยุ่นได้ กลูเตนเป็นตัวยึดเกาะเอาไว้ ทำให้เกิดโครงสร้างที่จำเป็นของผลิตภัณฑ์ และจะเป็นโครงร่างแบบฟองน้ำเมื่อได้รับความร้อนจากตู้อบ (จิตรนา และอรอนงค์, 2541)

1.1 ชนิดแป้งสาลีที่ใช้ทำผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ ที่สำคัญมี 3 ชนิด คือ แป้งขนมปัง แป้งอเนกประสงค์ และแป้งเค้ก ซึ่งแป้งแต่ละชนิดมีคุณสมบัติ คุณลักษณะ และการใช้ประโยชน์แตกต่างกัน ดังนี้ (จิตรนา และอรอนงค์, 2541)

แป้งขนมปัง (bread flour) มีโปรตีนสูง ร้อยละ 12-14 ข้าวสาลีชนิดแข็ง (Hard red spring or Hard red winter) เป็นแป้งสาลีที่มีโปรตีนสูง หากสัมผัสด้วยมือจะรู้สึกกระคายมือมีความหยาบ สลัดไม่ขาว เมื่อกดนิ้วลงไปบนแป้งจะไม่เกาะตัวกัน ใช้ทำผลิตภัณฑ์พวกขนมปังต่างๆ และผลิตภัณฑ์ที่ใช้หมักด้วยยีสต์ทุกชนิด เพราะยีสต์เป็นตัวทำให้ขึ้นฟู และพองตัวได้ดี

แป้งอเนกประสงค์ (all purpose flour) มีโปรตีนสูงปานกลาง ร้อยละ 10-11 เป็นแป้งที่ได้จากการผสมข้าวสาลีชนิดแข็งกับชนิดอ่อนเข้าด้วยกัน ลักษณะของแป้งชนิดนี้มีแป้งขนมปังและแป้งเค้กรวมกันในสัดส่วนที่เหมาะสม ในการทำผลิตภัณฑ์หลายชนิด เช่น ขนมปังจืดและหวาน เค้ก เพสตรี เป็นต้น ใช้เวลาในการนวดน้อยกว่าแป้งขนมปัง สิ่งที่ทำให้ขึ้นฟูสำหรับแป้งชนิดนี้สามารถใช้ได้ทั้งยีสต์และผงฟู

แป้งเค้ก (cake flour) มีโปรตีนต่ำประมาณ ร้อยละ 7-9 ทำจากข้าวสาลีชนิดอ่อน (Soft wheat) ลักษณะของแป้งเมื่อสัมผัสด้วยมือจะรู้สึกเนียน ละเอียด อ่อนนุ่ม มีสีขาวกว่าแป้งสองชนิดแรก เมื่อกดนิ้วลงไปบนแป้งจะรวมกันเป็นก้อนและคงรอยนิ้วมือไว้ โดยสารเคมีช่วยทำให้ขึ้นฟู ได้แก่ ผงฟู เบกกิ้งโซดา เป็นต้น (สุภาวดี, 2545)

1.2 หน้าที่ของแป้งที่มีต่อผลิตภัณฑ์ ส่วนใหญ่แล้วแป้งสาลีเป็นวัตถุดิบที่สำคัญในการช่วยให้เกิดโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ และคงรูปไปได้เมื่ออบเสร็จแล้ว แป้งแต่ละชนิดจะมีความเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงควรเลือกใช้แป้งสาลีที่มีคุณลักษณะเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการทำ (จิตรนา และอรอนงค์, 2541)

## 2. ชอร์ตเทนนิ่ง (Shortening)

เป็นทั้งไขมัน (fat) และน้ำมัน (oil) โดยไขมันเป็นของแข็งในอุณหภูมิห้อง และน้ำมันมีสภาพเป็นของเหลวในอุณหภูมิห้อง ผลิตภัณฑ์ขนมอบจะใช้เพื่อความอยู่ตัว เพราะชอร์ตเทนนิ่งช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีความนุ่มนวล และมีกลิ่นรสดี อีกทั้งยังช่วยให้การเกิดกลิ่นหืนช้าลงในผลิตภัณฑ์

ซึ่งขอรืตเทนนิงที่นิยมในผลตภณฑัขนมอบ ได้แก่ ไฮโดรจิเนต วิเจทเทเบิต ออยล์ (hydrogenated vegetable oils) เนยเทียม (margarine) เนยสด (butter) เป็นต้น ส่วนน้ำมันที่นิยมใช้ ได้แก่ น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันข้าวโพด น้ำมันมะพร้าว น้ำมันปาล์ม เป็นต้น (สุภาวดี, 2545)

ไขมันจะทำหน้าที่ในผลตภณฑัต่างๆ ได้แก่ ผลตภณฑัที่ใช้ยีสต์ มีหน้าที่ให้ความอ่อนนุ่ม กลิ่นรสดี ช่วยเก็บกัอากาศ ป้องกันอากาศภายนอก ทำให้มีปริมาตรเพิ่มขึ้น และมีเนื้อสัมผัสที่ดี ช่วยล่อลึงกลูเตน ส่วนในผลตภณฑัที่ใช้ผงฟู เช่น เค้ก ลูกก็ มีหน้าที่ เป็นตัวจับอากาศที่เกิดขึ้นในระหว่างการตีไขมันกับน้ำตาล ช่วยเป็นอัลมัลซิไฟเออร์ ทำให้น้ำและไขมันในส่วนผสมรวมตัวกันได้ดี โดยเฉพาะผลตภณฑัที่มีส่วนผสมของน้ำและน้ำตาลสูง เกิดความคงตัวในโครงสร้าง อีกทั้งช่วยให้ความนุ่ม กลิ่นรสดี และยืดยอายุการเก็บให้นานขึ้น (จิตรนา, 2546)

### 3. ยีสต์ (Yeast)

เป็นจุลินทรีย์เซลล์เดี่ยว ยีสต์ที่นำมาใช้ในอุตสาหกรรม เรียกว่า เบเกอรี่ยีสต์ (*Saccharomyces cerevisiae*) ยีสต์เป็นตัวสำคัญที่ทำให้เกิดการหมัก สามารถเปลี่ยนน้ำตาลหรือแอลกอฮอล์ เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ระหว่างการหมักทำให้โดเบตัว มีความยืดหยุ่นและมีโพรงอากาศ มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับสภาวะในการหมัก ได้แก่ อุณหภูมิ ความเป็นกรดด่าง ปริมาณแอลกอฮอล์ ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่เป็นอาหาร ความดันออกซิโมติก และอุณหภูมิที่เหมาะสมในการหมักระหว่าง 27.5-35.0 องศาเซลเซียส pH ประมาณ 4.5

หน้าที่ของยีสต์ในการทำผลตภณฑั สร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้โดขยายตัว และปริมาตรของโดเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดโครงสร้างเนื้อของโด ทำให้ผลตภณฑัมีกลิ่นรสเฉพาะตัว อันเนื่องมาจากสารแอลดีไฮด์ แอลกอฮอล์ คีโตน และกรดที่ยีสต์สร้างขึ้นมาในระหว่างหมัก ช่วยเสริมคุณค่าทางอาหารให้แก่ผลตภณฑั เพราะเป็นแหล่งวิตามินและเอนไซม์ที่สำคัญ (จิตรนา และอรอนงค์, 2541)

#### 4. น้ำตาลทรายขาว

ผลิตจากอ้อย เป็นซูโครสที่บริสุทธิ์ ร้อยละ 99.9 ละลายน้ำได้ดี มีรสหวานน้ำตาลที่ใช้ควรมีความละเอียดและขาว ซึ่งน้ำตาลจะช่วยให้ยีสต์เจริญในช่วงการหมักโด ผลิตภัณฑ์มีน้ำตาลมาก เมื่ออบจะมีความนุ่มนวล เพราะน้ำตาลแทรกซึมเข้าไปในเส้นใยของกลูเตนขณะที่คูดน้ำ และอีกส่วนแทรกเข้าไปในเม็ดแป้ง ระหว่างการพองตัวและเปลี่ยนสภาพเป็นแป้งสุก อีกทั้งช่วยเพิ่มกลิ่นและสีของผลิตภัณฑ์ (สุชาดา และจิตติมา, 2545)

#### 5. เกลือ

เป็นสิ่งที่ช่วยให้เกิดรสชาติที่ดีแก่ผลิตภัณฑ์ ช่วยแก้ไขรสชาติที่จัดจืดให้มีรสที่ดีขึ้น ช่วยให้มีรสกลมกล่อมขึ้น ช่วยให้กลูเตนแข็งแรงขึ้น และมีกำลังในการยึดตัว ช่วยป้องกันการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่ไม่ต้องการ แต่ช่วยควบคุมการทำงานของยีสต์ และควบคุมอัตราการหมัก (หากใช้เกลือมากเวลาในการหมักนานขึ้น) ซึ่งแป้งที่มีกลูเตนต่ำต้องใช้เกลือเพิ่มขึ้น (สุชาดา และจิตติมา, 2545)

#### 6. น้ำ

น้ำเป็นของเหลวผสมกับแป้งทำให้เกิดโด เนื่องจากน้ำทำให้เกิดกลูเตน ที่รวมตัวกันเป็นร่างแห เกิดเป็นโครงสร้างที่มีลักษณะเหมือนฟองน้ำ หากมีน้ำในส่วนผสมที่พอเหมาะจะช่วยให้ยีสต์เจริญเติบโตได้ดี โดยการย่อยจากน้ำตาล และการหายใจ จึงทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีส่วนประกอบที่มีกลีนิรส เกิดขึ้นและการกระจายตัวอยู่ทั่วก้อนโด น้ำช่วยให้สตาร์ชเปลี่ยนสภาพแป้งดิบให้เป็นแป้งสุก (galatinize) ได้เมื่อได้รับความร้อนระหว่างการอบ น้ำช่วยป้องกันไม่ให้เนื้อภายในเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล อีกทั้งช่วยยืดอายุการเก็บให้นานขึ้น

น้ำที่เหมาะสมควรมีสภาพเป็นกลางของกรดและด่าง ดังเช่น น้ำประปามีความกระด้างปานกลาง ซึ่งจะมีส่วนของคลอรีนที่เจือปนอยู่นั้นมีผลต่อโดเพียงเล็กน้อย แต่ถ้าหากน้ำมีสภาพเป็นกรด จะทำให้เกิดการขึ้นฟูอย่างรวดเร็วกว่าปกติ เพราะมีไฮโดรเจนซัลไฟด์เจือปนทำให้กลูเตนสลายตัว และหากน้ำมีสภาพเป็นด่าง จะทำให้การขึ้นฟูช้า เพราะสารละลายในน้ำ คือ แคลเซียม ทำให้กลูเตนแข็งตัว รวมตัวกันได้ไม่ดี รสชาติเปลี่ยนไป (สุชาดา และจิตติมา, 2545)

## กรรมวิธีการผลิตขนมปังกรอบ

1. การผลิตขนมปังกรอบ แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มตามลักษณะของก้อนโด ได้แก่ กลุ่มก้อนแป้งผสมชนิดแข็ง และกลุ่มก้อนแป้งผสมชนิดนุ่ม

1.1 กลุ่มก้อนแป้งผสมชนิดแข็ง แบ่งเป็นก้อนแป้งผสมหมัก (fermented dough) ก้อนแป้งผสมพฟ (puff dough) และก้อนแป้งผสมกึ่งหวาน (semi-sweet dough) ทำจากแป้งสาลีชนิดแข็ง มีโปรตีนร้อยละ 12-14 ก้อนแป้งผสมหมัก มีส่วนผสมและการหมักโดคล้ายขนมปัง โดยทั่วไปนิยมทำเป็นครีมแครกเกอร์ ที่มีลักษณะสูตรและการผสม 3 แบบคือ แบบการผสมครั้งเดียว การผสมสองครั้ง ซึ่งการผสมสองครั้งแต่ใช้เวลาในการหมักสปันจ์สั้น ขั้นตอนการเริ่มจากการผสมและหมักก้อนแป้งผสมตามวิธีการของแต่ละแบบ ต่อจากนั้นนำมารีดเป็นแผ่นบางแล้วพับเป็นชั้น อย่างสม่ำเสมอจนได้ความหนาที่ต้องการ

1.2 กลุ่มก้อนแป้งผสมนุ่ม เป็นขนมปังกรอบจากแป้งสาลีอ่อนประเภทสฟวร์ หรือชนิดอ่อน มีโปรตีนร้อยละ 7-9 ในบางสูตรอาจใช้แป้งข้าวโพดเพื่อให้กลูเตนอ่อนตัวมากขึ้น ขึ้นอยู่กับลักษณะขนมปังกรอบที่ต้องการ โดยลักษณะสูตรและส่วนผสมต้องเหมาะสมกับลักษณะของเครื่องตัดบิสกิต (สุภัทร, 2540)

## การขยายตัวของก้อนโด

การขยายตัวระหว่างการผลิตของก้อนแป้งผสมชนิดหมัก และก้อนแป้งผสมกึ่งหวาน ซึ่งก้อนแป้งผสมชนิดหมัก เช่น ครีมแครกเกอร์ และโซดาแครกเกอร์ มีปริมาณไขมันสูงและน้ำตาลต่ำ การตีผสมช่วยให้เกิดกลูเตน ซึ่งเป็นโครงสร้างในผลิตภัณฑ์ส่วนก้อนแป้งผสมกึ่งหวาน จะใช้เวลาในการผสม และในการเกิดกลูเตนภายหลังการตีผสม ซึ่งขั้นแรกของการหมักก้อนแป้งยีสต์เพิ่มจำนวน และเติบโตอย่างรวดเร็ว ระหว่างการหมักจะสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งขึ้นอยู่กับอุณหภูมิระหว่างการตีผสม และส่วนผสมที่ใช้ (ปกติก้อนแป้งมีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 26 องศาเซลเซียส และ 30 องศาเซลเซียส) ส่วนก้อนแป้งผสมที่ใช้เอ็นไซม์โปรตีนเนส ช่วยปรับปรุงกลูเตน ซึ่งการเกิดปฏิกิริยาต่างจากการหมักก้อนแป้งด้วยยีสต์ โดยก้อนแป้งที่ใช้เอ็นไซม์ไม่สามารถผลิตก๊าซได้ และอุณหภูมิมีผลต่อการเร่งปฏิกิริยาทางเคมี (อุณหภูมิที่ใช้ระหว่างการผสม 35 องศาเซลเซียส) ส่วนในการปรับปรุงคุณภาพของกลูเตนระหว่างการผสม อาจใช้สารโซเดียมเมตาไบ

ซัลไฟด์ (SMS) เพียงเล็กน้อย ในปริมาณ 0.029-100 ส่วนของน้ำหนักแป้ง และปริมาณน้ำเพิ่มร้อยละ 10 หรือมากกว่า เมื่อเติมสารเคมีอุณหภูมิของก้อนแป้งประมาณ 41 องศาเซลเซียส และจะเพิ่มขึ้น 45 องศาเซลเซียสระหว่างการผสม ซึ่งสารโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ (SMS) เมื่อใส่ในผลิตภัณฑ์จะช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นของกลูเตน และสามารถควบคุมการตัดก้อนโด ขนาด และรูปร่างของชิ้นแครกเกอร์ได้ (Manley, 1991)

## 2. การอบ

การเตรียมเตาอบ ควรจุดเตาอบให้ได้อุณหภูมิที่ต้องการก่อนอบ หากไม่มีการเตรียมอาจเกิดผลเสียคือ ฟองอากาศในขนมจะสูญเสียไป เมื่อตั้งทิ้งไว้ในอุณหภูมิปกติ ขนมจะไม่ขึ้นฟูเท่าที่ควร อุณหภูมิที่ใช้อบขนมปังกรอบที่มีส่วนผสมของน้ำตาลและไขมันสูงควรใช้อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิที่ใช้อบคุกกี้ ขนมปังกรอบที่มีความบาง และแบน จะใช้เวลาในการอบสั้น อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการอบ คือ 180-200 องศาเซลเซียส ขณะที่ขนมปังกรอบอยู่ในเตาอบ ความร้อนจะส่งผ่านจากต้นกำเนิดมายังขนมปังกรอบ ในรูปของการกระจายความร้อนผ่านตัวกลางที่เป็นของเหลวหรือไขมัน การอบควรนำออกจากเตาอบก่อนเวลาสุกประมาณ 2-3 นาที เพราะขนมปังที่อบแล้วยังคงร้อนทำให้ขนมปังกรอบสุกได้ (จิตรนา และอรอนงค์, 2541) โดยระหว่างการอบขนมปังกรอบเกิดการเปลี่ยนแปลง 3 ระยะ (Whiteley, 1971) ดังนี้

ระยะแรก เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นในระยะต้น ไขมันและสารเคมีอื่นเริ่มละลาย และเกิดก๊าซขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยาของยีสต์ เมื่อได้รับความร้อนจะขยายตัวโครงสร้างของขนมปังกรอบมีปริมาตรเพิ่มขึ้น

ระยะกลาง พลังงานความร้อนที่ได้รับในระยะนี้จะมีผลทำให้อุณหภูมิของขนมปังกรอบเพิ่มขึ้นถึงจุดเดือดของน้ำ เป็นผลทำให้โปรตีนจับตัวกัน และสตาร์ชที่มีอยู่เกิดเจลบางส่วน เนื่องจากในส่วนผสมมีน้ำอยู่น้อยสตาร์ชจึงอุ้มน้ำไว้ไม่มาก ได้โครงสร้างที่แข็งแรงของขนมปังกรอบ

ระยะสุดท้าย อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น ลักษณะโครงสร้างคงที่ เนื่องจากโปรตีนและสตาร์ชจะเปลี่ยนสภาพสมบูรณ์ ตั้งแต่ระยะกลางของการอบ แต่ไขมันและน้ำตาลในองค์ประกอบยังคงมีสภาพเหลวขณะเดียวกันผิวนอกของขนมปังกรอบ จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลจากกระบวนการเกิดสีน้ำตาล (caramelization) ระหว่างความร้อนกับน้ำตาล

### 3. การทำให้เย็น

เมื่อนำขนมปังกรอบออกจากเตาอบแล้วควรทำให้เย็น โดยแช่ออกจากถาดทันทีในขณะที่ขนมปังกรอบยังร้อนอยู่ ทั้งนี้เพื่อป้องกันการแตกหักของขนมปังกรอบ ถ้าหากไม่แช่ออกทันทีอาจส่งผลให้ขนมปังกรอบที่ได้เปราะและหักง่าย เนื่องจากขนมปังกรอบจะเริ่มแข็งตัวขึ้นเพราะไขมันแข็งตัวที่อุณหภูมิต่ำลง ความชื้นภายในขนมปังกรอบกระจายทั่วทั้งชิ้น ทำให้อุณหภูมิต่ำลงไม่สม่ำเสมอ จึงเปราะและหักง่าย (จิตรนา และอรอนงค์, 2541)

### ข้าวเจ้าหอมนิล

#### ลักษณะประจำพันธุ์

ข้าวเจ้าหอมนิลเป็นข้าวนาสวน ไม่ไวแสง สามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี การแตกกอดี ด้านทานโรคขอบใบแห้ง และแมลงโดยทั่วไป อีกทั้งด้านทนต่อโรคไหม้ (blast) ทนทานต่อสภาพแล้ง (drought) และดินเค็ม (salinity) เป็นข้าวที่กลายพันธุ์จากข้าวเหนียวดำต้นเดียวของจีน โดยมีความสูงประมาณ 60-75 เซนติเมตร อายุวันเก็บเกี่ยว 95-105 วัน แตกกอดี ลำต้นและใบสีเขียวปนม่วง เมล็ดขาวมีสีม่วงเข้ม ยาวประมาณ 6.5 มิลลิเมตร มีสีม่วงดำ กลิ่นหอม ผลผลิตประมาณ 400-700 กิโลกรัม/ไร่ จากการศึกษาเอกลักษณ์พันธุ์กรรม โดยใช้ microsatellite จำนวน 48 ตำแหน่งชี้ให้เห็นว่า ข้าวเจ้าหอมนิลมีความแตกต่างจากข้าว Hei Bao และ Xua Bue Huq ของจีน แสดงให้เห็นว่า ข้าวทั้ง 3 ไม่ได้เป็นข้าวพันธุ์เดียวกัน ข้าวเจ้าหอมนิลนับเป็นข้าวที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง และเป็นข้าวที่มีศักยภาพในการแปรรูปทางอุตสาหกรรมอาหารสูง เช่น cracker หรือ cooky (สินิล ไรซ์, 2547)

ข้าวเจ้าหอมนิลมีเมล็ดข้าวกล้องสีดำ แต่ที่จริงคือสีม่วงเข้มที่สะสมอยู่ในส่วนของรำ (pericarp) ซึ่งประกอบไปด้วยรงควัตถุ (pigments) ดังนี้ คือ สีน้ำตาลอ่อน (procyanidin) สีแดง (peonidin) และสีม่วง (cyanidin) ซึ่งรงควัตถุทั้งหมดได้จากการบวนการสังเคราะห์ flavonoid ในต้นข้าว ซึ่งอาศัย 2 ปัจจัยหลักคือ

- ปัจจัยของพันธุกรรม (genetic factor) เช่น ระบบการทำงานของยีนควบคุม (regulatory genes) และยีนโครงสร้าง (structural genes)

- ปัจจัยของสภาพแวดล้อม (environment factor) เช่น สภาพของดิน แร่ธาตุ สารอาหาร pH อุณหภูมิ และแสง

จากข้อมูลดังกล่าว อภิชาติ (2547) จึงทำการศึกษายีน โครงสร้างที่สำคัญ คือ CHS (Chalcone synthase), DFR (Dihydroflavonol reductase), ANS (Anthocyanidin synthase) และ ยีนควบคุมที่สำคัญคือ C1 (Colored-1), OSB1 (O. sativa Booster1), OSB2 (O. sativa Booster2) และ ปัจจัยของสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ว่ามีผลต่อลักษณะของสีเมล็ดที่แสดงออกหรือไม่ จากการศึกษพบว่า ยีนควบคุมที่สำคัญคือ OSB1 ทำหน้าที่ควบคุมการสังเคราะห์สีที่เมล็ดข้าว ส่วนยีนโครงสร้างที่สำคัญที่มีผลให้สีของเมล็ดข้าวเกิดเข้มขึ้นหรือจางลง คือยีน ANS และผลของอุณหภูมิในช่วงฤดูร้อนทำให้ยีน DFR เกิดการ unsplicing ขึ้นในกระบวนการถอดรหัสสาร

### คุณค่าทางโภชนาการ

ข้าวเจ้าหอมนิลเป็นข้าวที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยมีโปรตีนอยู่ในช่วงประมาณ ร้อยละ 10-12.5 มีปริมาณแป้งอะมิโลสประมาณ ร้อยละ 12-13 มีปริมาณสาร 2-acetyl-1-pyrroline ปานกลาง ร่วมกับสารหอมระเหยจำเพาะ พวก Cyclohexanone ในปริมาณมาก มีแคลเซียม 4.2 มิลลิกรัมต่อ100 กรัม ปริมาณธาตุเหล็กแปรปรวนอยู่ระหว่าง 2.25- 3.25 มิลลิกรัมต่อ100 กรัม และธาตุสังกะสี ประมาณ 2.9 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม

ข้าวเจ้าหอมนิลมีปริมาณสาร Antioxidant สูงประมาณ 293 ไมโครโมลต่อกรัม ในส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ดที่เป็นสีม่วงเข้มประกอบไปด้วยสาร anthocyanin, proanthocyanidin, bioflavonoids และวิตามินอี ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ และเป็นสีผสมอาหารตามธรรมชาติ

ในส่วนของรำและจมูกข้าว มีวิตามินอี วิตามินบี และกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง ในส่วนของรำ มีน้ำมันรำข้าว ร้อยละ 18 เป็นองค์ประกอบ ร้อยละ80 เป็นชนิด C18:1 และ C18:2 เหมือนกับน้ำมันที่ได้จากถั่วเหลืองและข้าวโพดและพบว่ามีสาร omega-3 ประมาณ ร้อยละ 1-2 รำข้าวของเจ้าหอมนิลมีปริมาณเส้นใย digestible fiber สูงถึงร้อยละ 10 จากข้อมูลทางโภชนาการนับได้ว่าข้าวเจ้าหอมนิลเป็นข้าวที่มีศักยภาพในการนำมาแปรรูปทางอุตสาหกรรมอาหารสูง เช่น การผลิตผลิตภัณฑ์อาหารจาก แป้งข้าวเจ้าหอมนิล รวมทั้งขนมขบเคี้ยวต่างๆ (สินีลไรซ์, 2547)

**ตารางที่ 1** แสดงคุณค่าทางโภชนาการในส่วนที่กินได้ 100 กรัม ของข้าวเจ้าหอมนิลเทียบ  
กับข้าวขาวดอกมะลิ 105

| คุณค่าทางโภชนาการ      | ข้าวเจ้าหอมนิล | ข้าวขาวดอกมะลิ 105 |
|------------------------|----------------|--------------------|
| โปรตีน (%)             | 12.56          | 6.0                |
| คาร์โบไฮเดรต (%)       | 70.0           | 80.0               |
| ธาตุเหล็ก (มก./100 ก)  | 3.26           | -                  |
| สังกะสี (มก./100 ก)    | 2.9            | -                  |
| แคลเซียม (มก./100 ก)   | 4.2            | -                  |
| โพแทสเซียม (มก./100 ก) | 339.4          | -                  |
| ทองแดง (มก./100 ก)     | 0.1            | -                  |

ที่มา : สีนิลไรซ์ (2547)

### คุณประโยชน์ของสีม่วงในข้าวเจ้าหอมนิล

ข้าวเจ้าหอมนิลมีเมล็ดสีม่วงดำ เมื่อวิเคราะห์ปริมาณสีของเมล็ด สีม่วงดำประกอบไปด้วย  
สีม่วงเข้ม (cyanidin) สีชมพูอ่อน (peonidin) และสีน้ำตาล (procyanidin) ผสมกัน ซึ่งสีที่เห็นนั้นเป็น  
สารประกอบกลุ่ม flavonoid ที่เรียกว่า สารแอนโทไซยานิน (anthocyanin) ที่ประกอบไปด้วยสาร  
cyanidin กับ สาร peonidin สารโปรแอนโทไซยานิน (proanthocyanidin) ประกอบด้วยสาร  
procyanidin ซึ่งสารดังกล่าวทั้งหมดนี้เป็นสาร antioxidant ทำหน้าที่จับกับอนุมูลอิสระแล้วช่วยทำ  
ให้กลไกการทำงานของร่างกายมีประสิทธิภาพมากขึ้นกว่าปกติ  
(สินิลไรซ์, 2547)

สารแอนโทไซยานิน มีรายงานวิจัยพบว่า สามารถช่วยลดการอักเสบของเนื้อเยื่อ ช่วยลด  
ไขมันอุดตันในเส้นเลือดที่หัวใจ และสมอง บรรเทาโรคเบาหวาน ช่วยบำรุงสายตาเพื่อเพิ่ม  
ประสิทธิภาพการมองเห็นเวลามองตอนกลางคืน สาร cyanidin มีประสิทธิภาพในการเกิด  
antioxidant ได้ดีกว่าวิตามินอี หลายเท่า และยังยับยั้งการเจริญเติบโตของ epidermal growth factor  
receptor ในเซลล์มะเร็ง สารโปรแอนโทไซยานิน หรือเรียกว่าสาร condensed tannins

มีรายงานวิจัยพบว่า สารโปรแอนโทไซยานิดิน ทำการ antioxidation ได้ดีกว่าวิตามินซี วิตามินอี และ เบต้าแคโรทีน (beta-carotene) สารโปรแอนโทไซยานิดิน ยังไปจับกับอนุภาคของ กัมมันตภาพรังสีทำให้เซลล์ในร่างกายทำงานได้อย่างปกติ และช่วยลดไขมันอุดตันในเส้นเลือด ป้องกันโรคหัวใจ และโรคความดันโลหิตสูง ยังยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็งเต้านม ปอด กระเพาะอาหาร และเม็ดเลือดขาว และยังป้องกันไวรัส HSV-1 และยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ reverse transcriptase ในไวรัส HIV (อภิชาติ และรัชณี, 2548)

### แป้งข้าวเจ้า

#### คุณสมบัติของข้าวที่แบ่งตามปริมาณอะมิโลส

ปริมาณอะมิโลสที่มีอยู่ในเนื้อเมล็ดข้าว ถ้ามีน้อยจะทำให้ข้าวสุก มีความเหนียวแต่ถ้ามีมาก จะทำให้ข้าวสุก ร่วน แฉะ แบ่งแยกตามปริมาณอะมิโลสดังนี้

1. อะมิโลสต่ำ มีน้อยกว่า ร้อยละ 20 เป็นพวกข้าวหอม ร้อยละ 1-2 ลักษณะข้าวสุกเหนียว มาก ปริมาณอะมิโลส ร้อยละ 2-20 ข้าวสุกเหนียวนุ่ม เช่น พันธุ์ข้าวดอกมะลิ
2. อะมิโลสปานกลาง ประมาณ ร้อยละ 20-25 เป็นพวกข้าวขาวตาแห้ง ข้าวสุกมีลักษณะนุ่ม ค่อนข้างเหนียว เช่น พันธุ์ข้าวปากหม้อ 148 พันธุ์ข้าวตาแห้ง 17 พันธุ์สุพรรณบุรี 60
3. อะมิโลสสูง ประมาณ ร้อยละ 25-34 เป็นพวกข้าวขาวตาเดียวและข้าวเสาไห้ เช่น พันธุ์ เหลืองใหญ่ 148 พันธุ์เหลืองประทิว 123 พันธุ์สุพรรณบุรี 90 (งามชื่น, 2537)

#### ประเภทแป้งข้าว

1. ฟลาวร์ (flour) หมายถึง ผลิตภัณฑ์แป้งที่ผลิตจากเมล็ดหัวหรือส่วนอื่นที่ใช้บริโภคได้ ของพืช เช่น ข้าวเจ้า ข้าวเหนียว ข้าวสาลี เป็นต้น โดยนำวัตถุดิบมาสี โม่ หรือบดแล้วร่อน เป็นผงละเอียด ดังนั้นส่วนประกอบของฟลาวร์ จึงประกอบด้วยสารอาหารต่างๆ ที่มีอยู่ในวัตถุดิบทั้งหมด คือ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน เส้นใย แร่ธาตุต่างๆ เป็นต้น โดยแป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวเหนียว และ แป้งถั่วเขียวเป็นแป้งที่ผลิตจากเมล็ดธัญพืชและถั่ว (สมบัติ, 2528)

2. สตาร์ช (starch) แป้งเป็นโพลิเมอร์เชิงเส้นที่พบมากในพืช และเป็นโพลิเมอร์ของน้ำตาลกลูโคสที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์แสง พืชจะเก็บสะสมแป้งไว้ตามส่วนต่างๆ เช่น หัว ราก เมล็ด ลำต้นและผล โดยรวมตัวกันอยู่เป็นเม็ดแป้งที่อาจมีหรือไม่มีแอมเบรนก็ได้ เรียกว่า อะไมโลพลาส แป้งเป็นสารอาหารที่ให้พลังงานที่สำคัญที่สุดแก่มนุษย์ (นิธิยา, 2545)

3. แป้งผสม แต่เดิมโรงงานผลิตแป้งข้าวมักพัฒนามาจากโรงงานทำก๋วยเตี๋ยว ดังนั้นแป้งข้าวเจ้าที่ผลิตจึงมักเป็นแป้งอะมิโลสสูงและเป็นแป้งโมโนเปก นอกจากนี้แป้งข้าวเจ้ายังมีการผลิตแป้งข้าวเหนียว การนำแป้งเหล่านี้ไปทำอาหารประเภทต่างๆ หากต้องการปรับปริมาณอะมิโลส จึงมักใช้วิธีการผสมแป้งข้าวเจ้ากับแป้งข้าวเหนียว (composite flour) ในสัดส่วนแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของอาหาร ดังนั้นลักษณะข้าวไทยพันธุ์ต่างๆ ที่มีคุณภาพหลากหลาย จึงเอื้ออำนวยในการผลิตแป้งข้าวสำหรับทำผลิตภัณฑ์เฉพาะอย่าง (งามชื่น, 2537)

### กรรมวิธีการผลิตแป้งข้าว

1. การผลิตแป้งโดยวิธีการโม่แห้ง เนื่องจากวัตถุดิบเป็นปลายข้าวที่เป็นผลพลอยได้จากการสีข้าวสาร ดังนั้นจึงมีสิ่งเจือปนอยู่มาก การแยกสิ่งเจือปนอาจใช้วิธีการร่อนแป้งเพื่อแยกสิ่งที่มีน้ำหนักเบากว่าข้าวออก แต่เนื่องจากขนาดของปลายข้าวมีขนาดค่อนข้างเล็ก จึงยังคงมีสิ่งเจือปนเหลือค้างอยู่ ดังนั้นแป้งที่ได้จึงมีความสะอาดน้อย เมล็ดข้าวยังมีความแฉะอยู่มากทำให้ลำบากที่จะทำให้แตกละเอียด แป้งที่ได้จากการโม่แห้งจึงมักเป็นแป้งหยาบ นอกจากนี้ยังง่ายต่อการทำลายของแมลง อีกทั้งไขมันที่ยังเหลือในเมล็ดข้าวเกิดปฏิกิริยาเคมีออกซิเจน ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นหืนง่าย ในประเทศไทยจึงไม่ค่อยนิยมใช้แป้งข้าวชนิดโม่แห้ง ในต่างประเทศมีรายงานการใช้แป้งชนิดนี้ในการทำขนมเค้ก ขนมปังกรอบ ฯลฯ (งามชื่น, 2541)

2. การผลิตแป้งโดยวิธีการโม่ น้ำ เป็นวิธีการผลิตแป้งที่แพร่หลายในปัจจุบัน การผลิตเริ่มจากการนำปลายข้าวมาแยกสิ่งสกปรก อาจมีการขัดเอาผิวนอกของเมล็ดออก เพื่อขัดผิวนอกที่มีกลิ่นหืนออกไป ขั้นตอนต่อไปจึงนำเมล็ดข้าวมาแช่น้ำ จะมีการกวนข้าวเพื่อให้สิ่งเจือปนลอยขึ้นมาและคัดออก ล้างข้าวหลายๆ ครั้งจนน้ำที่ล้างใส จากนั้นทำการแช่ข้าว เพื่อให้ข้าวดูดซับน้ำไว้ทำให้ข้าวอ่อนตัวลงซึ่งใช้เวลา 3-4 ชั่วโมง แล้วจึงระบายน้ำออกให้ข้าวสะเด็ดน้ำ หลังจากนั้นนำข้าวเข้าเครื่องโม่พร้อมกับน้ำโดยควบคุมอัตราการเติมน้ำให้เหมาะสม ทำให้ได้แป้งละเอียดตาม

ต้องการ น้ำแป้งที่ได้จะถูกนำเข้าสู่ระบบการกรองหรือเครื่องแยกน้ำแป้ง หลังจากการกรองน้ำออก แป้งหามาจะค้างในชั้นของแผ่นกรองเป็นก้อน ก่อนนำแป้งไปอบลดความชื้นจำเป็นต้องเข้าเครื่องตี เพื่อตีให้ก้อนแป้งมีขนาดเล็กลง สะดวกที่จะลดความชื้น ปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรมนิยมใช้เป่าลมร้อนอุณหภูมิสูง เพื่อประหยัดเวลาและแป้งมีคุณภาพดี การใช้อุณหภูมินี้ทำให้ผิวนอกก้อนแป้งสุกบางส่วน (gelatinized) ทำให้คุณภาพแป้งต่างจากวิธีการโม้แห้งซึ่งเป็นแป้งดิบ จากนั้นทำให้ละเอียดเป็นผงและนำไปร่อนแป้งที่ผ่านการผลิตโดยวิธีโม่ น้ำนี้มีคุณภาพดีมีความละเอียด และมีสิ่งเจือปนน้อย (งามชื่น, 2541)

3. การผลิตแป้งวิธีการผสม เริ่มโดยการทำความสะดวกล้าง และแช่ข้าว หลังจากนั้นนำมาอบที่ระดับอุณหภูมิสูง เพื่อให้ข้าวสุกและลดความชื้นลงจนมีระดับความชื้นต่ำ (ร้อยละ 9-10) ต่อจากนั้นนำข้าวสุกตีให้แตกเป็นก้อนกลมเล็กๆ แล้วนำไปโม่ให้ละเอียด จากนั้นนำมาร่อนแป้งให้มีความละเอียดตามต้องการ แป้งที่ได้มีความละเอียดน้อยกว่าแป้งชนิดโม่ น้ำ เพราะเมล็ดข้าวสุกแห้งจะมีความแข็งมาก แต่การนึ่งข้าวที่มีความร้อนสูงจะช่วยทำลายเอนไซม์ที่จะย่อยไขมัน (lipase) ที่จะทำให้เกิดกรดไขมันอิสระที่เป็นสาเหตุของการเกิดกลิ่นหืนได้ ดังนั้นแป้งที่ได้จึงเป็นแป้งคุณภาพสูง (งามชื่น, 2541)

### คุณสมบัติของแป้งข้าว

แป้งข้าวเจ้าถือเป็นวัตถุดิบมูลฐานของผลิตผลทางการเกษตร มีลักษณะเป็นผงละเอียดสีขาว ไม่จับตัวเป็นก้อน ความชื้นไม่ควรเกินร้อยละ 13 เมื่อนำมาส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยายสูง จะพบเม็ดสตาร์ชขนาดเล็กประมาณ 2-9 ไมโครเมตร มีรูปทรงเป็นสี่เหลี่ยมกระจายตัวอยู่ และบางส่วนจับตัวกันเป็นกลุ่ม แต่ละเม็ดสตาร์ชจะมีโครงสร้างทางเคมีที่ประกอบด้วยพอลิเมอร์ของน้ำตาลกลูโคสที่เกี่ยวกันเป็นสายโซ่ยาว เรียกว่า อะมิโลส หากน้ำตาลกลูโคสมาเกาะเกี่ยวในรูปที่มีกิ่งก้านที่แตกแขนงออกไปคล้ายกับกิ่งไม้จะเรียกพอลิเมอร์นี้ว่า อะไมโลเพกติน ทั้งสองจะเกาะเกี่ยวกันอย่างหนาแน่นด้วยพันธะไฮโดรเจน ซึ่งสัดส่วนของอะมิโลส และอะไมโลเพกตินจะแตกต่างกันตามชนิดของแป้ง (ศรีเวียง, 2544)

ปริมาณอะมิโลส และอะไมโลเพกตินที่ต่างกันทำให้คุณสมบัติของแป้งแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คุณสมบัติของอะมิโลส และอะไมโลเพกติน

| คุณสมบัติ                       | อะมิโลส             | อะไมโลเพกติน  |
|---------------------------------|---------------------|---------------|
| โครงสร้างโมเลกุล                | สายยาว              | สายแขนง       |
| การเกิดสีกับไอโอดีน             | สีน้ำเงิน           | สีแดง         |
| การดูดกลืนแสงของ iodine complex | 650 ไมโครเมตร       | 540 ไมโครเมตร |
| จำนวนน้ำตาลกลูโคสในสาย          | 100-10,000          | 20-30         |
| ความสามารถในการละลายน้ำ         | ไม่ละลายน้ำ         | ละลายน้ำ      |
| ความคงตัวในการละลาย             | เกิด retrogradation | คงตัว         |
| การเปลี่ยนเป็นน้ำตาลมอลโตส      |                     |               |
| โดยเอนไซม์เบต้า-อะมิโลส         | ร้อยละ 70           | ร้อยละ 55     |

ที่มา : กล้าณรงค์ (2543)

ปริมาณอะมิโลสจะมีผลต่อคุณลักษณะของข้าว เช่น เมื่อหุงข้าวสุกจะสังเกตเห็นว่าข้าวบางพันธุ์นุ่ม บางพันธุ์แข็งกระด้าง ซึ่งล้วนเป็นผลจากปริมาณอะมิโลสทั้งสิ้น ดังนั้นเมื่อเปลี่ยนมาอยู่ในรูปแป้งปริมาณอะไมโลสก็ยังคงมีผลต่อคุณสมบัติของแป้งเช่นเดียวกัน แต่เรามักพิจารณาคุณสมบัติที่แตกต่างกันไป เช่นอยู่ในรูปสารละลายแป้งที่ผ่านความร้อน เพื่อให้เกิดความข้นหนืดเกิดเจล โดยผ่านกระบวนการให้ความร้อนจนเม็ดสตาร์ชที่อยู่ในน้ำแป้งเกิดการเปลี่ยนแปลง เพราะเม็ดสตาร์ชดิบ (native starch) จะไม่ละลายน้ำเพียงแค่คุณน้ำเข้าไปเล็กน้อย แต่ถ้ามีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเม็ดสตาร์ชจะพองตัวขึ้นเรื่อยๆ เกิดแรงเสียดสีกันระหว่างเม็ดสตาร์ช ซึ่งสังเกตเห็นว่า น้ำแป้งเริ่มหนืดขึ้นจนกระทั่งเม็ดสตาร์ชที่พองแตกออก โครงสร้างของพอลิเมอร์ที่เรียงตัวอย่างมีระเบียบจะสลายตัวอย่างไม่มีการเรียง กระบวนการดังกล่าวเรียกว่า เจลาติไนเซชัน (gelatinization) และจะพบว่าช่วงของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจนเม็ดสตาร์ชสูญเสียลักษณะของ birefringence ปริมาณอะมิโลสจะมีบทบาทโดยตรงต่อช่วงอุณหภูมิที่เกิดการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว และมีผลต่อลักษณะความใส หรือความขุ่นของน้ำแป้งเปียกด้วย รวมทั้งมีผลโดยตรงต่อกระบวนการที่เรียกว่า รีโทรเกรเดชัน (retrogradation) และการเกิด syneresis ของแป้งเปียก (ศรีเวียง, 2544)

1. การเกิดรีโทรเกรดชัน (retrogradation) เมื่อแป้งได้รับความร้อนจนถึงอุณหภูมิที่เกิดเจลลาติไนเซชันแล้วให้ความร้อนต่อไปให้เม็ดแป้งพองตัวเต็มที่จนแตกออก โมเลกุลของอะมิโลส ซึ่งมีขนาดเล็ก และเป็นสายตรง กระจายออกมาจากเม็ดแป้งก่อน เมื่อปล่อยให้สารละลายแป้งเย็นตัวลง จะเกิดการจัดเรียงตัวเป็นโครงสร้างร่างแหสามมิติขึ้น โดยโมเลกุลของอะมิโลสที่ออกมาจากเม็ดแป้งที่อยู่ใกล้กันจะเข้ามาเรียงตัวใกล้ๆ กัน และเกาะเกี่ยวกันเอง เกิดพันธะไฮโดรเจนขึ้นระหว่างโมเลกุลของอะมิโลส ทำให้ได้ลักษณะโครงสร้างใหม่ที่สามารถอุ้มน้ำและไม่ละลายน้ำอีก จึงทำให้สารละลายกลับมีความข้นหนืดขึ้นอีก ปรากฏการณ์นี้คือ การเกิดรีโทรเกรดชัน หรือเรียกว่าเกิดการคืนตัวของแป้ง โดยถ้าส่วนผสมมีความเข้มข้นของแป้งสูงจะสามารถเกิดเป็นเจลได้ แต่ถ้าส่วนผสมมีความเข้มข้นของแป้งต่ำมากการคืนตัวของแป้งจะเกิดอย่างช้าๆ เป็นการตกตะกอน (precipitate) โดยแป้งมาจับกันมีลักษณะเหมือนผลึก ปัจจัยที่มีผลต่อการคืนตัว ได้แก่ ความเข้มข้นของแป้ง อุณหภูมิ ความเป็นกรดด่างของระบบ ปริมาณและขนาดของอะมิโลส อะมิโลเพกติน รวมทั้งองค์ประกอบทางเคมีอื่นๆ ในแป้ง (วาลิกา, 2548 อ้างจาก Whistler and Bemiller, 1999)

### การใช้ประโยชน์จากข้าว

เนื่องจากเมล็ดข้าวไทยมีคุณสมบัติของแป้งแตกต่างกัน ดังนั้นการแปรรูปข้าวเป็นผลิตภัณฑ์ จึงมีความหลากหลายในชนิดของผลิตภัณฑ์ ในระดับอุตสาหกรรมที่สามารถพัฒนาจากข้าว ได้แก่

1. แป้งข้าว (rice flour) วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต คือ ข้าวหัก หรือปลายข้าว กรรมวิธีการผลิตมี 3 วิธี คือ วิธีโม่แห้ง วิธีโม่ น้ำ และวิธีผสม แป้งที่ได้จากการโม่แห้งจะมีคุณภาพต่ำ เพราะเมล็ดแป้งค่อนข้างหยาบ และมีสิ่งเจือปนสูงกว่า อายุการเก็บรักษาสั้นเพราะเกิดกลิ่นหืน และถูกทำลายจากแมลงได้ง่าย สำหรับวิธีการโม่ น้ำเป็นกรรมวิธีการผลิตแป้งข้าวในปัจจุบัน แป้งมีคุณภาพดี มีความละเอียด และสิ่งเจือปนน้อย

2. ผลิตภัณฑ์อาหารเส้นและแผ่น ได้แก่ เส้นก๋วยเตี๋ยว เส้นหมี่ และขนมจีน ปัจจุบันมีการใช้ข้าวสำหรับแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เหล่านี้ เพื่อบริโภคภายในและส่งออกต่างประเทศ ข้าวที่เหมาะสมเป็นข้าวที่มีอะมิโลสไม่ต่ำกว่าร้อยละ 27 และควรเป็นข้าวเก่า 3-4 เดือน นอกจากนี้ยังมีผลิตภัณฑ์ที่ใช้วัตถุดิบเดียวกัน เช่น แป้งแผ่น หรือโบเมียง

3. สตาร์ชข้าว (rice starch) แป้งที่ได้จากการโม่แป้งเมื่อผ่านกระบวนการแยกโปรตีนออกจะได้แป้งก่อนข้างบริสุทธิ์หรือสตาร์ชข้าว ในปัจจุบันนี้มีการผลิตสตาร์ชตัดแปรไปผสมกับยาต่างๆ ในการผลิตยาเม็ด นอกจากนี้สตาร์ชข้าว เมื่อมาทำเส้นหมี่เซี่ยงไฮ้ จะมีคุณภาพใกล้เคียงกับวุ้นเส้นในต่างประเทศมีการนำสตาร์ชทำซอสหรือชุบชิ้น

4. อาหารประเภทพองกรอบ มีอาหารรอบกรอบหลายประเภทที่สามารถใช้ข้าวเป็นวัตถุดิบ มีเทคโนโลยีที่แตกต่างกัน เช่น

การพองตัวด้วยความร้อน (baking) ได้แก่ ผลิตภัณฑ์อะราเร (arare) ที่ทำจากข้าวเหนียว และเซมเบ (sembei) ทำจากแป้งข้าวเจ้าที่มีอะมิโลสต่ำ

การพองที่เกิดจากแรงอัดที่อุณหภูมิสูง (extrusion) ในปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยีมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารอย่างแพร่หลาย เทคโนโลยีนี้สามารถทำผลิตภัณฑ์หลายรูปแบบ และยังเอื้ออำนวยต่อการเติมสารอาหารเพื่อเสริมคุณค่าทางโภชนาการอีกด้วย

การพองตัวที่เกิดจากแผ่นความร้อน (puffing machine) หลักการของเทคโนโลยีนี้เกิดขึ้นในทำนองเดียวกันกับ extrusion แต่ความดันที่ได้รับเกิดจากแรงกด และการเคลื่อนกลับของแผ่นให้ความร้อน 2 แผ่นประกบกัน ผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ ได้แก่ rice cake

การพองที่เกิดจากการอบที่ความร้อนสูงหรือทอดในน้ำมัน (oven or deep fry puffing) เช่น ข้าวตอกที่ทำจากข้าวเหนียว ข้าวตังทอด ขนมนางเล็ด เป็นต้น

5. อาหารเด็กอ่อน เช่นเดียวกับธัญพืชประเภทอื่น ที่มีการนำมาทำเป็นอาหารเด็กอ่อน (instant food) ในรูปของแป้งหรือเม็ดหยาบ เช่น การนำปลายข้าวป่นมาทำให้สุกก่อน แป้งที่ผ่านกระบวนการ extrusion สามารถนำมาทำผลิตภัณฑ์นี้ได้เช่นกัน เพราะโครงสร้างของวัตถุดิบจะถูกทำลายและย่อยได้ง่าย นอกจากนี้การเติมสารอาหารประเภทอื่นเพื่อเสริมคุณค่าทางโภชนาการเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับผลิตภัณฑ์ประเภทนี้

6. ข้าวเสริมโภชนาการหรือข้าวอนามัย เนื่องจากกระบวนการขัดสีได้ขัดรำออกไป และสูญเสียแร่ธาตุและวิตามินต่างๆ ดังนั้นมีการนำเมล็ดข้าวสารมาเสริมโภชนาการเพื่อทดแทนคุณค่าอาหารในส่วนที่สูญเสียไป ในการเสริมโภชนาการอาจทำได้โดยการนำสารอาหารมาผสมกับข้าวสารโดยตรงหรือเคลือบผิวเมล็ด

7. ผลิตภัณฑ์หมักคอง มีหลายประเภทที่สามารถใช้ข้าวเป็นวัตถุดิบ ซึ่งมีเทคโนโลยีและวิธีการที่แตกต่างกันดังนี้

น้ำส้มสายชูหมัก สามารถนำข้าวมาหมักเป็นน้ำส้มสายชูได้ แต่เนื่องจากต้นทุนค่อนข้างสูง จึงมีการผลิตน้อย

เป็นส่วนประกอบของการผลิตเบียร์ (adjuncts) ในสหรัฐอเมริกา และญี่ปุ่นมีการนำข้าวมาใช้ในการอุตสาหกรรมการผลิตเบียร์ เนื่องจากมีปริมาณโปรตีนและไขมันต่ำ

เหล้าสาเกจากข้าว ในบางประเทศผลิตเหล้าสาเกเป็นอุตสาหกรรมขนาดใหญ่และส่งออก สำหรับประเทศไทยการใช้ข้าวในการผลิตเหล้ายังค่อนข้างจำกัด (งามชื่น, 2537)

### งานวิจัยที่สนับสนุนการใช้ประโยชน์จากแป้งข้าว

ปัจจุบันการบริโภคผลิตภัณฑ์เบเกอรี่เพิ่มสูงขึ้น ทำให้มีการนำเข้าแป้งสาลีในปริมาณสูง ดังนั้นจึงมีงานวิจัยสนับสนุนการใช้ประโยชน์จากแป้งข้าวเพื่อทดแทนแป้งสาลี ในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อลดการนำเข้าข้าวสาลีจากต่างประเทศ และเพิ่มมูลค่าข้าวให้สูงขึ้น และมีประโยชน์ต่อผู้บริโภค เพราะผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาจากข้าว มีคุณค่าทางโภชนาการที่ดี เพราะข้าวประกอบด้วยโปรตีนไม่ก่อเกิดอาการแพ้และย่อยง่าย มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวอยู่มากกว่าร้อยละ 70 ซึ่งสามารถยับยั้งการเกิดออกซิเดชัน (antioxidant) ที่พบในธรรมชาติ (อรอนงค์, 2547) ซึ่งมีงานวิจัยในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่ทำจากแป้งข้าว ดังนี้

อุสม่า (2545) ทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์บัตเตอร์เค้กจากข้าวหอมมะลิ โดยมีการศึกษาการดูดซับน้ำ และกำลังการพองตัวของแป้งผสมระหว่างแป้งสาลี และแป้งข้าวหอมมะลิ ในอัตราส่วนร้อยละ 80 90 และ 100 พบว่ามีการดูดซึมน้ำและการพองตัวของแป้งมากขึ้น เนื่องจากปริมาณอะ

มิโลส และไขมันที่สูงในแป้งสาลี เกิดการจัดเรียงโครงสร้างร่างแห ในเม็ดแป้งที่แข็งแรง ทำให้เกิดการพองตัวได้ไม่ดีในขณะข้าวหอมมะลิ มีการโบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบมากกว่าแป้งสาลีจะดูดน้ำได้ เพราะมีคุณสมบัติชอบน้ำ จึงทำให้เกิดการพองตัวได้ดี โดยในการพัฒนาสูตรนี้สามารถนำแป้งข้าวหอมมะลิทดแทนแป้งสาลีได้ร้อยละ 100

พรวิณัส (2544) ทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังจากแป้งสาลีผสมแป้งข้าวหอมมะลิ จากการศึกษาพบว่า เมื่อปริมาณแป้งข้าวเจ้าหอมมะลิเพิ่มขึ้น ขนมปังจะมีปริมาตรจำเพาะลดลง และมีความแข็งแรงของเนื้อในเพิ่มขึ้น สูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์มีส่วนประกอบดังนี้ แป้งสาลีทำขนมปังร้อยละ 32.83 แป้งข้าวหอมมะลิร้อยละ 14.07 หางนมผงร้อยละ 1.88 ยีสต์แห้งร้อยละ 0.59 น้ำตาลทรายร้อยละ 8.44 เกลือป่นร้อยละ 0.47 ไข่ไก่ร้อยละ 4.69 น้ำร้อยละ 26.73 เนยขาวร้อยละ 9.38 และ Distilled Monoglyceride ร้อยละ 0.94 ซึ่งสามารถเก็บได้นาน 3 วัน ในอุณหภูมิห้อง

จิตรนา (2537) ทำการทดลองทำขนมปังจากแป้งข้าวเจ้าล้วน พบว่า แป้งข้าวเจ้าที่เหมาะสมในการทำขนมปังควรได้จากข้าวพันธุ์ที่มีอะมิโลสต่ำ (น้อยกว่า ร้อยละ 20) ซึ่งได้ทดลอง 3 สูตร คือ แป้งข้าวเจ้าผสมกัม แป้งข้าวเจ้าผสมกลูเตนผง และแป้งข้าวเจ้าผสมกัมเสริมด้วยกลูเตนผง โดยสูตรของขนมปังประกอบด้วย แป้งข้าวเจ้า 100 กรัม ยีสต์ 1.5 กรัม เกลือ 1.5 กรัม น้ำตาล 7.5 กรัม น้ำมันพืช 6.0 กรัม น้ำ 80 ลบ.ซม. โดยในขนมปังแป้งข้าวเจ้าผสมกัม จะผสมกัมชนิดไฮดรอกซีโพรพิล เมทิลเซลลูโลส (hydroxy propyl methylcellulose หรือ methocel E 4 M) 2.5 กรัม หากเป็นสูตรแป้งข้าวเจ้าผสมกลูเตนผงจะปรับปริมาณ เนยขาว 3.0 กรัม (แทนน้ำมัน) และกลูเตนผง 30 กรัม โดยไม่ใส่กัม และสูตรแป้งข้าวเจ้าผสมกัมเสริมด้วยกลูเตนผง จะมีสูตรคล้ายกัน โดยเปลี่ยนน้ำมัน เป็นเนยขาว 3.0 กรัม และเพิ่มกลูเตนผง 5.0 กรัม จะได้ขนมปังแป้งข้าวเจ้าล้วนที่คล้ายขนมปังจากแป้งสาลี

Delgado (1977) ทำการทดลองขนมปังแป้งข้าวล้วน จากแป้งข้าว 100 กรัม ยีสต์ชนิดอัดก้อน (compressed yeast) 5 กรัม น้ำตาลทราย 12.5 กรัม เกลือ 2 กรัม น้ำมันพืช 6 กรัม สารเมทอเซล (methocel) 4 กรัม และน้ำ 90 มิลลิลิตร โดยผสมส่วนผสมให้เข้ากัน ใส่ลงพิมพ์หรือปั่นก้อน หมักจนได้ปริมาตรที่ต้องการ อบให้สุกก็จะได้ขนมปังแป้งข้าวล้วนที่ผู้บริโภคยอมรับ

Rababah M. *et al.* (2006) ทดลองบิสกิตจากแป้งถั่วเขียว แป้งถั่วเหลือง (broad bean) และโปรตีนถั่วเหลือง (ISP) ผลจากการศึกษาพบว่า บิสกิตจากโปรตีนถั่วเหลือง และแป้งถั่วเขียว เสริมได้ร้อยละ 3 ส่วนบิสกิตจากแป้งถั่วเหลือง (broad bean) เสริมได้ร้อยละ 12 ของน้ำหนักแป้งสาลี อีก

ทั้งนี้มีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นในผลิตภัณฑ์บิสกิตที่ใช้แป้งทั้ง 3 ชนิด มีปริมาณร้อยละ 16.57-22.84 ส่วนการทดสอบทางประสาทสัมผัส ผู้ทดสอบมีการยอมรับในผลิตภัณฑ์ ยกเว้นด้านกลิ่นรส และสี ที่มีระดับการยอมรับลดลง เนื่องจากแป้งที่ผลิตได้ให้สีที่แตกต่างกัน และมีกลิ่นรสเฉพาะตัว

## ปลากะพงแดง

### องค์ประกอบทางเคมีของปลากะพงแดง

โปรตีนที่ได้ในอาหารประเภทปลาชนิดต่างๆ เป็นโปรตีนที่สมบูรณ์มีคุณภาพสูง ในการช่วยซ่อมแซมและสร้างเนื้อเยื่อ เนื่องจากมีกรดอะมิโนที่จำเป็นแก่ร่างกายทุกชนิด และมีสัดส่วนที่พอเหมาะกับการที่ร่างกายจะนำไปใช้ประโยชน์ได้เต็มที่ โดยในส่วนของแร่ธาตุในอาหารประเภทปลาส่วนใหญ่ คือ แคลเซียม ฟอสฟอรัส และแมกนีเซียม (เสาวนีย์, 2535)

จากตารางที่ 3 จะเห็นได้ว่ากระดูกปลากะพงแดง มีปริมาณของโปรตีนร้อยละ 20.5 และถ้าปริมาณสูงร้อยละ 44.8 ซึ่งถ้าจะประกอบด้วยแร่ธาตุส่วนใหญ่ คือ แคลเซียม ฟอสฟอรัส และธาตุอื่นๆ ในกระดูกปลากะพงแดง หากมีการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ จะสะดวกต่อการบริโภค และยังได้รับประโยชน์จากสารอาหารโดยตรงและครบถ้วนอีกด้วย (วรศรา, 2545)

### ตารางที่ 3 องค์ประกอบทางเคมีของกระดูกปลากะพงแดง

| องค์ประกอบทางเคมี | ปริมาณ (ร้อยละ) |
|-------------------|-----------------|
| โปรตีน            | $20.5 \pm 0.63$ |
| ไขมัน             | $5.78 \pm 0.25$ |
| เถ้า              | $44.8 \pm 1.61$ |
| ความชื้น          | $28.6 \pm 0.12$ |
| คาร์โบไฮเดรต      | $0.32 \pm 0.05$ |

ที่มา : วรศรา (2545)

### ปริมาณของกรดอะมิโนในปลากระพงแดง

กรดอะมิโนที่จำเป็นแก่ร่างกาย คือ กรดอะมิโนที่ร่างกายไม่สามารถสร้างขึ้นได้เองต้องได้รับจากอาหารเท่านั้น (จิรวัดน์, 2545) โดยกรดอะมิโนที่มีอยู่ในปลากระพงแดง (จากตารางที่ 4) มีดังนี้ คือ ฮิสติดีน ไอโซลิวซีน ลิวซีน ไลซีน เมทไธโอนีน ฟีนิลอลานีน ทรีโอนีน และวาลีน ส่วนกรดอะมิโนที่ไม่จำเป็นแก่ร่างกาย คือ กรดอะมิโนที่ร่างกายสามารถสร้างขึ้นเอง ได้เพียงพอกับความต้องการของร่างกาย ไม่จำเป็นต้องได้รับจากอาหารแต่มีความจำเป็นต่อร่างกาย (จิรวัดน์, 2545) โดยกรดอะมิโนที่มีอยู่ในปลากระพงแดง มีดังนี้ คือ แอสปาดิก ซีรีน กลูตามีน ไกลซีน อาร์จินีน อลานีน โพรลีน ไซโรซีน เป็นต้น (วรศรา, 2545)

ตารางที่ 4 ชนิดและปริมาณเป็นมิลลิกรัมของกรดอะมิโนต่อ 100 มิลลิกรัมกระดูกปลากระพงแดง

| กรดอะมิโน   | จำนวนมิลลิกรัมของกรดอะมิโน<br>ต่อ 100 มิลลิกรัมกระดูกปลากระพงแดง |
|-------------|------------------------------------------------------------------|
| แอสปาดิก    | 2.32                                                             |
| กลูตามีน    | 4.56                                                             |
| ไกลซีน      | 9.85                                                             |
| ฮิสติดีน    | 2.98                                                             |
| อาร์จินีน   | 4.97                                                             |
| ทรีโอนีน    | 2.64                                                             |
| อลานีน      | 3.42                                                             |
| โพรลีน      | 7.75                                                             |
| ไซโรซีน     | 1.43                                                             |
| วาลีน       | 0.87                                                             |
| เมทไธโอนีน  | 1.23                                                             |
| ไลซีน       | 0.19                                                             |
| ไอโซลิวซีน  | 0.56                                                             |
| ลิวซีน      | 1.12                                                             |
| ฟีนิลอลานีน | 2.10                                                             |

ที่มา : วรศรา (2545)

### กระดุกปลาผง

ปลาป่น (Fish Protein Concentrate: FPC) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการระเหยน้ำโดยการบีบน้ำออกหรืออบด้วยความร้อนรวมถึงการตากแห้ง และมีการสกัดไขมันออกจากปลา บางครั้งเรียกว่า Fish flour มี 2 ประเภท ได้แก่ FPC Type A คือ มีการสกัดไขมันออกจนเหลือไม่เกินร้อยละ 0.3 และ FPC Type B คือ ปลาป่นที่ผลิตอย่างถูกสุขลักษณะสำหรับเป็นอาหารมนุษย์ (กรมประมง, 2541)

กรมประมง (2541) มีการศึกษาการใช้ประโยชน์จากปลาที่มีจำนวนมากและมีราคาถูก โดยการพัฒนาเป็นปลาผงหรือปลาป่นโดยใช้ปลาหลายๆ ชนิด เช่น ปลาป่นจากปลาหลังเขียว ปลาป่นจากปลาปากคม ปลาป่นจากกระดุกปลาติดเนื้อของโรงงานซูริมิ ซึ่งส่วนประกอบทางเคมีจะแตกต่างกันไปตามรูปแบบของชนิดวัตถุดิบ การเตรียมวัตถุดิบ อุปกรณ์ที่ใช้ในการระเหยน้ำจากตัวปลา และวิธีการป่น ซึ่งมีค่าส่วนประกอบทางเคมีของปลาป่น โดยปลาป่นจากกระดุกปลาติดเนื้อของโรงงานซูริมิ มีคุณลักษณะทางเคมี ดังนี้

#### ตารางที่ 5 ส่วนประกอบทางเคมีของปลาป่นจากกระดุกปลาติดเนื้อ

| ส่วนประกอบ | ร้อยละ                             |
|------------|------------------------------------|
| โปรตีน     | 50-55                              |
| ไขมัน      | 3.5-7                              |
| เถ้า       | 34-43                              |
| ความชื้น   | 1-2                                |
| แคลเซียม   | ประมาณ 14,500 มิลลิกรัมใน 100 กรัม |

ที่มา : กรมประมง (2541)

ปลาป่นมีสีขาวนวลและเป็นผงละเอียดเก็บได้นานมากกว่า 1 ปี ที่อุณหภูมิห้องแม้เก็บในสภาพการบรรจุพลาสติกแบบถุงเย็น (โพลีเอทิลีน) ที่ใช้กันทั่วไป (กรมประมง, 2541) โดยการผลิตต้องได้คุณภาพปลาป่นตามมาตรฐานปลาแห้งป่น (สมอ., 2530)

## ประโยชน์ของสารอาหารที่มีในกระดูกปลาผง

### 1. โปรตีน โปรตีนที่มีในกระดูกปลาผงสามารถแบ่งเป็นชั้นของโปรตีนได้ดังนี้

โปรตีนชั้นดี (complete protein) หรือโปรตีนสมบูรณ์ที่มีคุณภาพสูงในการซ่อมแซม และสร้างเนื้อเยื่อ เนื่องจากมีกรดอะมิโนที่จำเป็นแก่ร่างกายทุกชนิด และมีสัดส่วนที่พอเหมาะสำหรับที่ ร่างกายจะนำไปใช้ประโยชน์ได้เต็มที่ โปรตีนประเภทนี้มีอยู่ในอาหารประเภท ปลา เนื้อ นม ไข่ ถั่วเหลือง เป็นต้น

โปรตีนชั้นกลาง (partially complete protein) ที่ได้จากพืช เช่น ผัก และพืชตระกูลถั่ว ต่างๆ (ยกเว้นถั่วเหลือง) ซึ่งจะช่วยในด้านการเจริญเติบโตและซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอของร่างกาย ได้แต่ไม่เพียงพอ เนื่องจากขาดกรดอะมิโนบางชนิด

โปรตีนชั้นต่ำ (totally incomplete protein) ไม่สามารถช่วยในการเจริญเติบโตได้ ไม่สามารถซ่อมแซมหรือสร้างเนื้อเยื่อได้ จัดเป็นโปรตีนไม่สมบูรณ์ ในอาหาร เช่น เจลาติน สกัดจาก เอ็นของสัตว์ หรือเชอีน ที่เป็นโปรตีนจากข้าวโพด เป็นต้น (เสาวนีย์, 2535)

2. แคลเซียม แคลเซียมเป็นแร่ธาตุที่พบมากในร่างกาย ประมาณร้อยละ 90 จะอยู่ที่กระดูก และฟันในรูปของแคลเซียมไตรฟอสเฟต ที่เหลืออยู่ในเนื้อเยื่อและของเหลวในร่างกายที่ควบคุม การเผาผลาญ แคลเซียมในเลือดควบคุมโดยพาราไธรอยด์ฮอร์โมน (parathyroid hormone) โดย สัดส่วนของแคลเซียมต่อฟอสฟอรัสในกระดูก คือ 2 : 1 เพื่อให้การทำงานของแคลเซียมเป็นไปได้ ด้วยดี ซึ่งแคลเซียมมีความต้องการในทุกเพศทุกวัย (เสาวนีย์, 2535) โดยผลของการได้รับแคลเซียม ที่ไม่สมดุล หากเกิดในเด็กการเจริญเติบโตไม่เต็มที่ กระดูกแกร็น ถ้าหากได้รับวิตามินดีไม่เพียงพอ หรือได้รับจากแสงแดดไม่เพียงพอ จะเป็นโรคกระดูกอ่อน และโรคกระดูกพรุน แคลเซียมในเลือด ต่ำ เลือดแข็งตัวช้า และมีอาการชัก แต่หากได้รับแคลเซียมที่มากเกินไปอาจเกิดจากการรับประทาน แคลเซียม และวิตามินดีมาก ทำให้ระดับแคลเซียมในเลือดสูง (hypercalcemia) อาจเกิดอาการ คลื่นไส้ อาเจียน ความดันโลหิตสูง ปัสสาวะน้อย กล้ามเนื้ออ่อนแรง และอาจเกิดนิ่วในไต ซึ่งเป็น ผลมาจากแคลเซียมไปเกาะบริเวณไตมากเกินไป (สิริพันธุ์, 2547)

ตารางที่ 6 แสดงปริมาณแคลเซียมที่ร่างกายควรได้รับต่อวัน

| ช่วงของวัย           |          | ปริมาณแคลเซียม<br>มิลลิกรัม/วัน |       |
|----------------------|----------|---------------------------------|-------|
| <u>เด็ก</u>          | 1-3 ปี   | 500                             |       |
|                      | 4-8 ปี   | 800                             |       |
| <u>วัยรุ่น</u>       | ชาย      | 9-18 ปี                         | 1,000 |
|                      | หญิง     | 9-18 ปี                         | 1,000 |
| <u>วัยผู้ใหญ่</u>    | ชาย      | 19-50 ปี                        | 800   |
|                      |          | > 50 ปี                         | 1,000 |
|                      | หญิง     | 19-50 ปี                        | 800   |
|                      |          | > 50 ปี                         | 1,000 |
| <u>หญิงตั้งครรภ์</u> | ≤ 18 ปี  |                                 | 1,000 |
|                      | 19-50 ปี |                                 | 800   |
| <u>หญิงให้นมบุตร</u> | ≤ 18 ปี  |                                 | 1,000 |
|                      | 19-50 ปี |                                 | 800   |

ที่มา : กองโภชนาการ (2546)

จากปริมาณแคลเซียมที่แนะนำต่อวัน ผู้บริโภคอาจจะได้รับไม่เพียงพอหรือได้รับแคลเซียมที่น้อยกว่าที่กำหนด เนื่องจากรับประทานอาหารโดยไม่ได้คำนึงถึงแคลเซียม ซึ่งการได้รับแคลเซียมวันละ 1,200 มิลลิกรัมต่อวันอาจเป็นไปได้ยาก จึงควรเสริมจากผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแปรรูป โดยใช้กระดูกปลาจากโรงงานซูรินามาเป็นปลาผง ซึ่งการใช้ปลาผงเป็นส่วนประกอบในอาหารเพียงวันละ 2.5 กรัม (2 ช้อนชา) ก็จะได้แคลเซียมในปริมาณ 362 มิลลิกรัม (กรมประมง, 2541)

การดูดซึมแคลเซียม มีการศึกษาและเปรียบเทียบการดูดซึมของแคลเซียมฟอสเฟตและแคลเซียมซิเตรตในลำไส้ผล ปรากฏว่า การดูดซึมแคลเซียมฟอสเฟตและแคลเซียมซิเตรตมีค่าที่

แตกต่างกัน โดยการดูดซึมแคลเซียมแคลเซียมซีเตรตจะดูดซึมได้ดีกว่าแคลเซียมฟอสเฟต (Schuette and Knowles, 1988) ซึ่งการดูดซึมมีความสัมพันธ์กับการขับแคลเซียมทางปัสสาวะ เมื่อเทียบกับการแตกตัวเป็นไอออนของแคลเซียมทั้งสองชนิด พบว่า กลีโคแคลเซียมฟอสเฟตจะแตกตัวเป็นประจุได้ดีกว่ากลีโคแคลเซียมซีเตรต ซึ่งทำให้การดูดซึมแคลเซียมผ่านผนังลำไส้อยู่ในรูปของ สารละลายไอออน (Campbell, 1983)

### องค์ประกอบทางเคมีของกระดูกปลา

กระดูกปลามีสารประกอบไนโตรเจน มีปริมาณร้อยละ 10-12 โดยปลาหลายชนิดอาจจะพบปริมาณไขมันอยู่ด้วย ร้อยละ 10-15 บางครั้งถึงร้อยละ 20 ซึ่งส่วนใหญ่จะพบในส่วนหัวและกระดูก สำหรับแร่ธาตุที่เป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ของกระดูก คือ แคลเซียม ฟอสฟอรัส และ แมกนีเซียม โดยปริมาณแคลเซียมในปลาแต่ละชนิดจะแปรปรวนอยู่ระหว่างร้อยละ 1.5-2.5 ส่วน ฟอสฟอรัสจะแปรปรวนอยู่ระหว่างร้อยละ 1.5-2.5 (ประเสริฐ, 2526)

### ตารางที่ 7 องค์ประกอบของกระดูก และกรีบ

| ชนิดปลา    | ปริมาณขององค์ประกอบ (ร้อยละ) |           |           |           |
|------------|------------------------------|-----------|-----------|-----------|
|            | น้ำ                          | ไขมัน     | โปรตีน    | เกลือแร่  |
| คอด        | 70.5-77                      | 0.3-0.7   | 14-15.5   | 8-12.5    |
| กะพงทะเล   | 65.5                         | 18.3      | 15.5      | 9.4       |
| กตทะเล     | 65.5-69.5                    | 9.5-11.0  | 14-14.5   | 6-7.5     |
| หลังเขียว  | 60-67.5                      | 9.5-14.50 | 15-17     | 5.5-7.5   |
| ชีกเดียว   | 64.5-73.5                    | 4.0-9.5   | 14-20.5   | 5-10.5    |
| ตะเพียน    | 55.5-67.5                    | 5.5-13.50 | 12.5-19.5 | 7.5-14    |
| Pike perch | 54-69                        | 5.0-10.0  | 10.5-20.5 | 10.5-11.5 |
| Sheatfish  | 52.5-58                      | 7.5-23.0  | 14.5-21.5 | 8.5-9     |
| Pike       | 62.5-69.5                    | 1.0-2.0   | 17.5-19.5 | 12-15     |
| Sturgeon   | 62-63.5                      | 14.0-2.5  | 12-14.5   | 1.0       |

ที่มา : ประเสริฐ (2526)

## วิธีการทำกระดูกปลาผง

กรมประมงได้นำเอากระดูกปลาจากโรงงานซูริมีมาทดลองผลิตเป็นปลาผงได้เมื่อปี 2520 มีจุดประสงค์ คือ แก้ปัญหาการขาดแคลนเชืมนในเด็ก (Sada, 1984) เนื่องจากผลิตภัณฑ์ปลาป่นมีโปรตีน พลังงาน ไอโอดีน แคลเซียมและไขมัน ซึ่งเป็นสารอาหารที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตและซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ ซึ่งปัญหาในการทำปลาป่นจากกระดูกปลา คือ ไม่สามารถทำปลาป่นจากปลาที่มีขนาดใหญ่หรือแข็งได้ โดยงานวิจัยของเอกชัย (2543) กล่าวถึงวิธีการทำให้กระดูกปลานิ่ม 3 วิธีดังนี้

1. การต้มด้วยน้ำ Lshikawa et. al. (1987) ได้ศึกษาผลของการต้มกระดูกปลาแมคเคอเรลในน้ำร้อนที่มีต่อการอ่อนตัวและการละลายของสารอินทรีย์ โดยนำยางค์ส่วนบนของกระดูกปลาท้มด้วยน้ำกลั่นในหลอดทดลองที่อุณหภูมิ 80-140 องศาเซลเซียส พบว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นมีผลทำให้กระดูกปลาอ่อนตัวเพิ่มขึ้น แต่มีผลทำให้ปริมาณโปรตีน ไขมัน และกลีโคเจนของปลาลดลง

2. การให้ความร้อนด้วยไอน้ำยิ่งยวด โดยปกติในการผลิตกระดูกสัตว์ป่นนั้นจะมีการใช้ไอน้ำภายใต้ความดันเพื่อทำให้กระดูกเกิดการเปราะแตกทำให้ง่ายต่อการบดเป็นผง ดังนั้น Lshikawa et. al. (1990) จึงได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงความแข็งของกระดูกปลาและผลิตผลของเนื้อปลาที่ผ่านไอน้ำร้อนยิ่งยวดที่ความดันต่างๆ โดยตัวอย่างเป็นชิ้นปลาแมคเคอเรลที่มีกระดูกอยู่ตรงกลางขนาด 40x7x7 มิลลิเมตร ผ่านไอน้ำร้อนยิ่งยวดอุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ความดัน 1.2 1.6 และ 1.9 ปอนด์ และอุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส ความดัน 1.6 2.0 และ 2.7 ปอนด์ พบว่าไอน้ำมีผลทำให้น้ำหนักโดยรวมของผลิตผลในชิ้นตัวอย่างเพิ่มขึ้น และเมื่อความดันเพิ่มสูงขึ้นจะมีผลต่ออัตราการนึ่งของตัวอย่างด้วย

3. การใช้กรด Lshikawa et. al. (1989) ได้ทำการศึกษาผลของกรดอะซิติกที่มีต่อการนึ่งและการละลายของสารอินทรีย์ในยางค์ส่วนบนของกระดูกปลาแมคเคอเรล โดยนำกระดูกปลาแมคเคอเรลมาให้ความร้อนในสารละลายกรดอะซิติกที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.00 0.04 0.75 1.50 และ 3.00 ที่อุณหภูมิ 80 100 120 และ 140 องศาเซลเซียสและเวลาต่างกันพบว่า อุณหภูมิเวลาและความเข้มข้นของกรดอะซิติกจะมีผลต่ออัตราการนึ่งและการละลายของสารอินทรีย์ในกระดูกปลาสูงขึ้น ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัย Watanabe et al. (1985) นอกจากนี้ Park and Lee (1985) ยังศึกษาผลของกรดที่มีต่อปริมาณการละลายของแคลเซียม โดยศึกษาผลของน้ำส้มสายชูที่มีผลต่อ

ปริมาณแคลเซียมในกระดูกปลาแมคเคอเรล พบว่า การเติมน้ำส้มสายชูความเข้มข้นร้อยละ 1 ในน้ำเดือดจะช่วยเพิ่ม soluble calcium จาก 3 มิลลิกรัมต่อกระดูก 100 กรัม เป็น 44 มิลลิกรัมต่อกระดูก 100 กรัม ดังนั้นการใช้กรดกับกระดูกปลามีข้อดี คือ ทำให้เวลาในการให้ความร้อนเพื่อให้กระดูกอ่อนตัวสั้นลงหรืออัตราเร็วของการนึ่งในกระดูกปลาสูงขึ้น แต่วิธีนี้มีข้อเสียคือ กรดมีผลทำให้เกลือแคลเซียมที่อยู่ในรูป hydroxyapatite และ fluorapatite ที่มีในกระดูกปลาแมคเคอเรลละลายออกมาได้

### แนวทางการใช้ประโยชน์จากกระดูกปลาผอง

โปรตีนผงจากปลาหากผลิตให้มีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 8 สามารถเก็บได้นานมากกว่า 1 ปี หากผลิตจากวัตถุดิบที่มีไขมันสูงต้องมีการป้องกันการหืนของไขมัน เหมาะสำหรับเก็บสำรองไว้ใช้เป็นอาหารเพิ่มโปรตีน และแคลเซียมในการเตรียมอาหารเพื่อบริโภค และยังเป็นการเสริมปริมาณโปรตีนและแคลเซียมให้พอเพียงกับความต้องการของร่างกายในแต่ละวัน รวมทั้งใช้เป็นอาหารพร้อมบริโภคและขนมขบเคี้ยวต่างๆ การใช้ผลิตภัณฑ์ในปริมาณที่เหมาะสมจะทำให้อาหารที่มีรสชาติอร่อยและมีประโยชน์ต่อร่างกาย (กิตติยา, 2544) งานวิจัยในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่ทำจากสัตว์น้ำ มีดังนี้

กิตติยา (2544) ศึกษาการผลิตลูกก็เสริมโปรตีนและแคลเซียมจากสัตว์น้ำ โดยการเติมโปรตีนผงที่เตรียมจากปลาเป็นแก้ว ปลาไส้ตัน ปลาชุกอูย หัวกุ้งกุลาดำ และปลาผองกรมประมง พบว่าโปรตีนผงที่ผลิตจากปลาเป็นแก้วมีปริมาณโปรตีนสูงสุด คือ ร้อยละ 70.12 ส่วนปริมาณแคลเซียมและฟอสฟอรัส พบว่า ปลาผองจากกรมประมงมีปริมาณสูงสุด คือ ร้อยละ 12.6 และ 0.46 ตามลำดับ โดยสามารถเสริมโปรตีนผงในผลิตภัณฑ์ได้ที่ระดับร้อยละ 10 ของน้ำหนักแบ่ง ซึ่งผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้การยอมรับ

นิติพงษ์ (2543) ศึกษาการผลิตแคลเซียมจากปลาทรายแดง พบว่า น้ำหนักแห้งแคลเซียมที่สกัดได้คิดร้อยละ 14.21 ของวัตถุดิบที่ใช้ โดยมีปริมาณแคลเซียมร้อยละ 28.85 ฟอสฟอรัสร้อยละ 30.77 ซึ่งวิธีการอบแห้งแคลเซียมจากเศษเหลือปลาทรายแดง โดยการอบแห้งจากการตากแดด 2 วัน แล้วอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง โดยแคลเซียมที่ได้มีความชื้นร้อยละ 6.67 เถ้าร้อยละ 60.75 ไขมันร้อยละ 3.22 โปรตีนร้อยละ 15.52 ซึ่งมีการทดสอบทาง

ประสาทสัมผัสโดยใช้แทนครีมเทียมในเครื่องคั้มนมอัลต์สก็ดส์ช็อกโกแลตและกาแฟ จากการทดสอบผู้บริโภคมีการยอมรับแคลเซียมจากปลาทรายแดง

ข้อผูก (2546) ทดลองทำน้ำยาอัดก้อนเสริมแคลเซียมจากก้างปลา พบว่าก้างปลาชนิดผงมีวิธีการผลิตโดยนึ่งที่ความดัน 15 ปอนด์ นาน 90 นาที และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60°ซ เวลา 5 ชม. ปริมาณก้างปลาที่ใช้ในน้ำยาก้อน คือร้อยละ 5 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด มีองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เยื่อใย คาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 8.24 39.36 1.89 16.34 0.16 และ 34.01 มีแคลเซียม 960.51 มิลลิกรัม/100 กรัม การยอมรับผู้บริโภคอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง

กรมประมง (2541) ทดลองทำอาหารขบเคี้ยวประเภทอัดพอง (extruded products) ผลิตด้วยเครื่องโพรเร็กซ์ พบว่า ปลาผงที่ผลิตจากกระดูกปลา โดยเครื่องแยกกระดูกในโรงงานสุริมิ ใช้ได้ดีกับอาหารขบเคี้ยวประเภทอัดพองทั้งในระดับพื้นบ้านและอุตสาหกรรม เช่น ข้าวเกรียบพื้นเมือง ขนมทองม้วน ฯลฯ

ศุภรัตน์ (2533) ศึกษาการพัฒนาการผลิตอาหารว่างที่มีโปรตีนสูงและคนไทยนิยมบริโภคกันมากนั้น ได้แก่ ข้าวเกรียบที่มีส่วนผสมของเนื้อสัตว์ต่างๆ เช่น ข้าวเกรียบกุ้ง ข้าวเกรียบปลา เป็นต้น นอกจากเป็นการเพิ่มกลิ่นให้กับผลิตภัณฑ์แล้วยังทำให้ข้าวเกรียบมีโปรตีนสูงขึ้นด้วย

Chuapochuk, et al (2001) ศึกษาการทดลองนำแคลเซียมจากเศษเหลือส่วนที่เป็นกระดูกของปลา รวมทั้งน้ำมันปลาที่ผลิตจากเศษเหลือปลาทูน่า นำมาผสมในไส้กรอกปลา ซึ่งผู้ทดสอบให้การยอมรับในผลิตภัณฑ์

ประเสริฐ (2526) ศึกษาการนำเอากระดูกปลา หัวปลา และครีบปลา นำมาทำเป็นปลาป่นสำหรับทำอาหารสัตว์ เนื่องจากเศษเหลือ ดังกล่าวมีสารประกอบไนโตรเจน แคลเซียม และฟอสฟอรัส เป็นจำนวนมาก

### การเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว

การเสื่อมเสียที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว ได้แก่ การสูญเสียคุณค่าทางอาหารการเกิดออกซิเดชัน การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน และการเกิดปฏิกิริยาน้ำตาลที่ไม่ได้เกิดจากเอนไซม์ แต่การเสื่อมเสียที่เกี่ยวข้องและมีความสำคัญต่อการเก็บรักษาขนมขบเคี้ยวมี 2 ปฏิกิริยาดังต่อไปนี้ (Labuza, 1982)

1. การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน เป็นปัญหาสำคัญที่ทำให้อาหารเกิดกลิ่นหืน แม้ในอาหารที่มีอาหารไขมันอยู่ในปริมาณน้อย Labuza (1982) กล่าวว่า การวัดปริมาณทางเคมีการเหม็นหืนในอาหารที่มีไขมัน จำเป็นต้องตรวจสอบทางประสาทสัมผัส ซึ่งเป็นวิธีวัดค่าทางอ้อม ควบคู่กันกับวิธีการทางเคมีซึ่งเป็นวิธีวัดค่าทางตรง เช่น การวัดค่าเปอร์ออกไซด์ การหาค่า TBA (Thiobarbituric add value) ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมในการวัดค่าความหืนในอาหาร ทำโดยการวัดความเข้มของสีแดงที่เกิดจากปฏิกิริยาทางเคมีของ 2-thiobarbituric acid กับสารที่ได้จากการเกิดออกซิเดชันของไขมัน (Sinnhber and Yu, 1958)

- 1.1 ปฏิกิริยาการหืนเนื่องจากออกซิเจนเป็นปฏิกิริยาสำคัญที่ก่อให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันและน้ำมันผสมอยู่ เกิดกลิ่นหืนมากที่สุด เกิดจากกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศได้สารประกอบไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ มีกลไกการเกิดปฏิกิริยา 3 ขั้นตอนดังนี้ (สุรางค์, 2534 อ้างจาก Person, 1976)

ปฏิกิริยาเริ่มต้น (initiation reaction) เป็นการเกิดอนุมูลอิสระ (free radical) โดยอะตอมไฮโดรเจนที่เกาะกับอะตอมของคาร์บอนที่อยู่ถัดจากอะตอมคาร์บอนพันธะคู่หลุดออกไป เนื่องจากได้รับความร้อนหรือแสงสว่าง

ปฏิกิริยาการต่อตัว (propagation reaction) อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจน เกิดสารเปอร์ออกไซด์ชนิดกัมมันต์ (activated peroxide)

ปฏิกิริยาจบ (termination reaction) สารเปอร์ออกไซด์ชนิดกัมมันต์ที่เกิดขึ้นจะรวมกับไฮโดรเจนจากกรดไขมันอิ่มตัว เกิดเป็นสารไฮโดรเปอร์ออกไซด์ และอนุมูลอิสระอื่นๆ เป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ ทำให้ได้สารไฮโดรเปอร์ออกไซด์จำนวนมาก ซึ่งเป็นสารที่ไม่อยู่ตัวทำให้

สารประกอบที่มีจำนวนคาร์บอนน้อยๆ เป็นสารประเภทกรดอัลดีไฮด์ และคีโตนที่ระเหยง่ายทำให้เกิดกลิ่นหืนในอาหาร

## 1.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการหืนเนื่องจากออกซิเจน

1.2.1 ชนิดของกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีอยู่ในน้ำมัน ถ้าเป็นกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวสูง คือ มีพันธะคู่หลายแห่ง จะเกิดการเหม็นหืนได้ดีกว่าน้ำมันที่มีกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวน้อย

1.2.2 ออกซิเจนในอากาศ การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อมีออกซิเจนเท่านั้น การซึมผ่านของออกซิเจน (diffusion) มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยา ดังจะเห็นได้ว่าไขมันที่เป็นของแข็ง การเกิดปฏิกิริยาจะเกิดช้ากว่าน้ำมันที่เป็นของเหลว เนื่องจากน้ำมันที่เป็นของเหลวออกซิเจนซึมผ่านได้เร็วกว่า และอาหารที่มีพื้นที่หน้าตัดมากกว่าการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันก็เกิดได้เร็วกว่าเช่นกัน

1.2.3 ความร้อนและแสงสว่าง ช่วยเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันได้เร็วมาก โดยเฉพาะแสงที่มีความยาวคลื่นสั้นคือ แสงอัลตราไวโอเลต จะเร่งการเกิดปฏิกิริยาขึ้นต้น การป้องกันที่ดีที่สุดคือ เก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้ในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทกันแสงผ่านได้และเก็บไว้ในที่เย็น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระดับของความไม่อิ่มตัวของน้ำมันด้วย นั่นคืออาหารที่กรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง ความร้อนและแสงก็จะมีอิทธิพลมากกว่าอาหารที่มีกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวต่ำ

1.2.4 โลหะ โดยเฉพาะทองแดงและเหล็กแม้จะมีปริมาณน้อย ก็สามารถเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ ดังนั้นภาชนะที่บรรจุควรเป็นเหล็กปลอดสนิม หรืออลูมิเนียม การใช้ metal binder จะไปจับโลหะเพื่อลดอัตราการเร่งปฏิกิริยา สารที่นิยมใช้มักเป็นกรด ได้แก่ กรดซิตริก กรดทาร์ทาริก กรดฟอสฟอริก เป็นต้น นิยมใช้มากในอุตสาหกรรม สารเหล่านี้ช่วยเป็นสารกันหืนไม่เป็นพิษหากใช้ในปริมาณน้อย ไม่ก่อให้เกิดสี และไม่เกิดกลิ่นรสในผลิตภัณฑ์

## 1.3 ค่าเปอร์ออกไซด์

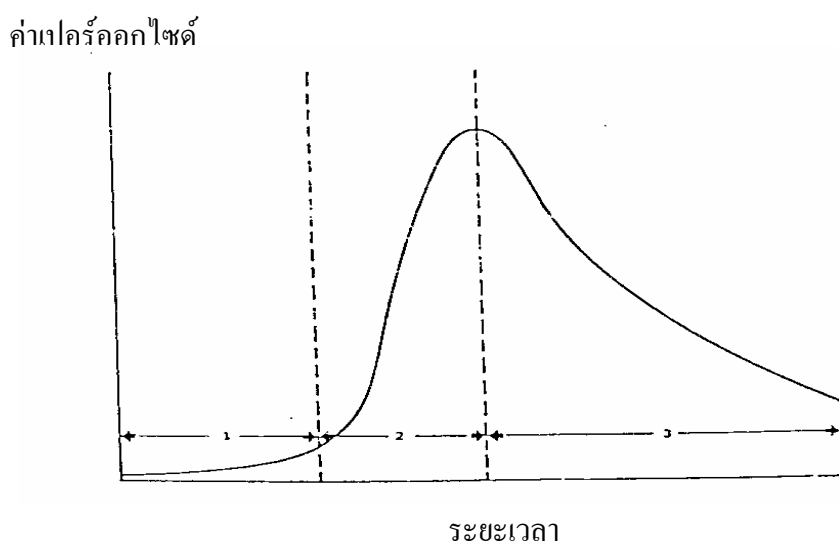
ค่าเปอร์ออกไซด์เป็นค่าที่บอกถึงปริมาณสารประกอบเปอร์ออกไซด์ที่มีอยู่ใน

น้ำมันซึ่งในช่วงการเก็บระยะแรกๆ ค่าเปอร์ออกไซด์จะมีค่าน้อยและจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป อัตราการเพิ่มจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ระยะเวลา ชนิดของน้ำมันและอุณหภูมิ ถึงแม้ว่าสารประกอบเปอร์ออกไซด์ไม่ก่อให้เกิดกลิ่นหืนโดยตรง แต่จะเป็นค่าที่บอกถึงปริมาณการเสื่อมเสียของน้ำมันที่เกิดขึ้น ซึ่งวงจรค่าเปอร์ออกไซด์เปลี่ยนแปลงในช่วงการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน 3 ระยะ ดังภาพที่ 1 คือ (สุรางค์, 2534 อ้างจาก Person, 1976)

ระยะแรก (induction period) ค่าเปอร์ออกไซด์จะค่อยๆ เพิ่มขึ้น คุณภาพของผลิตภัณฑ์ยังอยู่ในระดับที่ยังยอมรับได้ ไม่แตกต่างจากสภาวะเริ่มต้นมากนัก

ระยะที่สอง (oxidation period) เป็นระยะที่ค่าเปอร์ออกไซด์จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และทำให้ผลิตภัณฑ์เริ่มมีกลิ่นหืนอย่างสังเกตเห็นได้ชัดเจน

ระยะที่สาม (terminal period) ในระยะที่สองนั้นไม่เพียงแต่ค่าเปอร์ออกไซด์เท่านั้นที่เพิ่มขึ้น แต่ยังทำให้ปริมาณของราดิคัลอิสระเพิ่มมากขึ้นด้วย ซึ่งราดิคัลอิสระเหล่านั้นจะทำปฏิกิริยากันเอง ทำให้ปฏิกิริยาออกซิเดชันดำเนินไปอย่างช้าลง มีผลทำให้ค่าเปอร์ออกไซด์ลดลงเช่นกัน



ภาพที่ 1 การเปลี่ยนแปลงค่าเปอร์ออกไซด์ในช่วงการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน

ที่มา : Person (1976)

2. การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่ได้เกิดจากเอนไซม์ ปฏิกิริยาสีน้ำตาล (maillard reaction) ซึ่งไม่ได้เกิดจากเอนไซม์ เป็นปฏิกิริยาที่เกิดจากน้ำตาลรีดิวซ์กับกรดอะมิโนในอาหาร ทำให้เกิดสารประกอบที่ให้สีน้ำตาลและสารระเหยหลายชนิด เช่น สารประกอบฟิวรันส์ (furans) สารประกอบคาร์บอนิล เป็นต้น (Eichuer and Wolf, 1983) ซึ่งการประเมินค่าได้ด้วยวิธีทางกายภาพ ด้วยเครื่องวัดสี (Chromameter) และใช้การทดสอบเชิงพรรณนา (Descriptive test) วัดปริมาณหรือความเข้มของสีในอาหาร (เพ็ญขวัญ, 2536)

### ภาชนะบรรจุสำหรับผลิตภัณฑ์

เป็นการบรรจุ และเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ เมื่อผ่านกระบวนการแปรรูปแล้ว เพื่อรักษาคงคุณภาพไว้จนกว่าจะถึงมือผู้บริโภค ดังนั้นบรรจุภัณฑ์มีบทบาทสำคัญในการลดหรือป้องกัน ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการเสื่อมคุณภาพผลิตภัณฑ์

พลาสติกใช้บรรจุอาหารวุ้นที่รับประทานระหว่างมือ โดยแคแรกเกอร์มีปริมาณความชื้นต่ำ มีความกรอบ เปราะแตกหักง่าย ดังนั้นบรรจุภัณฑ์ต้องสามารถป้องกันการแตกหัก ป้องกันความชื้น และสามารถป้องกันการซึมผ่านของก๊าซ เนื่องจากแคแรกเกอร์สามารถดูดความชื้นจากสภาพแวดล้อมได้ง่ายทำให้หยาบกรอบ โดยปริมาณความชื้นของอาหารเพิ่มขึ้น ซึ่งจะช่วยให้การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีต่างๆ ให้รวดเร็วยิ่งขึ้น เช่น การเกิดออกซิเดชัน การเกิดปฏิกิริยาทำให้การเจริญเติบโตของเชื้อราได้ อีกทั้งก๊าซทำให้เกิดปฏิกิริยากับไขมันในอาหารทำให้เกิดกลิ่นหืน หากอยู่ในสภาวะอุณหภูมิสูง ความชื้นสูง (มยุรี, 2541)

โพลิโพรพิลีน (Polypropylene : PP) เป็นพลาสติกที่มีโครงสร้างอยู่ในกลุ่มของ โพลิโอเลฟิน (polyolefin) กระบวนการผลิตใช้วิธีเป่า นิยมทำให้โมเลกุลจัดเรียงตัวกันทั้งสองทิศทาง คือ ในแนวนอนและแนวขวางของเครื่อง เรียกฟิล์มชนิดนี้ว่า oriented polypropylene (OPP)

คุณสมบัติของโพลิโพรพิลีน (Polypropylene : PP) มีความโปร่งใส มีความมันวาวเหนียว ทนทานต่อสารเคมี ทั้งกรด ด่างและตัวทำละลาย ดูดซึมน้ำได้ต่ำ ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซและน้ำได้ดี ป้องกันการซึมผ่านของไขมัน และน้ำมันได้ดี ทนทานต่อความร้อนสูง สามารถใช้ในอุณหภูมิสูงถึง 120 องศาเซลเซียส และสามารถใช้ได้กับอุณหภูมิต่ำถึง -40 องศาเซลเซียส ซึ่งมีความปลอดภัย เมื่อใช้กับผลิตภัณฑ์อาหาร

การใช้งานความหนาต่ำ ทำเป็นถุงหรือห่อหุ้มผลิตภัณฑ์ เช่น อาหารแห้ง ขนมอบเคี้ยว และเสริมคุณสมบัติในการใช้งานให้เหมาะสม โดยการประกบหรือเคลือบร่วมกับวัสดุอื่น เช่น OPP/LDPE, OPP/PE เพื่อทำเป็นถุงบรรจุอาหารแห้ง ขนมอบเคี้ยว และอาหารที่บรรจุด้วยระบบสุญญากาศ (มยุรี, 2533) ซึ่งจะมีอายุการเก็บปานกลาง ประมาณ 2 เดือน หากใช้บรรจุผลิตภัณฑ์อาหารว่าง (มยุรี, 2541)

### Nutrification (การให้สารอาหารที่เพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ)

Nutrification คือ การเติมสารอาหาร 1 ชนิดหรือมากกว่าลงในอาหารที่มีการบริโภคเป็นประจำ เพื่อให้ได้รับสารอาหารนั้นๆ เพียงพอกับความต้องการของร่างกาย

หลักเกณฑ์และวิธีปฏิบัติเกี่ยวกับ Nutrification สำหรับอาหารที่ใช้บริโภคโดยบุคคลทั่วไป (เพ็ญขวัญ, 2543)

1. เน้นที่การควบคุมและป้องกันการขาดสารอาหาร
2. อาหารนั้นจะต้องมีคุณค่าเพิ่มขึ้น โดยราคาจะต้องไม่แพงเกินไปจนเป็นภาระ
3. อาหารที่มีการเติมจะต้องเป็นพาหะที่ดี ที่กระจายสารอาหารที่เติมลงไปโดยการเติมสารอาหารชนิดนั้นๆ จะต้องไม่ขัดต่อสามัญสำนึกด้วย
4. สารอาหารที่เติมลงไปจะต้องอยู่ในรูป หรือฟอร์มที่ร่างกายทั่วไปใช้ประโยชน์ได้ และจะต้องไม่เกิดปฏิกิริยาระหว่างสารอาหาร ซึ่งมีผลยับยั้งการดูดซึม
5. สารอาหารที่เติมจะต้องคงสภาพในอาหารนั้น
6. ไม่มีพิษในภาวะปกติ ปลอดภัยในการบริโภคที่ระดับนั้น
7. ปริมาณสูงสุดที่อนุญาต โดยคำนึงถึงความปลอดภัย และไม่เกิน  $RDI^* + 20\%$

difference ของ RDI

|                           |      |     |
|---------------------------|------|-----|
| วิตามินที่ละลายได้ในไขมัน | 150% | RDI |
| วิตามินที่ละลายในน้ำ      | 200% | RDI |
| เกลือแร่ทั่วไป            | 150% | RDI |
| โซเดียม, ฟลูออไรด์        | 100% | RDI |
| เหล็ก, สังกะสี            | 120% | RDI |

\* RDI คือ Recommended Dietary Intakes หมายถึง การกำหนดปริมาณของสารอาหารชนิดต่างๆ ที่จำเป็นต้องได้รับจากอาหารบริโภคประจำวันอย่างพอเพียงกับความต้องการของร่างกาย

(กรมอนามัย, 2546)

8. ปริมาณที่กล่าวในข้อ 10.7 หมายถึง ปริมาณวิตามิน แล้วยีสู่ทรีในผลิตภัณฑ์พร้อมบริโภคโดยคิดต่อการบริโภคต่อวัน (จำนวน 3 มื้อในหนึ่งวัน มื้อละหนึ่งหน่วยบริโภค)

9. อาหารใดที่มีปริมาณวิตามิน แล้วยีสู่ทรี เกินที่กำหนดตามข้อ 10.7 ให้จัดเป็นอาหารที่มีวัตถุประสงค์

## อุปกรณ์และวิธีการ

### อุปกรณ์

#### 1. วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต

- 1.1 แป้งข้าวเจ้าหอมนิล
- 1.2 แป้งสาลี (อเนกประสงค์)
- 1.3 แป้งสาลี (เค้ก)
- 1.4 แป้งสาลี (ขนมปัง)
- 1.5 ยีสต์ผง
- 1.6 เนยสด
- 1.7 เนยขาว
- 1.8 น้ำมันพืช
- 1.9 นมสด (UHT)
- 1.10 หางนมผง
- 1.11 สารเสริมคุณภาพแป้งสาลี
- 1.12 น้ำตาลทราย
- 1.13 เกลือป่น
- 1.14 น้ำสะอาด

#### 2. อุปกรณ์การผลิตขนมปังกรอบ

- 2.1 เครื่องโม่แป้งไฟฟ้า (bite mill)
- 2.2 เครื่องโม่แป้งแบบหินจานไฟฟ้า (vita mixed)
- 2.3 ตู้อบแห้งแบบใช้ลมร้อน (tray dryer) ยี่ห้อ Theben รุ่น Tr 634
- 2.4 เครื่องตีผสมอาหาร ยี่ห้อ Kenwood รุ่น Km 220
- 2.5 เครื่องบดอาหารแห้งไฟฟ้า ยี่ห้อ National Delux Super Blender รุ่น Mx-T700 GN
- 2.6 เครื่องร่อนแป้งไฟฟ้า ยี่ห้อ Fritseh รุ่น aroly srtrr 3 Pro ขนาด 100 แมช
- 2.7 เครื่องชั่งชนิดหยาบ 2 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Yanato รุ่น Model 5415

- 2.8 เครื่องชั่งดิจิตอล 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Precisa 240 A
- 2.9 ตู้หมักขนมไฟฟ้า ยี่ห้อ Garben รุ่น 83 LI/84 LI บริษัท C.L.Food.Co., Ltd.
- 2.10 เตารอบไฟฟ้า รุ่น EC 300 B บริษัท Chi Cheng electrical industry Co., Ltd.
- 2.11 ถุงดูดสูญญากาศ (Vacuum bags)
- 2.12 ถุงโพลีโพรพิลีน (polypropylene : PP) ความหนา 0.06 มม. ขนาด 8x12 นิ้ว
- 2.13 อุปกรณ์เครื่องครัว เช่น อ่างผสมสแตนเลส ถาดอบ ไม้คลึงแป้ง พายยาง ที่ร่อนแป้ง ลูกกลิ้งตัดแป้ง ไม้บรรทัด ฯลฯ

### 3. อุปกรณ์การวิเคราะห์ทางกายภาพ

- 3.1 เครื่องวัดค่า  $a_w$  (water activity) ยี่ห้อ Rotronic Hygro LAB
- 3.2 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส ยี่ห้อ Texture Analyser รุ่น TA.XT.Plus
- 3.3 เครื่องวัดค่าสี ยี่ห้อ Hunter Lab รุ่น Color Fax
- 3.4 ชุดวิเคราะห์หาค่า Peroxide Value (PV.) ยี่ห้อ Edmund Buhler (Tubingen)

### 4. อุปกรณ์การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

- 4.1 ถ้วยอบความชื้น
- 4.2 โถดูดความชื้น
- 4.3 ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) รุ่น Fd WTB binder
- 4.4 เครื่องมือย่อยโปรตีน ยี่ห้อ Gerhardt รุ่น Kjeldatherm
- 4.5 เครื่องมือกลั่นโปรตีน ยี่ห้อ Gerhardt รุ่น Vapodest 20
- 4.6 เครื่องมือวิเคราะห์ปริมาณไขมัน ยี่ห้อ Solvent Extraction รุ่น Model SER 148
- 4.7 เครื่องมือวิเคราะห์ไขมันอาหาร ยี่ห้อ VELP scientifica
- 4.8 เครื่องมือวิเคราะห์เถ้า ยี่ห้อ Lenton Furnaces รุ่น EF 11/8
- 4.9 เครื่องชั่งดิจิตอล 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Precisa 240 A

## 5. อุปกรณ์การวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์

- 5.1 เครื่องอบฆ่าเชื้อภายใต้ความดัน ยี่ห้อ Velp รุ่น Smartclave
- 5.2 ตู้ป่นเชื้อ ยี่ห้อ Memmert
- 5.3 ตะเกียงแอลกอฮอล์
- 5.4 อุปกรณ์เครื่องแก้วในการวิเคราะห์จุลินทรีย์ เช่น ขวดชมพู่ ปิเปต ฯลฯ
- 5.5 ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป 3 M Petrifilm สำหรับยีสต์ รา และจุลินทรีย์ทั้งหมด

## 6. อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

- 6.1 เครื่องคอมพิวเตอร์ และโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

### วิธีการ

## 1. ศึกษาคุณภาพวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มเติมจากกระดูกปลา

### 1.1 การผลิตแป้งข้าวเจ้าหอมนิล

การผลิตแป้งข้าวเจ้าหอมนิล โดยใช้ข้าวเจ้าหอมนิลทั้งเมล็ด เนื่องจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลไม่มีจำหน่ายในท้องตลาด แต่ข้าวเจ้าหอมนิลทั้งเมล็ด สามารถหาซื้อได้ในซูเปอร์มาร์เก็ต ร้านจำหน่ายข้าวสาร หรือร้านจำหน่ายอาหารเพื่อสุขภาพ เป็นต้น

การเตรียมวัตถุดิบในครั้งนี้ มีกรรมวิธีการผลิตแป้งข้าวเจ้าหอมนิล โดยวิธีการโม่แห้ง และวิธีการโม่น้ำ เนื่องจากทั้งสองวิธีนี้มีความแตกต่างกันในด้านของกรรมวิธีการผลิต รวมถึงคุณลักษณะของแป้งที่ได้ และที่สำคัญคือคุณค่าทางสารอาหาร ดังนั้นจึงมีการศึกษากรรมวิธีการผลิตแป้งข้าวเจ้าหอมนิลทั้ง 2 วิธี เพื่อให้ได้แป้งข้าวที่เหมาะสมในการผลิตขนมปังกรอบ

กรรมวิธีการผลิตแป้งข้าวเจ้าหอมนิลทั้ง 2 วิธี มีการดัดแปลงจากวิธีการผลิตของงามชื่น (2541) ดังนี้

วิธีการ โม่แห้ง นำข้าวเจ้าหอมนิลมาทำความสะอาดเก็บเศษหิน กรวด ที่เจือปนออก หลังจากนั้นนำไปล้างทำความสะอาดในน้ำ 1-2 ครั้ง แล้วนำไปผึ่งให้สะเด็ดน้ำ พอหมาด เทลงในถาดอบเกลี่ยข้าวให้กระจายสม่ำเสมอ นำเข้าตู้อบแห้งแบบใช้ลมร้อน (tray dryer) จนเมล็ดข้าวแห้ง ใช้อุณหภูมิในการอบ 55-60 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง แล้วบดแห้งด้วยเครื่องโม่แป้งไฟฟ้า (bite mill) และร่อนผ่านตะแกรงด้วยเครื่องร่อนแป้ง ขนาด 100 แมช นำไปบรรจุถุงปิดผนึกสุญญากาศ ถุงละ 500 กรัม เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเพื่อใช้ในการทดลองต่อไป ดังแสดงในภาพผนวกที่ ข2

วิธีการ โม่แบบน้ำ นำเมล็ดข้าวเจ้าหอมนิลล้างทำความสะอาด 1-2 ครั้ง แล้วนำข้าวที่ได้ทำการแช่ข้าว ในอัตราส่วนเมล็ดข้าว 1: น้ำ 1.5 ใช้เวลา 3-4 ชั่วโมง เพื่อให้เมล็ดข้าวดูดน้ำและอ่อนตัวลง แล้วโม่ด้วยเครื่องโม่แบบหินจานไฟฟ้า นำแป้งที่ได้ใส่ผ้าดิบทับน้ำ เพื่อรีดน้ำออกจนเหลือแต่ก้อนแป้ง (ความชื้นประมาณ ร้อยละ 40) นำก้อนแป้งที่ได้มาตีปั่นให้มีขนาดเล็กลงก่อน ในเครื่องตีผสมอาหาร และเกลี่ยแป้งลงในถาดให้เสมอกัน นำเข้าตู้อบแห้งแบบใช้ลมร้อน (tray dryer) จนแป้งแห้ง ใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 8 ชั่วโมง จากนั้นนำแป้งที่อบแห้งเข้าเครื่องบดอาหารแห้ง จนละเอียดไม่จับเป็นก้อน แล้วร่อนแป้งผ่านตะแกรงด้วยเครื่องร่อนแป้ง ขนาด 100 แมช (มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 13) นำไปบรรจุถุงปิดผนึกสุญญากาศ ถุงละ 500 กรัม เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเพื่อใช้ในการทดลองต่อไป ดังแสดงในภาพผนวกที่ ข3

## 1.2 การผลิตกระดูกปลาผงแดงผง

การเตรียมผลิตกระดูกปลาผง จากส่วนของรยางค์ปลาที่แล่นเนื้อออกแล้ว จากตลาดสดสะพานใหม่ นำมาผ่านกรรมวิธีการผลิตกระดูกปลาผง และทดลองทำขนมปังกรอบ เพื่อเพิ่มแคลเซียมให้กับผลิตภัณฑ์ โดยดัดแปลงจากวิธีการผลิตของวิศรา (2545) ดังนี้ นำกระดูกปลาผงแดงคั้นเนื้อมาล้างทำความสะอาด แล้วต้มในน้ำเดือด เพื่อแยกกระดูกออกจากเนื้อปลา ด้วยอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 25-30 นาที จากนั้นและเนื้อออกจากกระดูก นำกระดูกที่ได้มาแช่สารละลายด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ ร้อยละ 0.8 ใช้ระยะเวลา 2 ชั่วโมง ล้างด้วยน้ำสะอาดหลายๆ ครั้ง พักให้สะเด็ดน้ำ แล้วต้มในน้ำเดือด ประมาณ 1 ชั่วโมง ด้วยอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ให้ต้ม

ประมาณ 2-3 ครั้ง (เพื่อสกัดเจลาติน และลดกลิ่นคาวปลา) นำกระดูกที่ต้มล้างด้วยน้ำสะอาดปล่อยให้สะเด็ดน้ำ เกลี่ยบนถาดแล้วเข้าเตาอบไฟฟ้าใช้เวลา 30 นาที ด้วยอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส บดกระดูกปลาด้วยเครื่องบดอาหารแข็ง (blender) จนละเอียด ร้อนผ่านตะแกรงด้วยเครื่องร่อนแป้ง ขนาด 30 แมช บรรจุในถุงโพลีโพรพิลีน ถุงละ 50 กรัม เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเพื่อใช้ในการทดลองต่อไป ดังแสดงในภาพผนวกที่ ข4

### 1.3 ตรวจวิเคราะห์คุณภาพวัตถุดิบ

นำแป้งข้าวเจ้าหอมนิล และกระดูกปลากะพงแดงผงที่ได้จากข้อ 1.1 และ 1.2 มาวิเคราะห์ ดังนี้

#### 1.3.1 คุณภาพทางเคมี

1.3.1.1 องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เยื่อใย และคาร์โบไฮเดรต (A.O.A.C., 2000)

1.3.1.2 การดูดซับน้ำของแป้งข้าวเจ้าหอมนิล วิธี In house method (A.O.A.C., 1993)

1.3.1.3 ธาตุเหล็ก วิธี In house method, ICP (A.O.A.C, 1995) วิเคราะห์ในแป้งข้าวเจ้าหอมนิล

1.3.1.4 แคลเซียม (A.O.A.C., 2000) วิเคราะห์ในกระดูกปลาผง

#### 1.3.2 คุณภาพทางกายภาพ

1.3.2.1 ค่าสี โดยวัดค่าสีในระบบ CIELAB แสดงค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ค่าสีแดง ( $a^*$ ) และค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

1.3.2.2 ค่า Water activity ในการวัดค่าจะทำการทดลอง 3 ซ้ำ

## 2. ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา

### 2.1 ศึกษาสูตรพื้นฐานในการผลิตขนมปังกรอบ

#### 2.1.1 การคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมเพื่อใช้เป็นสูตรพื้นฐานของขนมปังกรอบ

สำหรับสูตรของการทำขนมปังกรอบ มีมากมายหลายสูตร โดยทั่วไปส่วนผสมหลักที่ใช้จะเหมือนกัน แต่อาจมีวิธีการผลิตที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงเลือกสูตรขนมปังกรอบมา 3 สูตร ได้แก่ สูตร 1 Sultan (1990), สูตร 2 Whiteley (1971), ยิ่งศักดิ์ (2547) โดยมีเกณฑ์ในการเลือกสูตร ดังนี้ เป็นขนมปังกรอบชนิดครีมแครกเกอร์ (Cream cracker) ประเภทไม่หวาน และมีการหมักของโด มีส่วนผสมหลัก ได้แก่ แป้งสาลี ไขมัน หรือน้ำมัน ยีสต์ และเกลือ ส่วนลักษณะเฉพาะของขนมปังกรอบชนิดนี้ คือ การผลิตโดโดยใช้ยีสต์เป็นสารช่วยให้ขึ้นฟู ส่วนทางด้านรสชาติ มีความหวานน้อย หรือไม่หวานเลย มีรสเค็ม และมีความบางกรอบ ส่วนผสมและกรรมวิธีการผลิตของแต่ละสูตรได้แสดงในภาคผนวก ก. จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ขนมปังกรอบทั้ง 3 สูตร ไปตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสต่อไป

#### 2.1.2 การตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมปังกรอบ 3 สูตร

เมื่อผ่านเกณฑ์การคัดเลือกทั้ง 3 สูตร แล้วนำมาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยการใช้แผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) ใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ได้รับการฝึกฝน จำนวน 30 คน ชิมตัวอย่างที่นำเสนอ 3 ตัวอย่าง โดยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 Point Hedonic Scale) ใช้แบบทดสอบชุดที่ 1 ดังแสดงในภาคผนวก จ. มีการพิจารณาทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม วิเคราะห์ความแปรปรวน โดยวิธี ANOVA (Analysis of Variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยใช้วิธี DMRT (Duncan's new Multiple Range Test) ด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ เพื่อให้ได้สูตรพื้นฐานในการทำขนมปังกรอบ และทำการทดลองต่อไป

## 2.2 ศึกษาปริมาณน้ำในการผลิตขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิล

การศึกษาปริมาณน้ำที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์ เนื่องจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลมีคาร์โบไฮเดรต เป็นองค์ประกอบอยู่มากกว่าแป้งสาลี คาร์โบไฮเดรตมีความสามารถในการดูดน้ำได้ดี เพราะมีคุณสมบัติชอบน้ำ (hydrophilic) (สุภารัตน์, 2547) ซึ่งปริมาณน้ำช่วยให้สสารเปลี่ยนแปลงจากแป้งดิบให้เป็นแป้งสุก (galatinize) ได้เมื่อได้รับความร้อน ส่วนการสุกของแป้งจะไม่เกิดขึ้นถ้ามีปริมาณน้ำน้อยกว่าร้อยละ 30 (Collison and Chilton, 1974) อีกทั้ง ปริมาณน้ำจะทำให้เกิดความชื้นในผลิตภัณฑ์ มีผลต่อการรวมตัวกันของส่วนผสม และการรวมตัวของกลูเตนในแป้งสาลี เพื่อเกิดโครงสร้างของโค สามารถกลึงเป็นรูปทรงได้สะดวก (สุชาดา และจิตติมา, 2545) ดังนั้น การทำขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลที่มีส่วนผสมของแป้งข้าวเจ้าหอมนิล ต้องใช้ปริมาณน้ำมากกว่าการทำขนมปังกรอบจากแป้งสาลี

โดยการศึกษาปริมาณน้ำในขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิล จะใช้สูตรพื้นฐานที่ผ่านการคัดเลือกแล้ว โดยนำแป้งข้าวเจ้าหอมนิลทดแทนแป้งสาลี มีอัตราส่วนของแป้งข้าวเจ้าหอมนิลต่อแป้งสาลี 4 ระดับ คือ ร้อยละ 10:90 20:80 30:70 และ 40:60 ของน้ำหนักแป้งทั้งหมด ซึ่งอัตราส่วนของแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเริ่มทดแทนในระดับที่น้อย และมีระดับเพิ่มขึ้นตามลำดับ

การคำนวณปริมาณน้ำในขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลต่อแป้งสาลีทั้ง 4 ระดับ นำมาคำนวณร่วมกับปริมาณการดูดซับน้ำของแป้งข้าวเจ้าหอมนิล (ผลการวิเคราะห์ทางเคมีจากการเตรียมวัตถุดิบ) โดยมีสูตรคำนวณดังนี้ (สัมพันธ์, 2547)

$$\text{ปริมาณน้ำ (กรัม)} = \frac{\text{อัตราส่วนของแป้งที่ใช้ในส่วนผสม} \times \text{ร้อยละการดูดซับน้ำ (มล.)}}{100}$$

## 2.3 ศึกษาปริมาณแป้งข้าวเจ้าหอมนิลในการผลิตขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิล

การศึกษาปริมาณแป้งข้าวเจ้าหอมนิลในผลิตภัณฑ์ขนมปังกรอบ ซึ่งได้จากกรรมวิธีการผลิตแป้งข้าวเจ้าหอมนิลด้วยวิธีการ โม่แห้ง และวิธีการ โม่ น้ำ เนื่องจากทั้งสองวิธีนี้มีความแตกต่างกันในด้านของกรรมวิธีการผลิต คุณลักษณะที่ได้ของแป้ง และที่สำคัญคือปริมาณสาร อาหารในแป้งข้าวเจ้าหอมนิล อีกทั้งเพื่อใช้แป้งข้าวเจ้าทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ขนมปังกรอบให้ได้มาก

ที่สุด ซึ่งมีผลช่วยลดต้นทุน เพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ และส่งเสริมผลผลิตทางการเกษตรของไทย โดยมีการศึกษาปริมาณแป้งข้าวเจ้าหอมชนิดดังนี้

### 2.3.1 ศึกษาปริมาณแป้งข้าวเจ้าหอมชนิดที่มีกรรมวิธีการผลิตแบบไม่แห้ง และวิธีการผลิตแบบไม่น้ำ

เพื่อให้ทราบอัตราส่วนที่เหมาะสม ของแป้งข้าวเจ้าหอมชนิดที่มีกรรมวิธีการผลิต แป้งโดยวิธีการไม่แห้งและวิธีการ ไม่น้ำ ซึ่งทั้งสองวิธีนี้ใช้วิธีการในการทดลองเช่นเดียวกัน แต่จะ แยกการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยมีรายละเอียดดังนี้คือ มีอัตราส่วนของแป้งข้าวเจ้าหอมชนิด ต่อปริมาณแป้งสาลี ร้อยละ 10:90 20:80 30:70 และ 40:60 ของน้ำหนักแป้งทั้งหมด ซึ่งอัตราส่วน ของแป้งข้าวเจ้าหอมชนิดเริ่มทดแทนในระดับที่น้อย และมีระดับที่เพิ่มขึ้นตามลำดับ หากการยอมรับ ของผู้ทดสอบเพิ่มขึ้น โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) ใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ได้รับการฝึกฝน จำนวน 30 คน ชิมตัวอย่างที่นำเสนอ 4 ตัวอย่าง โดยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 Point Hedonic Scale) ใช้แบบทดสอบชุดที่ 2 ดังแสดงในภาคผนวก จ. และพิจารณาลักษณะทางประสาทสัมผัส ด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยวิธี ANOVA (Analysis of Variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยใช้วิธี DMRT (Duncan's new Multiple Range Test) ด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

### 2.3.2 ศึกษาการเปรียบเทียบแป้งข้าวเจ้าหอมชนิดที่มีกรรมวิธีการผลิตแบบไม่แห้ง และวิธีการผลิตแบบไม่น้ำ

นำผลการวิเคราะห์ของแต่ละกรรมวิธีการผลิตแป้งข้าวเจ้าหอมชนิด (จากข้อ 2.3.1) ที่มีความชอบเฉลี่ยมากที่สุด ใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกอัตราส่วนแป้งข้าวเจ้าหอมชนิดต่อแป้งสาลี จากนั้นนำอัตราส่วนที่ผ่านการคัดเลือกมาทดสอบเปรียบเทียบ ทางด้านคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน ชิมตัวอย่างที่นำเสนอ 2 ตัวอย่าง โดยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 Point Hedonic Scale) ใช้แบบทดสอบชุดที่ 3 ดังแสดงในภาคผนวก จ. และพิจารณาลักษณะทางประสาทสัมผัสทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม วิเคราะห์ผลการทดสอบโดยใช้สถิติทดสอบ t-test และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ใช้

โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ เพื่อให้ได้ขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลที่มาจากกรรมวิธีที่เหมาะสมที่สุด เพื่อทำการทดลองผลิตก้อนขนมปังกรอบต่อไป

2.4 ศึกษาปริมาณไขมัน และกระดูกปลาผง ที่เหมาะสมในการทำขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเสริมกระดูกปลาผง

เพื่อให้ทราบอัตราส่วนที่เหมาะสมของปริมาณไขมันต่อกระดูกปลาผง โดยศึกษาปัจจัยร่วมกัน ระหว่างปริมาณไขมันและกระดูกปลาผง เนื่องจากวัตถุดิบทั้งสองชนิดนี้ สามารถช่วยเพิ่มคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ด้านเนื้อสัมผัส โดยไขมันมีส่วนช่วยให้เนื้อสัมผัสมีความกรอบร่วนเพิ่มขึ้น ช่วยให้มีกลิ่นรสที่ดีขึ้น และยังสามารถลดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์จากกระดูกปลาผงได้อีกด้วย ส่วนกระดูกปลาผงที่เสริมในขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิล เพื่อเพิ่มปริมาณแคลเซียม

การศึกษาปริมาณไขมันต่อกระดูกปลาผง มีการวางแผนการทดลองแบบ Factorial in Randomized Complete Block Design มี 2 ปัจจัย คือ ไขมัน และกระดูกปลาผง โดยไขมันที่ใช้คือเนยสด มีปริมาณไขมัน 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 10 15 และ 20 ของส่วนผสมทั้งหมด ส่วนปริมาณกระดูกปลาผงมี 2 ระดับ คือ ร้อยละ 2 และ 4 จากปริมาณของแห้งทั้งหมด รวม 6 ตัวอย่างการทดลอง ดังนี้อัตราส่วนไขมันต่อกระดูกปลาผง ร้อยละ 10:2 10:4 15:2 15:4 20:2 และ 20:4 ตามลำดับ ซึ่งเกณฑ์การกำหนดไขมันจะใช้ปริมาณไขมันเดิมจากสูตรพื้นฐาน คือ ร้อยละ 10 และเพิ่มปริมาณไขมันตามลำดับ เพื่อช่วยให้เนื้อสัมผัสกรอบร่วนขึ้น เนื่องจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิล เมื่อผสมในขนมปังกรอบ จะทำเนื้อสัมผัสที่ได้มีลักษณะกรอบแข็ง อีกทั้งยังช่วยเพิ่มกลิ่นรสได้อีกด้วยส่วนกระดูกปลาผงจะเสริมเข้าไปในขนมปังกรอบ เพื่อเพิ่มแคลเซียมโดยปริมาณแคลเซียมไม่เกินร้อยละ 20 ของความต้องการปริมาณแคลเซียมต่อวันต่อหนึ่งหน่วยบริโภค (เพ็ญขวัญ, 2543) เมื่อคำนวณปริมาณแคลเซียม พบว่า ปริมาณกระดูกปลาผงทั้ง 2 ระดับ มีแคลเซียมไม่เกิน ร้อยละ 20 ของ RDI และพิจารณาจากกระดูกปลาผง ที่มีลักษณะเป็นผงค่อนข้างหยาบ เมื่อใส่ในขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิล อาจส่งผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมปังกรอบ ดังนั้นจึงเริ่มปรับในปริมาณน้อยและเพิ่มระดับหากผู้ทดสอบมีการยอมรับที่เพิ่มขึ้น

นำขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลที่มีปริมาณไขมันและกระดูกปลาผง จากอัตราส่วนที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น มาทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน ชิมตัวอย่างที่น่าเสนอ 6 ตัวอย่าง ให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 Point Hedonic scale) ใช้แบบทดสอบชุดที่ 4 ดังแสดงในภาคผนวก จ. พิจารณาลักษณะทางประสาทสัมผัส ด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส ความกรอบ และความชอบรวม นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยวิธี ANOVA (Analysis of Variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยใช้วิธี DMRT (Duncan's new Multiple Range Test) ด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

### 3. ศึกษาคุณภาพของขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา ทางด้านเคมี ทางกายภาพ และทางจุลินทรีย์

#### 3.1 คุณภาพทางเคมี

3.1.1 องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เยื่อใย และคาร์โบไฮเดรต (A.O.A.C., 2000)

3.1.2 ธาตุเหล็ก วิธี In house method, ICP (A.O.A.C, 1995)

3.1.3 แคลเซียม (A.O.A.C., 2000)

#### 3.2 คุณภาพทางกายภาพ

3.2.1 ค่าสี โดยวัดค่าสีในระบบ Hunter Lab แสดงค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ค่าสีแดง ( $a^*$ ) และค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ หาค่าเฉลี่ย

3.2.2 ค่า Water activity ในการวัดค่าทำการทดลอง 3 ซ้ำ หาค่าเฉลี่ย

3.2.3 ค่าความแข็ง (Hardness) โดยเครื่อง Texture analyzer ใช้หัวเข็มเบอร์ 2 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหัวทดสอบ 2 มิลลิเมตร ทำการทดลอง 3 ซ้ำ หาค่าเฉลี่ย

### 3.3 คุณภาพทางจุลินทรีย์

3.3.1 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (A.O.A.C., 2000)

3.3.2 ปริมาณรา (APHA, 1992)

## 4. ศึกษาปริมาณแคลเซียม และธาตุเหล็ก ของขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา

ศึกษาปริมาณแคลเซียม และธาตุเหล็ก เนื่องจากในขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา ได้ใช้วัตถุดิบที่ได้จากแป้งข้าวเจ้าหอมนิล ซึ่งมีปริมาณธาตุเหล็ก และในกระดูกปลามีปริมาณแคลเซียม โดยนำผลการวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียม และธาตุเหล็ก ที่ได้จากการศึกษาคุณภาพทางเคมีของผู้วิจัย นำมาคำนวณปริมาณสารอาหารในปริมาณหนึ่งหน่วยบริโภคของขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา มีน้ำหนัก 30 กรัม คิดเป็นร้อยละของ RDI และคิดเป็นร้อยละของ RDA ในแต่ละวัย

## 5. ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา

ในการทดสอบการยอมรับต่อผลิตภัณฑ์ขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา โดยกลุ่มผู้บริโภคเป้าหมาย คือ บุคคลทั่วไป จำนวน 200 คน จากสถานที่ต่างๆ ได้แก่ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กองทัพอากาศดอนเมือง (แผนกกิจการพิเศษขนส่งทหารอากาศ) ห้างบิกซี ซูเปอร์มาร์เก็ต สาขาฟิวเจอร์ปาร์ครังสิต (แผนกเบเกอรี่) และชุมชนคลองประปา โดยใช้วิธีการทดสอบความชอบ พร้อมแบบสอบถามการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค ชุดที่ 5 (แสดงในภาคผนวก จ.) โดยมีข้อมูลดังนี้ ข้อมูลผู้ตอบแบบสอบถาม ข้อมูลของผลิตภัณฑ์ขนมปังกรอบ ข้อมูลด้านการยอมรับของผลิตภัณฑ์ขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา และข้อมูลที่ต้องการให้ปรับปรุงผลิตภัณฑ์ขนมปังกรอบ โดยข้อมูลด้านการยอมรับของผลิตภัณฑ์ มีการทดสอบความชอบ โดยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับจะพิจารณาลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส ความกรอบ และความชอบรวม เมื่อรวบรวมแบบสอบถามทั้งหมด แล้วนำมาประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

## 6. ศึกษาอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา

นำผลิตภัณฑ์ขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา ที่มีการพัฒนาปรับปรุง และมีการยอมรับจากผู้บริโภคแล้ว ในข้อ 5 มาศึกษาอายุการเก็บ โดยบรรจุขนมปังกรอบในถุงพลาสติกโพลิโพรพิลีน (Polypropylene: PP) น้ำหนักบรรจุประมาณ 30 กรัม (บรรจุแยกชั้นในถุงพลาสติกโพลิโพรพิลีนปิดผนึก) บรรจุผลิตภัณฑ์ภายใต้บรรยากาศปกติ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งในระหว่างการเก็บรักษามีการตรวจสอบและวิเคราะห์คุณภาพ ทุกๆ 1 สัปดาห์ เป็นเวลา 2 เดือน

### 6.1 วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

6.1.1 ค่าสี โดยวัดค่าสีในระบบ Hunter Lab แสดงค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ค่าสีแดง ( $a^*$ ) และค่าสีเหลือง ( $b^*$ )

6.1.2 ค่า Water activity

6.1.3 ค่าความแข็ง (Hardness) โดยเครื่อง Texture analyzer ใช้หัวเข็มเบอร์ 2 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของหัวทดสอบ 2 มิลลิเมตร

โดยมีการทดสอบ 3 ซ้ำ ทดสอบทุกๆ 1 สัปดาห์ เป็นเวลา 2 เดือน วิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ แล้วนำเสนอผลการวิเคราะห์ด้วยภาพกราฟเส้น

### 6.2 วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

6.2.1 ทดสอบค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value) โดยมีการทดสอบ 2 ซ้ำ ทุกๆ 1 สัปดาห์ เป็นเวลา 2 เดือน วิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ แล้วนำเสนอผลการวิเคราะห์ด้วยภาพกราฟเส้น

### 6.3 วิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

6.3.1 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (A.O.A.C., 2000)

6.3.2 ปริมาณรา (APHA, 1992)

#### 6.4 ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

โดยการทดสอบทางประสาทสัมผัสในเชิงพรรณนาปริมาณ QDA (Quantitative Descriptive Analysis) ใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 12 คน เสกัลความยาว 150 มิลลิเมตร ใช้แบบทดสอบชุดที่ 6 ดังแสดงในภาคผนวก จ. โดยทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น หิน รสชาติ และความกรอบ ซึ่งทดสอบผลของการเปลี่ยนแปลงในผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษา ที่อุณหภูมิห้อง ทุกๆ 1 สัปดาห์ เป็นระยะเวลา 2 เดือน แต่ทั้งนี้ได้กำหนดคุณภาพของผู้บริโภคหากไม่ยอมรับในผลิตภัณฑ์ หรือมีจำนวนจุลินทรีย์ที่เกินกำหนดตามมาตรฐาน ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมขนมปังกรอบ จะถือเป็นเกณฑ์กำหนดระยะเวลาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ โดยวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ ซึ่งเสนอผลการวิเคราะห์ด้วยภาพกราฟเส้น

#### 6.5 ทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์

โดยใช้ผู้ทดสอบ จำนวน 12 คน ใช้วิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 Point Hedonic Scale) คือ 1 ไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ ถึง 9 ยอมรับผลิตภัณฑ์ โดยใช้แบบทดสอบชุดที่ 7 ดังแสดงในภาคผนวก จ. ตลอดระยะเวลาอายุการเก็บขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา วิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ ซึ่งเสนอผลการวิเคราะห์ด้วยภาพกราฟเส้น

### 7. ศึกษาต้นทุนการผลิตขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา

การศึกษาด้านต้นทุนวัตถุดิบขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา มีการคำนวณทั้งสูตรพื้นฐาน และสูตรมาตรฐานที่มีการยอมรับจากผู้บริโภคแล้ว เนื่องจากได้เพิ่มวัตถุดิบ และปริมาณของวัตถุดิบในระหว่างการพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยการคำนวณต้นทุนวัตถุดิบจะคำนวณจากน้ำหนักส่วนผสมหนึ่งหน่วยบริโภค (30 กรัม)

### สถานที่การทำวิจัย

ห้องปฏิบัติการภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

### ระยะเวลาการทำวิจัย

ตั้งแต่เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2548 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2549

## ผลและวิจารณ์

### 1. คุณภาพวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มเติมเคลือบจากกระดูกปลา

#### 1.1 แป้งข้าวเจ้าหอมนิล

ข้าวเจ้าหอมนิลที่นำมาใช้ในการวิจัย เพื่อทำเป็นแป้งข้าวเจ้าหอมนิล คือ ข้าวเจ้าหอมนิลที่มีขายในท้องตลาด ลักษณะเมล็ดข้าวมีความยาวรี เนื้อแป้งภายในเมล็ดมีสีม่วง ไม่ขัดสีจึงมีเชื้อหุ้มเมล็ดภายนอกสีม่วงเข้ม เมื่อผ่านกรรมวิธีการผลิตเป็นแป้งข้าวเจ้าหอมนิลโดยดัดแปลงวิธีการผลิตของงามชื่น (2541) (ดังภาพผนวกที่ ข2 และ ข3) พบว่า แป้งข้าวเจ้าหอมนิลที่ผลิตจากวิธีการไม่แห้ง คิดเป็นร้อยละ 90 มีส่วนที่สูญเสียไปร้อยละ 10 ของน้ำหนักทั้งหมด และแป้งข้าวเจ้าหอมนิลที่ผลิตจากวิธีการไม่น้ำ คิดเป็นร้อยละ 76.95 มีส่วนที่สูญเสียไป ร้อยละ 23.05 ของน้ำหนักทั้งหมด โดยส่วนที่สูญเสียอาจเกิดระหว่างกรรมวิธีการผลิต เช่น การล้าง การอบด้วยลมร้อน การไม่แป้งเป็นต้น โดยลักษณะของแป้งข้าวเจ้าหอมนิลที่ได้จากการผลิตแบบไม่แห้งมีเนื้อแป้งสีม่วง เป็นผงละเอียด เมื่อสัมผัสจะรู้สึกมือเล็กน้อย ส่วนการผลิตแบบไม่น้ำ ลักษณะเนื้อแป้งสีม่วงอ่อนกว่าแบบไม่แห้ง เป็นผงละเอียด เมื่อสัมผัสจะลื่นไม่ระคายมือ (แสดงในภาคผนวกภาพที่ ข1)

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของแป้งข้าวเจ้าหอมนิลที่มีกรรมวิธีการผลิตแบบไม่แห้ง โดยดัดแปลงจากวิธีการผลิตของงามชื่น (2541) เมื่อเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์แป้งข้าวกัลปังหาคอมะลิ 105 ของสุภารัตน์ และคณะ (2547) แสดงในตารางที่ 8 พบว่า แป้งข้าวเจ้าหอมนิลมีปริมาณความชื้นใกล้เคียงกับแป้งข้าวกัลปังหาคอมะลิ (ร้อยละ 10 และ 10.47) และอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของแป้งข้าวเจ้าที่กำหนดว่าต้องมีความชื้นไม่มากกว่าร้อยละ 13 (สมอ., 2529) มีโปรตีนมากกว่า (ร้อยละ 8.22 และ 7.53) มีไขมันมากกว่า (ร้อยละ 2.32 และ 2.17) มีเถ้ามากกว่า (ร้อยละ 2.30 และ 1.30) เยื่อใยน้อยกว่า (ร้อยละ 0.52 และ 2.50) และปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ใกล้เคียงกัน (ร้อยละ 76.59 และ 76.03) จะเห็นได้ว่า ผลการวิเคราะห์แป้งข้าวเจ้าหอมนิลมีความใกล้เคียงกับแป้งข้าวกัลปังหาคอมะลิ เนื่องจากมีกรรมวิธีการผลิตแบบไม่แห้ง และไม่ผ่านการขัดสีเช่นเดียวกัน สำหรับธาตุเหล็กในแป้งข้าวเจ้าหอมนิลมีปริมาณ 3.81 มิลลิกรัม เมื่อเทียบกับแป้งข้าวกัลปังหาคอมะลิ 105 ของสุภารัตน์ และคณะ (2547) มีธาตุเหล็ก 0.77 มิลลิกรัม พบว่า แป้งข้าวเจ้าหอมนิลมีธาตุเหล็กมากกว่าแป้งข้าวกัลปังหาคอมะลิ คือ มีจำนวนธาตุเหล็กมากกว่า 3.04 มิลลิกรัม ส่วนแป้งข้าวเจ้าหอมนิลสามารถดูด

ชั้นน้ำได้ ร้อยละ 24.20 มิลลิเมตรต่อกรัมน้ำหนักแห้ง และแป้งข้าวเจ้าหอมนิลมีปริมาณอะมิโลสที่ใกล้เคียงกันกับแป้งข้าวกล้อง (ร้อยละ 12 และ 12.21) โดยแป้งข้าวเจ้าหอมนิลมีอะมิโลสปานกลาง (อะมิโลสน้อยกว่าร้อยละ 20) เมื่อหุงสุกจะนุ่มเหนียว และเมื่อผลิตเป็นผลิตภัณฑ์จะได้อัตลักษณ์ที่กรอบร่วน (งามชื่น, 2537) เกิดจากอะมิโลสเมื่ออยู่ในผลิตภัณฑ์จะทำให้เกิดโครงสร้างร่างแหในเม็ดแป้งแข็งแรงขึ้น ทำให้พองตัวได้ต่ำ (วาสิก, 2548) อีกทั้งยังเกิดรีโทรเกรดชันได้ดี

จากผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของแป้งข้าวเจ้าหอมนิล และแป้งข้าวกล้องของสุภารัตน์ และคณะ (2547) ดังแสดงในตารางที่ 8 พบว่า ค่าสีแป้งข้าวเจ้าหอมนิล มีค่าความสว่างปานกลาง ( $L^*$ ) เท่ากับ 56.16 ส่วนแป้งข้าวกล้องมีค่าความสว่างมาก ( $L^*$ ) 89.65 แสดงให้เห็นว่าแป้งข้าวเจ้าหอมนิลมีค่าความสว่างน้อยกว่าแป้งข้าวกล้อง ส่วนค่าสีแดง ( $a^*$ ) แป้งข้าวเจ้าหอมนิล และแป้งข้าวกล้อง เท่ากับ 1.79 และ 0.63 ตามลำดับ แสดงว่า แป้งข้าวเจ้าหอมนิลมีค่าสีแดงมากกว่าส่วนค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) แป้งข้าวเจ้าหอมนิล และแป้งข้าวกล้องมีค่า เท่ากับ 5.83 และ 10.38 ตามลำดับ แสดงว่า แป้งข้าวเจ้าหอมนิลมีค่าสีเหลืองน้อยกว่า ดังนั้น แป้งข้าวเจ้าหอมนิลมีสีที่เข้มกว่าแป้งข้าวกล้อง เนื่องจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลที่ผลิตได้มีสีม่วง ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของข้าวเจ้าหอมนิล ส่วนค่า  $a_w$  แป้งข้าวเจ้าหอมนิล เท่ากับ 0.57 แสดงว่า แป้งข้าวเจ้าหอมนิลมีน้ำที่จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ต่ำ ซึ่งสภาพไม่เหมาะสมต่อการเจริญของยีสต์ รา และจุลินทรีย์ เนื่องจากยีสต์และราสามารถเจริญได้ เมื่อค่า  $a_w$  มากกว่า 0.6 และจุลินทรีย์สามารถเจริญได้ เมื่อค่า  $a_w$  ระหว่าง 0.88-0.96 (ศศิเกษม และพรณี, 2530)

## 1.2 กระดุกปลากระพงแดงผง

กระดุกปลาที่นำมาใช้ในการวิจัยเพื่อทำเป็นกระดุกปลาผง คือ ปลากระพงแดง จากตลาดสดสะพานใหม่ มีลักษณะหัวปลาคิดกับปลายังค้ำปลาแน่น แต่เนื้อปลาออกหมด ไม่มีกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ เมื่อผ่านกรรมวิธีการผลิตกระดุกปลาผง โดยดัดแปลงวิธีการผลิตของวรศรา (2545) แสดงดังภาพผนวกที่ ข4 พบว่า ได้กระดุกปลากระพงแดงผง คิดเป็นร้อยละ 10 มีส่วนที่สูญเสียไปร้อยละ 90 ของน้ำหนักทั้งหมด เนื่องจากขั้นตอนการผลิตกระดุกปลาผง จากการตัดแต่ง การต้มเพื่อแยกกระดุกออกจากเนื้อปลา แช่วาสระลายต่าง การอบ และการบดละเอียด เป็นต้น ซึ่งลักษณะของกระดุกปลาผงที่ผลิตได้ มีสีขาวนวล เป็นผงละเอียด ไม่จับตัวเป็นก้อน มีกลิ่นคาวปลาเล็กน้อย เมื่อสัมผัสจะรู้สึกกระคายมือ (ภาคผนวกภาพที่ ข1)

ผลจากการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของกระดุกปลากระพงแดงผึ่ง โดยดัดแปลงวิธีการผลิตของวรวิศรา (2545) เมื่อเทียบกับกระดุกปลากระพงแดงผึ่งของวรวิศรา (2545) แสดงในตารางที่ 9 พบว่า กระดุกปลาผึ่งที่ผลิตได้ มีปริมาณความชื้นน้อยกว่ากระดุกปลาผึ่งของวรวิศรา (ร้อยละ 4 และ 28.60) ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานของปลาแห้งป่น ที่กำหนดความชื้นไว้ ไม่เกินร้อยละ 8 (สมอ., 2530) มีโปรตีนมากกว่า (ร้อยละ 25.97 และ 20.50) มีไขมันน้อยกว่า (ร้อยละ 1.45 และ 5.78) มีเถ้ามากกว่า (ร้อยละ 60.09 และ 44.80) และคาร์โบไฮเดรตมากกว่า (ร้อยละ 8.49 และ 0.32) จะเห็นได้ว่า ผลการวิเคราะห์กระดุกปลากระพงแดงผึ่งที่ผลิตได้ มีความแตกต่างกันกับกระดุกปลากระพงแดงผึ่งของวรวิศรา (2545) เนื่องจากมีกรรมวิธีในการผลิตที่ต่างกัน โดยกรรมวิธีของวรวิศราจะใช้กรดอะซิติกในการผลิตร่วมกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งกรดมีผลทำให้เกลือแคลเซียม โปรตีน และสารอาหารอื่นๆ ละลายออกมา จึงทำให้ปริมาณสารอาหารลดลง ส่วนกระดุกปลาผึ่งที่ผลิตได้ มีแคลเซียม 338.40 มิลลิกรัมจากน้ำหนัก 100 กรัม ซึ่งมากกว่ากุ้งแห้ง (ทะเล) มีแคลเซียม 236 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม (สิริพันธุ์, 2547) ดังนั้นในกระดุกปลากระพงแดงผึ่งของผู้วิจัยจึงมีปริมาณแคลเซียมที่สูงกว่า

จากผลการวิเคราะห์ทางกายภาพของกระดุกปลากระพงแดงผึ่ง แสดงในตารางที่ 9 พบว่า ค่าสีมีค่าความสว่าง ( $L^*$ ) เท่ากับ 83.49 ค่าสีเขียว ( $a^*$ ) เท่ากับ -1.72 และค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) เท่ากับ 12.47 แสดงว่า มีค่าความสว่างมาก ค่าสีเขียวน้อย และค่าสีเหลืองมาก ดังนั้น ลักษณะสีของกระดุกปลาผึ่งที่ผลิตได้ มีสีขาวนวล ส่วนค่า  $a_w$  เท่ากับ 0.349 แสดงว่า กระดุกปลาผึ่ง มีน้ำที่จุลินทรีย์นำไปใช้ประโยชน์ได้ต่ำ ไม่เหมาะต่อการเจริญของยีสต์ รา และจุลินทรีย์ เนื่องจากยีสต์ และราสามารถเจริญได้ เมื่อค่า  $a_w$  มากกว่า 0.6 และจุลินทรีย์สามารถเจริญได้ เมื่อค่า  $a_w$  ระหว่าง 0.88-0.96 (ศศิเกษม และพรณี, 2530)

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี และทางกายภาพของแป้งข้าวเจ้าหอมนิลแบบโม้แห้ง โดยเปรียบเทียบกับแป้งข้าวก้องดกมะลิ 105

| การวิเคราะห์คุณภาพ                            | ร้อยละน้ำหนักแห้ง               |                                     |
|-----------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|
|                                               | แป้งข้าวเจ้าหอมนิล <sup>1</sup> | แป้งข้าวก้องดกมะลิ 105 <sup>2</sup> |
| 1. ทางเคมี                                    |                                 |                                     |
| ความชื้น (กรัม)                               | 10                              | 10.47                               |
| โปรตีน (กรัม)                                 | 8.22                            | 7.53                                |
| ไขมัน (กรัม)                                  | 2.32                            | 2.17                                |
| เถ้า (กรัม)                                   | 2.30                            | 1.30                                |
| เยื่อใย (กรัม)                                | 0.57                            | 2.50                                |
| คาร์โบไฮเดรต <sup>3</sup> (กรัม)              | 76.59                           | 76.03                               |
| ธาตุเหล็ก (มิลลิกรัม)                         | 3.81 <sup>5</sup>               | 0.77                                |
| การดูดซับน้ำ<br>(มิลลิลิตรต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) | 24.20 <sup>5</sup>              | -                                   |
| อะไมโลส                                       | 12 <sup>4</sup>                 | 12.21                               |
| 2. ทางกายภาพ                                  |                                 |                                     |
| ค่าสี                                         |                                 |                                     |
| ค่าความสว่าง (L*)                             | 56.16                           | 89.65                               |
| ค่าสีแดง (a*)                                 | 1.79                            | 0.63                                |
| ค่าสีเหลือง (b*)                              | 5.83                            | 10.38                               |
| ค่า a <sub>w</sub>                            | 0.570                           | -                                   |

หมายเหตุ: (¹) ตัวเลขที่รายงานเป็นค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ ของจุ่มาส

(²) ตัวเลขที่รายงานเป็นค่าเฉลี่ยของ สุภารัตน์ และคณะ (2547)

(³) ตัวเลขที่รายงานได้จากการคำนวณ 100 ลบด้วยค่าความชื้นรวมโปรตีนรวม  
ไขมันรวมเยื่อใยรวมเถ้า

(⁴) อ้างอิงจากสินิไรซ์ (2547)

(⁵) ตัวเลขที่รายงานการวิเคราะห์หามาจากสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร

**ตารางที่ 9** ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี และทางกายภาพของกระดุกปลากระพงแดงผง โดยเปรียบเทียบกับกระดุกปลากระพงแดงผงของวริศรา (2545)

| การวิเคราะห์คุณภาพ               | ร้อยละน้ำหนักแห้ง                |                                  |
|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
|                                  | กระดุกปลากระพงแดงผง <sup>1</sup> | กระดุกปลากระพงแดงผง <sup>2</sup> |
| <b>1. ทางเคมี</b>                |                                  |                                  |
| ความชื้น (กรัม)                  | 4                                | 28.60                            |
| โปรตีน (กรัม)                    | 25.97                            | 20.50                            |
| ไขมัน (กรัม)                     | 1.45                             | 5.78                             |
| เถ้า (กรัม)                      | 60.09                            | 44.80                            |
| เยื่อใย (กรัม)                   | -                                | -                                |
| คาร์โบไฮเดรต <sup>3</sup> (กรัม) | 8.49                             | 0.32                             |
| แคลเซียม (มิลลิกรัม)             | 338.40 <sup>4</sup>              | -                                |
| <b>2. ทางกายภาพ</b>              |                                  |                                  |
| ค่าสี                            |                                  |                                  |
| ค่าความสว่าง (L*)                | 83.45                            | -                                |
| ค่าสีเขียว (-a*)                 | -1.72                            | -                                |
| ค่าสีเหลือง (b*)                 | 12.47                            | -                                |
| ค่า a <sub>w</sub>               | 0.349                            | -                                |

หมายเหตุ: (¹) ตัวเลขที่รายงานเป็นค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ ของจูริมาศ

(²) ตัวเลขที่รายงานเป็นค่าเฉลี่ยของ วริศรา (2545)

(³) ตัวเลขที่รายงานได้จากการคำนวณ 100 ลบด้วยค่าความชื้นรวมโปรตีนรวมไขมันรวมเยื่อใยรวมเถ้า

(⁴) ตัวเลขที่รายงานการวิเคราะห์หามาจากฝ่ายปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์  
ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร

## 2. ผลการศึกษาการพัฒนาสูตรขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา

### 2.1 ผลการคัดเลือกสูตรพื้นฐานในการผลิตขนมปังกรอบ

#### 2.1.1 ผลการคัดเลือกสูตรที่เหมาะสม เพื่อใช้เป็นสูตรพื้นฐานของขนมปังกรอบ

เมื่อทดลองผลิตขนมปังกรอบทั้ง 3 สูตร ที่มีวัตถุดิบแตกต่างกันเป็นส่วนผสม ได้แก่ แป้งสาลี ไขมัน น้ำมัน นมผง และนมสด เป็นต้น มีผลต่อลักษณะของขนมปังกรอบ ดังตารางที่ 10 มีสัดส่วนของส่วนผสมที่คิดเป็นร้อยละของน้ำหนักแป้ง ดังตารางผนวกที่ ก1 ได้ผลดังต่อไปนี้

- ลักษณะปรากฏขนมปังกรอบ พบว่า สูตร 1 สูตร 2 และสูตร 3 มีความพองกรอบ ผิวหน้าไม่เรียบเช่นเดียวกันทั้ง 3 สูตร เนื่องจากใช้ยีสต์เป็นสิ่งที่ช่วยให้ขนมปังกรอบขึ้นฟูจากการสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ประกอบกับแป้งสาลีที่มีโปรตีน คือ กลูเตน ทำหน้าที่อุ้มน้ำไว้ในก้อนโด ทำให้เกิดการขยายตัวเกิดโครงสร้าง เมื่ออบขนมปังกรอบจะมีความโปร่งเบา เนื้อเป็นรูอากาศ เกิดความพองกรอบ (จิตรนา และอรอนงค์, 2541) และมีผิวหน้าไม่เรียบ ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของขนมปังกรอบ

- สีของขนมปังกรอบ พบว่า สูตร 1 สูตร 2 และสูตร 3 มีสีเหลืองทองเช่นเดียวกันทั้ง 3 สูตร เกิดจากปฏิกิริยาของความร้อนกับน้ำตาล แป้ง และสารประกอบอื่นๆ บนผิวนอกของโดจึงทำให้เกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ (จิตรนา และอรอนงค์, 2541) ดังนั้นในขนมปังกรอบมีส่วนผสมของน้ำตาล นมผง และนมสด ซึ่งมีน้ำตาลเป็นส่วนประกอบอยู่ในรูปโมเลกุลเชิงเดี่ยว ได้แก่ กลูโคส แลคโทส เมื่อความร้อนทำปฏิกิริยากับน้ำตาลในขนมปังกรอบ จึงทำให้เกิดสีน้ำตาลของเปลือกขนมปังกรอบ

- กลิ่นของขนมปังกรอบ พบว่า สูตร 1 สูตร 2 และสูตร 3 มีกลิ่นหอมเช่นเดียวกันทั้ง 3 สูตร เนื่องจากมีส่วนผสมของน้ำมันพืช และไขมัน (เนยสด) เนยสดช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นรสที่ดีขึ้น (จิตรนา และอรอนงค์, 2541)

- รสชาติของขนมปังกรอบ พบว่า สูตร 1 สูตร 2 และสูตร 3 มีรสชาติกลมกล่อม หวานเค็มพอดีทั้ง 3 สูตร เนื่องจากในขนมปังกรอบมีส่วนผสมของน้ำตาลร้อยละ 1.8 2.5 และ 2.5

ตามลำดับ ส่วนเกลือร้อยละ 1.8 1.26 และ 1.5 ตามลำดับ ซึ่งน้ำตาลและเกลือมีสัดส่วนที่เหมาะสมในแต่ละสูตร จึงทำให้ขนมปังกรอบมีรสหวานและเค็มพอดี

- เนื้อสัมผัส (ความกรอบ) พบว่า สูตร 1 มีความกรอบแข็ง สูตร 2 มีความกรอบร่วน แตกหักง่าย และสูตร 3 มีความกรอบค่อนข้างแข็ง การที่สูตร 1 มีความกรอบแข็งเนื่องจากมีปริมาณน้ำมันในส่วนผสมน้อย คือ ร้อยละ 6.8 ซึ่งน้อยกว่าเมื่อเทียบกับสูตรที่ใช้ไขมันในสูตร 2 และสูตร 3 ที่มีสัดส่วนของส่วนผสม (เนยสด) ร้อยละ 15 และ 12 ตามลำดับ อีกทั้งสูตร 1 ใช้แป้งขนมปังที่มีโปรตีนสูง ในสัดส่วนร้อยละ 100 จึงทำให้โครงสร้างของโดมีความแข็งแรงมากขึ้น เมื่อผลิตเป็นขนมปังกรอบจึงมีเนื้อสัมผัสที่แน่นแข็ง ส่วนสูตรที่ 3 มีความกรอบค่อนข้างแข็งเนื่องจาก ใช้แป้งสาลีที่มีโปรตีนต่ำถึงปานกลาง คือ แป้งเค้ก และแป้งสาลีเอนกประสงค์ มีสัดส่วนร้อยละ 40 และ 60 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า กลูเตนในแป้งสาลี สามารถอุ้มก๊าซที่เกิดขึ้นในระหว่างการหมักได้ต่ำ (จิตรนา และอรอนงค์, 2541) ดังนั้นการขยายตัวของโดทำได้จำกัด จึงได้สารเสริมคุณภาพแป้งสาลี เพื่อช่วยให้ขนมปังกรอบมีปริมาตร และเนื้อสัมผัสที่ดีขึ้น แต่ทั้งนี้สูตร 3 ก็ยังมีความกรอบค่อนข้างแข็งมากกว่าสูตร 2

#### ตารางที่ 10 คุณลักษณะของขนมปังกรอบทั้ง 3 สูตร

| ลักษณะ<br>ของผลิตภัณฑ์    | สูตร 1          | สูตร 2             | สูตร 3           |
|---------------------------|-----------------|--------------------|------------------|
| ลักษณะปรากฏ               | พองกรอบ         | พองกรอบ            | พองกรอบ          |
|                           | ผิวหน้าไม่เรียบ | ผิวหน้าไม่เรียบ    | ผิวหน้าไม่เรียบ  |
| สี                        | สีเหลืองทอง     | สีเหลืองทอง        | สีเหลืองทอง      |
| กลิ่น                     | กลิ่นหอม        | กลิ่นหอม           | กลิ่นหอม         |
| รสชาติ                    | รสชาติกลมกล่อม  | รสชาติกลมกล่อม     | รสชาติกลมกล่อม   |
|                           | หวาน เค็มพอดี   | หวาน เค็มพอดี      | หวาน เค็มพอดี    |
| เนื้อสัมผัส<br>(ความกรอบ) | กรอบแข็ง        | กรอบร่วนแตกหักง่าย | กรอบค่อนข้างแข็ง |

### 2.1.2 ผลการตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมปังกรอบ 3 สูตร

เมื่อนำขนมปังกรอบที่ได้รับการคัดเลือกทั้ง 3 สูตร ซึ่งเป็นขนมปังกรอบประเภทครีมแครกเกอร์ หมักโดด้วยยีสต์ โดยมีกรรมวิธีการผลิตแสดงในภาคผนวก ก. ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยผู้ชิมจำนวน 30 คน ชิมตัวอย่างที่นำเสนอ 3 ตัวอย่าง และให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 Point Hedonic Scale) คือ 1 = ไม่ชอบมากที่สุด ถึง 9 = ชอบมากที่สุด ในลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมปังกรอบทั้ง 3 สูตร ปรากฏลักษณะด้านต่างๆ ดังต่อไปนี้ (ตารางที่ 11 และตารางผนวกที่ จ1)

- ลักษณะปรากฏของขนมปังกรอบ สูตร 1 2 และ 3 มีคะแนนความชอบเฉลี่ยอยู่ในช่วงเฉยๆถึงชอบเล็กน้อย เท่ากับ 6.77 6.30 และ 5.97 ตามลำดับ โดยขนมปังกรอบสูตร 1 มีคะแนนความชอบเฉลี่ยลักษณะปรากฏสูงสุด รองลงมาคือ สูตร 2 และเมื่อทดสอบความแตกต่างพบว่า ขนมปังกรอบทั้ง 3 สูตร ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เนื่องจากขนมปังกรอบใช้ยีสต์เป็นสิ่งที่ช่วยให้ขึ้นฟู ประกอบกับโปรตีนในแป้งสาลี อุ้มก๊าซไว้ในก้อนโด ทำให้เกิดการขยายตัว เมื่ออบขนมปังกรอบ มีความโปร่งเบา เนื้อในเป็นรูอากาศ และเกิดความพองกรอบ (จิตธนา และอรอนงค์, 2541)

- สีของขนมปังกรอบ สูตร 1 2 และ 3 มีคะแนนความชอบเฉลี่ยอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อย คือ 6.60 6.47 และ 6.20 ตามลำดับ โดยขนมปังกรอบสูตร 1 มีคะแนนความชอบเฉลี่ยด้านสีสูงสุด รองลงมาคือ สูตร 2 และเมื่อทดสอบความแตกต่าง พบว่า ขนมปังกรอบทั้ง 3 สูตร ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เนื่องจากในขนมปังกรอบมีส่วนผสมของน้ำตาล นม และนมสด เมื่อทำปฏิกิริยากับความร้อน จึงทำให้เกิดสีน้ำตาลของเปลือกขนมปังกรอบ (จิตธนา และอรอนงค์, 2541)

- กลิ่นของขนมปังกรอบ สูตร 1 2 และ 3 มีคะแนนความชอบเฉลี่ยอยู่ในช่วงเฉยๆถึงชอบเล็กน้อย คือ 5.93 6.60 และ 6.13 ตามลำดับ โดยขนมปังกรอบสูตร 2 มีคะแนนความชอบเฉลี่ยกลิ่นสูงสุด รองลงมา คือ สูตร 3 และเมื่อทดสอบความแตกต่าง พบว่า ขนมปังกรอบทั้ง 3 สูตร ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

- รสชาติของขนมปังกรอบ สูตร 1 2 และ 3 มีคะแนนความชอบเฉลี่ยอยู่ในช่วง  
เลขๆ ถึงชอบเล็กน้อย คือ 6.10 6.73 และ 5.80 ตามลำดับ โดยขนมปังกรอบสูตร 2 มีคะแนน  
ความชอบเฉลี่ยรสชาติสูงสุด รองลงมาคือ สูตร 1 และเมื่อทดสอบความแตกต่าง พบว่า ขนมปัง  
กรอบทั้ง 3 สูตร ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เนื่องจากมี  
ส่วนผสมของน้ำตาลทรายและเกลือ ที่ให้รสหวานและเค็มในขนมปังกรอบเช่นเดียวกัน

- เนื้อสัมผัสขนมปังกรอบ สูตร 1 2 และ 3 มีคะแนนความชอบเฉลี่ยอยู่ในช่วง  
เลขๆ ถึงชอบปานกลาง คือ 6.00 7.03 และ 5.73 ตามลำดับ โดยขนมปังกรอบสูตร 2 มีคะแนน  
ความชอบเฉลี่ยเนื้อสัมผัสสูงสุด รองลงมา คือ สูตร 1 และเมื่อทดสอบความแตกต่าง พบว่า ขนมปัง  
กรอบสูตร 2 แตกต่างจากสูตร 1 และสูตร 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95  
เนื่องจากสัดส่วนของไขมันในแต่ละสูตร มีปริมาณที่ต่างกัน โดยสูตร 2 ใช้ไขมันมากที่สุด ทำให้  
เนื้อสัมผัสกรอบร่วนไม่แน่นแข็ง ประกอบกับทั้ง 3 สูตรใช้แป้งสาลีมีชนิด และปริมาณที่ต่างกัน จึง  
ทำให้เนื้อสัมผัสของขนมปังกรอบที่ได้แตกต่างกันในแต่ละสูตร

- ความชอบรวมขนมปังกรอบ สูตร 1 2 และ 3 มีคะแนนความชอบเฉลี่ยอยู่  
ในช่วงเลขๆ ถึงชอบปานกลาง คือ 6.17 7.00 และ 5.87 ตามลำดับ โดยขนมปังกรอบสูตร 2 มี  
คะแนนความชอบเฉลี่ยความชอบรวมสูงสุด รองลงมาคือ สูตร 1 และเมื่อทดสอบความแตกต่าง  
พบว่า ขนมปังกรอบสูตร 2 แตกต่างจากสูตร 1 และสูตร 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความ  
เชื่อมั่นร้อยละ 95

ดังนั้นในการศึกษาขั้นต่อไป จึงได้เลือกขนมปังกรอบสูตร 2 เป็นสูตรพื้นฐานใน  
การทดลองผลิตขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลาต่อไป (แสดงดัง  
ตารางที่ 12) เนื่องจากมีคะแนนความชอบเฉลี่ยจากการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสสูงสุด อีกทั้ง  
ขนมปังกรอบสูตร 2 มีลักษณะของความพองกรอบ มีสีเหลืองทอง มีกลิ่นหอมของเนย รสชาติกลม  
กล่อม หวานเค็มพอดี และมีความกรอบร่วนแตกหักง่าย

ตารางที่ 11 ผลการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสของขนมปังกรอบทั้ง 3 สูตร

| ลักษณะ<br>ทางประสาทสัมผัส | สูตร 1                 | สูตร 2                 | สูตร 3                 |
|---------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| ลักษณะปรากฏ <sup>ns</sup> | 6.77±1.64              | 6.30±1.57              | 5.97±1.49              |
| สี <sup>ns</sup>          | 6.60±1.47              | 6.47±1.27              | 6.20±1.42              |
| กลิ่น <sup>ns</sup>       | 5.93±1.14              | 6.60±1.2               | 6.13±1.45              |
| รสชาติ <sup>ns</sup>      | 6.10±1.82              | 6.73±1.28              | 5.80±1.73              |
| เนื้อสัมผัส               | 6.00±1.96 <sup>b</sup> | 7.03±0.99 <sup>a</sup> | 5.73±1.83 <sup>b</sup> |
| ความชอบรวม                | 6.17±1.80 <sup>b</sup> | 7.00±0.90 <sup>a</sup> | 5.87±1.63 <sup>b</sup> |

หมายเหตุ: - ค่าเฉลี่ยที่ตัวอักษรแตกต่างกันในแนวนอน หมายถึง ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

- ns หมายถึง ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 12 ส่วนผสมของขนมปังกรอบสูตรพื้นฐานที่ได้รับการคัดเลือก

| ส่วนผสม           | ปริมาณ (กรัม) | ร้อยละ (น้ำหนักแป้งสาลี) |
|-------------------|---------------|--------------------------|
| แป้งสาลี (เค้ก)   | 50            | 25                       |
| แป้งสาลี (ขนมปัง) | 150           | 75                       |
| ยีสต์             | 3             | 1.5                      |
| หางนมผง           | 2             | 1                        |
| น้ำตาลทรายขาว     | 5             | 2.5                      |
| เกลือป่น          | 2             | 1                        |
| น้ำสะอาด          | 60            | 30                       |
| เนยสด             | 30            | 15                       |

หมายเหตุ: เป็นส่วนผสมและปริมาณของขนมปังกรอบสูตร 2

## 2.2 ผลการศึกษาปริมาณน้ำในการผลิตขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิล

เพื่อให้ทราบปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการผลิตขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิล ซึ่งปริมาณน้ำช่วยให้สสารเปลี่ยนสภาพจากแป้งดิบให้เป็นแป้งสุก (galatinize) หากมีปริมาณน้ำน้อยกว่าร้อยละ 30 แป้งที่ได้จะไม่เปลี่ยนสภาพเป็นแป้งสุกเมื่อได้รับความร้อน (Collison and Chilton, 1974) ดังนั้นจึงศึกษาจากปริมาณแป้งข้าวเจ้าหอมนิล 4 ระดับ คือ ร้อยละ 10 20 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้งทั้งหมด โดยมีอัตราส่วนปริมาณแป้งข้าวเจ้าหอมนิลต่อปริมาณแป้งสาลี คือ 10:90 20:80 30:70 และ 40:60 ตามลำดับ ผสมในสูตรที่ผ่านการคัดเลือกแล้ว เมื่อทำการทดลองพบว่า ส่วนผสมขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิล ไม่สามารถขึ้นรูปได้ เมื่อปริมาณแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ส่วนผสมที่ได้แห้ง่วนไม่รวมตัวกันเป็นก้อนโด เนื่องจากการดูดน้ำของแป้งเพิ่มขึ้น เพื่อให้เกิดความสมดุลระหว่างความชื้นภายในเมืงแป้ง จึงปรับปริมาณน้ำให้เหมาะสม โดยเพิ่มสัดส่วนปริมาณน้ำในการทดลองไม่น้อยกว่าร้อยละ 30 เพื่อส่วนผสมสามารถรวมตัวเป็นก้อนโด เรียบเนียนไม่ติดอ่างผสม ก้อนแป้งมีความนุ่ม ยืดหยุ่น สามารถดึงเป็นแผ่นบางใส แสงผ่านได้ ไม่เหนียวติดมือ และไม่ขาดออกจากกัน ซึ่งเป็นลักษณะของก้อนโดที่ผสมเข้ากันดีแล้ว อีกทั้งปริมาณน้ำยังช่วยให้แป้งสุก (จิตรนา และอรอนงค์, 2541)

การคำนวณปรับปริมาณน้ำได้แสดงไว้ในตารางผนวกที่ ง1 และปริมาณน้ำที่ใช้แสดงในตารางที่ 13 พบว่า แป้งข้าวเจ้าหอมนิล ร้อยละ 10 20 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้งทั้งหมด สามารถดูดซับน้ำได้ 18.73 19.45 20.17 และ 20.90 มิลลิลิตร ตามลำดับ โดยปริมาณน้ำที่ใช้มากกว่าร้อยละ 30 ซึ่งปริมาณน้ำและส่วนผสมของขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลทั้ง 4 ระดับ แสดงในตารางผนวกที่ ง2

ตารางที่ 13 ปริมาณน้ำที่ใช้ในขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิล

| แป้งข้าวเจ้าหอมนิลต่อแป้งสาลี<br>(ร้อยละ) | ปริมาณการดูดซับน้ำ<br>(มิลลิลิตร) | ปริมาณน้ำที่ใช้ <sup>1</sup><br>(กรัม) | ปริมาณน้ำที่ใช้<br>(ร้อยละ) |
|-------------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------|
| 10:90                                     | 18.73                             | 78.73 (79)                             | 39.50                       |
| 20:80                                     | 19.45                             | 79.45 (79)                             | 39.50                       |
| 30:70                                     | 20.17                             | 80.17 (80)                             | 40                          |
| 40:60                                     | 20.90                             | 80.90 (81)                             | 40.50                       |

หมายเหตุ: (¹) ปริมาณน้ำที่ได้จากปริมาณน้ำในสูตรขนมปังกรอบที่ผ่านการคัดเลือก (60 กรัม)  
 บวกปริมาณการดูดซับน้ำของแป้งข้าวเจ้าหอมนิลในแต่ละปริมาณ  
 (...) ตัวเลขในวงเล็บ คือ ปริมาณน้ำที่ใช้จริงในการทดลอง

## 2.3 ปริมาณแป้งข้าวเจ้าหอมนิลในการผลิตขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิล

เพื่อศึกษาปริมาณแป้งข้าวเจ้าหอมนิลในขนมปังกรอบ โดยนำแป้งข้าวเจ้าหอมนิลทดแทนในแป้งสาลี มีปริมาณร้อยละ 10 20 30 และ 40 ต่อปริมาณน้ำหนักแป้งสาลีทั้งหมด โดยทดสอบทางประสาทสัมผัสให้ผู้ทดสอบ จำนวน 30 คน ชิมตัวอย่างที่นำเสนอ 4 ตัวอย่าง ให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 Point Hedonic scale) ทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม โดยได้ทำการทดลองทั้งแป้งที่ผลิตแบบโม่แห้ง และผลิตแบบโมน้ำ

### 2.3.1 ปริมาณแป้งข้าวเจ้าหอมนิลที่มีกรรมวิธีการผลิตแบบโม่แห้งในการผลิตขนมปังกรอบ

ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิล (วิธีการโม่แห้ง) ร้อยละ 10 20 30 และ 40 มีลักษณะต่างๆ ดังต่อไปนี้ (ตารางที่ 14 ตารางที่ 15 และตารางผนวกที่ ๓2)

- ลักษณะปรากฏ (ความพองกรอบ) พบว่า ขนมปังกรอบที่มีปริมาณแป้งข้าวเจ้าหอมนิล ร้อยละ 10 และ 20 มีลักษณะของความพองกรอบ ผิวหน้าไม่เรียบ ส่วนร้อยละ 30 และ 40 มีลักษณะความพองกรอบน้อย ผิวหน้าไม่เรียบ โดยมีคะแนนความชอบเฉลี่ยอยู่ในช่วงขอบปานกลางถึงเฉยๆ คือ 7.00 6.43 5.80 และ 5.13 ตามลำดับ ซึ่งขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิล ร้อยละ 10 มีคะแนนความชอบเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือ ร้อยละ 20 และเมื่อทดสอบความแตกต่าง พบว่า ขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิล ร้อยละ 30 และ 40 มีความแตกต่างจากร้อยละ 10 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แสดงว่า ปริมาณแป้งข้าวเจ้าหอมนิลที่เพิ่มขึ้น ผลคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ (ความพองกรอบ) ลดลงตามลำดับ เนื่องจากปริมาณโปรตีนในแป้งสาลีลดลง ความสามารถในการกักเก็บอากาศต่ำ เมื่ออบขนมปังกรอบจึงมีความพองกรอบน้อย

- ความชอบด้านสี พบว่า ปริมาณแป้งข้าวเจ้าหอมนิล ร้อยละ 10 มีสีน้ำตาลอ่อน ร้อยละ 20 สีน้ำตาลค่อนข้างอ่อน ร้อยละ 30 สีน้ำตาลค่อนข้างเข้ม และร้อยละ 40 มีสีน้ำตาลเข้ม ซึ่งปริมาณแป้งข้าวเจ้าหอมนิลทั้ง 4 ระดับ มีคะแนนความชอบเฉลี่ยอยู่ในช่วงขอบเล็กน้อยถึงเฉยๆ คือ 6.90 6.27 5.87 และ 5.20 ตามลำดับ โดยขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิล ร้อยละ 10 มีคะแนนความชอบเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือ ร้อยละ 20 และเมื่อทดสอบความแตกต่าง พบว่า ขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิล ร้อยละ 20 ไม่แตกต่างจากร้อยละ 10 และร้อยละ 30 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิล ร้อยละ 30 และ 40 มีความแตกต่างจากร้อยละ 10 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แสดงว่า เมื่อปริมาณแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มขึ้นระดับความชอบด้านสีลดลงตามลำดับ เนื่องจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลมีสีม่วง จึงทำให้ขนมปังกรอบมีสีเข้ม

- ความชอบด้านกลิ่น พบว่า ปริมาณแป้งข้าวเจ้าหอมนิล ร้อยละ 10 20 30 และ 40 มีกลิ่นหอมของเนยเช่นเดียวกัน โดยมีคะแนนความชอบเฉลี่ยอยู่ในช่วงเฉยๆ คือ 5.97 5.77 5.73 และ 5.30 ตามลำดับ โดยขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิล ร้อยละ 10 มีคะแนนความชอบเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาคือ ร้อยละ 20 เมื่อทดสอบความแตกต่าง พบว่า ขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลทั้ง 4 ระดับ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แสดงว่า เมื่อปริมาณแป้งข้าวเจ้าหอมนิล เพิ่มขึ้นจะไม่มีผลต่อลักษณะด้านกลิ่น

- ความชอบด้านรสชาติ พบว่า ปริมาณแป้งข้าวเจ้าหอมนิล ร้อยละ 10 20 30 และ 40 มีรสชาติกลมกล่อม หวานเค็มพอดี โดยมีคะแนนความชอบเฉลี่ยอยู่ในช่วงเลขๆ คือ 5.83 5.67 5.73 และ 5.40 ตามลำดับ ซึ่งขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิล ร้อยละ 10 มีคะแนนความชอบเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมา คือ ร้อยละ 30 เมื่อทดสอบความแตกต่าง พบว่า ขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลทั้ง 4 ระดับ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แสดงว่าเมื่อปริมาณแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มขึ้นจะไม่มีผลต่อลักษณะด้านรสชาติ

- เนื้อสัมผัส (ความกรอบ) พบว่า ปริมาณแป้งข้าวเจ้าหอมนิล ร้อยละ 10 มีความกรอบร่วน ส่วนร้อยละ 20 30 และ 40 มีความกรอบร่วน แต่ค่อนข้างแข็งเล็กน้อย โดยมีคะแนนความชอบเฉลี่ยในช่วงชอบเล็กน้อย คือ 6.17 6.40 6.40 และ 6.33 ตามลำดับ ซึ่งขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิล ร้อยละ 20 และ 30 มีคะแนนความชอบเฉลี่ยสูงสุด และเมื่อทดสอบความแตกต่าง พบว่า ขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลทั้ง 4 ระดับ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แสดงว่าเมื่อปริมาณแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มขึ้นจะไม่มีผลต่อลักษณะด้านเนื้อสัมผัส

- ความชอบรวม พบว่า ปริมาณแป้งข้าวเจ้าหอมนิล ร้อยละ 10 20 30 และ 40 มีคะแนนความชอบเฉลี่ยในช่วงชอบเล็กน้อยถึงเลขๆ คือ 6.37 6.27 5.97 และ 5.43 ตามลำดับ โดยขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิล ร้อยละ 10 มีคะแนนความชอบเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือ ร้อยละ 20 เมื่อทดสอบความแตกต่าง พบว่า แป้งข้าวเจ้าหอมนิล ร้อยละ 10 20 และ 30 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เนื่องจากลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบอยู่ในช่วงยอมรับได้

จากผลการวิเคราะห์ลักษณะทางประสาทสัมผัส พบว่า ขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิล ร้อยละ 10 มีคะแนนความชอบเฉลี่ยดีที่สุด แต่ไม่แตกต่างจากปริมาณแป้งข้าวเจ้าหอมนิล ร้อยละ 20 ในลักษณะทางประสาทสัมผัสทุกๆ ด้าน อีกทั้งต้องการทดแทนปริมาณแป้งข้าวเจ้าหอมนิลให้ได้มากที่สุด ดังนั้นจึงเลือกปริมาณแป้งข้าวเจ้าหอมนิลร้อยละ 20 จากวิธีการ ไม่แห้ง ทำการศึกษาต่อไป (แสดงส่วนผสมและปริมาณดังตารางผนวกที่ 2)

เมื่อทดลองใช้ปริมาณแป้งข้าวเจ้าหอมนิลในปริมาณที่สูงขึ้น คือ ร้อยละ 50 60 และ 70 ของน้ำหนักแป้งทั้งหมด พบว่า มีผลทำให้ตัวผลิตภัณฑ์ระหว่างการผลิต มีลักษณะของแป้งโดนุ่ม ไม่อยู่ตัว การขยายตัวของแป้งน้อย มีโพรงอากาศขนาดใหญ่ เนื่องมาจากแป้งข้าวมีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบมากกว่าแป้งสาลีจึงดูดน้ำได้ดี เพราะมีคุณสมบัติชอบน้ำ (อุศมา, 2545) อีกทั้งแป้งสาลีมีปริมาณอัตราส่วนน้อยกว่าแป้งข้าวเจ้า จึงทำให้แป้งโดนุ่ม ไม่อยู่ตัวเนื่องจากมีปริมาณกลูเตนต่ำ เพราะกลูเตนในแป้งสาลีช่วยกักเก็บอากาศ ทำให้เกิดโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ และทำให้ผลิตภัณฑ์คงรูปได้เมื่ออบแล้ว (จิตรนา และอรอนงค์, 2541) ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสในด้านของสี จะมีสีน้ำตาลเข้มออกดำ รสชาติฝืด มีกลิ่นแป้งข้าวมาก เนื้อสัมผัสแข็งมาก และไม่มี ความพองกรอบ จากที่ได้กล่าวมาข้างต้นจึงทำให้ไม่มีผลการทดลองให้ผู้ทดสอบชิม

ตารางที่ 14 ลักษณะของขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิล ที่ศึกษาปริมาณแป้งโม้แห้ง

| ลักษณะ<br>ของผลิตภัณฑ์    | ปริมาณแป้งข้าวเจ้าหอมนิล (ร้อยละ) |                 |                 |                 |
|---------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                           | 10                                | 20              | 30              | 40              |
| ลักษณะปรากฏ               | พองกรอบ                           | พองกรอบ         | พองกรอบน้อย     | พองกรอบน้อย     |
| สี                        | ผิวหน้าไม่เรียบ                   | ผิวหน้าไม่เรียบ | ผิวหน้าไม่เรียบ | ผิวหน้าไม่เรียบ |
|                           | สีน้ำตาลอ่อน                      | สีน้ำตาล        | สีน้ำตาล        | สีน้ำตาลเข้ม    |
|                           |                                   | ค่อนข้างอ่อน    | ค่อนข้างเข้ม    |                 |
| กลิ่น                     | กลิ่นหอมเนย                       | กลิ่นหอมเนย     | กลิ่นหอมเนย     | กลิ่นหอมเนย     |
| รสชาติ                    | กลมกล่อม                          | กลมกล่อม        | กลมกล่อม        | กลมกล่อม        |
| เนื้อสัมผัส<br>(ความกรอบ) | หวานเค็มพอดี                      | หวานเค็มพอดี    | หวานเค็มพอดี    | หวานเค็มพอดี    |
|                           | กรอบร่วน                          | กรอบร่วน        | กรอบร่วน        | กรอบร่วน        |
|                           | แตกหักง่าย                        | แตกหักง่าย      | แตกหักง่าย      | แตกหักง่าย      |

ตารางที่ 15 ผลการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสของขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิล ที่ศึกษาปริมาณแป้งโม่แห้ง

| ลักษณะทางประสาทสัมผัส     | ปริมาณแป้งข้าวเจ้าหอมนิล (ร้อยละ) |                         |                         |                        |
|---------------------------|-----------------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|
|                           | 10                                | 20                      | 30                      | 40                     |
| ลักษณะปรากฏ               | 7.00±1.17 <sup>a</sup>            | 6.43±1.27 <sup>ab</sup> | 5.80±1.44 <sup>b</sup>  | 5.13±1.77 <sup>c</sup> |
| สี                        | 6.90±1.44 <sup>a</sup>            | 6.27±1.36 <sup>ab</sup> | 5.87±1.47 <sup>bc</sup> | 5.20±1.84 <sup>c</sup> |
| กลิ่น <sup>ns</sup>       | 5.97±1.24                         | 5.77±1.50               | 5.73±1.38               | 5.30±1.64              |
| รสชาติ <sup>ns</sup>      | 5.83±1.41                         | 5.67±1.72               | 5.73±1.33               | 5.40±1.63              |
| เนื้อสัมผัส <sup>ns</sup> | 6.17±1.41                         | 6.40±1.42               | 6.40±1.30               | 6.33±1.18              |
| ความชอบรวม                | 6.37±1.21 <sup>a</sup>            | 6.27±1.20 <sup>a</sup>  | 5.97±1.35 <sup>ab</sup> | 5.43±1.43 <sup>b</sup> |

หมายเหตุ: - ค่าเฉลี่ยที่ตัวอักษรแตกต่างกันในแนวนอน หมายถึง ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

- ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

### 2.3.2 ปริมาณแป้งข้าวเจ้าหอมนิลที่มีกรรมวิธีการผลิตแบบไม่นำในการผลิตขนมปังกรอบ

จากการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิล (วิธีการไม่นำ) ร้อยละ 10 20 30 และ 40 มีลักษณะต่างๆ ดังต่อไปนี้ (ตารางที่ 16 ตารางที่ 17 และตารางผนวกที่ 3)

- ลักษณะปรากฏ (ความพองกรอบ) พบว่า ขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิล ร้อยละ 10 และ 20 มีความพองกรอบ ผิวหน้าไม่เรียบ ส่วนปริมาณแป้งข้าวเจ้าหอมนิลร้อยละ 30 และ 40 มีความพองกรอบน้อย ผิวหน้าไม่เรียบ โดยคะแนนความชอบเฉลี่ยอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยถึงไม่ชอบเล็กน้อย คือ 6.83 6.70 5.60 และ 4.67 ตามลำดับ ขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิล ร้อยละ 10 มีคะแนนความชอบเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือ ร้อยละ 20 และเมื่อทดสอบความแตกต่างพบว่า ขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิล ร้อยละ 30 และ 40 แตกต่างจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิล ร้อยละ 10 และ 20 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เนื่องจากแป้ง

ข้าวเจ้าหอมนิลทดแทนแป้งสาลี จึงทำให้ปริมาณกลูเตนลดลง และในแป้งข้าวไม่มีกลูเตน ซึ่งกลูเตนเป็นตัวช่วยเก็บอากาศในก้อนโด ทำให้ขนมปังกรอบมีความโปร่งเบา และเกิดความพองกรอบ (จิตรนา และอรองค์, 2541) เมื่อใช้แป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มขึ้นมากกว่าร้อยละ 30 จึงมีผลทำให้ความพองกรอบลดลง

- ความชอบด้านสี พบว่า ปริมาณแป้งข้าวเจ้าหอมนิล ร้อยละ 10 มีสีน้ำตาลอ่อน ร้อยละ 20 มีสีน้ำตาลค่อนข้างอ่อน ร้อยละ 30 มีสีน้ำตาลค่อนข้างเข้ม และร้อยละ 40 มีสีน้ำตาลเข้ม มีความชอบเฉลี่ยอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยถึงไม่ชอบเล็กน้อย คือ 6.93 6.33 5.60 และ 4.57 ตามลำดับ ซึ่งขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิล ร้อยละ 10 มีคะแนนความชอบเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือ ร้อยละ 20 และเมื่อทดสอบความแตกต่าง พบว่า ขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิล ร้อยละ 20 ไม่ต่างจากร้อยละ 10 และ 30 แต่แตกต่างจากร้อยละ 40 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แสดงว่า ปริมาณแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มขึ้น ทำให้คะแนนความชอบเฉลี่ยด้านสีลดลง เนื่องจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลที่ผลิตได้มีสีม่วง จึงทำให้ขนมปังกรอบมีสีเข้มขึ้น

- ความชอบด้านกลิ่น พบว่า ปริมาณแป้งข้าวเจ้าหอมนิล ร้อยละ 10 มีกลิ่นหอมของเนย แป้งข้าวเจ้าหอมนิลร้อยละ 20 กลิ่นหอมเนย และมีกลิ่นแป้งหมักเล็กน้อย ส่วนร้อยละ 30 และ 40 มีกลิ่นของแป้งหมักเล็กน้อย โดยมีคะแนนความชอบเฉลี่ยอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยถึงเฉยๆ คือ 6.27 6.17 5.37 และ 5.50 ตามลำดับ ซึ่งขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิล ร้อยละ 10 มีคะแนนความชอบเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือ ร้อยละ 20 และเมื่อทดสอบความแตกต่าง พบว่า ขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิล ร้อยละ 20 ไม่ต่างจากร้อยละ 10 และ 40 แต่แตกต่างจากร้อยละ 30 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แสดงว่า เมื่อปริมาณแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ความชอบด้านกลิ่นลดลง เนื่องจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลที่ผลิตแบบไม่น้ำ จะเกิดกลิ่นหมักระหว่างการทับน้ำ และระหว่างการหมักก่อนอบขนมปังกรอบ จึงทำให้เกิดกลิ่นหมัก

- ความชอบด้านรสชาติ พบว่า ปริมาณแป้งข้าวเจ้าหอมนิลร้อยละ 10 และ 20 มีรสชาติกลมกล่อม หวานเค็มพอดี ส่วนแป้งข้าวเจ้าหอมนิล ร้อยละ 30 และ 40 มีรสเปรี้ยวเล็กน้อย โดยมีคะแนนความชอบเฉลี่ยอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยถึงเฉยๆ คือ 6.40 6.30 5.13 และ 5.23 ตามลำดับ ซึ่งแป้งข้าวเจ้าหอมนิล ร้อยละ 10 มีคะแนนความชอบเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือ ร้อยละ 20 เมื่อทดสอบความแตกต่าง พบว่า ขนมปังกรอบที่มีปริมาณแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มขึ้น ร้อยละ 30 และ 40 มีผลทำให้ความชอบเฉลี่ยของรสชาติลดลง และแตกต่างจากปริมาณแป้งข้าวเจ้าหอมนิล

ร้อยละ 10 และ 20 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เนื่องจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลที่ผลิตได้มีรสเปรี้ยวเล็กน้อยซึ่งเกิดขึ้นในระหว่างการทับน้ำ จึงทำให้ความชอบรสชาติลดลง

- เนื้อสัมผัส (ความกรอบ) พบว่า ปริมาณแป้งข้าวเจ้าหอมนิลร้อยละ 10 มีความกรอบร่วน แตกหักง่าย ส่วนร้อยละ 20 30 และ 40 มีความกรอบร่วนแต่ค่อนข้างแข็งเล็กน้อย โดยมีคะแนนความชอบเฉลี่ยอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยถึงเฉยๆ คือ 6.77 6.43 5.60 และ 5.47 ตามลำดับ แป้งข้าวเจ้าหอมนิลร้อยละ 10 มีคะแนนความชอบสูงสุด รองลงมา คือ ร้อยละ 20 เมื่อทดสอบความแตกต่าง พบว่า ขนมปังกรอบที่มีปริมาณแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มขึ้น ร้อยละ 30 และ 40 มีผลทำให้ความชอบเนื้อสัมผัสลดลง และแตกต่างจากปริมาณแป้งข้าวเจ้าหอมนิลร้อยละ 10 และ 20 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เนื่องจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิล มีอะมิโลสปานกลาง โดยอะมิโลสทำให้โครงสร้างร่างแหในเม็ดแป้งแข็งแรง ทำให้การพองตัวต่ำ หากนำมาทำขนมปังกรอบจะได้ลักษณะกรอบร่วน และเมื่อปริมาณแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มขึ้น จึงทำให้ขนมปังกรอบมีเนื้อสัมผัสที่แข็งขึ้น

- ความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ พบว่า ปริมาณแป้งข้าวเจ้าหอมนิลร้อยละ 10 20 30 และ 40 มีคะแนนความชอบเฉลี่ย อยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยถึงเฉยๆ คือ 6.60 6.47 5.37 และ 5.17 ตามลำดับ โดยขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิล ร้อยละ 10 มีความชอบเฉลี่ยสูงสุด รองลงมา คือ ร้อยละ 20 เมื่อทดสอบความแตกต่าง พบว่า ปริมาณแป้งข้าวเจ้าหอมนิล ร้อยละ 30 และ 40 มีผลทำให้ความชอบรวมลดลง และแตกต่างจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิล ร้อยละ 10 และ 20 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากผลการวิเคราะห์ลักษณะทางประสาทสัมผัส พบว่า ขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิล ร้อยละ 10 มีคะแนนความชอบเฉลี่ยดีที่สุด แต่ไม่แตกต่างจากปริมาณแป้งข้าวเจ้าหอมนิล ร้อยละ 20 ในลักษณะทางประสาทสัมผัสทุกๆ ด้าน ดังนั้นจึงเลือกปริมาณแป้งข้าวเจ้าหอมนิลร้อยละ 20 จากวิธีการไม่น้ำ ทำการศึกษาต่อไป (แสดงส่วนผสมและปริมาณดังตารางผนวกที่ 2)

เมื่อทดลองใช้ปริมาณแป้งข้าวเจ้าหอมนิลในปริมาณที่สูงขึ้น คือ ร้อยละ 50 60 และ 70 ของน้ำหนักแป้งทั้งหมด พบว่า ขนมปังกรอบที่ผลิตได้ มีผลการทดลองเช่นเดียวกันกับ ข้อ 2.3.1 ปริมาณแป้งข้าวเจ้าหอมนิลที่มีกรรมวิธีการผลิตแบบโม้แห้ง ซึ่งคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านสี จะมีสีน้ำตาลเข้มออกดำ รสชาติเฝื่อน มีกลิ่นแป้งข้าวมาก เนื้อสัมผัสแข็งมาก และไม่มี ความพองกรอบ จากที่ได้กล่าวมาข้างต้นจึงทำให้ไม่มีผลการทดลองให้ผู้ทดสอบชิม

ตารางที่ 16 ลักษณะของขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิล ที่ศึกษาปริมาณแป้งโม้หน้า

| คุณลักษณะ<br>ของผลิตภัณฑ์ | ปริมาณแป้งข้าวเจ้าหอมนิล (ร้อยละ) |                 |                  |                  |
|---------------------------|-----------------------------------|-----------------|------------------|------------------|
|                           | 10                                | 20              | 30               | 40               |
| ลักษณะปรากฏ               | พองกรอบ                           | พองกรอบ         | พองกรอบน้อย      | พองกรอบน้อย      |
| สี                        | ผิวหน้าไม่เรียบ                   | ผิวหน้าไม่เรียบ | ผิวหน้าไม่เรียบ  | ผิวหน้าไม่เรียบ  |
|                           | สีน้ำตาลอ่อน                      | สีน้ำตาล        | สีน้ำตาล         | สีน้ำตาลเข้ม     |
| กลิ่น                     | กลิ่นหอมเนย                       | ค่อนข้างอ่อน    | ค่อนข้างเข้ม     |                  |
|                           |                                   | กลิ่นหอมเนย     | กลิ่นแป้งหมัก    | กลิ่นแป้งหมัก    |
| รสชาติ                    | กลมกล่อม                          | มีกลิ่นแป้งหมัก | เล็กน้อย         | เล็กน้อย         |
|                           |                                   | หวานเค็มพอดี    | รสออกเปรี้ยว     | รสออกเปรี้ยว     |
| เนื้อสัมผัส<br>(ความกรอบ) | กรอบร่วน                          | เล็กน้อย        | เล็กน้อย         | เล็กน้อย         |
|                           |                                   | กรอบร่วน        | กรอบร่วนค่อนข้าง | กรอบร่วนค่อนข้าง |
|                           | แตกหักง่าย                        | แตกหักง่าย      | ข้างแข็งเล็กน้อย | ข้างแข็งเล็กน้อย |

ตารางที่ 17 ผลการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสของขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิล ที่ศึกษาปริมาณแป้งโม้มน้ำ

| ลักษณะทางประสาทสัมผัส | ปริมาณแป้งข้าวเจ้าหอมนิล (ร้อยละ) |                         |                        |                         |
|-----------------------|-----------------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|
|                       | 10                                | 20                      | 30                     | 40                      |
| ลักษณะปรากฏ           | 6.83±1.48 <sup>a</sup>            | 6.70±1.48 <sup>a</sup>  | 5.60±1.56 <sup>b</sup> | 4.67±2.12 <sup>c</sup>  |
| สี                    | 6.93±1.43 <sup>a</sup>            | 6.33±1.51 <sup>ab</sup> | 5.60±1.75 <sup>b</sup> | 4.57±2.01 <sup>c</sup>  |
| กลิ่น                 | 6.27±1.50 <sup>a</sup>            | 6.17±1.93 <sup>ab</sup> | 5.37±1.65 <sup>c</sup> | 5.50±1.88 <sup>bc</sup> |
| รสชาติ                | 6.40±1.67 <sup>a</sup>            | 6.30±1.76 <sup>a</sup>  | 5.13±1.90 <sup>b</sup> | 5.23±1.94 <sup>b</sup>  |
| เนื้อสัมผัส           | 6.77±1.43 <sup>a</sup>            | 6.43±1.85 <sup>a</sup>  | 5.60±1.88 <sup>b</sup> | 5.47±1.88 <sup>b</sup>  |
| ความชอบรวม            | 6.60±1.42 <sup>a</sup>            | 6.47±1.52 <sup>a</sup>  | 5.37±1.62 <sup>b</sup> | 5.17±1.74 <sup>b</sup>  |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตัวอักษรแตกต่างกันในแนวนอน หมายถึง ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

### 2.3.3 การเปรียบเทียบแป้งข้าวเจ้าหอมนิลที่มีกรรมวิธีการผลิตแบบโม้แห้ง และแบบโม้มน้ำ ในขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิล

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแป้งข้าวเจ้าหอมนิลด้วยวิธีการผลิตแบบโม้แห้งและแบบโม้มน้ำ โดยมีปริมาณแป้งข้าวทั้ง 2 ชนิด ร้อยละ 20 ในขนมปังกรอบ จากลักษณะของขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิล และผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส (ตารางที่ 18 ตารางที่ 19 และตารางผนวกที่ 4) พบว่า แป้งข้าวเจ้าหอมนิลแบบโม้แห้งและแบบโม้มน้ำ มีความพองกรอบ ผิวหน้าไม่เรียบ มีกลิ่นหอมของเนย รสชาติกลมกล่อม หวานเค็มพอดี มีความกรอบร่วนแตกหักง่าย เช่นเดียวกัน แต่คุณลักษณะด้านสีของแป้งโม้มน้ำมีสีน้ำตาลอ่อนกว่าแป้งโม้แห้ง เมื่อพิจารณาผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมปังกรอบทั้ง 2 วิธี ทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบเฉลี่ยอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อย เมื่อทดสอบความแตกต่าง พบว่า ความชอบลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แต่ความชอบด้านสีของแป้งข้าวเจ้าหอมนิลแบบโม้มน้ำแตกต่างจากโม้แบบแห้ง เนื่องจากแป้งโม้มน้ำที่ผลิตได้มีลักษณะสีม่วงอ่อนกว่าแป้งโม้แห้ง เมื่อใส่ในขนมปังกรอบ มีผลทำให้ขนมปังกรอบมีสีน้ำตาลอ่อน

จากผลการวิเคราะห์ลักษณะทางประสาทสัมผัสทั้ง 2 วิธี พบว่า ขนมปึงกรอบ จากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลแบบโม้แห้ง มีคะแนนความชอบเฉลี่ยดีที่สุดในลักษณะประสาทสัมผัส เกือบทุกด้าน ประกอบกับขนมปึงกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลแบบโม้แห้งมีคะแนนความชอบ เฉลี่ยมากที่สุด ดังนั้นจึงเลือกแป้งข้าวเจ้าหอมนิลแบบโม้แห้งทำการศึกษาต่อไป เพราะการผลิต แบบโม้แห้งประกอบด้วยสารอาหารต่างๆ ที่มีในวัตถุดิบ อีกทั้งการผลิตแป้งแบบโม้แห้ง มีวิธีการที่ สะดวก และรวดเร็วกว่าการโม้แบบน้ำ (แสดงส่วนผสมและปริมาณดังตารางที่ 20)

ตารางที่ 18 การเปรียบเทียบลักษณะของขนมปึงกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิล ที่มีกรรมวิธีการผลิต แบบโม้แห้ง และแบบโม้น้ำ

| คุณลักษณะ<br>ของผลิตภัณฑ์ | ปริมาณแป้งข้าวเจ้าหอมนิล ร้อยละ 20 |                             |
|---------------------------|------------------------------------|-----------------------------|
|                           | วิธีการโม้แห้ง                     | วิธีการโม้น้ำ               |
| ลักษณะปรากฏ               | พองกรอบ                            | พองกรอบ                     |
|                           | ผิวหน้าไม่เรียบ                    | ผิวหน้าไม่เรียบ             |
| สี                        | สีน้ำตาลค่อนข้างอ่อน               | สีน้ำตาลอ่อน                |
| กลิ่น                     | กลิ่นหอมเนย                        | กลิ่นหอมเนย                 |
| รสชาติ                    | รสชาติกลมกล่อม หวานเค็มพอดี        | รสชาติกลมกล่อม หวานเค็มพอดี |
| เนื้อสัมผัส<br>(ความกรอบ) | กรอบร่วนแตกหักง่าย                 | กรอบร่วนแตกหักง่าย          |

**ตารางที่ 19** การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสของขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิล ที่มีกรรมวิธีการผลิตแบบไม่แห้ง และแบบไม่น้ำ

| ลักษณะทางประสาทสัมผัส     | ปริมาณแป้งข้าวเจ้าหอมนิล ร้อยละ 20 |                        |
|---------------------------|------------------------------------|------------------------|
|                           | แป้งไม่แห้ง                        | แป้งไม่น้ำ             |
| ลักษณะปรากฏ <sup>ns</sup> | 6.37±0.67                          | 6.43±0.56              |
| สี                        | 5.87±0.64 <sup>b</sup>             | 6.30±0.78 <sup>a</sup> |
| กลิ่น <sup>ns</sup>       | 6.03±0.72                          | 5.90±0.80              |
| รสชาติ <sup>ns</sup>      | 6.23±0.82                          | 5.93±0.69              |
| เนื้อสัมผัส <sup>ns</sup> | 6.67±0.48                          | 6.50±0.57              |
| ความชอบรวม <sup>ns</sup>  | 6.70±0.65                          | 6.27±0.64              |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตัวอักษรแตกต่างกันในแนวนอน หมายถึง ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

**ตารางที่ 20** ส่วนผสมของขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลที่ได้รับการคัดเลือก

| ส่วนผสม            | ปริมาณ (กรัม) | ร้อยละ (น้ำหนักแป้ง) |
|--------------------|---------------|----------------------|
| แป้งสาลี (เค้ก)    | 40            | 20                   |
| แป้งสาลี (ขนมปัง)  | 120           | 60                   |
| แป้งข้าวเจ้าหอมนิล | 40            | 20                   |
| ยีสต์              | 3             | 1.5                  |
| หางนมผง            | 2             | 1                    |
| น้ำตาลทรายขาว      | 5             | 2.5                  |
| เกลือป่น           | 2             | 1                    |
| น้ำสะอาด           | 79            | 39.50                |
| เนยสด              | 30            | 15                   |

หมายเหตุ ส่วนผสมของขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิล มีอัตราส่วนแป้งข้าวเจ้าหอมนิลร้อยละ 20

## 2.4 ผลการศึกษาปริมาณไขมัน และกระดูกปลาผงที่เหมาะสมในการทำขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา

นำขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลที่ผ่านการคัดเลือกเป็นผลิตภัณฑ์ต้นแบบ มีกรรมวิธีการผลิตแบบโม่แห้ง ที่มีปริมาณแป้งข้าวเจ้าหอมนิลร้อยละ 20 ได้ทดลองปรับปริมาณไขมันและกระดูกปลาผง โดยมีปริมาณไขมัน (เนยสด) ร้อยละ 10 15 และ 20 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด และปริมาณกระดูกปลาผง ร้อยละ 2 และ 4 จากปริมาณของแห้งทั้งหมด ซึ่งเกณฑ์กำหนดไขมันจะใช้ปริมาณไขมันเดิมจากสูตรพื้นฐาน คือ ร้อยละ 10 และเพิ่มปริมาณตามลำดับ ส่วนกระดูกปลาผงจะเสริมเข้าไปในขนมปังกรอบเพื่อเพิ่มแคลเซียม โดยจะต้องมีปริมาณแคลเซียมไม่เกินร้อยละ 20 ของ RDI (เพ็ญขวัญ, 2543)

จากการศึกษาลักษณะผลิตภัณฑ์และผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส ของขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิล ที่มีปริมาณไขมันต่อกระดูกปลาผง ในอัตราส่วนร้อยละ 10:2 10:4 15:2 15:4 20:2 และ 20:4 ตามลำดับ มีลักษณะต่างๆ ดังนี้ (ตารางที่ 21 22 และตารางผนวกที่ 5)

- ลักษณะปรากฏ พบว่า มีลักษณะของความพองกรอบ ผิวหน้าค่อนข้างเรียบ เช่นเดียวกันทั้ง 6 ระดับ โดยมีความชอบเฉลี่ยอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยถึงเฉยๆ ซึ่งปริมาณไขมันต่อกระดูกปลาผง ร้อยละ 15:2 และร้อยละ 20:4 มีคะแนนความชอบสูงสุด เมื่อทดสอบความแตกต่างพบว่า ปริมาณไขมันต่อกระดูกปลาผงทั้ง 6 ระดับ ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แสดงว่าปริมาณไขมันต่อกระดูกปลาผงที่เพิ่มขึ้น ไม่มีผลต่อความชอบด้านลักษณะปรากฏ

- ความชอบด้านสี พบว่า มีสีน้ำตาลค่อนข้างเข้ม เช่นเดียวกันทั้ง 6 ระดับ โดยคะแนนความชอบเฉลี่ยอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยถึงเฉยๆ ซึ่งปริมาณไขมันต่อกระดูกปลาผง ร้อยละ 10:4 มีคะแนนความชอบเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือ ร้อยละ 15:2 เมื่อทดสอบความแตกต่าง พบว่า ปริมาณไขมันต่อกระดูกปลาผงทั้ง 6 ระดับ ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แสดงว่าปริมาณไขมันต่อกระดูกปลาผงที่เพิ่มขึ้นไม่มีผลต่อความชอบด้านสี

- ความชอบด้านกลิ่น พบว่า มีกลิ่นหอมเนยเช่นเดียวกันทั้ง 6 ระดับ โดยมีคะแนนความชอบเฉลี่ยอยู่ในช่วงเลขๆ ถึงชอบเล็กน้อย ซึ่งปริมาณไขมันต่อกระดูกปลาผง ร้อยละ 20:4 มีคะแนนความชอบเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือ ร้อยละ 15:2 เมื่อทดสอบความแตกต่าง พบว่า ปริมาณไขมันต่อกระดูกปลาผงทั้ง 6 ระดับ ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แสดงว่าปริมาณไขมันต่อกระดูกปลาผงที่เพิ่มขึ้นไม่มีผลต่อความชอบด้านกลิ่น

- ความชอบด้านรสชาติ พบว่า ปริมาณไขมันต่อกระดูกปลาผง ร้อยละ 10:2 และ 10:4 มีรสหวานเค็มเล็กน้อย ส่วนร้อยละ 15:2 15:4 20:2 และ 20:4 มีรสหวานเค็มพอดี โดยมีคะแนนความชอบเฉลี่ยอยู่ในช่วงเลขๆ ถึงชอบเล็กน้อย ซึ่งปริมาณไขมันต่อกระดูกปลาผง ร้อยละ 20:2 มีคะแนนความชอบเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือ ร้อยละ 15:2 เมื่อทดสอบความแตกต่าง พบว่า ปริมาณไขมันต่อกระดูกปลาผงทั้ง 6 ระดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แต่ปริมาณไขมันต่อกระดูกปลาผง ร้อยละ 15:2 15:4 และ 20:4 ไม่แตกต่างจากร้อยละ 20:2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แสดงว่า ปริมาณไขมันต่อกระดูกปลาผงที่เพิ่มขึ้นมีผลคะแนนความชอบที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากไขมันที่ใช้เป็นเนยสดชนิดเค็ม เมื่อเพิ่มปริมาณไขมันจะทำให้มีกลิ่นหอมหวาน และมีรสเค็มเพิ่มมากขึ้นเช่นเดียวกัน สอดคล้องกับลักษณะรสชาติขนมปังกรอบ ที่มีรสเค็ม หวานน้อยหรือไม่หวานเลย (Manley, 1991) แต่ขณะเดียวกันคะแนนความชอบเฉลี่ยด้านรสชาติลดลง เมื่อมีปริมาณกระดูกปลาผงเพิ่มขึ้น เพราะกระดูกปลาผงมีเนื้อสัมผัสหยาบทำให้ขนมปังกรอบที่ผลิตได้ มีความサクลิ้นเพิ่มขึ้น ส่งผลต่อความชอบด้านรสชาติลดลง

- ความชอบด้านเนื้อสัมผัส (ความサクลิ้น) พบว่า ปริมาณไขมันต่อกระดูกปลาผง ร้อยละ 15:2 20:2 และ 20:4 มีความサクลิ้นเล็กน้อยเช่นเดียวกัน ส่วนร้อยละ 10:2 10:4 และ 15:4 มีความサクลิ้นค่อนข้างมากถึงサクลิ้นมาก โดยคะแนนความชอบเฉลี่ยอยู่ในช่วงเลขๆ ถึงชอบเล็กน้อย ซึ่งปริมาณไขมันต่อกระดูกปลาผง ร้อยละ 20:4 มีความชอบเฉลี่ยสูงสุด และเมื่อทดสอบความแตกต่าง พบว่า ปริมาณไขมันต่อกระดูกปลาผง ร้อยละ 15:2 20:2 และ 20:4 ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แสดงว่า ปริมาณไขมันที่เพิ่มมีส่วนช่วยลดความサクลิ้นจากกระดูกปลาผง เนื่องจากไขมันทำให้ขนมปังกรอบ มีความกรอบร่วนเพิ่มขึ้น จึงช่วยลดความサクลิ้นได้

- ความชอบด้านความกรอบ พบว่า ปริมาณไขมันต่อกระดูกปลาผง ร้อยละ 15:2 15:4 20:2 และ 20:4 มีความกรอบร่วนมาก ส่วนร้อยละ 10:2 และ 10:4 มีความกรอบร่วนค่อนข้างมาก โดยคะแนนความชอบเฉลี่ยอยู่ในช่วงเฉยๆ ถึงชอบเล็กน้อย ซึ่งคะแนนความชอบเฉลี่ยสูงสุดคือ ร้อยละ 15:2 และเมื่อทดสอบความแตกต่าง พบว่าปริมาณไขมันต่อกระดูกปลาผง ร้อยละ 15:2 15:4 20:2 และ 20:4 ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แสดงว่า ปริมาณไขมันต่อกระดูกปลาผงที่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้คะแนนความชอบด้านความกรอบเพิ่มขึ้น เนื่องจากไขมัน ช่วยหล่อลื่นกลูเตนให้ยืดหดได้ ทำให้โครงสร้างไม่จับตัวกันแน่น เกิดการขยายตัวที่ดีของ ฟังก์ชันเซลล์ เมื่อใดได้รับความร้อนไขมันจะเป็นตัวกลางส่งผ่านความร้อนอย่างทั่วถึงระหว่างการอบ และทำให้เกิดการสูญเสียน้ำ (เนื่อทอง, 2546) ลักษณะเนื้อสัมผัสจึงมีความกรอบ

- ความชอบรวม พบว่า ปริมาณไขมันต่อกระดูกปลาผงทั้ง 6 ระดับ มีคะแนนความชอบเฉลี่ยอยู่ในช่วงเฉยๆ ถึงชอบเล็กน้อย ซึ่งคะแนนความชอบเฉลี่ยสูงสุด คือ 15:2 รองลงมาคือ ร้อยละ 20:2 เมื่อทดสอบความแตกต่าง พบว่า ปริมาณไขมันต่อกระดูกปลาผงทั้ง 6 ระดับ ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แสดงว่าปริมาณไขมันต่อกระดูกปลาผงที่เพิ่มขึ้นไม่มีผลต่อความชอบรวม

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณไขมันต่อกระดูกปลาผง ในอัตราส่วนร้อยละ 15:2 20:2 และ 20:4 มีคะแนนความชอบเฉลี่ยดีที่สุด ในลักษณะทางประสาทสัมผัสทุกด้าน แต่การศึกษาในขั้นต่อไปจะเลือกไขมันต่อกระดูกปลาผง ร้อยละ 15:2 เนื่องจากมีคะแนนความชอบเฉลี่ยด้านความชอบรวมสูงที่สุด ส่วนสาเหตุที่ไม่เลือกไขมันต่อกระดูกปลาผง ร้อยละ 20:2 และ 20:4 เนื่องจากมีปริมาณไขมันมากเกินไป อาจส่งผลต่ออายุการเก็บรักษาได้ ประกอบกับกระดูกปลาผงที่มีเนื้อสัมผัสหยาบ มีความสากลิ้นค่อนข้างมาก มีผลทำให้คะแนนความชอบลดลง (แสดงส่วนผสมและปริมาณดังตารางผนวกที่ 3)

ตารางที่ 21 ลักษณะของขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิล ที่ศึกษาอัตราส่วนของปริมาณไขมันและกระดูกปลาผง

| ลักษณะ<br>ของผลิตภัณฑ์      | ปริมาณไขมันต่อกระดูกปลาผง (ร้อยละ) |                |                 |                |                 |                 |
|-----------------------------|------------------------------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|
|                             | 10:2                               | 10:4           | 15:2            | 15:4           | 20:2            | 20:4            |
| ลักษณะปรากฏ                 | พองกรอบผิวหน้า                     | พองกรอบผิวหน้า | พองกรอบผิวหน้า  | พองกรอบผิวหน้า | พองกรอบผิวหน้า  | พองกรอบผิวหน้า  |
| สี                          | ค่อนข้างเรียบ                      | ค่อนข้างเรียบ  | ค่อนข้างเรียบ   | ค่อนข้างเรียบ  | ค่อนข้างเรียบ   | ค่อนข้างเรียบ   |
|                             | สีน้ำตาล                           | สีน้ำตาล       | สีน้ำตาล        | สีน้ำตาล       | สีน้ำตาล        | สีน้ำตาล        |
| กลิ่น                       | ค่อนข้างเข้ม                       | ค่อนข้างเข้ม   | ค่อนข้างเข้ม    | ค่อนข้างเข้ม   | ค่อนข้างเข้ม    | ค่อนข้างเข้ม    |
|                             | กลิ่นหอมเนย                        | กลิ่นหอมเนย    | กลิ่นหอมเนย     | กลิ่นหอมเนย    | กลิ่นหอมเนย     | กลิ่นหอมเนย     |
| รสชาติ                      | รสหวานเค็ม                         | รสหวานเค็ม     | รสหวานเค็มพอดี  | รสหวานเค็มพอดี | รสหวานเค็มพอดี  | รสหวานเค็มพอดี  |
| เนื้อสัมผัส<br>(ความサクลิ้น) | เล็กน้อย                           | เล็กน้อย       |                 |                |                 |                 |
|                             | ซากลิ้น                            | ซากลิ้นมาก     | ซากลิ้นเล็กน้อย | ซากลิ้น        | ซากลิ้นเล็กน้อย | ซากลิ้นเล็กน้อย |
|                             | ค่อนข้างมาก                        |                |                 | ค่อนข้างมาก    |                 |                 |
| ความกรอบ                    | กรอบร่วน                           | กรอบร่วน       | กรอบร่วนมาก     | กรอบร่วนมาก    | กรอบร่วนมาก     | กรอบร่วนมาก     |
|                             | ค่อนข้างมาก                        | ค่อนข้างมาก    |                 |                |                 |                 |

ตารางที่ 22 ผลการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสของขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิล ที่ศึกษาอัตราส่วนของปริมาณไขมันและกระดูกปลาผง

| ลักษณะ<br>ทางประสาทสัมผัส | ปริมาณไขมันต่อกระดูกปลาผง (ร้อยละ) |                         |                         |                         |                        |                         |
|---------------------------|------------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|
|                           | 10:2                               | 10:4                    | 15:2                    | 15:4                    | 20:2                   | 20:4                    |
| ลักษณะปรากฏ <sup>ns</sup> | 6.07±1.17                          | 6.03±1.40               | 6.23±1.00               | 6.10±1.26               | 5.97±1.21              | 6.23±1.19               |
| สี <sup>ns</sup>          | 5.70±1.20                          | 6.10±1.21               | 6.07±1.17               | 5.93±1.20               | 5.67±1.29              | 5.97±1.29               |
| กลิ่น <sup>ns</sup>       | 5.40±1.52                          | 5.60±1.42               | 5.87±1.45               | 5.73±1.55               | 5.73±1.36              | 6.17±1.62               |
| รสชาติ                    | 5.23±1.56 <sup>c</sup>             | 5.53±1.45 <sup>bc</sup> | 6.00±1.55 <sup>ab</sup> | 5.87±1.35 <sup>ab</sup> | 6.13±1.50 <sup>a</sup> | 5.87±1.30 <sup>ab</sup> |
| เนื้อสัมผัส               | 5.57±1.52 <sup>ab</sup>            | 5.40±1.42 <sup>b</sup>  | 6.10±1.49 <sup>a</sup>  | 5.76±1.56 <sup>ab</sup> | 6.00±1.36 <sup>a</sup> | 6.13±1.56 <sup>a</sup>  |
| ความกรอบ                  | 5.77±1.75 <sup>b</sup>             | 5.83±1.57 <sup>b</sup>  | 6.80±1.09 <sup>a</sup>  | 6.37±1.42 <sup>a</sup>  | 6.43±1.38 <sup>a</sup> | 6.77±1.27 <sup>a</sup>  |
| ความชอบรวม <sup>ns</sup>  | 5.73±1.43                          | 5.70±1.11               | 6.27±1.41               | 5.90±1.47               | 6.20±1.24              | 6.07±1.22               |

หมายเหตุ - ค่าเฉลี่ยที่ตัวอักษรแตกต่างกันในแนวนอน หมายถึง ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

- ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

### 3. คุณภาพของขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา ทางด้านเคมี ทางกายภาพ และทางจุลินทรีย์

การพัฒนาขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา แสดงถึง ภาพผนวกที่ ข5 สามารถนำแป้งข้าวเจ้าหอมนิลที่ผลิตจากวิธีการ โม่แบบแห้งทดแทนในแป้งสาลี ในปริมาณร้อยละ 20 ของน้ำหนักแป้งทั้งหมด และไขมันต่อกระดูกปลาผงมีอัตราส่วนที่เหมาะสม คือ ร้อยละ 15:2 โดยขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลมีส่วนผสมคิดโดยน้ำหนักดังนี้ (ตารางที่ 23) แป้งข้าวเจ้าหอมนิลร้อยละ 11.49 แป้งสาลี (เค้ก) ร้อยละ 11.49 แป้งสาลี (ขนมปัง) ร้อยละ 34.49 ยีสต์ร้อยละ 0.86 หางนมผงร้อยละ 0.57 น้ำตาลทรายขาวร้อยละ 1.79 เกลือร้อยละ 0.57 เนยสดร้อยละ 14.65 กระดูกปลาผงร้อยละ 1.44 และน้ำสะอาดร้อยละ 22.70

มีกรรมวิธีการผลิตดังแสดงในภาพผนวกที่ ข7 โดยนำส่วนผสมของแห้งมีแป้งสาลี แป้งข้าวเจ้าหอมนิล ยีสต์ นมผง และกระดูกปลาผง ผสมเข้าด้วยกันแล้วร่อนรวมกันพักไว้ เตรียม ส่วนผสมของเหลว ได้แก่ น้ำเปล่า น้ำตาลทราย เกลือ ผสมให้ละลายเข้าด้วยกันพักไว้ จากนั้นนำ ส่วนผสมที่เป็นของแห้งลงในอ่างผสมของเครื่องตีผสม ตามด้วยของเหลวตีผสมด้วยความเร็วระดับ 1 เป็นเวลา 2 นาที และเพิ่มความเร็วที่ระดับ 5 เป็นเวลา 4 นาที เมื่อเข้ากันดีให้ใส่เนยสดแล้วตีจน แป้งเนียน พักแป้งโดไว้ประมาณ 10 นาที คลึงให้เป็นแผ่นกว้าง มีความกว้าง 28 ซม. x ยาว 35 ซม. แล้วขึ้นรูปให้แต่ละชิ้น มีความกว้าง 4 ซม. x ยาว 7 ซม. นำขึ้นแป้งที่ได้วางบนถาดอบทานเนยขาว นำเข้าตู้อบ ใช้อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20-25 นาที ก่อนอบต้องเจาะรูบนขนมปัง เพื่อ ป้องกันการพองตัวมากเกินไป เข้าเตาอบใช้อุณหภูมิในการอบ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที จะได้ขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา ที่มีลักษณะเป็นชิ้น สีเหลืองมันวาว มีความบางพอกรอบ ผิวนอกสีเหลืองทอง กลิ่นหอม รสชาติหวานเค็มพอดี และ เนื้อสัมผัสกรอบร่วนทั้งชิ้น

ตารางที่ 23 ส่วนผสมของขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา

| ส่วนผสม            | ปริมาณ (กรัม) | ร้อยละ (โดยน้ำหนักแป้ง) |
|--------------------|---------------|-------------------------|
| แป้งสาลี (เล็ก)    | 40            | 20                      |
| แป้งสาลี (ขนมปัง)  | 120           | 60                      |
| แป้งข้าวเจ้าหอมนิล | 40            | 20                      |
| กระดูกปลาทอง       | 5             | 2.5                     |
| ยีสต์              | 3             | 1.5                     |
| หางนมผง            | 2             | 1                       |
| น้ำตาลทรายขาว      | 5             | 2.5                     |
| เกลือป่น           | 2             | 1                       |
| น้ำสะอาด           | 79            | 39.50                   |
| เนยสด              | 51            | 25.50                   |

หมายเหตุ ปริมาณที่ผลิตในหนึ่งสูตรมี 45 ชิ้น น้ำหนักชิ้นละ 4 กรัม รวมน้ำหนักได้ 180 กรัม

จากการพัฒนาขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา นำมาวิเคราะห์ร่วมกับขนมปังกรอบสูตรพื้นฐาน ทางด้านคุณภาพทางเคมี ทางกายภาพ และทางจุลินทรีย์ ปรากฏผลดังนี้ (ตารางที่ 24)

### 3.1 คุณภาพทางเคมี

ผลการศึกษาคุณภาพทางเคมีของขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา เปรียบเทียบกับขนมปังกรอบสูตรพื้นฐาน พบว่า มีปริมาณความชื้น ร้อยละ 3 เช่นเดียวกัน และปริมาณความชื้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของขนมปังกรอบที่กำหนด ให้มีความชื้นไม่เกิน ร้อยละ 4 (สมอ., 2530) มีโปรตีนน้อยกว่าร้อยละ 0.80 (ร้อยละ 12.98 และ 13.78) มีไขมันมากกว่าร้อยละ 16.21 (ร้อยละ 21.49 และ 5.28) มีเถ้ามากกว่าร้อยละ 1.62 (ร้อยละ 2.98 และ 1.36) มีเยื่อใยมากกว่าร้อยละ 0.7 (ร้อยละ 1.18 และ 0.48) และคาร์โบไฮเดรตน้อยกว่าร้อยละ 17.73 (ร้อยละ 58.37 และ 76.10) จะเห็นได้ว่า ขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา มีผลการวิเคราะห์มากกว่าขนมปังกรอบสูตรพื้นฐาน เนื่องจากใช้แป้งข้าวเจ้าหอมนิลทดแทนแป้ง

สาธิต จึงทำให้ปริมาณโปรตีนในแป้งสาธิตลดลง แต่ปริมาณคาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้น เพราะแป้งข้าวเจ้าหอมนิลมีโปรตีนน้อยกว่าแป้งสาธิต อีกทั้งแป้งข้าวเจ้าหอมนิลมีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบมากกว่าแป้งสาธิต (สุภารัตน์, 2547) ส่วนปริมาณไขมันมีมากกว่าสูตรพื้นฐาน เนื่องจากปริมาณไขมันในขนมปังกรอบจากเดิม ร้อยละ 10 เพิ่มเป็นร้อยละ 15 เพื่อช่วยให้ลักษณะเนื้อสัมผัสมีความกรอบร่วน และช่วยให้มีกลิ่นที่ดีขึ้น สำหรับปริมาณแคลเซียมในขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา มีแคลเซียมมากกว่าขนมปังกรอบสูตรพื้นฐาน 50 มิลลิกรัม ส่วนธาตุเหล็กในขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลามากกว่าขนมปังกรอบสูตรพื้นฐาน 0.74 มิลลิกรัม เนื่องจากมีแป้งข้าวเจ้าหอมนิล และกระดูกปลาผง เป็นส่วนผสมในขนมปังกรอบ

### 3.2 คุณภาพทางกายภาพ

3.2.1 ผลการทดสอบค่าสี พบว่า ค่าสีของขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา เมื่อเทียบกับขนมปังกรอบสูตรพื้นฐาน มีค่าความสว่างน้อยกว่า ( $L^*$  เท่ากับ 45.86 และ 61.87) ส่วนค่าสีแดงมากกว่า ( $a^*$  เท่ากับ 4.79 และ 3.76) และค่าสีเหลืองน้อยกว่า ( $b^*$  เท่ากับ 13.63 และ 18.67) จากผลการวิเคราะห์แสดงว่า ขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา มีสีที่เข้มกว่าขนมปังกรอบสูตรพื้นฐาน เนื่องจากมีแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเป็นส่วนผสม ซึ่งลักษณะของแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเป็นสีม่วง เมื่อใส่ในขนมปังกรอบมีผลทำให้สีเข้มขึ้น

3.2.2 ผลการทดสอบค่า  $a_w$  พบว่า ขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา เมื่อเทียบกับขนมปังกรอบสูตรพื้นฐาน มีค่า  $a_w$  ใกล้เคียงกัน (ค่า  $a_w$  เท่ากับ 0.340 และ 0.270) แสดงว่า มีปริมาณน้ำที่จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ต่ำ มีสภาพไม่เหมาะสมต่อการเจริญของรา และจุลินทรีย์ เนื่องจากยีสต์ และรา เจริญได้ดีเมื่อค่า  $a_w$  มากกว่า 0.6 และจุลินทรีย์เจริญได้ดีเมื่อค่า  $a_w$  ระหว่าง 0.88-0.96 (ปรีชา และสุดสาย, 2546) ดังนั้นในขนมปังกรอบทั้ง 2 ชนิด มีค่า  $a_w$  ต่ำกว่า 0.6 จะเกิดการเสื่อมเสียได้ยาก

3.2.3 ผลการทดสอบค่าความแข็ง (hardness) พบว่า ขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา มีค่าความแข็งสูงกว่าขนมปังกรอบสูตรพื้นฐาน 1.47 นิวตัน (เท่ากับ 24.24 และ 22.77 นิวตัน) แสดงว่า ขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจาก

กระดูกปลามีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น เนื่องจากขนมปังกรอบใช้แป้งข้าวเจ้าหอมนิลทดแทนแป้งสาลี จึงทำให้กลูเตนในแป้งลดลง กลูเตนอุ้มน้ำได้ต่ำ โดยขยายตัวได้น้อย อีกทั้งแป้งข้าวเจ้าหอมนิลมีอะมิโนสสูง ทำให้โครงสร้างร่างแหแข็งแรง (จิตรนา และอรองค์, 2541) จึงทำให้ขนมปังกรอบที่ได้มีลักษณะกรอบแข็งขึ้น

### 3.3 คุณภาพทางจุลินทรีย์

จากการศึกษาคุณภาพทางจุลินทรีย์ของขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มเติม เกล็ดเชื่อมจากกระดูกปลา และขนมปังกรอบสูตรพื้นฐาน พบว่า จำนวนโคโลนีของรา และจุลินทรีย์ทั้งหมด น้อยกว่า 10 โคโลนีต่อกรัม ซึ่งข้อกำหนดสุขลักษณะของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมขนมปังกรอบ (สมอ., 2530) ระบุว่าขนมปังกรอบมีจุลินทรีย์ทั้งหมด ไม่เกิน  $10^4$  โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม และรา น้อยกว่า 10 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม ฉะนั้นขนมปังกรอบทั้ง 2 ชนิดมีความปลอดภัยในการบริโภค ซึ่งปรียาและสุดสาย (2546) กล่าวว่า อาหารจะเสียเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อจุลินทรีย์ ถ้าอาหารที่มีค่า  $a_w$  ต่ำกว่า 0.6 จะเกิดการเน่าเสียได้ยาก สามารถเก็บรักษาได้นาน ดังนั้น ในขนมปังกรอบทั้ง 2 ชนิด มีค่า  $a_w$  (เท่ากับ 0.340 และ 0.270) ไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด

**ตารางที่ 24** ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ทางกายภาพ และทางจุลินทรีย์ ของขนมปังกรอบ  
จากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา

| การวิเคราะห์คุณภาพ           | ร้อยละน้ำหนักแห้ง         |                                      | การเปรียบเทียบ |       |
|------------------------------|---------------------------|--------------------------------------|----------------|-------|
|                              | ขนมปังกรอบ<br>สูตรพื้นฐาน | ขนมปังกรอบจากแป้ง<br>ข้าวเจ้าหอมนิลฯ |                |       |
| 1. ทางเคมี                   |                           |                                      |                |       |
| ความชื้น (กรัม)              | 3                         | 3                                    | เท่าเดิม       |       |
| โปรตีน (กรัม)                | 13.78                     | 12.98                                | ลดลง           | 0.8   |
| ไขมัน (กรัม)                 | 5.28                      | 21.49                                | เพิ่มขึ้น      | 16.21 |
| เถ้า (กรัม)                  | 1.36                      | 2.98                                 | เพิ่มขึ้น      | 1.62  |
| เยื่อใย (กรัม)               | 0.48                      | 1.18                                 | เพิ่มขึ้น      | 0.7   |
| คาร์โบไฮเดรต (กรัม)          | 76.10                     | 58.37                                | ลดลง           | 17.73 |
| แคลเซียม (มิลลิกรัม)         | 74                        | 124                                  | เพิ่มขึ้น      | 50    |
| ธาตุเหล็ก (มิลลิกรัม)        | 1.03                      | 1.77                                 | เพิ่มขึ้น      | 0.74  |
| 2. ทางกายภาพ                 |                           |                                      |                |       |
| ค่าสี                        |                           |                                      |                |       |
| ค่าความสว่าง (L*)            | 61.87                     | 45.86                                | ลดลง           | 16.01 |
| ค่าสีแดง (a*)                | 3.76                      | 4.79                                 | เพิ่มขึ้น      | 1.03  |
| ค่าสีเหลือง (b*)             | 18.67                     | 13.63                                | ลดลง           | 5.04  |
| ค่า a <sub>w</sub>           | 0.27                      | 0.34                                 | เพิ่มขึ้น      | 0.07  |
| ค่าความแข็ง                  |                           |                                      |                |       |
| Hardness (N)                 | 22.77                     | 24.24                                | เพิ่มขึ้น      | 1.47  |
| 3. ทางจุลินทรีย์             |                           |                                      |                |       |
| จุลินทรีย์ทั้งหมด<br>(CFU/g) | <10                       | <10                                  | เท่าเดิม       |       |
| ยีสต์และรา (CFU/g)           | <10                       | <10                                  | เท่าเดิม       |       |

#### 4. ปริมาณแคลเซียม และธาตุเหล็ก ของขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา

จากการศึกษาแคลเซียมและธาตุเหล็กในผลิตภัณฑ์ โดยนำผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี จากข้อ 3 กำหนดปริมาณสารอาหารที่มีในขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา ในหนึ่งหน่วยบริโภค มีน้ำหนัก 30 กรัม ซึ่งศึกษาปริมาณแคลเซียมและธาตุเหล็ก คิดเป็นร้อยละของ RDI และคิดเป็นร้อยละของ RDA ในแต่ละวัย ดังตารางที่ 25 ตารางผนวกที่ 4 และ ตารางผนวกที่ 45

ผลจากการศึกษาพบว่า ปริมาณแคลเซียมและธาตุเหล็ก ในขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลาหนึ่งหน่วยบริโภค มีจำนวน 30 กรัม ให้ปริมาณแคลเซียมและธาตุเหล็ก เท่ากับ 37.20 และ 0.53 มิลลิกรัม คิดเป็นร้อยละ 4.65 และ 3.53 ของ RDI โดยปริมาณแคลเซียมและธาตุเหล็กที่คำนวณได้น้อยกว่าเกณฑ์กล่าวอ้างทางโภชนาการ (เกณฑ์กล่าวอ้างทางโภชนาการต้องมีปริมาณเกลือแร่อย่างน้อย ร้อยละ 10 ของ RDI จึงจะระบุได้ว่า เสริม เพิ่ม หรือ มากกว่า ในผลิตภัณฑ์) แต่ปริมาณที่ได้ยังไม่เพียงพอกับปริมาณแคลเซียมและธาตุเหล็กที่ควรได้รับใน 1 วัน ตามปริมาณสารอาหารที่ควรได้รับประจำวันสำหรับคนไทย (Recommended Daily Allowances, RDA) ซึ่งปริมาณแคลเซียมอยู่ในระดับ ร้อยละ 3.72-7.44 ส่วนธาตุเหล็กอยู่ในระดับ ร้อยละ 1.88-9.14 โดยปริมาณสารอาหารมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอายุ เพศ และภาวะของความต้องการของร่างกาย เช่น ในเด็ก หญิงตั้งครรภ์ หรือหญิงให้นมบุตร เป็นต้น ดังนั้นควรจะได้รับแคลเซียมเพิ่มจากแหล่งอื่นๆ ด้วย เช่น นม ปลาเล็กปลาน้อย งาดำ ผลิตภัณฑ์จากถั่ว ส่วนอาหารที่มีธาตุเหล็ก ได้แก่ ตับ ไข่แดง เนื้อสัตว์ ผักใบเขียว เป็นต้น จึงจะได้รับแคลเซียมและธาตุเหล็กในปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย

นอกจากนี้ ในการรับประทานขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา ซึ่งมีแป้งข้าวเจ้าหอมนิล และกระดูกปลาเป็นส่วนผสม โดยกระดูกปลาผงที่มีในผลิตภัณฑ์เป็นแคลเซียมอยู่ในรูปของแคลเซียมฟอสเฟต สามารถดูดซึมได้เมื่ออยู่ในรูปของเกลือที่ละลายน้ำได้ ส่วนธาตุเหล็กที่ได้จากพืชมีการดูดซึมได้น้อยกว่าอาหารที่มาจากสัตว์ แต่สารอาหารทั้งสองชนิดนี้ จะดูดซึมมากขึ้นขึ้นอยู่กับการต้องการของร่างกาย ในภาวะที่ร่างกายต้องการแคลเซียม หรือธาตุเหล็กเพิ่ม เช่น เด็กวัยเจริญเติบโต หญิงตั้งครรภ์ เป็นต้น โดยระบบย่อยอาหารของมนุษย์ มีสภาวะเป็นกรดที่กระเพาะอาหาร เมื่อร่างกายได้รับแคลเซียมฟอสเฟต จะแตกตัวเป็น

ไอออนที่มีอนุภาคเล็กๆ (นิติงษ์, 2543) ส่วนธาตุเหล็กอยู่ในรูปของเหล็กเฟอร์ริกเปลี่ยนเป็นเหล็กเฟอร์รัส ซึ่งสภาวะความเป็นกรดจะช่วยให้อยู่ในรูปที่ละลายได้ง่าย และดูดซึมได้

อีกทั้งยังขึ้นอยู่กับอาหารที่บริโภค หรือส่วนผสมของอาหาร ดังสิริพันธุ์ (2547) กล่าวว่า หากจะช่วยเพิ่มอัตราการดูดซึมแคลเซียมควรรับประทานคู่กับน้ำนม เพราะน้ำตาลในนม คือ แลคโทสจะช่วยเพิ่มการดูดซึม โดยแบคทีเรียจะเปลี่ยนแลคโทสให้เป็นกรดแลคติก ซึ่งสภาวะเป็นกรดที่กระเพาะอาหารจะช่วยในการละลายแคลเซียม สามารถนำไปใช้ตามความต้องการของร่างกายได้ และทำให้อัตราส่วนของแคลเซียมต่อฟอสฟอรัสเหมาะสมในอัตราส่วนหนึ่งต่อหนึ่งร่างกายนำไปใช้ประโยชน์ได้ดียิ่งขึ้น ส่วนการดูดซึมธาตุเหล็ก ควรบริโภคอาหารที่มาจากสัตว์เข้าไปพร้อมกันกับอาหารที่มาจากพืช เนื่องจากในสัตว์มีกรดอะมิโนที่ปล่อยออกจากโปรตีน จะช่วยเพิ่มการละลาย โดยเหล็กเฟอร์ริกเปลี่ยนเป็นเหล็กเฟอร์รัส ซึ่งเหล็กเฟอร์รัสจะดูดซึมได้ดีกว่า จากที่กล่าวมาในขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา มีโปรตีนจากสัตว์ประกอบ คือ นมผง และกระดูกปลาผง โดยมีกรดอะมิโนอยู่ในรูปของโปรตีน มีส่วนช่วยเพิ่มการละลาย และการดูดซึมได้ดีขึ้น

ดังนั้นเมื่อเทียบคุณค่าทางโภชนาการระหว่างขนมปังกรอบสูตรพื้นฐาน และขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา ต่อน้ำหนัก 100 กรัม (ดังตารางที่ 24) พบว่า ปริมาณแคลเซียมและธาตุเหล็กเพิ่มขึ้น 50 และ 0.74 มิลลิกรัม หรือประมาณ 1.68 และ 1.7 เท่า ของขนมปังกรอบสูตรพื้นฐาน แสดงให้เห็นว่า ขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา มีปริมาณแคลเซียมและธาตุเหล็กเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นทางเลือกหนึ่งให้กับผู้บริโภคในการรับประทานขนมปังกรอบที่มีแคลเซียมและธาตุเหล็กเพิ่มขึ้นกว่าเดิม

ตารางที่ 25 คุณค่าทางโภชนาการของขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา คิดเป็นน้ำหนักอาหาร 100 กรัม และน้ำหนักอาหาร 30 กรัม ในหนึ่งหน่วยบริโภค

| คุณค่าทางโภชนาการ                  | น้ำหนักขนมปังกรอบๆ |                              | ปริมาณสารอาหาร<br>ขนมปังกรอบๆ 30 กรัม<br>คิดเป็นร้อยละของ RDI |
|------------------------------------|--------------------|------------------------------|---------------------------------------------------------------|
|                                    | น้ำหนัก 100 กรัม   | น้ำหนัก 30 กรัม <sup>3</sup> |                                                               |
| ความชื้น <sup>1</sup> (กรัม)       | 3                  | 0.90                         | -                                                             |
| โปรตีน <sup>1</sup> (กรัม)         | 12.98              | 3.89                         | 7.78 <sup>5</sup>                                             |
| ไขมัน <sup>1</sup> (กรัม)          | 21.49              | 6.45                         | 9.92                                                          |
| เยื่อใย <sup>1</sup> (กรัม)        | 1.18               | 0.35                         | 1.40 <sup>5</sup>                                             |
| เกลือ <sup>1</sup> (กรัม)          | 2.98               | 0.89                         | -                                                             |
| คาร์โบไฮเดรต <sup>2</sup> (กรัม)   | 58.37              | 17.51                        | 5.83                                                          |
| แคลเซียม <sup>1</sup> (มิลลิกรัม)  | 124                | 37.20                        | 4.65 <sup>5</sup>                                             |
| ธาตุเหล็ก <sup>1</sup> (มิลลิกรัม) | 1.77               | 0.53                         | 3.53 <sup>5</sup>                                             |
| พลังงาน <sup>4</sup> (กิโลแคลอรี)  | 478.81             | 143.64                       | -                                                             |

หมายเหตุ: (¹) ตัวเลขที่รายงานเป็นค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ 3 ซ้ำ

(²) ตัวเลขที่รายงานได้จากการคำนวณ 100 ลบด้วยค่าความชื้นรวมโปรตีนรวมไขมันรวมเกลือรวมเยื่อใย

(³) คำนวณจากขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา โดยมีน้ำหนักอาหาร 100 กรัม

(⁴) ตัวเลขที่รายงานได้จากการคำนวณโปรตีน 1 กรัม ให้พลังงาน 4 กิโลแคลอรี ไขมัน 1 กรัม ให้พลังงาน 9 กิโลแคลอรี และคาร์โบไฮเดรต 1 กรัม ให้พลังงาน 4 กิโลแคลอรี

(⁵) การกล่าวอ้างทางโภชนาการ อย่างน้อยร้อยละ 10 ของ RDI จึงจะระบุได้ว่า เสริมเพิ่ม หรือมากกว่า ในผลิตภัณฑ์

## 5. การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา

ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลาที่ผ่านการพัฒนาแล้ว กับผู้บริโภคเป้าหมาย คือ กลุ่มผู้บริโภคทั่วไป ที่มีอายุ 15-64 ปี โดยเก็บข้อมูลในเขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 200 คน สถานที่ ที่ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค ได้แก่ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กองทัพอากาศดอนเมือง (แผนกกิจการพิเศษ ขนส่งทหารอากาศ) ห้างบิ๊กซี ซูเปอร์มาร์เก็ต สาขาฟิวเจอร์ปาร์ครังสิต (แผนกเบเกอรี่) ชุมชนคลองประปา โดยผู้บริโภคเป้าหมายแต่ละคนจะได้รับผลิตภัณฑ์ตัวอย่างคนละ 1 ชิ้น พร้อมทั้งแบบสอบถาม 1 ชุด น้ำเปล่า 1 แก้ว และผลิตภัณฑ์บรรจุอยู่ในถุงพลาสติกน้ำหนัก 30 กรัม แสดงเป็นตัวอย่าง เพื่อใช้เก็บข้อมูลผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์

### 5.1 ข้อมูลทางประชากรศาสตร์ของผู้บริโภค

จากการทดสอบผู้บริโภค จำนวน 200 คน (ตารางที่ 26) พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่ ร้อยละ 61.50 เป็นเพศหญิง มีอายุอยู่ในช่วง 15-24 ปี มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 62 มีการศึกษาระดับปริญญาตรีเป็นส่วนใหญ่ คิดเป็นร้อยละ 53.50 อาชีพส่วนใหญ่เป็นนิสิต/นักศึกษา คิดเป็นร้อยละ 58.50 ส่วนผู้มีรายได้จะอยู่ในช่วง 5,001-10,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 38

5.2 ข้อมูลเกี่ยวกับทัศนคติของผู้บริโภคที่มีต่อข้าวหอมนิล กระดูกปลาผง และการนำมาทำเป็นวัตถุดิบในผลิตภัณฑ์

จากการทดสอบผู้บริโภค จำนวน 200 คน (ตารางที่ 27) พบว่า ผู้บริโภคมากกว่าครึ่งหนึ่ง (ร้อยละ 59.50) ไม่รู้จักข้าวเจ้าหอมนิล หากนำข้าวเจ้าหอมนิลที่อยู่ในรูปแป้งข้าวเจ้าหอมนิล นำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์ ผู้บริโภคเห็นว่า มีความเหมาะสมในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ และเป็นทางเลือกหนึ่งของผู้บริโภค โดยส่วนใหญ่ ร้อยละ 91 เห็นว่ามีความจำเป็นในการรับประทานอาหารเสริมแคลเซียม และถ้าหากนำแคลเซียมจากกระดูกปลาผงใส่ในผลิตภัณฑ์ ส่วนใหญ่เห็นว่า มีความเหมาะสม คิดเป็นร้อยละ 96 โดยผู้บริโภคให้ข้อเสนอแนะว่า ร่างกายต้องการแคลเซียม จึงจำเป็นต้องเสริมในอาหาร เพื่อนำไปเสริมสร้างกระดูก อีกทั้งกระดูกปลาเป็นเศษเหลือจากกระดูกปลาผง

สามารถนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ เพิ่มมูลค่า ราคาไม่แพง และไม่เป็นอันตรายเพราะอยู่ในรูปของอาหาร

### 5.3 ข้อมูลพฤติกรรม และทัศนคติของผู้บริโภค ที่มีต่อผลิตภัณฑ์ขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา

จากการทดสอบผู้บริโภคในด้านพฤติกรรม (ตารางที่ 28) พบว่า ช่วงอายุที่รับประทานผลิตภัณฑ์นี้ สามารถรับประทานได้ทุกเพศ ทุกวัย คิดเป็นร้อยละ 37.50 รองลงมา คือ วัยผู้ใหญ่ ร้อยละ 30 ซึ่งช่วงเวลารับประทานส่วนใหญ่จะรับประทานระหว่างมื้อ ร้อยละ 41.50 และรับประทานในมื้อเช้า ร้อยละ 36.50 รูปแบบการรับประทานส่วนใหญ่จะรับประทานเล่น ร้อยละ 70 และรับประทานกับเครื่องดื่มร้อน ร้อยละ 52.50 โดยผู้บริโภคจะพิจารณาเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ในด้านของรสชาติ ร้อยละ 79.50 ด้านคุณค่าทางสารอาหาร ร้อยละ 70 และในด้านราคา ร้อยละ 61.50 ตามลำดับ

จากการทดสอบผู้บริโภคทางด้านทัศนคติ (ตารางที่ 28) เห็นว่า รูปแบบภาชนะบรรจุผลิตภัณฑ์ ควรเป็นถุงออลูมิเนียมฟอยล์ คิดเป็นร้อยละ 32 รองลงมาคือ กล่องพลาสติกใส ร้อยละ 26.50 และถุงพลาสติกใส ร้อยละ 25.50 ตามลำดับ ซึ่งราคาในการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา มีขนาดบรรจุ 30 กรัม (มีจำนวน 7-8 ชิ้น หนักชิ้นละ 4 กรัม มีรูปร่างสี่เหลี่ยมผืนผ้า) ส่วนใหญ่เห็นว่าราคาที่เหมาะสม คือ 10 บาท คิดเป็นร้อยละ 43 และ ราคา 15 บาท ร้อยละ 34.50 ตามลำดับ

ตารางที่ 26 ลักษณะทางประชากรศาสตร์ของผู้บริโภค

N = 200

| ลักษณะทางประชากรศาสตร์          | จำนวน (คน) | ร้อยละ |
|---------------------------------|------------|--------|
| เพศ                             |            |        |
| ชาย                             | 77         | 38.50  |
| หญิง                            | 123        | 61.50  |
| อายุ                            |            |        |
| 15 ปี                           | 1          | 0.5    |
| 15-24 ปี                        | 124        | 62     |
| 25-34 ปี                        | 33         | 16.50  |
| 35-44 ปี                        | 22         | 11     |
| 45-54 ปี                        | 13         | 6.50   |
| 55-64 ปี                        | 7          | 3.50   |
| ระดับการศึกษา                   |            |        |
| ต่ำกว่ามัธยมศึกษา               | 4          | 2.0    |
| มัธยมศึกษา หรือเทียบเท่า        | 44         | 22     |
| อนุปริญญา/ปวส.                  | 15         | 7.5    |
| ปริญญาตรี                       | 107        | 53.5   |
| ปริญญาโท                        | 27         | 13.5   |
| สูงกว่าปริญญาโท                 | 3          | 1.5    |
| อาชีพ                           |            |        |
| นักเรียน                        | 4          | 2.0    |
| ธุรกิจส่วนตัว                   | 9          | 4.50   |
| นิสิต/นักศึกษา                  | 117        | 58.5   |
| พนักงานบริษัทเอกชน              | 18         | 9.0    |
| ข้าราชการ                       | 42         | 21.0   |
| พนักงานรัฐวิสาหกิจ              | 3          | 1.5    |
| แม่บ้าน                         | 2          | 1.0    |
| อื่นๆ (พนักงานรักษาความปลอดภัย) | 5          | 2.5    |

ตารางที่ 26 (ต่อ)

N = 200

| ลักษณะทางประชากรศาสตร์ | จำนวน (คน) | ร้อยละ |
|------------------------|------------|--------|
| รายได้ต่อเดือน         |            |        |
| น้อยกว่า 5,000 บาท     | 74         | 37     |
| 5,001-10,000 บาท       | 76         | 38     |
| 10,001-15,000 บาท      | 24         | 12     |
| 15,001-20,000 บาท      | 9          | 4.50   |
| 20,001-25,000 บาท      | 11         | 5.50   |
| มากกว่า 25,000 บาท     | 6          | 3      |

ตารางที่ 27 ทักษะของผู้บริโภค ที่มีต่อข้าวเจ้าหอมนิล และขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิล  
เพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา

N = 200

| ข้อมูลด้านทัศนคติ                                      | จำนวน (คน) | ร้อยละ |
|--------------------------------------------------------|------------|--------|
| การรู้จักข้าวเจ้าหอมนิล                                |            |        |
| รู้จัก                                                 | 81         | 40.50  |
| ไม่รู้จัก                                              | 119        | 59.50  |
| ความจำเป็นในการรับประทานอาหารเสริม<br>แคลเซียม         |            |        |
| จำเป็น                                                 | 182        | 91     |
| ไม่จำเป็น                                              | 18         | 9      |
| ความเหมาะสมในผลิตภัณฑ์ที่เสริมแคลเซียมจาก<br>กระดูกปลา |            |        |
| เหมาะสม                                                | 192        | 96     |
| ไม่เหมาะสม                                             | 8          | 4      |

**ตารางที่ 28** ข้อมูลพฤติกรรม และทัศนคติผู้บริโภคภายหลังการทดสอบขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา

| N = 200                                                |            |        |
|--------------------------------------------------------|------------|--------|
| ข้อมูลด้านพฤติกรรมและทัศนคติ                           | จำนวน (คน) | ร้อยละ |
| <b>ช่วงอายุที่รับประทาน</b>                            |            |        |
| วัยเด็ก                                                | 31         | 15.50  |
| วัยรุ่น                                                | 34         | 17     |
| วัยผู้ใหญ่                                             | 60         | 30     |
| อื่นๆ (ได้ทุกวัย)                                      | 75         | 37.50  |
| <b>ช่วงเวลาที่รับประทาน</b>                            |            |        |
| มื้อเช้า                                               | 73         | 36.50  |
| มื้อกลางวัน                                            | 10         | 5      |
| มื้อเย็น                                               | 10         | 5      |
| ระหว่างมื้อ                                            | 83         | 41.50  |
| อื่นๆ (ได้ทุกมื้อ, แล้วยแต่สะดวก)                      | 24         | 12     |
| <b>รูปแบบในการรับประทาน (ตอบมากกว่า 1 ข้อ)</b>         |            |        |
| รับประทานเล่น                                          | 140        | 70     |
| เครื่องดื่มร้อน                                        | 105        | 52.50  |
| ทานยหรือแยม                                            | 58         | 29     |
| เครื่องดื่มเย็น                                        | 38         | 19     |
| สลัดผัก                                                | 24         | 12     |
| อื่นๆ (รับประทานได้กับอาหารทุกชนิด)                    | 3          | 1.50   |
| <b>พิจารณาการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ (ตอบมากกว่า 1 ข้อ)</b> |            |        |
| รสชาติ                                                 | 159        | 79.50  |
| คุณค่าทางสารอาหาร                                      | 140        | 70     |
| ราคา                                                   | 123        | 61.50  |
| บรรจุภัณฑ์                                             | 82         | 41     |
| สีส่น                                                  | 77         | 38.50  |
| รูปร่าง                                                | 58         | 29     |
| ปริมาณบรรจุ                                            | 43         | 21.50  |

ตารางที่ 28 (ต่อ)

N = 200

| ข้อมูลด้านพฤติกรรมและทัศนคติ            | จำนวน (คน) | ร้อยละ |
|-----------------------------------------|------------|--------|
| ขนาด                                    | 38         | 19     |
| ยี่ห้อ                                  | 35         | 17.50  |
| อื่นๆ (ฉลากโภชนาการ)                    | 4          | 2      |
| รูปแบบภาชนะบรรจุผลิตภัณฑ์               |            |        |
| ถุงออลูมิเนียมฟอยล์                     | 64         | 32     |
| กล่องพลาสติกใส                          | 53         | 26.50  |
| ถุงพลาสติกใส                            | 51         | 25.50  |
| กล่องกระดาษ                             | 28         | 14     |
| อื่นๆ (ถุงพลาสติกมีลายสวยงาม)           | 4          | 2      |
| ความเหมาะสมของราคาในการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ |            |        |
| 10 บาท                                  | 86         | 43     |
| 15 บาท                                  | 69         | 34.50  |
| 20 บาท                                  | 36         | 18     |
| 25 บาท                                  | 6          | 3      |
| อื่นๆ (ต่ำกว่า 10 บาท)                  | 3          | 1.50   |

#### 5.4 ข้อมูลเกี่ยวกับความรู้สึก และการยอมรับของผู้บริโภคภายหลังการทดสอบขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา

จากการทดสอบความรู้สึกทางประสาทสัมผัส และการยอมรับของผู้บริโภคหลังการทดสอบขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา (แสดงในตารางที่ 29 และตารางที่ 30) พบว่า ทางด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส ความกรอบ และความชอบรวม ผู้บริโภคให้ความชอบอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย ส่วนทางด้านสี ผู้บริโภคให้ความชอบในระดับเฉยๆ เนื่องจากลักษณะของขนมปังกรอบที่ผลิตได้ มีความกรอบแข็ง มีรสเค็ม หวานน้อย หรือไม่หวานเลย เนื้อสัมผัสมีความสากลิ้นเล็กน้อยจากกระดูกปลาผง จึงทำให้คะแนนความชอบ และการยอมรับลดลง ดังนั้นควรปรับปรุงให้มีความหวานเพิ่ม โดยการเติมน้ำตาล หรือการสอดไส้ครีม เพิ่มสีและกลิ่น เช่น กาแฟ โกโก้ กลิ่นนมเนย กลิ่นวานิลลา เป็นต้น ซึ่งผู้บริโภคให้ข้อคิดเห็นว่า เป็น

ผลิตภัณฑ์ที่นำเศษเหลือจากปลากระพงแดงมาทำให้เกิดประโยชน์ หาได้ง่าย และราคาไม่แพง แต่มีข้อเสนอแนะว่า ควรปรับปรุงด้านสีของผลิตภัณฑ์ ส่วนการยอมรับของผู้บริโภคภายหลังการทดสอบขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา พบว่า มีการยอมรับในผลิตภัณฑ์ คิดเป็นร้อยละ 83 ส่วนความเป็นไปได้ในการซื้อผลิตภัณฑ์ ร้อยละ 64 รองลงมา คือ ไม่แน่ใจ คิดเป็นร้อยละ 33.5 ซึ่งผู้บริโภคเห็นว่ารูปลักษณะให้มีความหลากหลาย เช่น รูปการ์ตูน รูปทรงเลขาคณิต เป็นต้น และปริมาณของผลิตภัณฑ์ควรเพิ่มน้ำหนักมากกว่า 30 กรัม

**ตารางที่ 29** การวิเคราะห์ทางสถิติของคะแนนเฉลี่ยความรู้สึกทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค  
ภายหลังการทดสอบขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา

| ลักษณะทางประสาทสัมผัส | คะแนนความชอบเฉลี่ย | ระดับความชอบ |
|-----------------------|--------------------|--------------|
| ลักษณะปรากฏ           | 6.06 ±1.49         | ชอบเล็กน้อย  |
| สี                    | 5.69 ±1.64         | เฉยๆ         |
| กลิ่น                 | 6.28 ±1.44         | ชอบเล็กน้อย  |
| รสชาติ                | 6.13 ±1.63         | ชอบเล็กน้อย  |
| เนื้อสัมผัส           | 6.07 ±1.62         | ชอบเล็กน้อย  |
| ความกรอบ              | 6.87 ±1.39         | ชอบเล็กน้อย  |
| ความชอบรวม            | 6.52 ±1.38         | ชอบเล็กน้อย  |

**ตารางที่ 30** การยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่ม  
แคลเซียมจากกระดูกปลา

| ข้อมูลด้านการทดสอบผลิตภัณฑ์     | จำนวน(คน) | ร้อยละ |
|---------------------------------|-----------|--------|
| การยอมรับในผลิตภัณฑ์            |           |        |
| ยอมรับ                          | 166       | 83     |
| ไม่ยอมรับ                       | 34        | 17     |
| ความเป็นไปได้ในการซื้อผลิตภัณฑ์ |           |        |
| ซื้อ                            | 128       | 64     |
| ไม่แน่ใจ                        | 67        | 33.50  |
| ไม่ซื้อ                         | 5         | 2.50   |

## 6. อายุการเก็บขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา

การศึกษาอายุการเก็บขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา โดยบรรจุไว้ในถุงพลาสติกโพลีโพรพิลีน น้ำหนักบรรจุประมาณ 30 กรัม (มีจำนวน 7-8 ชิ้น น้ำหนักชิ้นละ 4 กรัม บรรจุแยกชิ้นในถุงพลาสติกโพลีโพรพิลีนปิดสนิท) เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ทำการตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่า  $a_w$  ค่าสี และค่าความแข็ง (hardness) คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide Value) คุณภาพทางจุลินทรีย์ ได้แก่ จำนวนรา และจุลินทรีย์ ทั้งหมด คุณภาพทางประสาทสัมผัส ได้แก่ ปฏิกิริยาด้านสี กลิ่น หิน รสชาติ ความกรอบ ความชอบรวม และการยอมรับ โดยตรวจสอบคุณภาพทุกด้าน ทุกๆ 1 สัปดาห์ ในเวลา 2 เดือน ผลปรากฏดังนี้

### 6.1 คุณภาพทางกายภาพ

6.1.1 ผลการวัดค่า  $a_w$  ของขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 2 เดือน พบว่า ในสัปดาห์ที่ 0 ถึงสัปดาห์ที่ 5 มีค่า  $a_w$  เฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.33-0.57 จากภาพที่ 2 และตารางผนวกที่ ค1 แสดงให้เห็นว่า ค่า  $a_w$  มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการประเมินคุณภาพทางกายภาพ ที่พบว่าระหว่างอายุการเก็บ 5 สัปดาห์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางผนวกที่ จ7) เนื่องจากการเก็บรักษาในถุงพลาสติกโพลีโพรพิลีน ที่สามารถป้องกันการซึมผ่านของก๊าซและน้ำได้ดี แต่ถ้าหากมีความชื้นของอาหารเพิ่มขึ้น จะช่วยเร่งการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีต่างๆ ให้เร็วยิ่งขึ้น ซึ่งขนมปังกรอบสามารถดูดความชื้น จากสภาพแวดล้อมได้ง่ายทำให้หยาบกรอบ (มยุรี, 2541) โดยค่า  $a_w$  ที่วัดได้มีค่าต่ำกว่า 0.6 ซึ่งสภาพไม่เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์ ดังศศิเกษม และพรณี (2530) กล่าวว่าจุลินทรีย์เจริญได้ดี เมื่อค่า  $a_w$  ระหว่าง 0.88-0.96 ส่วนการเจริญของรา มีค่า  $a_w$  มากกว่า 0.6

6.1.2 ผลการวัดค่าความแข็ง (Hardness) ของขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา ตลอดระยะเวลาการเก็บ 2 เดือน พบว่า ในสัปดาห์ที่ 0 ถึงสัปดาห์ที่ 5 มีความแข็งอยู่ในช่วง 23.16-32.81 นิวตัน จากภาพที่ 3 และตารางผนวกที่ ค1 แสดงให้เห็นว่า มีความกรอบลดน้อยลง โดยสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการประเมินคุณภาพทางกายภาพ ที่พบว่าระหว่างอายุการเก็บ 5 สัปดาห์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางผนวกที่ จ7) ซึ่งความกรอบลดน้อยลง เนื่องจากต้องใช้แรงกดที่

เพิ่มขึ้นในการวัดค่าแต่ละสัปดาห์ ดังจิตรนา และคณะ (2546) กล่าวว่า การเสื่อมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ขณะเก็บรักษาจะเกิดการเปลี่ยนแปลงของเปลือกนอกและเนื้อในขนมปัง (ขนมปังเป็นผลิตภัณฑ์ใกล้เคียงกับขนมปังกรอบ) จึงมีลักษณะของความกรอบลดลง แต่ความเหนียวเพิ่มขึ้น เกิดจากความชื้น และการเกิดรีโทรเกรเดชั่นที่อยู่ภายในผลิตภัณฑ์ โดยปัจจัยที่เกิดจากความชื้น เนื่องจากขนมปังกรอบที่มีความชื้น ร้อยละ 3 มีโอกาสดูดความชื้นในบรรยากาศได้มาก (จิตรนา และอรอนงค์, 2541) สอดคล้องกับขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา ที่มีความชื้นร้อยละ 3 เช่นเดียวกัน ดังนั้นหากความชื้นระหว่างเก็บสูงขึ้น และมีค่า  $a_w$  ที่เพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ความกรอบลดลง ส่วนการเกิดรีโทรเกรเดชั่น เกิดจากโมเลกุลอะมิโนสรวมตัวกันอย่างรวดเร็วหลังจากการอบ เป็นสาเหตุให้เนื้อขนมแน่นขึ้นในช่วงแรก แต่อะมิโนสจะค่อยๆ รวมตัวกันในระหว่างการเก็บรักษา มีผลต่อเนื้อขนมที่แน่นขึ้น (จิตรนา และคณะ, 2546) ดังนั้นจึงมีความกรอบลดลงแต่ความแข็งเพิ่มขึ้น จึงทำให้แรงเจาะทะลุของหัวเข็มเพิ่มขึ้นในแต่ละสัปดาห์

6.1.3 ผลการวัดค่าสีของขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา ตลอดระยะเวลาการเก็บ 2 เดือน ดังแสดงในภาพที่ 5 และตารางผนวกที่ ค1 พบว่า ในช่วงสัปดาห์ที่ 0 ถึงสัปดาห์ที่ 5 มีค่าความสว่าง ( $L^*$ ) อยู่ในช่วง 46.75-45.91 สีแดง ( $a^*$ ) มีค่าอยู่ในช่วง 6.21-7.23 และสีเหลือง ( $b^*$ ) มีค่าอยู่ในช่วง 14.76-13.47 แสดงให้เห็นว่า ค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ลดลง ค่าสีแดง ( $a^*$ ) เพิ่มขึ้น และค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) ลดลง โดยสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการประเมินคุณภาพทางกายภาพ ที่พบว่าระหว่างอายุการเก็บ 5 สัปดาห์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางผนวกที่ ค7) ทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำลง เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (Maillard reaction) ที่เกิดจากน้ำตาลรีดิวซิง เช่น กลูโคส ฟรักโทส ทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโน และโปรตีน (เพ็ญขวัญ, 2536) ทำให้เกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องจนได้สารสีน้ำตาล โดยขบวนการเหล่านี้เกิดขณะทอด อบ ย่าง หรือระหว่างการเก็บรักษาอาหารที่อุณหภูมิห้อง จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บ (นิธิยา, 2545)

## 6.2 คุณภาพทางเคมี

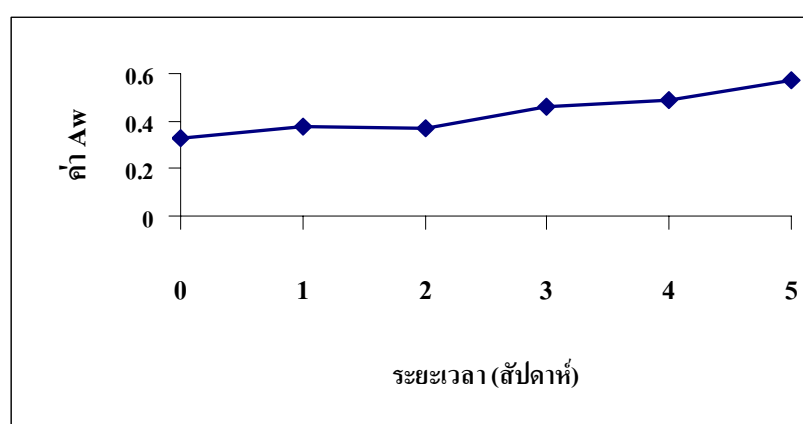
6.2.1 ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide Value) ผลการวัดค่าเปอร์ออกไซด์ของขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 2 เดือน พบว่า ในสัปดาห์ที่ 0 ถึงสัปดาห์ที่ 5 มีค่าเปอร์ออกไซด์อยู่ในช่วง 2-6 มิลลิสมมูล/กิโลกรัม แสดงว่าค่าเปอร์ออกไซด์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 4 และตารางผนวกที่ ค2) เนื่องจากการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

ในอุณหภูมิห้องทำให้เกิดความร้อน ประกอบกับขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอยนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา มีไขมันค่อนข้างสูงกว่าขนมปังกรอบสูตรพื้นฐาน จากเดิมร้อยละ 10 เป็นร้อยละ 15 อีกทั้งขนมปังกรอบมีลักษณะเป็นแผ่นแบน ทำให้มีพื้นที่หน้าตัดมาก ส่งผลต่อการเร่งให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน จึงทำให้ค่าเปอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้น โดยลักษณะของค่าเปอร์ออกไซด์ที่เพิ่มขึ้น หรือลดลงนั้นเกิดจากความไม่เสถียรของสารประกอบเปอร์ออกไซด์ ดังกมลวรรณ (2546) กล่าวว่า โดยปกติแล้วน้ำมันใหม่จะมีค่าเปอร์ออกไซด์ ไม่เกิน 10 มิลลิสมมูล/กิโลกรัม ค่าการหืนจะเริ่มที่ 20-40 มิลลิสมมูล/กิโลกรัม อัตราการเพิ่มจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ระยะเวลา ชนิดของน้ำมัน และอุณหภูมิ เป็นต้น ถึงค่าเปอร์ออกไซด์ไม่ก่อให้เกิดกลิ่นหืนโดยตรง แต่เป็นค่าที่บ่งชี้ถึงปริมาณการเสื่อมเสียของน้ำมันที่เกิดขึ้น โดยการเปลี่ยนแปลงในช่วงการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน แบ่งได้เป็น 3 ระยะ ดังสุรางค์ (2543) ได้กล่าวว่า ระยะแรกค่าเปอร์ออกไซด์จะค่อยๆ เพิ่ม คุณภาพของผลิตภัณฑ์ยังอยู่ในระดับการยอมรับได้ ส่วนระยะที่สองค่าเปอร์ออกไซด์จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้ผลิตภัณฑ์เริ่มมีกลิ่นหืน และระยะที่สามมีการเพิ่มปริมาณอนุมูลอิสระ ซึ่งอนุมูลอิสระเหล่านี้จะทำปฏิกิริยากันเอง ทำให้ปฏิกิริยาออกซิเดชันดำเนินไปอย่างช้าลง และค่าเปอร์ออกไซด์ก็ลดลงเช่นกัน แต่อย่างไรก็ตาม ขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอยนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา สามารถเก็บมากกว่า 5 สัปดาห์ เนื่องจากค่าเปอร์ออกไซด์ต่ำกว่า 10 มิลลิสมมูล/กิโลกรัม แต่คุณภาพทางกายภาพ จุลินทรีย์ และการยอมรับของผู้ทดสอบลดลง จึงทำให้มีการเก็บรักษาได้เหมาะสมเพียง 5 สัปดาห์

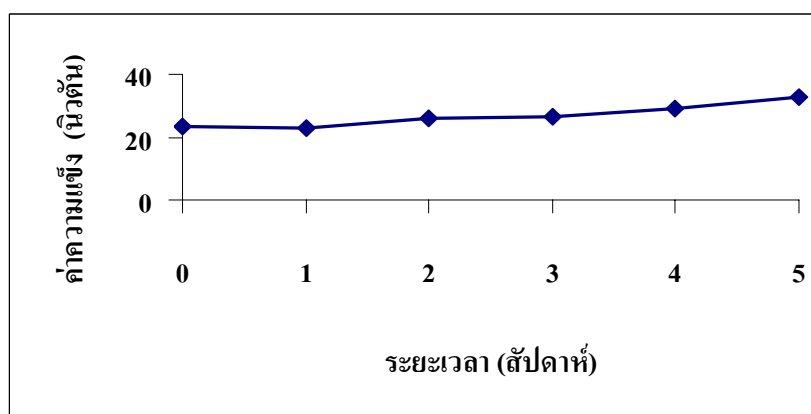
### 6.3 คุณภาพทางจุลินทรีย์

จากการตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์ของขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอยนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 2 เดือน พบว่า ในระหว่างสัปดาห์ที่ 0 ถึงสัปดาห์ที่ 5 มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด  $<10$  โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม และรา  $<10$  โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม (ตารางผนวกที่ ค3) ซึ่งมีจำนวนรา และจุลินทรีย์ไม่เกินมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมขนมปังกรอบ (สมอ., 2530) ที่กำหนดให้จุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน  $10^4$  โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม และราน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม ดังนั้นในสัปดาห์ที่ 0 ถึงสัปดาห์ที่ 5 มีจำนวนรา และจุลินทรีย์ทั้งหมด อยู่ในระดับที่ปลอดภัยในการบริโภค แต่เมื่อเริ่มสัปดาห์ที่ 6 ตรวจสอบพบจำนวนรา 12 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม ซึ่งมากกว่าเกณฑ์ที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมขนมปังกรอบกำหนด เนื่องจากเชื่อว่าสามารถทนต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้ดี เช่น อาหารที่มีความชื้นเพียงเล็กน้อย ดังปรียา และสุตสาข (2546) กล่าวว่า เชื้อราทนต่อสภาพ a<sub>w</sub>

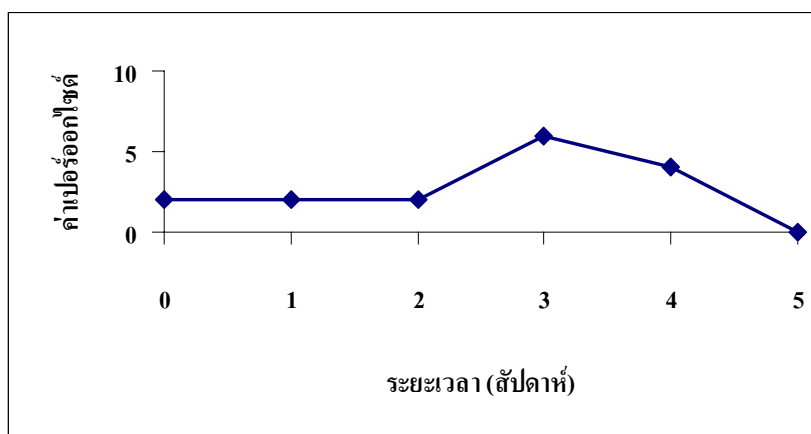
ต่ำได้ดี โดยส่วนใหญ่การเน่าเสียของอาหารแห้ง เกิดจากเชื้อรา สอดคล้องกับค่า  $a_w$  ที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ประกอบกับการเก็บรักษาในอุณหภูมิห้อง ที่ระดับ 25-30 องศาเซลเซียส เป็นช่วงอุณหภูมิที่เราสามารถเจริญได้ดี อีกทั้งผลิตภัณฑ์บรรจุในถุงพลาสติกโพลีโพรพิลีนที่ป้องกันการซึมผ่านก๊าซได้ดี ทำให้มีความชื้นเพิ่มขึ้นโดยวัดจากค่า  $a_w$  ดังนั้น จึงไม่สามารถเก็บขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลาได้จนถึงระยะเวลา 2 เดือน



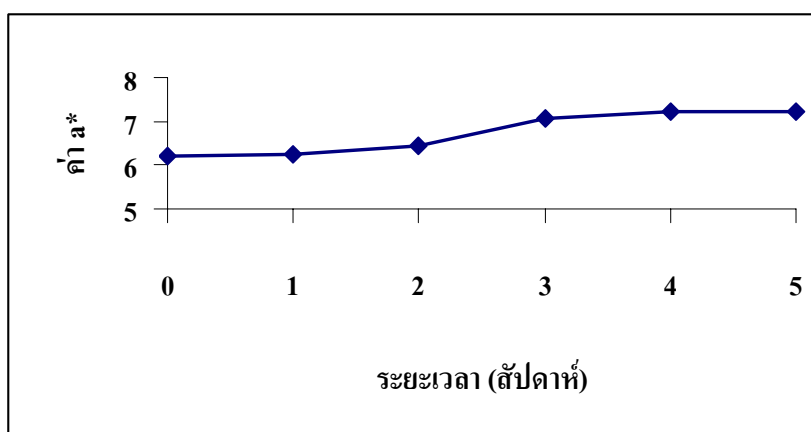
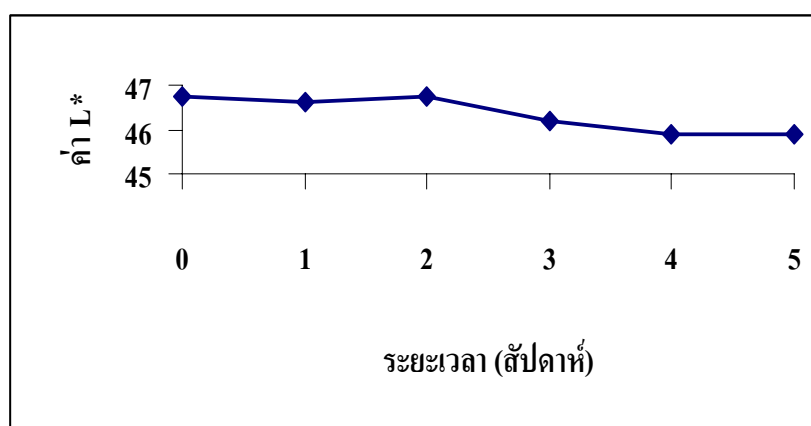
ภาพที่ 2 การเปลี่ยนแปลงค่า Water Activity ตลอดระยะเวลาอายุการเก็บ

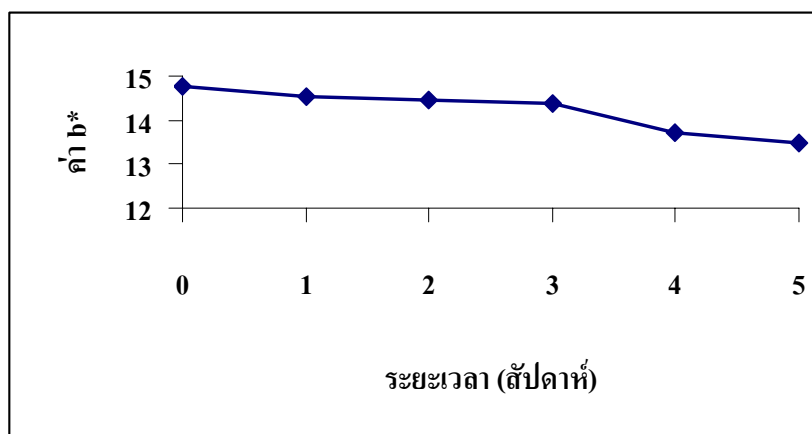


ภาพที่ 3 การเปลี่ยนแปลงค่าความแข็ง (Hardness) ตลอดระยะเวลาอายุการเก็บ



ภาพที่ 4 การเปลี่ยนแปลงค่าปอร์ออกไซด์ตลอดระยะเวลาอายุการเก็บ





ภาพที่ 5 การเปลี่ยนแปลงค่าสี ได้แก่ ค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ค่าสีแดง ( $a^*$ ) และค่าสีเหลือง ( $b^*$ )

ตลอดระยะเวลาอายุการเก็บ

#### 6.4 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

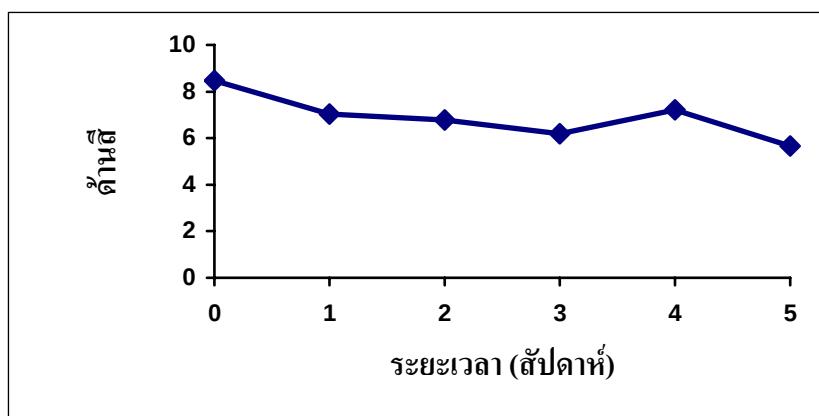
จากการศึกษาทางประสาทสัมผัส เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอม นิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา ที่เก็บในอุณหภูมิห้อง เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางด้านลักษณะ สี กลิ่น หิน รสชาติ และความกรอบ โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 12 คน ทดสอบแบบ QDA ซึ่งผลของการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์ ได้ผลดังต่อไปนี้

6.4.1 การเปลี่ยนแปลงลักษณะของสีผลิตภัณฑ์ ที่เก็บรักษาในอุณหภูมิห้อง สัปดาห์ที่ 0 ถึงสัปดาห์ที่ 5 พบว่า มีคะแนนลักษณะด้านสีในช่วง 8.46-5.66 ดังแสดงในตารางผนวกที่ 6 และ จากภาพที่ 6 แสดงให้เห็นว่า การยอมรับด้านสีของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มลดลง สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ที่พบว่าระหว่างอายุ การเก็บ 5 สัปดาห์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางผนวกที่ 6) และสอดคล้องกับคุณภาพค่าสีทางกายภาพที่มีสีของผลิตภัณฑ์คล้ำลง เนื่องจาก ปฏิกิริยามิลลาร์ด (Maillard reaction) โดยน้ำตาลรีดิวซิงทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโน และ โปรตีน เกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องจนได้สารสีน้ำตาล จึงทำให้ขนมปังกรอบที่ได้มีสีเปลี่ยนแปลงในระหว่างการ เก็บ (นิธิยา, 2545)

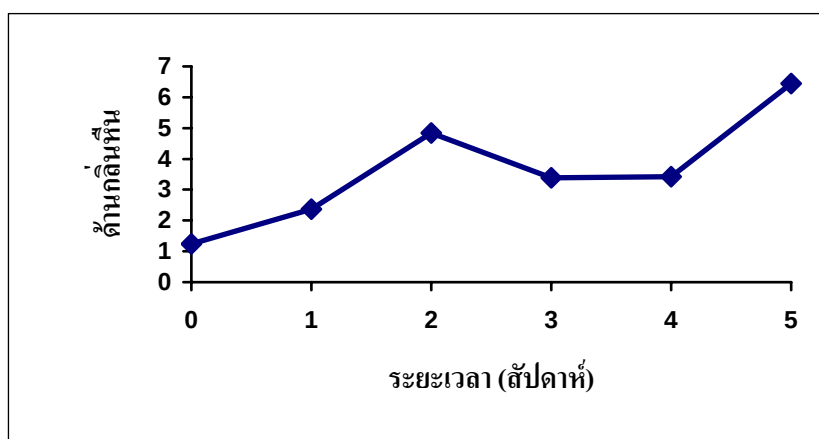
6.4.2 การเปลี่ยนแปลงกลั่นหีนของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาในอุณหภูมิห้อง สัปดาห์ที่ 0 ถึงสัปดาห์ที่ 5 พบว่า มีคะแนนคุณภาพของกลั่นหีน อยู่ในช่วง 1.24-6.44 ดังแสดงในตารางผนวกที่ ค4 และจากภาพที่ 7 แสดงให้เห็นว่า การยอมรับด้านกลั่นหีนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ที่พบว่าระหว่างอายุการเก็บ 5 สัปดาห์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางผนวกที่ จ6) และสอดคล้องกับค่าเปอร์ออกไซด์ที่เพิ่มขึ้น (ดังตารางผนวกที่ ค2) เนื่องจากในผลิตภัณฑ์มีไขมันค่อนข้างสูง จากเดิมร้อยละ 10 เพิ่มเป็นร้อยละ 15 จึงทำให้มีความไวต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันเกิดกลั่นหีนได้ง่าย หากอยู่ในสภาวะอุณหภูมิสูงและความชื้นสูง แต่เนื่องจากค่าเปอร์ออกไซด์ที่วิเคราะห์ได้มีค่าไม่เกิน 10 มิลลิสมมูล/กิโลกรัม ซึ่งอยู่ในระดับปกติของน้ำมันใหม่ (กมลวรรณ, 2546) ดังนั้นคุณภาพทางประสาทสัมผัสของกลั่นหีนอยู่ในระดับที่ผู้ทดสอบยอมรับได้

6.4.3 การเปลี่ยนแปลงรสชาติของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ในสัปดาห์ที่ 0 ถึงสัปดาห์ที่ 5 พบว่า มีคะแนนคุณภาพของรสชาติ อยู่ในช่วง 10.40-7.77 ดังแสดงในตารางผนวกที่ ค4 และจากภาพที่ 8 แสดงว่า การยอมรับด้านรสชาติมีแนวโน้มทางประสาทสัมผัสลดลง แต่ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ที่พบว่าระหว่างอายุการเก็บ 5 สัปดาห์ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางผนวกที่ จ6) ดังนั้น การยอมรับด้านรสชาติอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ ถึงแม้คุณลักษณะด้านต่างๆ จะลดลง

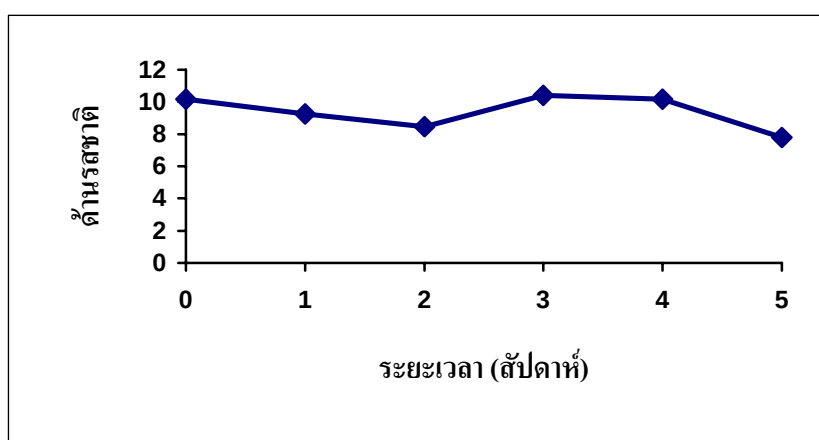
6.4.4 การเปลี่ยนแปลงความกรอบของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องในสัปดาห์ที่ 0 ถึงสัปดาห์ที่ 5 พบว่า มีคะแนนความกรอบ อยู่ในช่วง 11.77-6.80 ดังแสดงในตารางผนวกที่ ค4 และจากภาพที่ 9 แสดงให้เห็นว่าความกรอบในผลิตภัณฑ์ลดลง ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ที่พบว่าระหว่างอายุการเก็บ 5 สัปดาห์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางผนวกที่ จ6) และสอดคล้องกับคุณภาพทางกายภาพของค่าความแข็ง (hardness) ที่เพิ่มขึ้น (ดังตารางที่ ค1) เนื่องจากการเกิดรีโทรเกรเดชัน มีผลทำให้เปลือกนอก และเนื้อในขนมปังกรอบ มีความเหนียวเพิ่มขึ้น และความกรอบลดลง ประกอบกับค่า  $a_w$  ที่เพิ่มขึ้น เพราะมีการเก็บรักษาในถุงโพลิโพรพิลีน ทำให้การป้องกันการซึมผ่านของก๊าซได้ต่ำ (มยุรี, 2533) จึงทำให้คุณภาพทางด้านความกรอบของผลิตภัณฑ์ลดลง และมีอายุการเก็บสั้น



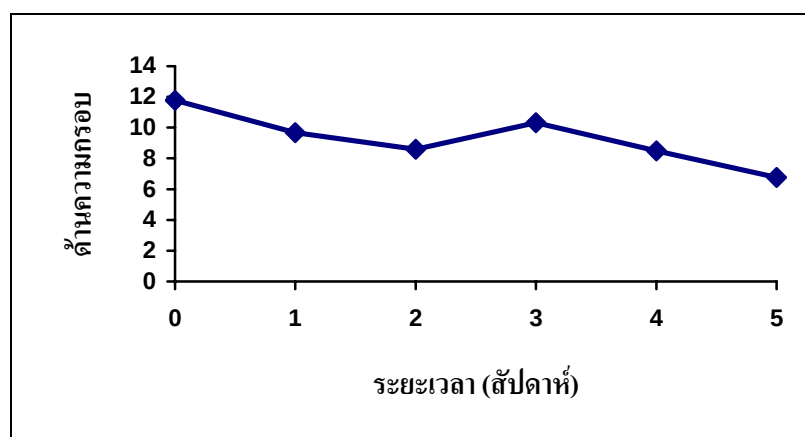
ภาพที่ 6 การเปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัสด้านดีตลอดระยะเวลาอายุการเก็บ



ภาพที่ 7 การเปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นหืนตลอดระยะเวลาอายุการเก็บ



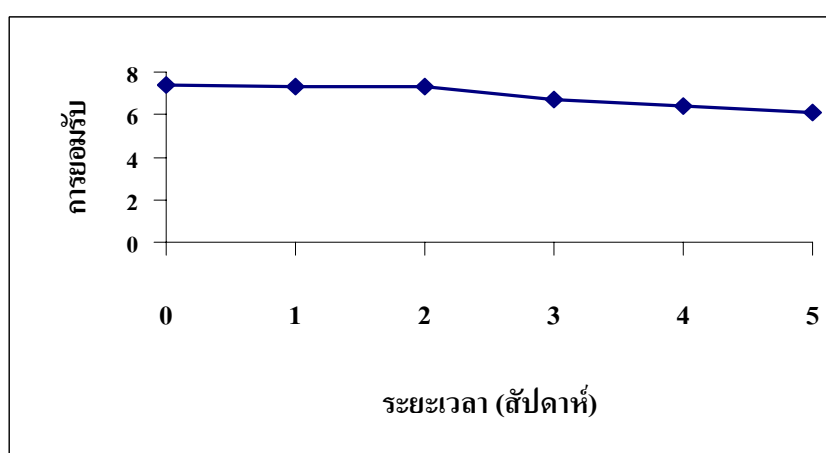
ภาพที่ 8 การเปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติตลอดระยะเวลาอายุการเก็บ



ภาพที่ 9 การเปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัสด้านความกรอบตลอดระยะเวลาอายุการเก็บ

#### 6.5 การยอมรับผลิตภัณฑ์

การเปลี่ยนแปลงด้านการยอมรับของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์ พบว่า มีคะแนนในการยอมรับ อยู่ในช่วง 7.41-6.08 แสดงในตารางภาคผนวกที่ ค4 และจากภาพที่ 10 แสดงว่าการยอมรับในผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มลดลง สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการประเมินการยอมรับผลิตภัณฑ์ พบว่าระหว่างอายุการเก็บ 5 สัปดาห์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางผนวกที่ ค6) เนื่องจากคุณภาพทุกด้านมีการเปลี่ยนแปลง แต่การยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ ยังมีระดับคะแนนที่ยอมรับได้ โดยค่าการยอมรับผลิตภัณฑ์อยู่ในช่วงยอมรับปานกลางถึงยอมรับเล็กน้อย



ภาพที่ 10 การเปลี่ยนแปลงการยอมรับตลอดระยะเวลาอายุการเก็บ

ดังนั้น จากการศึกษาอายุการเก็บขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา พบว่า ผลิตภัณฑ์สามารถเก็บรักษาได้เหมาะสมเพียง 5 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิห้องในถุงพลาสติกโพลิโพรพิลีน เนื่องจากระหว่างการเก็บรักษาเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพทางเคมี ทางจุลินทรีย์ ทางประสาทสัมผัส และการยอมรับ ที่มีแนวโน้มลดลงของผลิตภัณฑ์ (แสดงในข้อที่ 6.1-6.5) จึงไม่สามารถเก็บผลิตภัณฑ์ได้จนถึงระยะเวลา 2 เดือน

## 7. ต้นทุนการผลิตขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา

ข้าวเจ้าหอมนิล (ยี่ห้อเพื่อนไทย) 1 กิโลกรัม ราคา 50 บาท นำมาทำแป้งข้าวเจ้าหอมนิลได้ประมาณ 900 กรัม ดังนั้นแป้งข้าวเจ้าหอมนิล มีต้นทุนวัตถุดิบกิโลกรัมละ 55.55 บาท

กระดูกปลากะพงแดง (จากตลาดยิ่งเจริญ สะพานใหม่) เป็นเศษที่เหลือจากการแล่นเนื้อปลาออกแล้ว ซึ่งการทำกระดูกปลาผองจะใช้ในส่วนรยางค์ของปลาหรือส่วนของก้างปลา โดยนำกระดูกปลา 2.5 กิโลกรัม ต้มในน้ำเดือดเพื่อแยกก้างปลาออกจากเศษเหลือต่างของปลา เช่น เนื้อปลา หนังปลา เป็นต้น แล้วนำไปผ่านกระบวนการผลิตกระดูกปลาผอง (แสดงในภาพผนวกที่ ข4) ได้กระดูกปลาผอง ประมาณ 250 กรัม

การผลิตขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา สามารถผลิตได้ 45 ชิ้น น้ำหนักชิ้นละ 4 กรัม รวมน้ำหนักได้ 180 กรัม ซึ่งในหนึ่งหน่วยบริโภค มีน้ำหนักประมาณ 30 กรัม จำนวน 7-8 ชิ้น ต้นทุนค่าวัตถุดิบในการผลิตขนมปังกรอบสูตรพื้นฐานในหนึ่งหน่วยบริโภค คือ 1.60 บาท ส่วนสูตรขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา มีต้นทุนค่าวัตถุดิบในการผลิตขนมปังกรอบ คือ 2.13 บาท จากต้นทุนการผลิตจะเห็นได้ว่า ขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา มีต้นทุนมากกว่าขนมปังกรอบสูตรพื้นฐาน ประมาณ 0.53 บาท (ดังตารางผนวกที่ ง6 และ ง7)

แนวคิดทางการตลาด ผลิตภัณฑ์ขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา มีส่วนผสมของแป้งข้าวเจ้าหอมนิลและกระดูกปลาผอง ซึ่งเป็นวัตถุดิบภายในประเทศ ไม่เป็นอันตรายต่อร่างกาย มีราคาถูก และยังได้แคลเซียม ธาตุเหล็กเพิ่มขึ้นจากขนมปังกรอบปกติ อีกทั้งสามารถรับประทานได้ทุกเพศ ทุกวัย รับประทานได้ง่าย สะดวก เหมาะกับทุกสถานที่ ทุกเวลา

## สรุปผลและข้อเสนอแนะ

### สรุปผล

การผลิตขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา มีขั้นตอนการศึกษาตามวัตถุประสงค์ดังนี้ การเตรียมวัตถุดิบ ได้แก่ แป้งข้าวเจ้าหอมนิล และกระดูกปลากะพงแดงผง การคัดเลือกสูตรพื้นฐาน เพื่อการพัฒนาสูตรขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา แล้วศึกษาคุณภาพผลิตภัณฑ์ ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของปริมาณแคลเซียม และธาตุเหล็กในผลิตภัณฑ์ แล้วทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์สุดท้ายคือ ศึกษาอายุการเก็บและต้นทุนวัตถุดิบในการผลิต ซึ่งสรุปผลการดำเนินงานได้ดังนี้

1. การผลิตแป้งข้าวเจ้าหอมนิล ด้วยวิธีการโม่แห้ง นำเมล็ดข้าวเจ้าหอมนิลมาล้างทำความสะอาด แล้วทำให้แห้งด้วยตู้อบแห้งแบบใช้ลมร้อน (tray dryer) อบด้วยอุณหภูมิ 55-60 องศาเซลเซียส ใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง จนเมล็ดข้าวแห้ง นำมาบดด้วยเครื่องโม่แป้ง (bite mill) แล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่า มีความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เชื้อใย และคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 10.82 2.32 2.30 0.57 และ 76.59 ตามลำดับ มีธาตุเหล็ก ร้อยละ 3.81 มิลลิกรัม ความสามารถในการดูดซับน้ำ ร้อยละ 24.20 มิลลิลิตรต่อกรัม น้ำหนักแห้ง และมีค่าสี ได้แก่ ค่าความสว่างปานกลาง ( $L^*$ ) 56.16 สีแดง ( $a^*$ ) 1.79 และสีเหลือง ( $b^*$ ) 5.83 ส่วนค่า  $a_w$  ร้อยละ 0.57 มีสภาพไม่เหมาะต่อการเจริญของยีสต์ รา และจุลินทรีย์ทั้งหมด ลักษณะของแป้งที่ผลิตได้มีสีม่วง เป็นผงละเอียด ลื่นมือ ไม่จับตัวเป็นก้อน โดยแป้งข้าวเจ้าหอมนิลที่ผลิตได้ คิดเป็นร้อยละ 90 มีส่วนที่สูญเสียไปร้อยละ 10 ของน้ำหนักทั้งหมด

2. การเตรียมกระดูกปลากะพงแดงผง โดยนำกระดูกปลากะพงแดงคั้นเนื้อมาล้างทำความสะอาด แล้วต้มในน้ำเดือด เพื่อแยกกระดูกออกจากเนื้อปลา ด้วยอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 25-30 นาที เกลาะเนื้อออกจากกระดูก นำกระดูกปลามาแช่สารละลายด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ ร้อยละ 0.8 ใช้ระยะเวลา 2 ชั่วโมง แล้วล้างด้วยน้ำสะอาดหลายๆ ครั้ง พักไว้ให้สะเด็ดน้ำ นำกระดูกปลาไปต้มในน้ำเดือด ประมาณ 1 ชั่วโมง ด้วยอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ให้ต้มประมาณ 2-3 ครั้ง (เพื่อสกัดเจลาติน และลดกลิ่นคาวปลา) นำกระดูกปลาที่ต้มล้างด้วยน้ำสะอาด ปล่อยให้สะเด็ดน้ำ นำเข้าเตาอบไฟฟ้าใช้เวลา 30 นาที ด้วยอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส บดด้วยเครื่องบดอาหารแห้ง (blender) ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 30 เมช เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่า มีความชื้น

โปรตีน ไขมัน เถ้า และคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 4 25.97 1.45 60.09 และ 8.49 ตามลำดับ ธาตุแคลเซียมร้อยละ 33.84 มิลลิกรัม และมีค่าสี ได้แก่ ค่าความสว่างมาก ( $L^*$ ) 83.45 สีเขียว ( $a^*$ ) -1.72 และสีเหลือง ( $b^*$ ) 12.47 กระดูปลาผงที่ได้จะมีสีขาวนวล และมีค่า  $a_w$  ร้อยละ 0.349 ลักษณะกระดูปลาผงที่ผลิตได้มีสีขาวนวล เป็นผงละเอียด ไม่จับตัวเป็นก้อน มีกลิ่นคาวปลาเล็กน้อย เมื่อสัมผัสรู้สึกระคายมือ กระดูปลาผงแดงที่ผลิตได้ คิดเป็นร้อยละ 10 มีส่วนที่สูญเสียไป ร้อยละ 90 ของน้ำหนักทั้งหมด

3. สูตรพื้นฐานขนมปังกรอบ ได้คัดเลือกสูตรขนมปังกรอบจากเอกสารจำนวน 3 สูตร โดยเกณฑ์ในการเลือก คือ ขนมปังกรอบชนิดไม่หวาน และมีการหมักของโด เป็นขนมปังกรอบประเภทครีมแครกเกอร์ (Cream Cracker) มีส่วนผสมหลัก ได้แก่ แป้งสาลี ไขมัน ยีสต์ และเกลือ คัดเลือกให้เหลือเพียง 1 สูตร คือสูตรที่มีส่วนผสมหลักเป็นแป้งสาลี 200 กรัม ยีสต์ 3 กรัม นมผง 2 กรัม น้ำตาลทราย 5 กรัม เกลือ 2 กรัม และเนยสด 30 กรัม มีกรรมวิธีการผลิต คือ นำแป้งสาลี ยีสต์ และนมผง ร่อนรวมกันพักไว้ เตรียมส่วนผสมของเหลว โดยนำน้ำเปล่า น้ำตาลทราย เกลือ ผสมให้ละลายเข้าด้วยกันพักไว้ เทของแห้งลงในอ่างผสมของเครื่องตีผสมอาหาร ตามด้วยของเหลวตีผสมด้วยความเร็วระดับ 1 เป็นเวลา 2 นาที และเพิ่มความเร็วที่ระดับ 5 เป็นเวลา 4 นาที เมื่อเข้ากันดีให้ใส่เนยสดแล้วตีจนแป้งเนียน เวลา 2 นาที พักแป้งโดไว้ประมาณ 10 นาที แล้วคลึงให้เป็นแผ่นบาง นำมาตัดขึ้นรูปให้แต่ละชิ้น มีความกว้าง 4 ซม. x ยาว 7 ซม. นำชิ้นแป้งที่ตัดขึ้นรูปวางบนถาดทาไขมัน แล้วนำเข้าตู้หมัก โดยใช้อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20-25 นาที ก่อนอบต้องเจาะรูบนขนมปัง เพื่อป้องกันการพองตัวมากเกินไป นำเข้าเตาอบใช้อุณหภูมิในการอบ 350-400 องศาฟาเรนไฮต์ เป็นเวลา 15-20 นาที จนสุกเหลือง

4. ผลการศึกษาปริมาณน้ำในแป้งข้าวเจ้าหอมนิล ร้อยละ 10 20 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้งทั้งหมด พบว่า สามารถดูดซับน้ำได้ 18.73 19.45 20.17 และ 20.90 มิลลิลิตรตามลำดับ เมื่อทราบถึงปริมาณน้ำ จึงนำมาศึกษาปริมาณแป้งข้าวเจ้าหอมนิลต่อแป้งสาลีที่เหมาะสม โดยมีอัตราส่วนของแป้งข้าวเจ้าหอมนิลต่อแป้งสาลี 4 ระดับ คือ ร้อยละ 10:90 20:80 30:70 และ 40:60 ของน้ำหนักแป้งทั้งหมดตามลำดับ ทำการทดลองโดยใช้แป้งข้าวเจ้าหอมนิลที่มีกรรมวิธีการผลิตแบบไม่แห้ง และแบบมีน้ำ พบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมของแป้งข้าวเจ้าหอมนิลทั้ง 2 ชนิด คือ แป้งข้าวเจ้าหอมนิลต่อแป้งสาลี ร้อยละ 20:80 ของน้ำหนักแป้งทั้งหมด นำมาเปรียบเทียบชนิดของแป้งข้าวเจ้าหอมนิลที่มีกรรมวิธีการผลิตแบบไม่แห้ง และแบบมีน้ำ พบว่า ผู้ทดสอบมีความชอบในขนมปังกรอบที่ทำจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลแบบไม่แห้ง เพราะมีลักษณะความพองกรอบผิวหน้า

ไม่เรียบ สีน้ำตาลค่อนข้างอ่อน มีกลิ่นหอมเนย รสชาติกลมกล่อม หวานเค็มพอดี มีความกรอบร่วน อีกทั้งคะแนนความชอบเฉลี่ยดีที่สุดในนั้นนำมาศึกษาปริมาณไขมันต่อกระดูกปลาผง ปริมาณที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์ คือ ไขมันร้อยละ 15 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด และกระดูกปลาผง ร้อยละ 2 ของน้ำหนักแห้งทั้งหมด (ไขมันที่ใช้ คือ เนยสด) เพราะมีความพองกรอบ ผิวหน้าค่อนข้างเรียบ สีน้ำตาลค่อนข้างอ่อน มีกลิ่นหอมเนยค่อนข้างมาก รสหวานเค็มพอดี เนื้อสัมผัสซากลิ้นเล็กน้อย และมีความกรอบร่วนมาก อีกทั้งยังมีคะแนนความชอบเฉลี่ยดีที่สุดใน

5. สูตรขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา มีส่วนประกอบดังนี้ แป้งข้าวเจ้าหอมนิล 40 กรัม แป้งเล็ก 40 กรัม แป้งขนมปัง 120 กรัม ยีสต์ 3 กรัม นมผง 2 กรัม น้ำตาลทราย 5 กรัม เกลือ 2 กรัม เนยสด 51 กรัม กระดูกปลาผง 5 กรัม และน้ำเปล่า 79 กรัม มีกรรมวิธีการผลิต โดยนำส่วนผสมของแห้งมีแป้งสาลี แป้งข้าวเจ้าหอมนิล ยีสต์ นมผง และกระดูกปลาผง ผสมเข้าด้วยกันแล้วร่อนรวมกันพักไว้ เตรียมส่วนผสมของเหลว โดยนำน้ำเปล่า น้ำตาลทราย เกลือ ผสมให้ละลายเข้าด้วยกันพักไว้ จากนั้นนำส่วนผสมที่เป็นของแห้งลงในอ่างผสมของเครื่องตีผสมอาหาร ตามด้วยของเหลวตีผสมด้วยความเร็วระดับ 1 เป็นเวลา 2 นาที และเพิ่มความเร็วที่ระดับ 5 เป็นเวลา 4 นาที เมื่อเข้ากันดีให้ใส่เนยสดแล้วตีจนแป้งเนียน พักแป้งโดไว้ประมาณ 10 นาที แล้วคลึงให้เป็นแผ่นกว้าง มีความกว้าง 28 ซม. x ยาว 35 ซม. แล้วนำมาตัดขึ้นรูปให้แต่ละชิ้น มีความกว้าง 4 ซม. x ยาว 7 ซม. นำชิ้นแป้งที่ตัดขึ้นรูปร่างบนถาดอบที่ทาเนยขาว แล้วนำเข้าตู้อบ โดยใช้อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20-25 นาที ก่อนอบต้องเจาะรูบนขนมปัง เพื่อป้องกันการพองตัวมากเกินไปนำเข้าเตาอบใช้อุณหภูมิในการอบ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ มีความพองกรอบ สีน้ำตาลอ่อน กลิ่นหอมเนย รสชาติหวานเค็มพอดี เนื้อสัมผัสกรอบร่วน ซากลิ้นเล็กน้อย

6. การวิเคราะห์คุณภาพของขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา ผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาลอ่อน โดยค่าสี มีค่าความสว่างปานกลาง ( $L^*$ ) 45.86 สีแดง ( $a^*$ ) 4.79 และสีเหลือง ( $b^*$ ) 13.63 ค่า  $a_w$  0.34 และค่าความแข็ง (hardness) 24.24 นิวตัน เมื่อนำไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ พบว่า มีความชื้นร้อยละ 3 โปรตีนร้อยละ 12.98 ไขมันร้อยละ 21.49 เกลือร้อยละ 2.98 เชื้อยีสต์ร้อยละ 1.18 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 58.37 ตามลำดับ มีแคลเซียม 124 มิลลิกรัม และธาตุเหล็ก 1.77 มิลลิกรัม ส่วนคุณภาพทางจุลินทรีย์ทั้งหมด และรำน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อกรัม ตัวอย่าง

7. การศึกษาปริมาณแคลเซียม และธาตุเหล็ก ที่ควรได้รับใน 1 วัน ตามปริมาณสารอาหาร ที่ควรได้รับประจำวันสำหรับคนไทย (Recommended Daily Allowances for Health Thais, RDA) ในขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา ต่อหนึ่งหน่วยบริโภค (มี น้ำหนัก 30 กรัม) พบว่า ให้แคลเซียม 37.20 มิลลิกรัม ซึ่งมีปริมาณแคลเซียมที่เพิ่มขึ้นจากขนมปัง กรอบสูตรพื้นฐานถึง 1.68 เท่า (เพิ่มขึ้น 50 มิลลิกรัมจาก 74 มิลลิกรัม) และธาตุเหล็ก 0.53 มิลลิกรัม ซึ่งมีปริมาณธาตุเหล็กที่เพิ่มขึ้นจากขนมปังกรอบสูตรพื้นฐานถึง 1.7 เท่า (เพิ่มขึ้น 0.74 มิลลิกรัมจาก 1.03 มิลลิกรัม) แสดงให้เห็นว่า ในขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูก ปลา มีการเพิ่มปริมาณของแคลเซียม และธาตุเหล็ก จากขนมปังกรอบสูตรพื้นฐาน

8. การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอม นิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา โดยใช้กลุ่มผู้บริโภคเป้าหมาย คือ กลุ่มผู้บริโภคทั่วไป จำนวน 200 คน พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามที่เป็นผู้บริโภคส่วนใหญ่ เป็นเพศหญิง มีอายุอยู่ในช่วง 15-24 ปี ระดับการศึกษาอยู่ในช่วงปริญญาตรี ส่วนใหญ่เป็นนิสิต/นักศึกษา มีรายได้ 5,001-10,000 บาท การ ทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสจากผู้บริโภค พบว่า ความชอบทางด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส ความกรอบ และความชอบรวม ผู้บริโภคให้ความชอบอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย ส่วนทางด้านสีผู้บริโภคให้ความชอบในระดับเฉยๆ และการทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ พบว่า มี การยอมรับ คิดเป็นร้อยละ 83 จากจำนวนผู้บริโภค 166 คน หากนำขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้า หอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา บรรจุ 30 กรัม ในถุงพลาสติกออกวางจำหน่ายผู้บริโภค เห็น ว่าควรมีราคาถุงละ 10 บาท รองลงมา ถุงละ 15 บาท และผู้บริโภคร้อยละ 64 คิดว่าจะซื้อผลิตภัณฑ์

9. การศึกษาอายุการเก็บของขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูก ปลา โดยบรรจุในถุงพลาสติกโพลิโพรพิลีน เก็บรักษาในสภาวะอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 2 เดือน พบว่า ขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา สามารถเก็บได้เหมาะสม เพียง 5 สัปดาห์ เนื่องจากเกิดความเสื่อมเสียทางกายภาพ และทางด้านจุลินทรีย์ที่เพิ่มขึ้น ซึ่ง จุลินทรีย์ที่ตรวจพบมีจำนวนเกินกำหนดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมขนมปังกรอบ เมื่อ เก็บไว้นานเกิน 5 สัปดาห์ อาจเกิดจากสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ ดังเช่น ค่า  $a_w$  ที่เพิ่มขึ้นในผลิตภัณฑ์ เป็นต้น

10. ขนมปิ้งกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา มีต้นทุนวัตถุดิบต่อหนึ่งหน่วยบริโภค เท่ากับ 2.13 บาท ในส่วนขนมปิ้งกรอบสูตรพื้นฐานต่อหนึ่งหน่วยบริโภค มีต้นทุนวัตถุดิบ เท่ากับ 1.60 บาท (จำนวน 7-8 ชิ้น หรือ 30 กรัม)

### ข้อเสนอแนะ

1. การคัดเลือกสูตรพื้นฐาน ควรเลือกสูตรที่มีคะแนนการยอมรับที่ดีมาพัฒนา เพราะจะส่งผลให้คะแนนการยอมรับดี เมื่อทำการทดลองในขั้นต่อไป
2. ส่วนผสมในขนมปิ้งกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา ที่เป็นเนยสด ควรใช้เนยสดชนิดจืด เพราะไม่มีผลทางด้านรสชาติ เมื่อมีการเพิ่มปริมาณไขมัน
3. ในการรีดแป้งควรใช้เครื่องรีดแป้ง เพื่อให้มีความหนาที่เท่ากัน ซึ่งจะช่วยให้ขนมปิ้งกรอบขึ้นฟูอย่างสม่ำเสมอ และยังช่วยลดระยะเวลาในการผลิต เพราะสามารถรีดแป้งจำนวนมากได้ อีกทั้งในการผลิตมีการหมักโดก่อนการรีด ซึ่งหากใช้เวลาในการรีดแป้งที่นานเกินไป โดที่พักไว้รอการรีดแต่ละครั้งจะพองตัวมากเกินไป เมื่อนำแป้งเข้าเครื่องรีดจะทำให้โดยุบตัวได้ และเมื่อเข้าอบจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความพองกรอบน้อย
4. การสังเกตขนมปิ้งกรอบที่อบสุกได้ที่แล้ว ให้กดที่หน้าของขนมปิ้งกรอบ หากแป้งนั้นให้ขอบต่อจนหน้าขนมไม่นิ่ม เพราะส่วนที่อยู่ตรงกลางของแป้งยังไม่สุก และสามารถสังเกตที่ได้แผ่นของขนมปิ้งให้มีสีเหลืองทอง
5. ควรเพิ่มสี กลิ่นรส เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาล ที่เกิดจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเป็นส่วนผสม ทำให้ขนมปิ้งกรอบที่ได้มีสีน้ำตาล จึงควรทำให้มีสีที่สม่ำเสมอขึ้น โดยเพิ่มวัตถุดิบเพื่อช่วยทางด้านลักษณะทางประสาทสัมผัสให้ดีขึ้น ได้แก่ กาแฟ ช็อคโกแลต โกโก้ เป็นต้น และควรมีรูปร่างที่แปลกใหม่ในผลิตภัณฑ์ โดยการใช้พิมพ์รูปแบบต่างๆ ตามต้องการ เช่น รูปสัตว์ การ์ตูน ทรงเลขาคณิต เป็นต้น อีกทั้งควรศึกษาวัตถุดิบอื่นๆ มาผสมในผลิตภัณฑ์ขนมปิ้งกรอบ เช่น ธัญพืช เครื่องเทศ ผัก ผลไม้ เป็นต้น เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ ความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ และเป็นการสร้างทางเลือกใหม่ให้กับผู้บริโภคได้มากยิ่งขึ้น

6. ควรเพิ่มสารช่วยให้ขนมปังกรอบมีความคงตัวและมีเนื้อสัมผัสดี เพื่อเพิ่มปริมาณการใช้แป้งข้าวเจ้าหอมนิลให้มีระดับที่สูงขึ้น เช่น ผสมกัมในแป้งข้าวเจ้า ผสมกลูเตนผงในแป้งข้าวเจ้า (จิตรนา, 2537) หรือสารเมทอเซล (methocel) (Delgado, 1977) เพื่อจะได้ขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลล้วนที่คล้ายขนมปังกรอบจากแป้งสาลี

7. การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา ควรเพิ่มการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสเนื่องจากการดูดซึมแคลเซียมต้องมีปริมาณฟอสฟอรัสต่อแคลเซียม 1:1 หรือ 1:2 เพื่อเพิ่มศักยภาพการดูดซึม และปรับความเหมาะสมอัตราส่วนของแคลเซียมและฟอสฟอรัส

8. ในการศึกษาอายุการเก็บขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา ควรมีการเปรียบเทียบทางด้านของบรรจุภัณฑ์ เนื่องจากบรรจุภัณฑ์ที่ต่างชนิดกันจะมีคุณสมบัติการใช้งานที่แตกต่างกัน และเพื่อให้มีความเหมาะสมในการเก็บผลิตภัณฑ์ อีกทั้งเพื่อให้ทราบถึงความแตกต่างของระยะเวลาในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ เช่น ถุงพลาสติก และถุงอูมิเนียม เป็นต้น ซึ่งมีผลต่อการเกิดกลิ่นหืน และสีที่คล้ำลงของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันระหว่างการศึกษายูการเก็บ

## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กมลวรรณ แจ่มชัด. 2546. **ปฏิบัติการวัดค่าคุณภาพทางเคมี**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

กรมประมง. 2541. **ปลาผองของไทยและแนวทางการใช้ประโยชน์. โครงการผลิตอาหารโปรตีนผง**  
**สถาบันวิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ**. กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์,  
กรุงเทพฯ.

กล้าณรงค์ ศรีรอด. 2543. **เทคโนโลยีของแปรง**. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัย  
เกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

กองโภชนาการ. 2530. **ตารางแสดงคุณค่าอาหารไทยในส่วนที่กินได้ 100 กรัม**. กรมอนามัย  
กระทรวงสาธารณสุข.

\_\_\_\_\_. 2541. **ประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 182 เรื่องมาตรฐานฉลากโภชนาการ**.  
กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, นนทบุรี.

\_\_\_\_\_. 2546. **ปริมาณสารอาหารอ้างอิงที่ควรได้รับประจำวันสำหรับคนไทย พ.ศ.2546**.  
กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, นนทบุรี.

กิตติยา สุวัฒน์สังข์. 2544. **การพัฒนากระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ลูกไก่เสริมโปรตีนและแคลเซียม**  
**จากสัตว์น้ำ**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

งามชื่น คงเสรี. 2537. **ศักยภาพข้าวไทยสู่การแปรรูป. ใน ศักยภาพข้าวไทย : ทิศทางใหม่สู่**  
**อุตสาหกรรม รายงานการประชุมทางวิชาการ ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 32**.  
สาขาอุตสาหกรรม คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

\_\_\_\_\_. 2541. **ผลิตภัณฑ์ข้าว. เอกสารการสอนชุดวิชาผลิตภัณฑ์อาหาร หน่วยที่ 2**. สาขา  
คหกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี.

จิตรนา แจ่มเมฆ. 2537. ขนบปิ้งย่างข้าวเจ้า. ใน ศักยภาพข้าวไทย : ทิศทางใหม่สู่อุตสาหกรรม  
รายงานการประชุมทางวิชาการ ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 32.

สาขาอุตสาหกรรม คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จิตรนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล. 2541. เบเกอรี่เทคโนโลยีเบื้องต้น.

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จิตรนา แจ่มเมฆ, อรอนงค์ นัยวิกุล และปริศนา สุวรรณภรณ์. 2546. ผลิตภัณฑ์ขนมอบ.

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จิรวัดน์ เจริญอารีย์. 2545. เอกสารประกอบการเรียนวิชาโภชนาการบุคคล. สถาบันเทคโนโลยี  
ราชมงคล, ปทุมธานี.

ช่อผกา สมภพตระกูล. 2546. น้ำยาก้อนเสริมแคลเซียมจากก้างปลา. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,  
กรุงเทพฯ.

นิติพงศ์ จิตร์โกษณ์. 2543. การผลิตแคลเซียมและเจลาตินจากเศษเหลือของโรงงานซูริมิ.

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นิธิยา รัตนปนนท์. 2545. เคมีอาหาร. โอ.เอส.พรินต์ติ้งเฮาส์, กรุงเทพฯ.

เนื่อทอง วนานุวัธ. 2543. น้ำมัน ไขมันและผลิตภัณฑ์. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร.

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ปรียา วิบูลย์เศรษฐ์ และสุดสาย ตรีวานิช. 2546. จุลินทรีย์ในอาหาร. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

การอาหาร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ประเสริฐ สายสิทธิ์. 2526. ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสัตว์น้ำ. สถาบันคั่นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์

อาหาร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พรวิณัส ปั้นหย้า. 2544. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังจากแป้งสาลีผสมแป้งข้าวหอมมะลิ.  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เพ็ญขวัญ ชมปรีดา. 2536. การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,  
กรุงเทพฯ.

\_\_\_\_\_. 2543. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ทางโภชนาการ. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์. คณะอุตสาหกรรม  
เกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

มยุรี ภาคลำเจียก และอมรรัตน์ สวัสดิ์พิพัฒน์. 2533. คู่มือการใช้พลาสติกเพื่อการหีบห่อ.  
ศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย  
ไทย, กรุงเทพฯ. หน้า 10-11.

มยุรี ภาคลำเจียก. 2541. ฟิล์มพลาสติกที่ใช้ในการบรรจุหีบห่ออาหารว่าง. ใน รายงานการสัมมนา  
เรื่อง บรรจุภัณฑ์อาหาร. ศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
แห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

มัทนา แสงจินดาวงษ์. 2545. ผลิตภัณฑ์ประมงของไทย. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ยี่งศักดิ์ จงเลิศเจษฎาวงศ์. 2547. แครกเกอร์ของว่างกรอบๆ ของคนรักสุขภาพ. **Food News**. 64-67.

วิศรา สุวรรณ. 2545. การผลิตเจลาตินจากกระดูกปลากะพงแดง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,  
กรุงเทพฯ.

วาลิกา สอนองคุณ. 2548. การพัฒนาขนมชั้นโดยใช้ประโยชน์จากฟลาวมันล่าปะหลังพันธุ์  
เกษตรศาสตร์ 50. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ศศิเกษม ทองยงค์ และพรณี เดชกำแหง. 2530. เคมีอาหารเบื้องต้น. โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

สุภรัตน์ ศักขณานันท์. 2533. ข้าวเกรียบชนิดต่างๆ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ศรีเวียง ทิพกานนท์. 2544. การพัฒนาผลิตภัณฑ์หมั่นโถจากแป้งสาลีผสมแป้งข้าว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมบัติ ขอทวีวัฒนา. 2528. เทคโนโลยีการแปรรูปผลิตภัณฑ์กึ่งอาหาร. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สิริพันธุ์ จุลกรังคะ. 2547. โภชนศาสตร์เบื้องต้น. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สินิธิไรซ์ จำกัด. 2547. ข้าวเจ้าหอมนิล (ลักษณะประจำพันธุ์). แหล่งที่มา : <http://www.sininrice.com>, 22 ตุลาคม 2547.

สุชาดา งามประภาวัฒน์ และจิตติมา พลเยี่ยม. 2545. เครื่องปรุงในการทำเบเกอรี่. เอกสารประกอบการเรียน วิชาอาหารอบ. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล, ปทุมธานี.

สุภาวดี รอดศรี. 2545. วัตถุดิบที่ใช้ในการทำขนมอบ. เอกสารประกอบการเรียน วิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์ขนมอบ. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล, ปทุมธานี.

สุภัทร์ จันทรรักษ์กุล. 2540. การผลิตและอายุการเก็บบิสกิตไก่อจากเนื้อไก่แยกกระดูกด้วยเครื่อง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุภารัตน์ เรืองมณีไพฑูรย์, ชมดาว ลิกษะมณฑล และสมโภชน์ ไหญ่เอี่ยม. 2547. เรื่อง การใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีในการผลิตขนมปัง และเกี่ยวข้องกับสำเร็จรูป, หน้า 8. รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการวิจัยทุนอุดหนุนวิจัย มก. ประจำปี 2547. สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุรางค์ ลาเกลี้ยง. 2543. การปรับปรุงคุณภาพและกรรมวิธีการผลิตข้าวเกรียบอยุธยา. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ลัมพันธ์ รอดศรี. 2547. การพัฒนาขนมขบเคี้ยวจากแป้งปลายข้าวหอมมะลิผสมแป้งมันเทศและงาดำปน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เสาวนีย์ จักรพิทักษ์. 2535. หลักโภชนาการปัจจุบัน. ไทยวัฒนา, กรุงเทพฯ.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2529. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแป้งข้าวเจ้า. มอก. 638-2529.

\_\_\_\_\_. 2530. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมขนมปังกรอบ. มอก. 742-2538.

\_\_\_\_\_. 2530. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปลาเกล็ดและปลาหยอง. มอก. 700-2530.

อภิชาติ วรรณวิจิตร. 2547. จีโนมข้าวและการปรับปรุงพันธุ์ข้าว. แหล่งที่มา : <http://www.genome.htm>, 22 ตุลาคม 2547.

อภิชาติ วรรณวิจิตร และรัชณี กงนุชฉาย. 2548. โครงการบูรณาการเทคโนโลยีชีวภาพ. ในการสร้างพันธุ์ข้าวเพื่อเพิ่มมูลค่าและคุณค่าสูง, น. 1-2. ใน รายงานการสัมมนาเผยแพร่ผลงานวิจัย “นวัตกรรมข้าวไทยธาตุหลักสูง”. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

อุศมา สุนทรนฤงษ์. 2544. การพัฒนาผลิตภัณฑ์บัตเตอร์เค้กจากข้าวหอมมะลิ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เอกชัย จารุเนตรวิลาส. 2543. การนำกระดูกปลาโอแถบ *Katsuwonus Pelamis* มาใช้เป็นแหล่งแคลเซียมในอาหารว่าง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2534. ผลิตภัณฑ์จากข้าวและคุณค่าทางโภชนาการ. อุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

\_\_\_\_\_. 2547. ข้าว : วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

AOAC. 2000. Official Method of Analysis of Analysis of AOAC International. 14<sup>th</sup> ed, Association of official Analysis Chemists, Virginia.

- Campbell, A.K. 1983. **Intracellular Calcium : Its Universal Role as Regulator**. John Wiley & Sons. Ltd. Chichester.
- Chuapoechuk, P.,N. Raksakulthai, and W.Worawattanamateekul. 2001. Process Development of fish sausage. International. **J. of Food Properties**. 4 (3) : 523.
- Collison, R. and W.G. Chilton. 1974. Starch Gelation as a Function of Water Content. **J.Food Technol**. 9(3):309-315.
- Delgado, C. 1977. **Improvement of Rice Bread**. M.S. Thesis. University of California, Davis, CA.
- Eichuer, K. and W. Wolf. 1983. Maillard Reaction Products as Indicator Compounds for Optimizing Drying and Storage Condition, pp. 317-333. In G.R. Waller and M.S. Feather (eds) **The Maillard Reaction in Food and Nutrition**. Acs Symposium Series 215, American Chemical Society, Washington D.C.
- Labuza, T.P.1982. Shelf-life of dehydrated food,pp. 387-421. In TP. Labuza (ed). Shelf-life Dating of Food. **Food and Nutrion press**, Wesport, Connecticut
- M. Lshikawa, S. Mori, H. Watanabe and Y. Sakai. 1987. Softening Rate and Solubilization Rate of Organic Matter from Fish Bone. **J.Food Proc. Pres**. 11 : 277-287
- M. Lshikawa, S. Mori, H. Watanabe and Y. Sakai. 1987. Softening Rate and Solubilization Rate of Softening Matter form Fish Bone. **J. Food Proc. Pres**. 11:277-287.
- M. Lshikawa, S. Mori, H. Watanabe and Y. Sakai. 1989. Softening of Fish Bonell Effect of Organic Acid on Softening Rate and Solubilization Rate of Organic Matter from Fish Bone. **J.Food Proc. Pres**. 13 : 123-132.

- M. Lshikawa, S. Mori, H. Watanabe and Y. Sakai. 1990. Effect of Vapor Pressure on the Rate of Softening of Fish Bone by Super-Heated Steam Cooking. **Nippon Suisan Gakkaishi** 56(10) : 1687-1691.
- Manley, Duncan. 1991. **Technology of Biscuits, Crackers and Cookies**. Redwood press Ltd., Great Britain.
- Park, P.J., and Lee, D.T. 1985. Utilization of Fish Bone Nutrition during Cooking. Research **Reports of the Office of Rural Development** 24 : 124-128.
- Pearson, D. 1976. **The Chemical Analysis of Food**. 7<sup>th</sup> ed., Weybridge, surrey. 645 p.
- Sada, M. 1984. Finding Use for Dry Bones. **Food Manufacture** 56(10) : 61-65.
- Schuette, S.A. and J.B.Knowles. 1988. Industrial Absorption of Ca (HPO) and Calcium Citrate Compared by Two Methods. **Am.J.Clin.Nutr.** 47:884-888.
- Sinnbuber,R.O. and C.Yu. 1958. 2-thiobarbituric acid method for the measurement of rancidity in Products II, The qualitative determination of malonaldehyde. **J.Food Technol.** 12(1):9-12.
- Sultan, William J. 1990. **Practical Baking**. Van Nostrand Reinhold, United States of America.
- Taha M.Rababah, Naidi A.Al-Mahasneh, and Khalil I. Ereifej. 2006. Effect of Chickpea, Borad Bean, or Isolated Soy Protein additions on the Physicochemical and Sensory Properties of Biscuits. **J.Food Science**. 6 (71): S438.
- Watanabe, H., Takewa, M., Takai, R. and Sakai, Y. 1985. Cooking Rate of Fish Bone. **Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries** 51 : 2047-2050.

Whilkinson, H.C. and Champagne, E.T. 2004. Value-Added Rice Product in Today's Market.

**Cereal Foods World.** 49 (3) : 135-136.

Whistler, R.L. and J.N. Bemiller. 1999. **Carbohydrate Chemistry for Food Scientists.**

American Assosiation of Cereal Chemist.

Whiteley, Peter R. 1971. **Biscuit Manufacture.** Applied science publishers Ltd., London.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก  
สูตรขนมปังกรอบ

**สูตรที่ 1**  
**(Armenian Cracker)**

| <i>Armenian Cracker Bread-Biscocho (10 kg flour) (international version)</i>    |                  |                  |                 |                      |                                                         |
|---------------------------------------------------------------------------------|------------------|------------------|-----------------|----------------------|---------------------------------------------------------|
| <b><i>Ingredients</i></b>                                                       | <b><i>lb</i></b> | <b><i>oz</i></b> | <b><i>%</i></b> | <b><i>Metric</i></b> | <b><i>Mixing procedure</i></b>                          |
| Fresh yeast (variable)<br>(Instant active dry yeast is<br>added with the flour) | -                | 12               | 3.4             | 340 g                | Dissolve the yeast and set aside.                       |
| Water                                                                           | 2                | 4                | 10              | 1 l                  |                                                         |
| Sugar                                                                           | -                | 6                | 1.7             | 180 g                | Stir well to dissolve dry<br>ingredients.               |
| Salt                                                                            | -                | 6                | 1.7             | 180 g                |                                                         |
| Vegetable oil                                                                   | 1                | 8                | 6.8             | 680 g                |                                                         |
| Water                                                                           | 10               | -                | 45              | 4 ½ l                |                                                         |
| Bread flour                                                                     | 22               | -                | 100             | 10 kg                | Add flour and stir. Add yeast<br>and develop the dough. |

This dry, cracker-type bread is quite popular in many restaurants. It has the characteristics of a cracker with its oval-shaped interior grain, although it has a denser consistency. The bread is packaged and distributed. In local bakeshops, the units are made larger and slightly thicker but with dry crispness. The process is similar to that for cracker production, since the dough is very firm and can be sheeted readily when relaxed.

1. Allow the dough rise about three quarters of a full conditioning where the dough has to be punched or folded. This dough is not punched.
2. Scale the dough into unit weighing 4 oz or about 120 g and round up. Allow the units to rest for about 20 min, and then send the units through the sheeter to form thin, round circles of dough about 10 in. in diameter. The units of dough may be rolled out with a thin rolling pin. This procedure is similar to that of India bread like nan.

3. The units are then stippled or docked well to prevent excessive blister formation during baking. In fact, some bakers dock both sides of the rolled-out dough. The units are given a short resting period of 10 or 15 min. and are baked.
4. Baking is done in a hot oven. Oven temperature is about 470°F (245°F). The units are peeled directly onto the hearth of the oven. The direct and immediate heat causes a rapid bake. The units are removed from the oven when the slight blisters formed show a dark crust color. Excessive or large blister formation causes the crackers to be very brittle and break easily.

**Notes:** The dough should be cool, so cold water is advisable for this dough. The dough is quite firm and is characteristic of a regular cracker dough.

---

ที่มา : Sultan (1990)

**สูตรที่ 2**  
**(Cream Cracker)**

| <i><b>Ingredients</b></i>                                    | <i><b>%</b></i> | <i><b>Metric</b></i> |
|--------------------------------------------------------------|-----------------|----------------------|
| Strong flour                                                 | 75              | 750 g                |
| Soft flour                                                   | 25              | 250 g                |
| Yeast                                                        | 1.35            | 13.50 g              |
| Milk powder, skim                                            | 0.9             | 9 g                  |
| Salt                                                         | 1.26            | 12.60 g              |
| Sugar                                                        | 2.5             | 25 g                 |
| (Add 2-6% of flour dry, added to promote the yeast activity) |                 |                      |
| Water                                                        | 30              | 300 g                |
| Fat                                                          | 15              | 150 g                |
| <i>Fermentation time: 1-3 hours.</i>                         |                 |                      |
| <i>Oven temperature is about 350–400 °F.</i>                 |                 |                      |

**Straight Dough Process**

The straight dough process consists of dispersing the yeast in a proportion of the dough water along with the malt extract or other yeast foods. The salt and any colour or other chemicals are dissolved in yet another quantity of water. The flour, fat and remaining dough water, are put in the machine, which is then started. As mixing commences, the salt solution should be added, and then finally the yeast water. The water content and temperature should be correct to produce a dough at the desired temperature and consistency. The dough temperature depends upon yeast content and on the time the dough is to stand fermenting. A secondary factor is the degree of control of dough room temperature and humidity. For doughs that are to stand only a short period in a dough room with a carefully controlled temperature and humidity, a dough temperature up to 32° C (90° F) , is in order . For a dough that is to stand 8 hr a temperature of 27° C (80° F), should be quite high enough, and doughs standing longer should be at a lower temperature when mixed. During the period of fermentation, heat is produced and the dough temperature be approximately

1° C (2° F) higher than the dough temperature. If there is no control over dough room conditions, the dough should be mixed at a lower temperature than that normally prevailing in the dough room. If dough becomes chilled, owing to a change in dough room conditions, the rate of fermentation will be seriously retarded, and the dough will not be correctly fermented at the time it is supposed to be ready for machining. The dough room relative humidity should be maintained at 80.0% to prevent a tough dry skin forming on the dough. If there is no humidity control, the doughs must be kept covered. Plastic or polythene sheets prevent moisture loss from the dough. If cloths are used, they should be stretched across the dough vessels, leaving a space between the cloths and the dough. This space helps to prevent both heat and moisture loss.

---

ที่มา : Whiteley (1971).

### สูตรที่ 3 (แครกเกอร์ธัญพืช)

#### ส่วนผสม

|                                  |     |      |
|----------------------------------|-----|------|
| แป้งสาลี (เค้ก)                  | 400 | กรัม |
| แป้งสาลี (อเนกประสงค์)           | 600 | กรัม |
| ยีสต์แห้งสำเร็จรูป               | 10  | กรัม |
| น้ำตาลทราย                       | 25  | กรัม |
| เกลือป่น                         | 15  | กรัม |
| สารเสริมคุณภาพแป้งสาลี* (โดบริม) | 20  | กรัม |
| เนยสดชนิดเค็ม                    | 120 | กรัม |
| นมสด (UHT)                       | 700 | กรัม |

#### วิธีทำ

- ผสมแป้งสาลีอเนกประสงค์ ยีสต์ เกลือป่น สารเสริมคุณภาพแป้งสาลี และน้ำตาลทราย เข้าด้วยกัน เติมนมสดยูเอชที (UHT) นวดผสมพอเข้ากัน ใส่เนยสดชนิดเค็ม นวดผสมต่อจนแป้ง เนียน พักแป้งนานประมาณ 10 นาที
- รีดส่วนผสมแป้งเป็นแผ่นบาง พักไว้นานประมาณ 5 นาที กดด้วยพิมพ์รูปต่างๆ ตามชอบ เรียงบนถาดที่เตรียมไว้ ทาผิวหน้าด้วยไข่ขาวบางๆ แต่งหน้าด้วยธัญพืช ผลไม้เชื่อม และผัก อบแห้ง พักไว้ประมาณ 15-20 นาที
- นำเข้าเตาอบที่อุณหภูมิ 400 องศาฟาเรนไฮด์ นานประมาณ 5-8 นาที นำออกจากเตา พักไว้พออุ่น นำเข้าอบอีกครั้งที่อุณหภูมิ 300-320 องศาฟาเรนไฮด์ นานประมาณ 15-20 นาที หรือจนกระทั่งกรอบนำออกจากเตา

ที่มา : ยิ่งศักดิ์ (2547)

หมายเหตุ (\*) สารเสริมคุณภาพแป้งสาลี เป็นสารออกซิไดส์ที่มีฤทธิ์เป็นกรด โดยมีส่วนผสมของกรดแอสคอร์บิกในปริมาณ 15-25 ส่วนในล้านส่วน (ppm) ของแป้งสาลี ก่อนจำหน่ายจะผสมกรดลงในแป้ง เพื่อป้องกันความชื้น เมื่อผสมในผลิตภัณฑ์จะช่วยให้ได้ขนมปังที่มีปริมาตร และเนื้อสัมผัสที่ดีขึ้น (จิตรนา และอรอนงค์, 2541)

**ตารางผนวกที่ ก1** ปริมาณของส่วนผสมขนมปังกรอบที่ได้รับคัดเลือก 3 สูตร (คิดเป็นร้อยละของน้ำหนักแป้งสาลี)

| ส่วนผสม                | สูตร 1             |                        |                          | สูตร 2             |                        |                          | สูตร 3             |                        |                          |
|------------------------|--------------------|------------------------|--------------------------|--------------------|------------------------|--------------------------|--------------------|------------------------|--------------------------|
|                        | สูตรเดิม<br>(กรัม) | ปริมาณที่ใช้<br>(กรัม) | ปริมาณที่ใช้<br>(ร้อยละ) | สูตรเดิม<br>(กรัม) | ปริมาณที่ใช้<br>(กรัม) | ปริมาณที่ใช้<br>(ร้อยละ) | สูตรเดิม<br>(กรัม) | ปริมาณที่ใช้<br>(กรัม) | ปริมาณที่ใช้<br>(ร้อยละ) |
| แป้งสาลี (ขนมปัง)      | 1,000              | 200                    | 100                      | 750                | 150                    | 75                       | -                  | -                      | -                        |
| แป้งสาลี (อเนกประสงค์) | -                  | -                      | -                        | -                  | -                      | -                        | 600                | 120                    | 60                       |
| แป้งสาลี (เค้ก)        | -                  | -                      | -                        | 250                | 50                     | 25                       | 400                | 80                     | 40                       |
| ยีสต์                  | 17                 | 3.4                    | 1.7                      | 13.50              | 2.7(~3)                | 1.5                      | 10                 | 2                      | 1                        |
| นมผง                   | -                  | -                      | -                        | 9                  | 1.8                    | 0.9                      | -                  | -                      | -                        |
| น้ำตาลทราย             | 18                 | 3.6                    | 1.8                      | 25                 | 5                      | 2.5                      | 25                 | 5                      | 2.5                      |
| เกลือ                  | 18                 | 3.6                    | 1.8                      | 12.60              | 2.52                   | 1.26                     | 15                 | 3                      | 1.5                      |
| สารเสริมคุณภาพแป้งสาลี | -                  | -                      | -                        | -                  | -                      | -                        | 20                 | 4                      | 2                        |
| น้ำสะอาด               | 450                | 90                     | 45                       | 300                | 60                     | 30                       | -                  | -                      | -                        |
| นมสด                   | -                  | -                      | -                        | -                  | -                      | -                        | 700                | 140                    | 70                       |
| เนยสด                  | -                  | -                      | -                        | 150                | 30                     | 15                       | 120                | 24                     | 12                       |
| น้ำมันพืช              | 68                 | 13.6                   | 6.8                      | -                  | -                      | -                        | -                  | -                      | -                        |

ที่มา : สูตร 1 Sultan (1990), สูตร 2 Whiteley (1971), สูตร 3 ยิ่งศักดิ์ (2547)

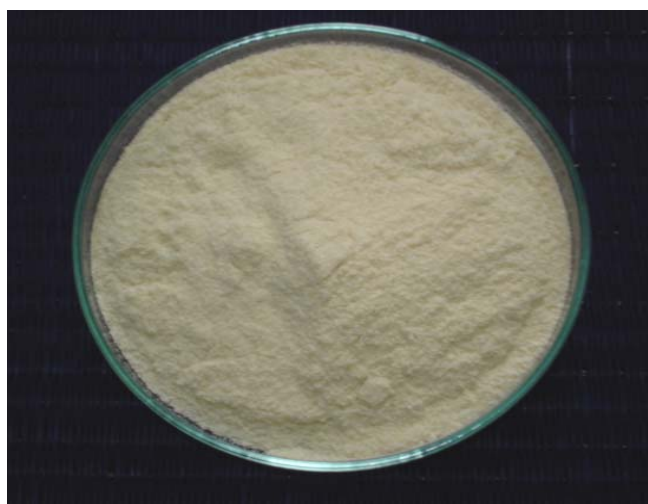
**ภาคผนวก ข**

ภาพวัตถุดิบ (แป้งข้าวเจ้าหอมนิล และกระดุกปลาผง)

ภาพขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดุกปลา  
และภาพขั้นตอนการผลิตขนมปังกรอบๆ

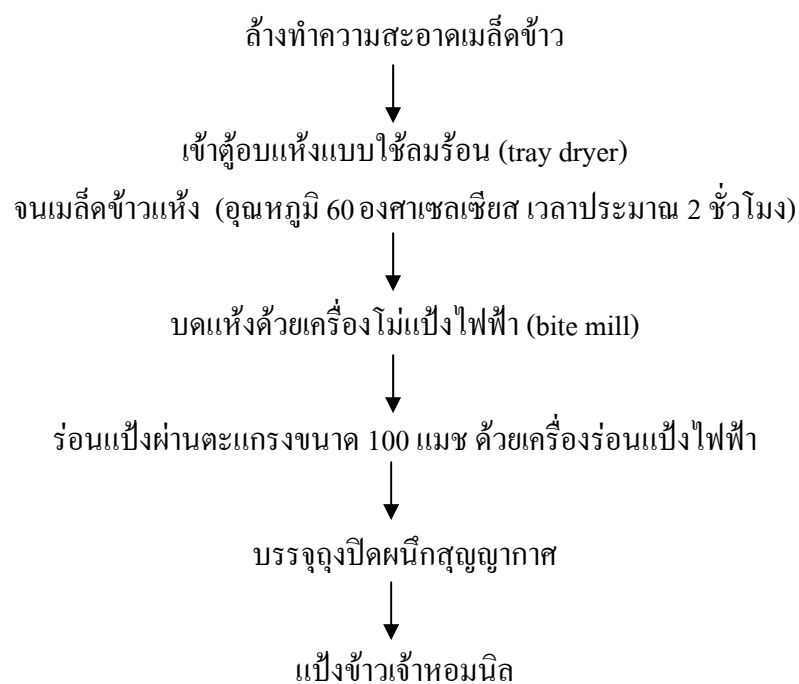


แป้งข้าวเจ้าหอมนิล (วิธีการ โม่แบบแห้ง)

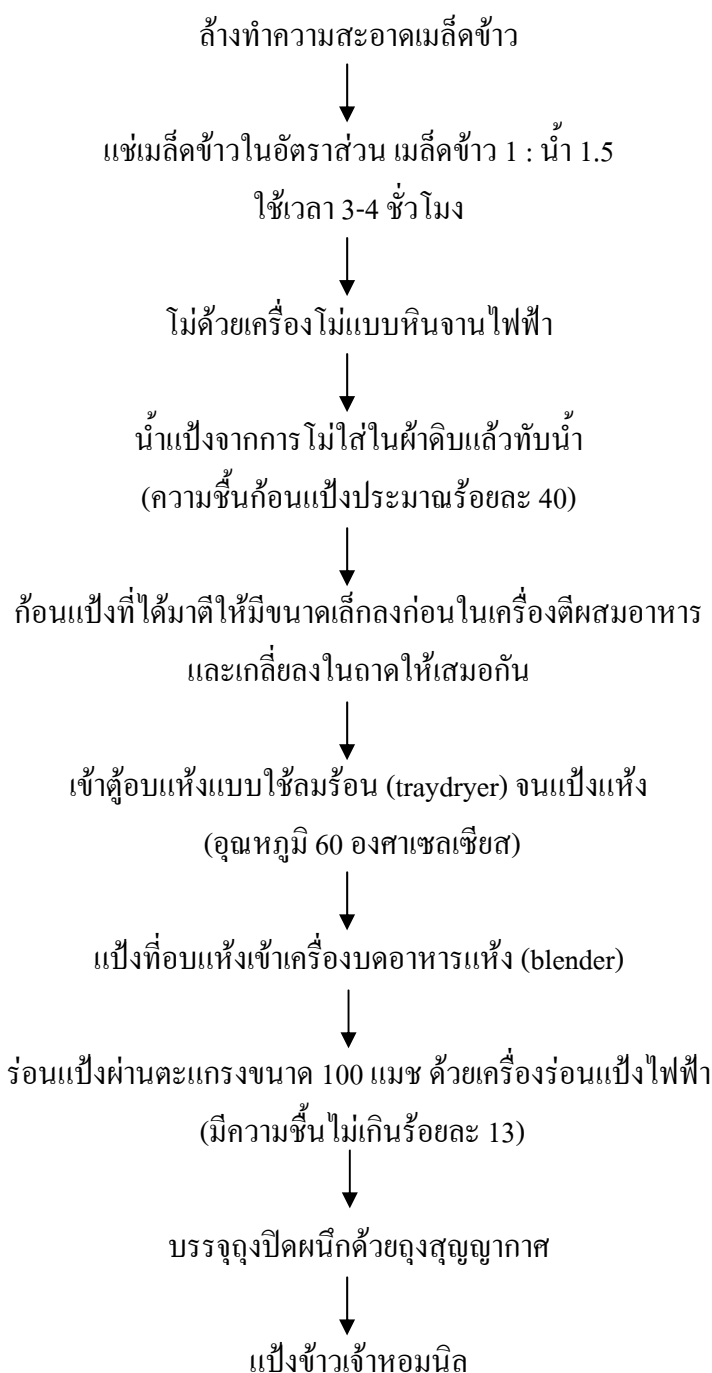


กระดุกปลากะพงแดงผง

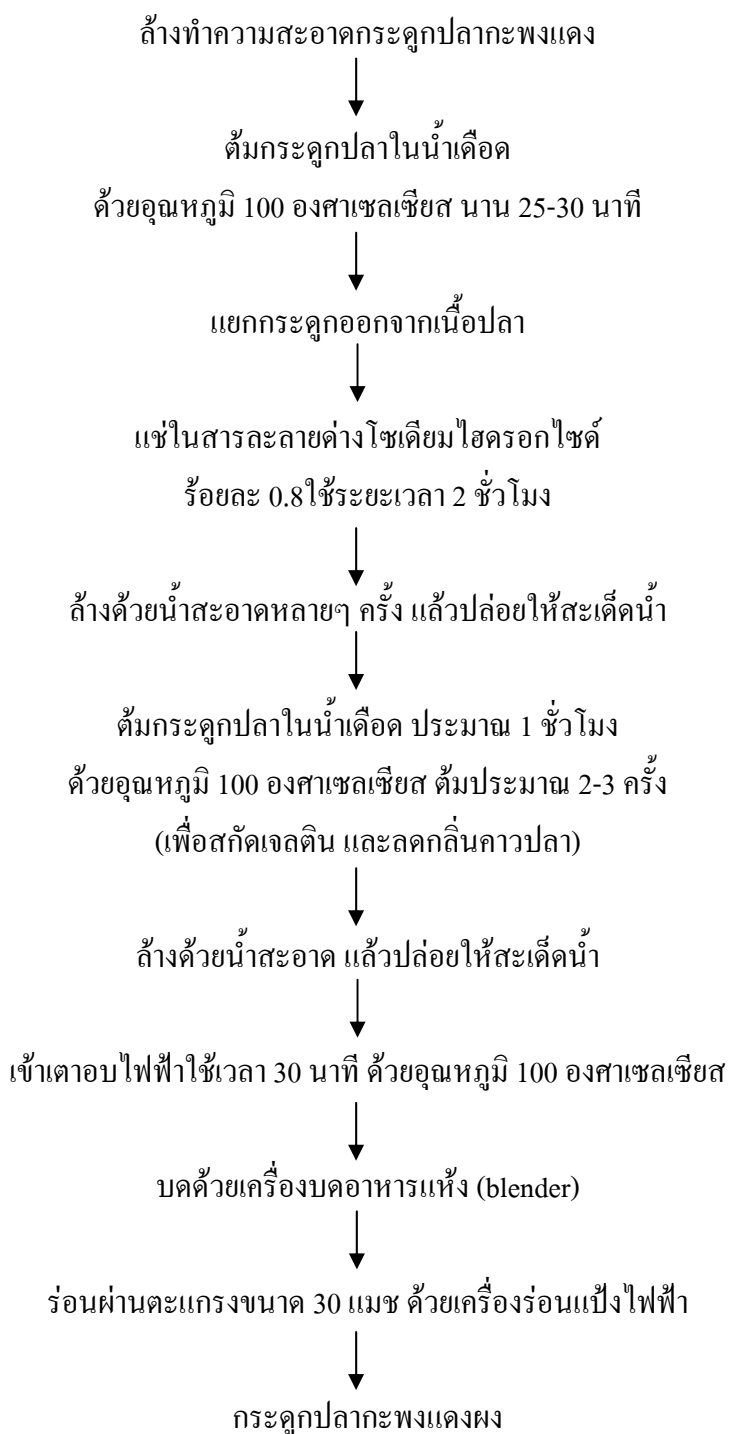
ภาพผนวกที่ ข1 แป้งข้าวเจ้าหอมนิล (วิธีการ โม่แบบแห้ง) และกระดุกปลากะพงแดงผงที่ได้จากการเตรียมวัตถุดิบ



ภาพผนวกที่ ข2 กรรมวิธีการผลิตแป้งข้าวเจ้าหอมนิล โดยวิธีการโม่แบบแห้ง  
โดยดัดแปลงจากงานชิ้น (2541)



ภาพผนวกที่ ข3 กรรมวิธีการผลิตแป้งข้าวเจ้าหอมนิล โดยวิธีการโม่แบบน้ำ  
โดยดัดแปลงจากงานชิ้น (2541)



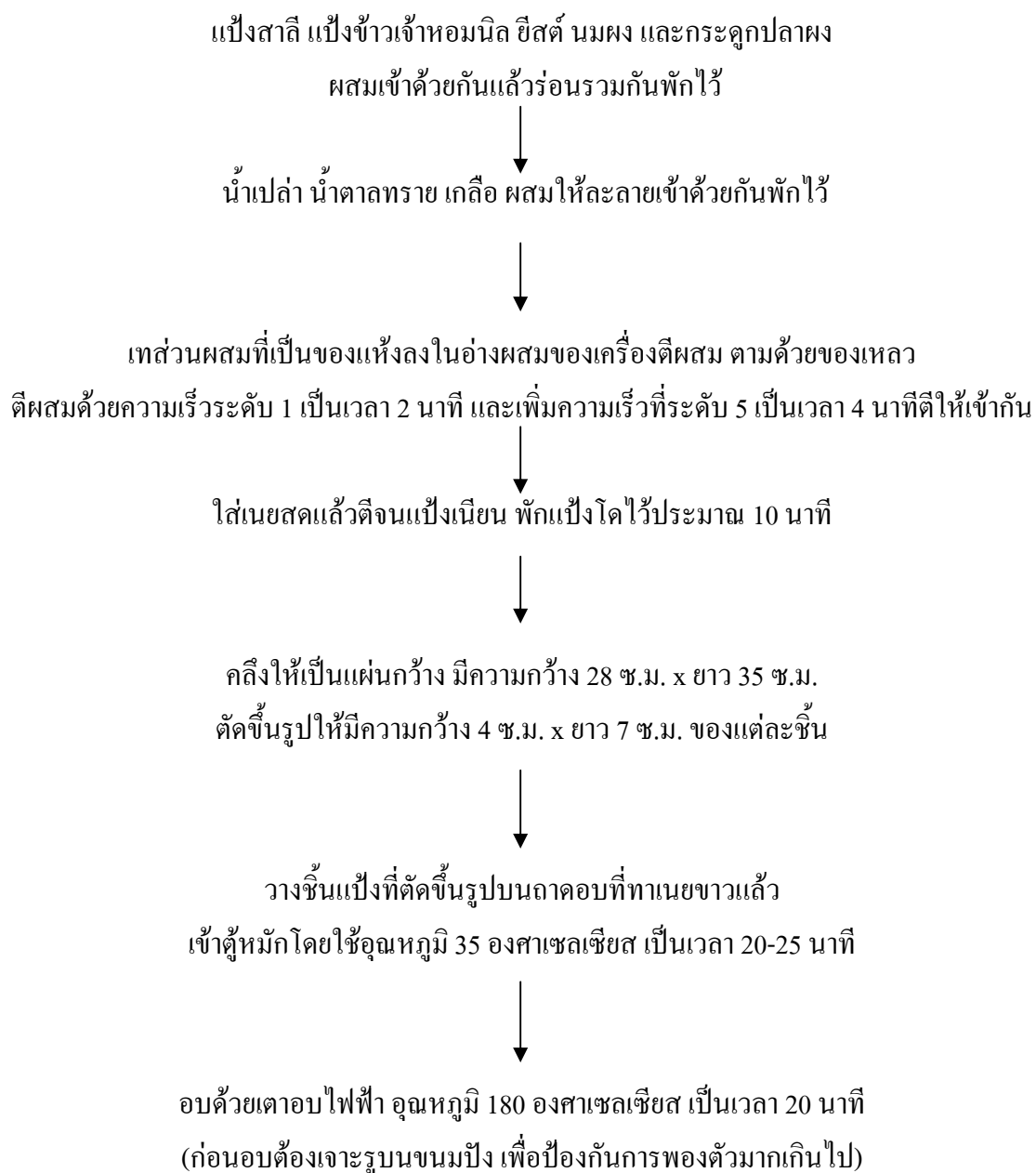
ภาพผนวกที่ ข4 กระบวนการผลิตกระดูกปลาผงจากปลากะพงแดง  
โดยดัดแปลงจากวรวิศา (2545)



ภาพผนวกที่ ข5 ผลิตภัณฑ์ขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา



ภาพผนวกที่ ข6 บรรจุภัณฑ์ขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา  
เพื่อใช้ในการศึกษาอายุการเก็บ



ภาพผนวกที่ ข7 สรุปขั้นตอนการผลิตขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา

**ภาคผนวก ค**

คุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี ทางจุลินทรีย์ ทางประสาทสัมผัส และการยอมรับ  
ของขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลาที่ศึกษาอายุการเก็บ

**ตารางผนวกที่ ค1** คุณภาพทางกายภาพของขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจาก  
กระดูกปลา ที่บรรจุในถุงโพลีโพรพิลีน เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องในระยะเวลา  
5 สัปดาห์

| เวลา<br>(สัปดาห์) | ค่าสี      |           |            | ค่า aw    | ค่าความกรอบ<br>(นิวตัน) |
|-------------------|------------|-----------|------------|-----------|-------------------------|
|                   | L*         | a*        | b*         |           |                         |
| 0                 | 46.75±0.11 | 6.21±0.16 | 14.76±0.21 | 0.33±0.02 | 23.16±0.35              |
| 1                 | 46.62±0.54 | 6.23±0.09 | 14.56±0.22 | 0.37±0.02 | 23.05±2.21              |
| 2                 | 46.74±0.11 | 6.46±0.09 | 14.46±0.33 | 0.36±0.01 | 25.75±4.73              |
| 3                 | 46.20±0.94 | 7.06±0.14 | 14.39±0.52 | 0.46±0.02 | 26.73±2.54              |
| 4                 | 45.89±0.67 | 7.21±0.53 | 13.72±0.43 | 0.49±0.00 | 29.25±5.78              |
| 5                 | 45.91±0.52 | 7.23±0.19 | 13.47±0.16 | 0.57±0.01 | 32.81±2.46              |

**ตารางผนวกที่ ค2** คุณภาพทางเคมีของขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจาก  
กระดูกปลา ที่บรรจุในถุงโพลีโพรพิลีน เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องในระยะเวลา  
5 สัปดาห์

| เวลา<br>(สัปดาห์) | ค่าเปอร์ออกไซด์ (PV)<br>(มิลลีสมมูล/กิโลกรัม) |
|-------------------|-----------------------------------------------|
| 0                 | 2                                             |
| 1                 | 2                                             |
| 2                 | 2                                             |
| 3                 | 6                                             |
| 4                 | 4                                             |
| 5                 | 0                                             |

**ตารางผนวกที่ ค3** คุณภาพทางจุลินทรีย์ของขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียม  
จากกระดูกปลา ที่บรรจุในถุงโพลีโพรพิลีน เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องใน  
ระยะเวลา 5 สัปดาห์

| เวลา<br>(สัปดาห์) | จุลินทรีย์ทั้งหมด<br>(โคโลนีต่อกรัม) | รา<br>(โคโลนีต่อกรัม) |
|-------------------|--------------------------------------|-----------------------|
| 0                 | <10                                  | <10                   |
| 1                 | <10                                  | <10                   |
| 2                 | <10                                  | <10                   |
| 3                 | <10                                  | <10                   |
| 4                 | <10                                  | <10                   |
| 5                 | <10                                  | <10                   |

**ตารางผนวกที่ ค4** คะแนนเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัสและการยอมรับของขนม  
ปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา ที่บรรจุในถุงโพลี  
โพรพิลีน เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องในระยะเวลา 5 สัปดาห์

| เวลา<br>(สัปดาห์) | ปัจจัยคุณภาพ |            |              |             | การยอมรับ  |
|-------------------|--------------|------------|--------------|-------------|------------|
|                   | สี           | กลิ่นหืน   | รสชาติ       | ความกรอบ    |            |
| 0                 | 8.46 ±1.66   | 1.24 ±0.68 | 10.18 ±1.93  | 11.77 ±2.87 | 7.41 ±0.66 |
| 1                 | 7.02 ±1.77   | 2.37 ±2.34 | 9.24 ±2.15   | 9.66 ±2.01  | 7.33 ±1.41 |
| 2                 | 6.78 ±1.72   | 4.84 ±2.87 | 8.47 ±3.23   | 8.47 ±1.40  | 7.33 ±1.16 |
| 3                 | 6.18 ±2.42   | 3.39 ±2.84 | 10.40 ±2.47  | 10.40 ±2.64 | 6.66 ±1.61 |
| 4                 | 7.20 ±2.38   | 3.42 ±2.67 | 10.15 ± 3.80 | 10.15 ±3.82 | 6.41 ±1.16 |
| 5                 | 5.66 ±1.81   | 6.44 ±3.30 | 7.77 ±1.86   | 6.80 ±2.27  | 6.08 ±1.88 |

**ภาคผนวก ง**

คำนวณปริมาณน้ำ ปริมาณธาตุหลัก แคลเซียม  
และตารางการคำนวณต้นทุน

ตารางผนวกที่ 1 ปริมาณน้ำที่ใช้ในขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิล

| แป้งข้าวเจ้าหอมนิล<br>ต่อแป้งสาลี<br>(ร้อยละ) | ปริมาณการดูดซับน้ำของ<br>แป้งข้าวเจ้าหอมนิล |                        | ปริมาณน้ำเพิ่มร้อยละ 30 ของ<br>ปริมาณน้ำเดิม (ร้อยละ 24.20) |                        |           |
|-----------------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------|-----------|
|                                               | ร้อยละ 24.20 <sup>1</sup>                   | ปริมาณน้ำ <sup>2</sup> | ร้อยละ 30                                                   | ปริมาณน้ำ <sup>2</sup> | ปริมาณน้ำ |
|                                               | (มิลลิลิตร)                                 | (กรัม)                 | (กรัม)                                                      | (กรัม)                 | (ร้อยละ)  |
| 10:90                                         | 2.42                                        | 62.42                  | 18.73                                                       | 78.73 (79)             | 39.50     |
| 20:80                                         | 4.84                                        | 64.84                  | 19.45                                                       | 79.45 (79)             | 39.50     |
| 30:70                                         | 7.26                                        | 67.26                  | 20.17                                                       | 80.17 (80)             | 40        |
| 40:60                                         | 9.68                                        | 69.68                  | 20.90                                                       | 80.90 (81)             | 40.50     |

หมายเหตุ: (¹) ผลการคำนวณการดูดซับน้ำของแป้งข้าวเจ้าหอมนิลในแต่ละปริมาณ

(²) ปริมาณน้ำที่ใช้ได้จากปริมาณน้ำในสูตรขนมปังกรอบที่ผ่านการคัดเลือกในขั้นต้น

(60 กรัม) บวกปริมาณการดูดซับน้ำของแป้งข้าวเจ้าหอมนิลในแต่ละปริมาณ

(...) ตัวเลขในวงเล็บ คือ ปริมาณน้ำที่ใช้จริงในการทดลอง

#### ตัวอย่างการคำนวณ

$$\text{ปริมาณน้ำ (กรัม)} = \frac{\text{ปริมาณแป้งข้าวเจ้าหอมนิลที่ใช้ในส่วนผสม} \times \text{ร้อยละการดูดซับน้ำ (มล.)}}{100}$$

- ปริมาณน้ำที่ใช้ในการผลิตขนมปังกรอบควรเป็นเท่าไร ถ้าใช้แป้งข้าวเจ้าหอมนิล ร้อยละ 20 โดยแป้งข้าวเจ้าหอมนิลมีค่าการดูดซับน้ำ ร้อยละ 24.20

$$\begin{aligned}\text{ปริมาณน้ำ (กรัม)} &= 20 \times 24.20/100 \\ &= 4.84 \text{ กรัม}\end{aligned}$$

ดังนั้น ถ้าใช้แป้งข้าวเจ้าหอมนิล ร้อยละ 20 ควรใช้ปริมาณน้ำเป็นส่วนผสมในการผลิตเท่ากับ 4.84 กรัม เมื่อรวมกับน้ำในสูตรพื้นฐาน 60 กรัม จะได้ปริมาณน้ำ เท่ากับ 64.84 กรัม ซึ่งปริมาณที่คำนวณได้ เมื่อผลิตเป็นขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิล มีลักษณะร่วน แห้ง ไม่สามารถรวมตัวเป็นก้อนได้ ดังนั้นจึงปรับปริมาณน้ำเพิ่ม อีกร้อยละ 30 ของปริมาณน้ำเดิม

- หากเพิ่มปริมาณน้ำเป็น ร้อยละ 30 ของปริมาณน้ำที่ใช้อยู่เดิม 64.84 กรัม (จากการคำนวณปริมาณการดูดซับน้ำ ร้อยละ 24.20) ในอัตราส่วนแป้งข้าวเจ้าหอมนิลต่อแป้งสาลี ร้อยละ 20:80 จะมีปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้นจากเดิมเท่าไร

$$\begin{aligned}\text{ปริมาณน้ำ (กรัม)} &= 64.84 \times 30 / 100 \\ &= 19.45 \text{ กรัม}\end{aligned}$$

ดังนั้น ปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้นจากเดิม คือ 19.45 กรัม รวมกับน้ำในสูตรพื้นฐาน 60 กรัม จะเท่ากับ 79.45 กรัม (ประมาณ 79 กรัม) ซึ่งขนมปังกรอบสามารถรวมตัวเป็นก้อนโค และคลึงเป็นแผ่นขึ้นรูปได้

- ปริมาณน้ำที่ใช้จริงในการทดลอง คือ 79 กรัม คิดเป็นร้อยละเท่าใด ของปริมาณแป้งทั้งหมด (200 กรัม) จากอัตราส่วนแป้งข้าวเจ้าหอมนิลต่อแป้งสาลี ร้อยละ 20:80

$$\begin{aligned}\text{ปริมาณน้ำที่ใช้จริง (ร้อยละ)} &= 79 \times 100 / 200 \\ &= \text{ร้อยละ } 39.50\end{aligned}$$

ดังนั้น ปริมาณน้ำที่ใช้จริงคิดเป็นร้อยละ 39.50 ซึ่งมีปริมาณน้ำไม่น้อยกว่าร้อยละ 30 สามารถทำให้ขนมปังกรอบรวมตัวเป็นก้อนโค ขึ้นรูปได้ และปริมาณน้ำยังช่วยให้สตาร์ชเปลี่ยนสภาพจากแป้งดิบให้เป็นแป้งสุก (galatinize) ได้อีกด้วย

ตารางผนวกที่ ๒ ส่วนผสมของขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลชนิดโม่แห้ง โม่น้ำ และ ปริมาณน้ำ

| ส่วนผสม<br>(กรัม)               | ปริมาณแป้งข้าวเจ้าหอมนิลต่อแป้งสาลี (ร้อยละ) |                    |       |       |
|---------------------------------|----------------------------------------------|--------------------|-------|-------|
|                                 | 10:90                                        | 20:80 <sup>3</sup> | 30:70 | 40:60 |
| แป้งสาลี (เค้ก)                 | 45                                           | 40                 | 35    | 30    |
| แป้งสาลี (ขนมปัง)               | 135                                          | 120                | 105   | 90    |
| แป้งข้าวเจ้าหอมนิล <sup>1</sup> | 20                                           | 40                 | 60    | 80    |
| ยีสต์                           | 3                                            | 3                  | 3     | 3     |
| หางนมผง                         | 2                                            | 2                  | 2     | 2     |
| น้ำตาลทรายขาว                   | 5                                            | 5                  | 5     | 5     |
| เกลือป่น                        | 2                                            | 2                  | 2     | 2     |
| น้ำสะอาด <sup>2</sup>           | 79                                           | 79                 | 80    | 81    |
| เนยสด                           | 30                                           | 30                 | 30    | 30    |
| รวม                             | 321                                          | 321                | 322   | 323   |

หมายเหตุ: (¹) ปริมาณแป้งข้าวเจ้าหอมนิลคิดจากน้ำหนักแป้งทั้งหมด โดยแป้งข้าวเจ้าหอมนิลชนิดโม่แห้งและโม่น้ำ ใช้ส่วนผสมและปริมาณเหมือนกัน

(²) ปริมาณน้ำได้จากการคำนวณการดูดซับน้ำ

(³) อัตราส่วนแป้งข้าวเจ้าหอมนิลต่อแป้งสาลีที่ได้รับคัดเลือกทำการศึกษาในขั้นต่อไป

ตารางผนวกที่ 3 ส่วนผสมของขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิล ที่ศึกษาปริมาณไขมัน และ กระจุกปลาผง

| ส่วนผสม<br>(กรัม)        | ปริมาณไขมันต่อกระจุกปลาผง (ร้อยละ) |      |                   |      |      |      |
|--------------------------|------------------------------------|------|-------------------|------|------|------|
|                          | 10:2                               | 10:4 | 15:2 <sup>3</sup> | 15:4 | 20:2 | 20:4 |
| แป้งสาลี (เล็ก)          | 40                                 | 40   | 40                | 40   | 40   | 40   |
| แป้งสาลี (ขนมปัง)        | 120                                | 120  | 120               | 120  | 120  | 120  |
| แป้งข้าวเจ้าหอมนิล       | 40                                 | 40   | 40                | 40   | 40   | 40   |
| ยีสต์                    | 3                                  | 3    | 3                 | 3    | 3    | 3    |
| หางนมผง                  | 2                                  | 2    | 2                 | 2    | 2    | 2    |
| กระจุกปลาผง <sup>1</sup> | 5                                  | 10   | 5                 | 10   | 5    | 10   |
| น้ำตาลทรายขาว            | 5                                  | 5    | 5                 | 5    | 5    | 5    |
| เกลือป่น                 | 2                                  | 2    | 2                 | 2    | 2    | 2    |
| น้ำสะอาด                 | 79                                 | 79   | 79                | 79   | 79   | 79   |
| เนยสด <sup>2</sup>       | 30                                 | 30   | 51                | 51   | 69   | 69   |
| รวม                      | 326                                | 331  | 347               | 352  | 365  | 370  |

หมายเหตุ: (¹) ปริมาณกระจุกปลาผงคิดจากน้ำหนักแห้งทั้งหมด

(²) ปริมาณเนยสดคิดจากน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด

(³) ปริมาณไขมันต่อกระจุกปลาผง ในขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิล ที่ได้รับการคัดเลือกให้ทำการศึกษาต่อไป

**ตารางผนวกที่ 4** ปริมาณแคลเซียมในขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจาก  
กระดูกปลา 1 หน่วยบริโภค (30 กรัม) คิดเป็นร้อยละของ Thai RDA ในแต่ละวัย

| ช่วงของวัย           |          | ปริมาณแคลเซียม<br>ที่ควรได้รับใน 1 วัน<br>(มิลลิกรัม) | ปริมาณแคลเซียม<br>ในขนมปังกรอบฯ 30 กรัม<br>คิดเป็นร้อยละของ RDA |
|----------------------|----------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| <u>เด็ก</u>          | 1-3 ปี   | 500                                                   | 7.44                                                            |
|                      | 4-8 ปี   | 800                                                   | 4.65                                                            |
| <u>วัยรุ่น</u>       |          |                                                       |                                                                 |
| ชาย                  | 9-18 ปี  | 1,000                                                 | 3.72                                                            |
| หญิง                 | 9-18 ปี  | 1,000                                                 | 3.72                                                            |
| <u>วัยผู้ใหญ่</u>    |          |                                                       |                                                                 |
| ชาย                  | 19-50 ปี | 800                                                   | 4.65                                                            |
|                      | > 50 ปี  | 1,000                                                 | 3.72                                                            |
| หญิง                 | 19-50 ปี | 800                                                   | 4.65                                                            |
|                      | > 50 ปี  | 1,000                                                 | 3.72                                                            |
| <u>หญิงตั้งครรภ์</u> |          |                                                       |                                                                 |
|                      | ≤ 18 ปี  | 1,000                                                 | 3.72                                                            |
|                      | 19-50 ปี | 800                                                   | 4.65                                                            |
| <u>หญิงให้นมบุตร</u> |          |                                                       |                                                                 |
|                      | ≤ 18 ปี  | 1,000                                                 | 3.72                                                            |
|                      | 19-50 ปี | 800                                                   | 4.65                                                            |

หมายเหตุ ขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเสริมกระดูกปลาผง 30 กรัม มีปริมาณแคลเซียม  
37.20 มิลลิกรัม (คำนวณจากขนมปังกรอบฯ 100 กรัม มีแคลเซียม 124 มิลลิกรัม)

ตารางผนวกที่ 5 ปริมาณธาตุเหล็กในขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอยมิลเพิ่มแคลเซียมจาก  
กระดูกปลา 1 หน่วยบริโภค (30 กรัม) คิดเป็นร้อยละของ Thai RDA ในแต่ละวัย

| ช่วงของวัย            |                  | ปริมาณธาตุเหล็ก<br>ที่ควรได้รับใน 1 วัน<br>(มิลลิกรัม) | ปริมาณธาตุเหล็ก<br>ในขนมปังกรอบฯ 30 กรัม<br>คิดเป็นร้อยละของ RDA |
|-----------------------|------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| <u>เด็ก</u>           | 1-3 ปี           | 5.8                                                    | 9.14                                                             |
|                       | 4-5 ปี           | 6.3                                                    | 8.41                                                             |
|                       | 6-8 ปี           | 8.1                                                    | 6.54                                                             |
| <u>วัยรุ่น</u> ชาย    | 9-12 ปี          | 11.8                                                   | 4.49                                                             |
|                       | 13-15 ปี         | 14.0                                                   | 3.79                                                             |
|                       | 16-18 ปี         | 16.6                                                   | 3.31                                                             |
|                       | หญิง             | 11.8                                                   | 4.49                                                             |
|                       | หญิงมีประจำเดือน | 19.1                                                   | 2.77                                                             |
| <u>วัยผู้ใหญ่</u> ชาย | 9-12 ปี          | 28.2                                                   | 1.88                                                             |
|                       | 13-15 ปี         | 26.4                                                   | 2.01                                                             |
|                       | 16-18 ปี         | 10.4                                                   | 5.10                                                             |
|                       | 19-30 ปี         | 10.4                                                   | 5.10                                                             |
|                       | 31-50 ปี         | 10.4                                                   | 5.10                                                             |
|                       | 51-70 ปี         | 24.7                                                   | 2.15                                                             |
|                       | หญิง             | 24.7                                                   | 2.15                                                             |
|                       | 19-30 ปี         | 9.4                                                    | 5.64                                                             |
|                       | 31-50 ปี         | 9.4                                                    | 5.64                                                             |
|                       | 51-70 ปี         | 45                                                     | 1.18                                                             |
| <u>หญิงตั้งครรภ์</u>  |                  | 15.0                                                   | 3.53                                                             |
| <u>หญิงให้นมบุตร</u>  |                  | 15.0                                                   | 3.53                                                             |
| 0-5 เดือน             |                  |                                                        |                                                                  |
| 6-12 เดือน            |                  |                                                        |                                                                  |

หมายเหตุ ขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอยมิลเสริมกระดูกปลาผง 30 กรัม มีปริมาณธาตุเหล็ก  
0.53 มิลลิกรัม (คำนวณจากขนมปังกรอบฯ 100 กรัม มีธาตุเหล็ก 1.77 มิลลิกรัม)

ตัวอย่างการคำนวณ (แคลเซียมและธาตุเหล็กมีการคำนวณเช่นเดียวกัน)

- ขนมหั้วกรอบจากแป้งข้าวหอมนิลฯ น้ำหนัก 100 กรัม มีแคลเซียม 124 มิลลิกรัม หากขนมหั้วกรอบจากแป้งข้าวหอมนิลฯ 1 หน่วยบริโภค มีน้ำหนัก 30 กรัม มีแคลเซียมกี่มิลลิกรัม

$$\begin{aligned}\text{ปริมาณแคลเซียม} &= 124 \times 30/100 \\ &= 37.20 \text{ มิลลิกรัม}\end{aligned}$$

ดังนั้น ใน 1 หน่วยบริโภค น้ำหนัก 30 กรัม มีแคลเซียม 37.20 มิลลิกรัม

- ขนมหั้วกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลฯ 1 หน่วยบริโภค มีน้ำหนัก 30 กรัม มีแคลเซียม 37.20 มิลลิกรัม หากในวัยผู้ใหญ่ กำหนดปริมาณแคลเซียมที่ควรได้รับต่อวัน (RDA) 800 มิลลิกรัม คิดเป็นจำนวนแคลเซียมร้อยละเท่าใด

$$\begin{aligned}\text{แคลเซียม (ร้อยละ)} &= 37.20/800 \times 100 \\ &= 4.65\end{aligned}$$

ดังนั้น ขนมหั้วกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลฯ เพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลาใน 1 หน่วยบริโภค สำหรับวัยผู้ใหญ่มีปริมาณแคลเซียมที่ควรได้รับใน 1 วัน (RDA) คือ ร้อยละ 4.65

**ตารางผนวกที่ ๖** น้ำหนักส่วนผสมหนึ่งหน่วยบริโภคของขนมปังกรอบ (สูตรพื้นฐาน) และ  
ขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา  
(สูตรมาตรฐาน)

| ส่วนผสม            | น้ำหนักต่อสูตร |            |             |            | น้ำหนักหนึ่งหน่วยบริโภค |            |              |            |
|--------------------|----------------|------------|-------------|------------|-------------------------|------------|--------------|------------|
|                    | สูตรพื้นฐาน    |            | สูตรมาตรฐาน |            | สูตรพื้นฐาน             |            | สูตรมาตรฐาน  |            |
|                    | กรัม           | ร้อยละ     | กรัม        | ร้อยละ     | กรัม                    | ร้อยละ     | กรัม         | ร้อยละ     |
| แป้งสาลี (เค้ก)    | 50             | 20.66      | 40          | 14.94      | 8.33                    | 20.67      | 6.66         | 14.93      |
| แป้งสาลี (ขนมปัง)  | 150            | 62         | 120         | 44.74      | 25                      | 62         | 20           | 44.78      |
| แป้งข้าวเจ้าหอมนิล | -              | -          | 40          | 14.93      | -                       | -          | 6.66         | 14.92      |
| ยีสต์              | 3              | 1.23       | 3           | 1.13       | 0.50                    | 1.23       | 0.51         | 1.13       |
| นมผง (หางนมผง)     | 2              | 0.83       | 2           | 0.74       | 0.33                    | 0.82       | 0.33         | 0.74       |
| น้ำตาลทรายขาว      | 5              | 2.06       | 5           | 1.87       | 0.83                    | 2.06       | 0.83         | 1.86       |
| เกลือ              | 2              | 0.82       | 2           | 0.74       | 0.33                    | 0.82       | 0.34         | 0.74       |
| เนยสด              | 30             | 12.40      | 51          | 19.05      | 5                       | 12.39      | 8.50         | 19.04      |
| กระดูกปลากะพงแดง   | -              | -          | 5           | 1.86       | -                       | -          | 0.83         | 1.86       |
| <b>รวม</b>         | <b>242</b>     | <b>100</b> | <b>268</b>  | <b>100</b> | <b>40.32</b>            | <b>100</b> | <b>44.66</b> | <b>100</b> |

- หมายเหตุ: - น้ำหนักส่วนผสมของขนมปังกรอบ และขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลาเบื้องต้น หารจำนวนหน่วยบริโภคของขนมปังกรอบ และขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลาแล้วคำนวณเป็นร้อยละ(ในหนึ่งสูตรมี 6 หน่วยบริโภค)
- ผลิตภัณฑ์ขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลาใน 1 สูตร ผลิตได้ 45 ชิ้น น้ำหนักชิ้นละ 4 กรัม รวมน้ำหนักได้ 180 กรัม
  - ใน 1 หน่วยบริโภคมี 30 กรัม (มีจำนวน 7-8 ชิ้น)

ตารางผนวกที่ 7 ต้นทุนวัตถุดิบในการผลิตขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียม  
จากกระดูกปลา (สูตรมาตรฐาน)

| ส่วนผสมในการผลิต   | ต้นทุน<br>บาท/กก. | วัตถุดิบหนึ่ง      |             | ต้นทุนหนึ่ง       |               |
|--------------------|-------------------|--------------------|-------------|-------------------|---------------|
|                    |                   | หน่วยบริโภค (กรัม) |             | หน่วยบริโภค (บาท) |               |
|                    |                   | สูตรพื้นฐาน        | สูตรมาตรฐาน | สูตรพื้นฐาน       | สูตรมาตรฐาน   |
| แป้งสาลี (เล็ก)    | 30                | 8.33               | 6.66        | 0.25              | 0.2           |
| แป้งสาลี (ขนมปัง)  | 28                | 25                 | 20          | 0.70              | 0.56          |
| แป้งข้าวเจ้าหอมนิล | 55.55             | -                  | 6.66        | -                 | 0.37          |
| ยีสต์              | 200               | 0.50               | 0.50        | 0.1               | 0.10          |
| นมผง (หางนมผง)     | 120               | 0.33               | 0.33        | 0.04              | 0.04          |
| น้ำตาลทรายขาว      | 15                | 0.83               | 0.83        | 0.01              | 0.01          |
| เกลือ              | 10                | 0.33               | 0.34        | 0.00              | 0.00 (0.0033) |
| เนยสด              | 100               | 5                  | 8.50        | 0.50              | 0.85          |
| กระดูกปลากะพงแดง   | 0                 | -                  | 0.83        | -                 | 0.00          |
| <b>รวม</b>         |                   |                    |             | <b>1.60</b>       | <b>2.13</b>   |

หมายเหตุ: - นำน้ำหนักส่วนผสมของขนมปังกรอบ และขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลาเบื้องต้น หารจำนวนหน่วยบริโภคของขนมปังกรอบ และขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา แล้วคำนวณเป็นร้อยละ (ในหนึ่งสูตรมี 6 หน่วยบริโภค มาจากน้ำหนักขนมปังกรอบทั้งหมดที่ผลิตได้ หารด้วย 30 กรัม/หนึ่งหน่วยบริโภค)

**ภาคผนวก จ**

แบบทดสอบการประเมินทางประสาทสัมผัส

**แบบทดสอบชุดที่ 1**  
**การทดสอบการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส**  
**ผลิตภัณฑ์ขนมปังกรอบ**

ชื่อ.....

วันที่.....

**คำแนะนำ :** กรุณาทดสอบผลิตภัณฑ์ขนมปังกรอบ และให้คะแนนตามความรู้สึกของท่านให้มากที่สุด โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

- |                 |             |                   |
|-----------------|-------------|-------------------|
| 9 ชอบมากที่สุด  | 8 ชอบมาก    | 7 ชอบปานกลาง      |
| 6 ชอบเล็กน้อย   | 5 เฉยๆ      | 4 ไม่ชอบเล็กน้อย  |
| 3 ไม่ชอบปานกลาง | 2 ไม่ชอบมาก | 1 ไม่ชอบมากที่สุด |

|             |  |  |  |
|-------------|--|--|--|
| คุณลักษณะ   |  |  |  |
| ลักษณะปรากฏ |  |  |  |
| สี          |  |  |  |
| กลิ่น       |  |  |  |
| รสชาติ      |  |  |  |
| เนื้อสัมผัส |  |  |  |
| ความชอบรวม  |  |  |  |

ข้อเสนอแนะ

.....  
 .....

ขอขอบคุณในความร่วมมือ

## แบบทดสอบชุดที่ 2

การทดสอบการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส  
ผลิตภัณฑ์ขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิล

ชื่อ.....

วันที่.....

คำแนะนำ : กรุณาทดสอบผลิตภัณฑ์ขนมปังกรอบ และให้คะแนนตามความรู้สึกของท่านให้มากที่สุด โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

- |   |               |   |           |   |                 |
|---|---------------|---|-----------|---|-----------------|
| 9 | ชอบมากที่สุด  | 8 | ชอบมาก    | 7 | ชอบปานกลาง      |
| 6 | ชอบเล็กน้อย   | 5 | เฉยๆ      | 4 | ไม่ชอบเล็กน้อย  |
| 3 | ไม่ชอบปานกลาง | 2 | ไม่ชอบมาก | 1 | ไม่ชอบมากที่สุด |

| คุณลักษณะ   |  |  |  |  |
|-------------|--|--|--|--|
| ลักษณะปรากฏ |  |  |  |  |
| สี          |  |  |  |  |
| กลิ่น       |  |  |  |  |
| รสชาติ      |  |  |  |  |
| เนื้อสัมผัส |  |  |  |  |
| ความชอบรวม  |  |  |  |  |

ข้อเสนอแนะ.....  
.....

ขอขอบคุณในความร่วมมือ

### แบบทดสอบชุดที่ 3

การทดสอบการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส  
ผลิตภัณฑ์ขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิล

ชื่อ.....

วันที่.....

คำแนะนำ : กรุณาทดสอบผลิตภัณฑ์ขนมปังกรอบ และให้คะแนนตามความรู้สึกของท่านให้มากที่สุด โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

- |   |               |   |           |   |                 |
|---|---------------|---|-----------|---|-----------------|
| 9 | ชอบมากที่สุด  | 8 | ชอบมาก    | 7 | ชอบปานกลาง      |
| 6 | ชอบเล็กน้อย   | 5 | เฉยๆ      | 4 | ไม่ชอบเล็กน้อย  |
| 3 | ไม่ชอบปานกลาง | 2 | ไม่ชอบมาก | 1 | ไม่ชอบมากที่สุด |

| คุณลักษณะ   |  |  |
|-------------|--|--|
| ลักษณะปรากฏ |  |  |
| สี          |  |  |
| กลิ่น       |  |  |
| รสชาติ      |  |  |
| เนื้อสัมผัส |  |  |
| ความชอบรวม  |  |  |

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.

ขอขอบคุณในความร่วมมือ

### แบบทดสอบชุดที่ 4

การทดสอบการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส  
ผลิตภัณฑ์ขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา

ชื่อ.....

วันที่.....

คำแนะนำ : กรุณาทดสอบผลิตภัณฑ์ขนมปังกรอบ และให้คะแนนตามความรู้สึกของท่านให้มากที่สุด โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

- |   |               |   |           |   |                 |
|---|---------------|---|-----------|---|-----------------|
| 9 | ชอบมากที่สุด  | 8 | ชอบมาก    | 7 | ชอบปานกลาง      |
| 6 | ชอบเล็กน้อย   | 5 | เฉยๆ      | 4 | ไม่ชอบเล็กน้อย  |
| 3 | ไม่ชอบปานกลาง | 2 | ไม่ชอบมาก | 1 | ไม่ชอบมากที่สุด |

| คุณลักษณะ   |  |  |  |  |
|-------------|--|--|--|--|
| ลักษณะปรากฏ |  |  |  |  |
| สี          |  |  |  |  |
| กลิ่น       |  |  |  |  |
| รสชาติ      |  |  |  |  |
| เนื้อสัมผัส |  |  |  |  |
| ความกรอบ    |  |  |  |  |
| ความชอบรวม  |  |  |  |  |

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ขอขอบคุณในความร่วมมือ

## แบบสอบถามชุดที่ 5

Num.....

### แบบสอบถาม

เรียน ผู้ตอบแบบสอบถาม

เรื่อง การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ ขนมหั้กรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิล  
เพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา

คำชี้แจง แบบสอบถามชุดนี้ เป็นการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ขนมหั้กรอบ  
จากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา เพื่อประกอบวิทยานิพนธ์ของนางสาวจุริมาศ  
ดีอำมาตย์ นิสิตปริญญาโท ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ดังนั้นจึงใคร่ขอ  
ความร่วมมือจากท่านช่วยทดสอบผลิตภัณฑ์ และตอบแบบสอบถาม โดยข้อมูลทั้งหมดที่ท่านตอบ  
มาจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับงานวิจัยในครั้งนี้

คำอธิบาย ผลิตภัณฑ์ขนมหั้กรอบเป็นที่นิยมและจำหน่ายทั่วไปในท้องตลาด ซึ่งสารอาหารล้วนมี  
แต่คาร์โบไฮเดรตและไขมัน จึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีคุณค่าทางสารอาหารเพิ่มขึ้น  
โดยใช้วัตถุดิบภายในประเทศ และผลพลอยได้จากสัตว์น้ำ ในขนมหั้กรอบๆ เป็นผลิตภัณฑ์ที่มี  
ส่วนผสมของวัตถุดิบที่มีประโยชน์ คือ แป้งข้าวเจ้าหอมนิล และกระดูกปลาทู พัฒนาขึ้นเพื่อคุณค่า  
ทางสารอาหารที่เพิ่มขึ้น เพื่อเป็นทางเลือกหนึ่งของผู้บริโภคเพื่อสุขภาพ เพื่อเพิ่มมูลค่าและการใช้  
ประโยชน์จากข้าวเจ้าหอมนิล เพื่อทดแทนการใช้แป้งสาลี และเพื่อลดการนำเข้าแป้งสาลีจาก  
ต่างประเทศ เป็นต้น

ขอขอบพระคุณในความร่วมมือ

นางสาวจุริมาศ ดีอำมาตย์  
ผู้วิจัย

คำแนะนำ : กรุณาทำเครื่องหมาย ✓ ลงในวงเล็บ ( ) หน้าคำตอบที่ท่านเห็นว่าเหมาะสม และตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

ส่วนที่ 1 ข้อมูลผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ

( ) ชาย

( ) หญิง

2. อายุ

( ) ต่ำกว่า 15 ปี

( ) 15-24 ปี

( ) 25-34 ปี

( ) 35-44 ปี

( ) 45-54 ปี

( ) 55-64 ปี

( ) สูงกว่า 64 ปี

3. ระดับการศึกษา

( ) ต่ำกว่ามัธยมศึกษา

( ) มัธยมศึกษา หรือเทียบเท่า

( ) อนุปริญญา/ปวส.

( ) ปริญญาตรี

( ) ปริญญาโท

( ) สูงกว่าปริญญาโท

4. อาชีพ

( ) นักเรียน

( ) ธุรกิจส่วนตัว

( ) นิสิต/นักศึกษา

( ) พนักงานบริษัทเอกชน

( ) ข้าราชการ

( ) พนักงานรัฐวิสาหกิจ

( ) แม่บ้าน

( ) อื่นๆ.....

5. รายได้ต่อเดือน (บาท)

( ) น้อยกว่า 5,000

( ) 5,001 – 10,000

( ) 10,001 – 15,000

( ) 15,001 – 20,000

( ) 20,001 – 25,000

( ) มากกว่า 25,000

ส่วนที่ 2 ข้อมูลฉลากโภชนาการ และประโยชน์ของแป้งข้าวเจ้าหอมนิล และกระดุกปลาผง

|                                                                                                                                                 |    |    |      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|------|
| ข้อมูลโภชนาการ                                                                                                                                  |    |    |      |
| หนึ่งหน่วยบริโภค : 8 ช้อน (30 กรัม)                                                                                                             |    |    |      |
| จำนวนหน่วยบริโภคต่อกล่อง : 1                                                                                                                    |    |    |      |
| คุณค่าทางโภชนาการต่อหนึ่งหน่วยบริโภค                                                                                                            |    |    |      |
| พลังงานทั้งหมด 239 กิโลแคลอรี (พลังงานจากไขมัน 96.75 กิโลแคลอรี)                                                                                |    |    |      |
| ร้อยละของปริมาณที่แนะนำให้บริโภคต่อวัน*                                                                                                         |    |    |      |
| ไขมันทั้งหมด                                                                                                                                    | 11 | ก. | 17 % |
| โปรตีน                                                                                                                                          | 7  | ก. | 13 % |
| คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด                                                                                                                             | 29 | ก. | 10 % |
| ใยอาหาร                                                                                                                                         | 1  | ก. | 2 %  |
| น้ำตาล                                                                                                                                          | 5  | ก. |      |
| ร้อยละของปริมาณที่แนะนำให้บริโภคต่อวัน*                                                                                                         |    |    |      |
| เหล็ก                                                                                                                                           | 6  | %  |      |
| แคลเซียม                                                                                                                                        | 8  | %  |      |
| * ร้อยละของปริมาณสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคต่อวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปี ขึ้นไป (Thai RDI) โดยคิดจากความต้องการพลังงานวันละ 2,000 กิโลแคลอรี |    |    |      |

|                                                                                                                                                                                                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ประโยชน์ของข้าวเจ้าหอมนิล                                                                                                                                                                                                               |
| <ul style="list-style-type: none"><li>- มีปริมาณธาตุเหล็กสูง</li><li>- มีโปรตีนมากกว่าข้าวขาวปกติ</li><li>- มีสารต้านอนุมูลอิสระ (สารแอนโทไซยานิน)</li><li>- กรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง</li><li>- มีใยอาหารสูง</li><li>- วิตามินอี</li></ul> |
| ประโยชน์ของกระดุกปลาผง                                                                                                                                                                                                                  |
| <ul style="list-style-type: none"><li>- มีแคลเซียมสูง</li></ul>                                                                                                                                                                         |

- จากฉลากโภชนาการท่านคิดว่าสารอาหารที่ได้เหมาะสมและมีประโยชน์ต่อสุขภาพหรือไม่  
.....
- ท่านรู้จักข้าวเจ้าหอมนิลหรือไม่  
( ) รู้จัก ( ) ไม่รู้จัก
- หากจะนำข้าวเจ้าหอมนิลมาทำผลิตภัณฑ์ โดยใส่ในรูปของแป้งข้าวในขนมปังกรอบ ท่านมีความคิดเห็นอย่างไร  
.....
- การรับประทานอาหารเสริมแคลเซียม มีความจำเป็นหรือไม่  
( ) จำเป็น เพราะ.....  
( ) ไม่จำเป็น เพราะ .....
- หากมีผลิตภัณฑ์ที่เสริมแคลเซียมที่ได้จากการสกัดกระดูกปลา ท่านคิดว่าเหมาะสมหรือไม่  
( ) เหมาะสม เพราะ.....  
( ) ไม่เหมาะสม เพราะ.....

### ส่วนที่ 3 ข้อมูลด้านการยอมรับขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มเติมเคลือบจากกระดูกปลา

คำแนะนำ : กรุณาทดสอบผลิตภัณฑ์ขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มเติมเคลือบจากกระดูกปลา และให้คะแนนตามความรู้สึกของท่าน โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

|   |               |   |           |   |                 |
|---|---------------|---|-----------|---|-----------------|
| 9 | ชอบมากที่สุด  | 8 | ชอบมาก    | 7 | ชอบปานกลาง      |
| 6 | ชอบเล็กน้อย   | 5 | เฉยๆ      | 4 | ไม่ชอบเล็กน้อย  |
| 3 | ไม่ชอบปานกลาง | 2 | ไม่ชอบมาก | 1 | ไม่ชอบมากที่สุด |

| คุณลักษณะ   | คะแนน |
|-------------|-------|
| ลักษณะปรากฏ | ..... |
| สี          | ..... |
| กลิ่น       | ..... |
| รสชาติ      | ..... |
| เนื้อสัมผัส | ..... |
| ความกรอบ    | ..... |
| ความชอบรวม  | ..... |

ข้อเสนอแนะ.....

1. เมื่อท่านบริโภคขนมปังกรอบๆ แล้วท่านยอมรับหรือไม่

( ) ยอมรับ ( ) ไม่ยอมรับ เพราะ.....

### ส่วนที่ 4 ข้อมูลการบริโภคที่เหมาะสมของขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มเติมเคลือบจากกระดูกปลา

1. ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังกรอบๆนี้ ท่านคิดว่าเหมาะสมกับวัยใดบ้าง

( ) วัยเด็ก ( ) วัยรุ่น  
( ) วัยผู้ใหญ่ ( ) อื่นๆ .....

2. ท่านจะรับประทานผลิตภัณฑ์ขนมปังกรอบๆ ในช่วงเวลาใดบ้าง
 

|                                     |                                       |
|-------------------------------------|---------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> มือเช้า    | <input type="checkbox"/> มือกลางวัน   |
| <input type="checkbox"/> มือเย็น    | <input type="checkbox"/> ในระหว่างมือ |
| <input type="checkbox"/> อื่นๆ..... |                                       |
3. ท่านจะรับประทานผลิตภัณฑ์ขนมปังกรอบๆ ในรูปแบบใดบ้าง (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)
 

|                                          |                                          |
|------------------------------------------|------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> ทานเล่น         | <input type="checkbox"/> เครื่องดื่มร้อน |
| <input type="checkbox"/> เครื่องดื่มเย็น | <input type="checkbox"/> ทานย หรือแยม    |
| <input type="checkbox"/> สลัดผัก         |                                          |
| <input type="checkbox"/> อื่นๆ.....      |                                          |
4. หากท่านเลือกซื้อขนมปังกรอบๆ จะพิจารณาจากสิ่งใด (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)
 

|                                     |                                            |
|-------------------------------------|--------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> สีสน       | <input type="checkbox"/> ขนาด              |
| <input type="checkbox"/> รสชาติ     | <input type="checkbox"/> คุณค่าทางสารอาหาร |
| <input type="checkbox"/> รูปร่าง    | <input type="checkbox"/> บรรจุภัณฑ์        |
| <input type="checkbox"/> ราคา       | <input type="checkbox"/> ปริมาณบรรจุ       |
| <input type="checkbox"/> ยี่ห้อ     |                                            |
| <input type="checkbox"/> อื่นๆ..... |                                            |
5. ท่านคิดว่าภาชนะบรรจุที่เหมาะสมของขนมปังกรอบๆ เป็นแบบใด
 

|                                              |                                         |
|----------------------------------------------|-----------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> ถุงพลาสติกใส        | <input type="checkbox"/> กล่องพลาสติกใส |
| <input type="checkbox"/> ถุงอลูมิเนียมฟรอยด์ | <input type="checkbox"/> กล่องกระดาษ    |
| <input type="checkbox"/> อื่นๆ.....          |                                         |
6. ราคาที่เหมาะสมในการจำหน่ายขนมปังกรอบๆ (หากมีน้ำหนัก 30 กรัม หรือมีจำนวน 8 ชิ้น)
 

|                                     |                                 |
|-------------------------------------|---------------------------------|
| <input type="checkbox"/> 10 บาท     | <input type="checkbox"/> 15 บาท |
| <input type="checkbox"/> 20 บาท     | <input type="checkbox"/> 25 บาท |
| <input type="checkbox"/> อื่นๆ..... |                                 |
7. หากมีขนมปังกรอบๆ จำหน่ายท่านจะซื้อหรือไม่
 

|                                              |
|----------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> ซื้อ                |
| <input type="checkbox"/> ไม่แน่ใจ เพราะ..... |
| <input type="checkbox"/> ไม่ซื้อ เพราะ.....  |

**แบบทดสอบชุดที่ 6**  
การทดสอบการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

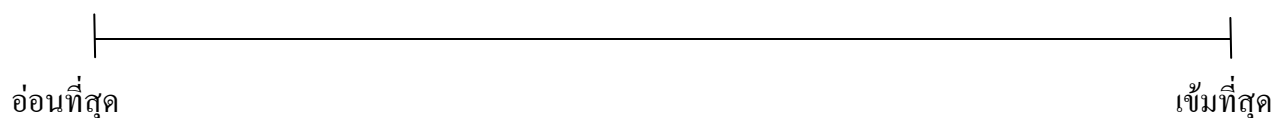
อายุการเก็บ (QDA)

ชื่อ..... วันที่.....

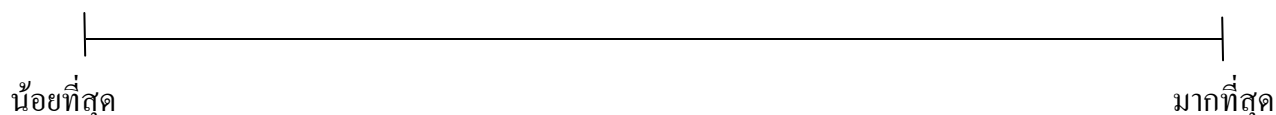
ผลิตภัณฑ์ ขนมปิ้งกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา

คำแนะนำ กรุณาทดสอบผลิตภัณฑ์ขนมปิ้งกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา แล้วทำเครื่องหมาย ( | ) ลงบนเส้นให้ตรงกับความรู้สึกที่กำหนดในแต่ละลักษณะ

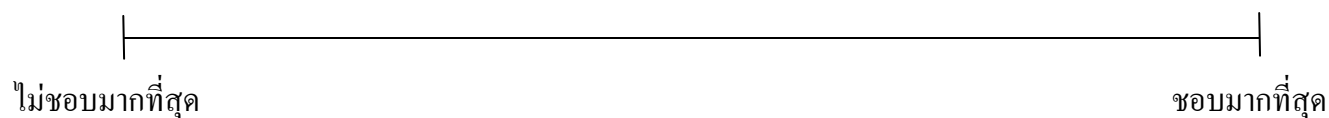
4. สี



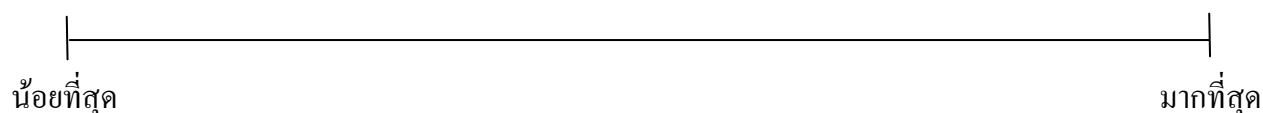
4. กลิ่น  
หืน



4. รสชาติ



4. ความกรอบ



### แบบทดสอบชุดที่ 7

การทดสอบการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

การยอมรับของผลิตภัณฑ์

ชื่อ..... วันที่.....

ผลิตภัณฑ์ ขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา

คำแนะนำ กรุณาทดสอบผลิตภัณฑ์ขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา แล้วทำเครื่องหมาย (✓) หลังคำอธิบายให้ตรงกับความรู้สึกที่กำหนดให้

| คำอธิบาย                        | เครื่องหมาย |
|---------------------------------|-------------|
| ไม่ยอมรับมากที่สุด              | .....       |
| ไม่ยอมรับมาก                    | .....       |
| ไม่ยอมรับปานกลาง                | .....       |
| ไม่ยอมรับเล็กน้อย               | .....       |
| บอกไม่ได้ว่ายอมรับหรือไม่ยอมรับ | .....       |
| ยอมรับเล็กน้อย                  | .....       |
| ยอมรับปานกลาง                   | .....       |
| ยอมรับมาก                       | .....       |
| ยอมรับมากที่สุด                 | .....       |

ขอขอบคุณในความร่วมมือ

ภาคผนวก จ  
ตารางวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ตารางผนวกที่ ๑๑ การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติคะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมปังกรอบทั้ง 3 สูตร

| ปัจจัยการทดสอบ | SOV       | df | SS      | MS     | F                   | F <sub>0.05</sub> |
|----------------|-----------|----|---------|--------|---------------------|-------------------|
| ลักษณะปรากฏ    | ผู้ทดสอบ  | 29 | 104.989 | 3.620  | 1.951*              | 1.65              |
|                | Treatment | 2  | 9.689   | 4.844  | 2.610 <sup>ns</sup> | 3.15              |
|                | Error     | 58 | 107.644 | 1.856  |                     |                   |
| สี             | ผู้ทดสอบ  | 29 | 69.956  | 2.412  | 1.406 <sup>ns</sup> | 1.65              |
|                | Treatment | 2  | 2.489   | 1.244  | 0.725 <sup>ns</sup> | 3.15              |
|                | Error     | 58 | 99.511  | 1.716  |                     |                   |
| กลิ่น          | ผู้ทดสอบ  | 29 | 88.222  | 3.042  | 2.253*              | 1.65              |
|                | Treatment | 2  | 7.022   | 3.511  | 2.600 <sup>ns</sup> | 3.15              |
|                | Error     | 58 | 78.311  | 1.350  |                     |                   |
| รสชาติ         | ผู้ทดสอบ  | 29 | 89.656  | 3.092  | 1.265 <sup>ns</sup> | 1.65              |
|                | Treatment | 2  | 13.622  | 6.811  | 2.788 <sup>ns</sup> | 3.15              |
|                | Error     | 58 | 141.711 | 2.443  |                     |                   |
| เนื้อสัมผัส    | ผู้ทดสอบ  | 29 | 79.122  | 2.728  | 0.991 <sup>ns</sup> | 1.65              |
|                | Treatment | 2  | 28.289  | 14.144 | 5.137*              | 3.15              |
|                | Error     | 58 | 159.711 | 2.754  |                     |                   |
| ความชอบรวม     | ผู้ทดสอบ  | 29 | 80.989  | 2.793  | 1.413 <sup>ns</sup> | 1.65              |
|                | Treatment | 2  | 20.689  | 10.344 | 5.233*              | 3.15              |
|                | Error     | 58 | 114.644 | 1.977  |                     |                   |

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

\* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

**ตารางผนวกที่ ๓2** การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติคะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิล ที่ศึกษาปริมาณแป้งโม่แห้ง

| ปัจจัยการทดสอบ | SOV       | df | SS      | MS     | F                   | F <sub>0.05</sub> |
|----------------|-----------|----|---------|--------|---------------------|-------------------|
| ลักษณะปรากฏ    | ผู้ทดสอบ  | 29 | 99.242  | 3.422  | 2.121*              | 1.60              |
|                | Treatment | 3  | 58.358  | 19.453 | 12.055*             | 2.72              |
|                | Error     | 87 | 140.392 | 1.614  |                     |                   |
| สี             | ผู้ทดสอบ  | 29 | 95.842  | 3.305  | 1.589 <sup>ns</sup> | 1.60              |
|                | Treatment | 3  | 45.758  | 15.253 | 7.332*              | 2.72              |
|                | Error     | 87 | 180.992 | 2.080  |                     |                   |
| กลิ่น          | ผู้ทดสอบ  | 29 | 118.842 | 4.098  | 2.837*              | 1.60              |
|                | Treatment | 3  | 7.092   | 2.364  | 1.637 <sup>ns</sup> | 2.72              |
|                | Error     | 87 | 125.658 | 1.444  |                     |                   |
| รสชาติ         | ผู้ทดสอบ  | 29 | 155.242 | 5.353  | 3.925*              | 1.60              |
|                | Treatment | 3  | 3.092   | 1.031  | 0.756 <sup>ns</sup> | 2.72              |
|                | Error     | 87 | 118.658 | 1.364  |                     |                   |
| เนื้อสัมผัส    | ผู้ทดสอบ  | 29 | 101.575 | 3.503  | 2.884*              | 1.60              |
|                | Treatment | 3  | 1.092   | 0.364  | 0.300 <sup>ns</sup> | 2.72              |
|                | Error     | 87 | 105.658 | 1.214  |                     |                   |
| ความชอบรวม     | ผู้ทดสอบ  | 29 | 64.742  | 2.232  | 1.467 <sup>ns</sup> | 1.60              |
|                | Treatment | 3  | 15.825  | 5.275  | 3.466*              | 2.72              |
|                | Error     | 87 | 132.425 | 1.522  |                     |                   |

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

\* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

**ตารางผนวกที่ ๓** การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติคะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมชนิด ที่ศึกษาปริมาณแป้งโมโน

| ปัจจัยการทดสอบ | SOV       | df | SS      | MS     | F       | F <sub>0.05</sub> |
|----------------|-----------|----|---------|--------|---------|-------------------|
| ลักษณะปรากฏ    | ผู้ทดสอบ  | 29 | 147.700 | 5.093  | 2.426*  | 1.60              |
|                | Treatment | 3  | 93.367  | 31.122 | 14.826* | 2.72              |
|                | Error     | 87 | 182.633 | 2.099  |         |                   |
| สี             | ผู้ทดสอบ  | 29 | 122.842 | 4.236  | 1.753*  | 1.60              |
|                | Treatment | 3  | 93.492  | 31.164 | 12.895* | 2.72              |
|                | Error     | 87 | 210.258 | 2.417  |         |                   |
| กลิ่น          | ผู้ทดสอบ  | 29 | 200.075 | 6.899  | 3.837*  | 1.60              |
|                | Treatment | 3  | 18.825  | 6.275  | 3.490*  | 2.72              |
|                | Error     | 87 | 156.425 | 1.798  |         |                   |
| รสชาติ         | ผู้ทดสอบ  | 29 | 189.967 | 6.551  | 2.902*  | 1.60              |
|                | Treatment | 3  | 41.133  | 13.711 | 6.075*  | 2.72              |
|                | Error     | 87 | 196.367 | 2.257  |         |                   |
| เนื้อสัมผัส    | ผู้ทดสอบ  | 29 | 175.967 | 6.068  | 2.787*  | 1.60              |
|                | Treatment | 3  | 36.067  | 12.022 | 5.521*  | 2.72              |
|                | Error     | 87 | 189.433 | 2.177  |         |                   |
| ความชอบรวม     | ผู้ทดสอบ  | 29 | 111.300 | 3.838  | 1.850*  | 1.60              |
|                | Treatment | 3  | 49.000  | 16.333 | 7.873*  | 2.72              |
|                | Error     | 87 | 180.500 | 2.075  |         |                   |

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

\* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

**ตารางผนวกที่ ๓4** การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติคะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิล ที่ศึกษาการเปรียบเทียบที่มีกรรมวิธีการผลิตแบบ โม่แห้งและโม่ น้ำ

| ปัจจัยการทดสอบ | ชนิดแป้ง | Mean | S.D. | df | t                   | t <sub>0.05</sub> |
|----------------|----------|------|------|----|---------------------|-------------------|
| ลักษณะปรากฏ    | โม่แห้ง  | 6.37 | 0.67 | 2  | 0.421 <sup>ns</sup> | 4.30              |
|                | โม่ น้ำ  | 6.43 | 0.57 |    |                     |                   |
| สี             | โม่แห้ง  | 5.87 | 0.63 | 2  | 5.682*              | 4.30              |
|                | โม่ น้ำ  | 6.30 | 0.79 |    |                     |                   |
| กลิ่น          | โม่แห้ง  | 6.03 | 0.72 | 2  | 1.438 <sup>ns</sup> | 4.30              |
|                | โม่ น้ำ  | 5.90 | 0.80 |    |                     |                   |
| รสชาติ         | โม่แห้ง  | 6.23 | 0.82 | 2  | 3.953 <sup>ns</sup> | 4.30              |
|                | โม่ น้ำ  | 5.93 | 0.69 |    |                     |                   |
| เนื้อสัมผัส    | โม่แห้ง  | 6.67 | 0.48 | 2  | 4.026 <sup>ns</sup> | 4.30              |
|                | โม่ น้ำ  | 6.50 | 0.57 |    |                     |                   |
| ความชอบรวม     | โม่แห้ง  | 6.70 | 0.65 | 2  | 0.339 <sup>ns</sup> | 4.30              |
|                | โม่ น้ำ  | 6.27 | 0.64 |    |                     |                   |

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

\* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

**ตารางผนวกที่ ๓5** การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติคะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมชนิด ที่ศึกษาปริมาณไขมันและกระดุกปลาผง

| ปัจจัยการทดสอบ | SOV       | df  | SS      | MS    | F                   | F <sub>0.05</sub> |
|----------------|-----------|-----|---------|-------|---------------------|-------------------|
| ลักษณะปรากฏ    | ผู้ทดสอบ  | 29  | 161.828 | 5.580 | 8.481*              | 1.55              |
|                | Treatment | 5   | 1.761   | 0.352 | 0.535 <sup>ns</sup> | 2.20              |
|                | Error     | 145 | 95.406  | 0.658 |                     |                   |
| สี             | ผู้ทดสอบ  | 29  | 194.561 | 6.709 | 13.936*             | 1.55              |
|                | Treatment | 5   | 5.028   | 1.006 | 2.089 <sup>ns</sup> | 2.20              |
|                | Error     | 145 | 69.806  | 0.481 |                     |                   |
| กลิ่น          | ผู้ทดสอบ  | 29  | 252.250 | 8.698 | 9.307*              | 1.55              |
|                | Treatment | 5   | 9.983   | 1.997 | 2.136 <sup>ns</sup> | 2.20              |
|                | Error     | 145 | 135.517 | 0.935 |                     |                   |
| รสชาติ         | ผู้ทดสอบ  | 29  | 231.161 | 7.971 | 8.251*              | 1.55              |
|                | Treatment | 5   | 16.428  | 3.286 | 3.401*              | 2.20              |
|                | Error     | 145 | 140.072 | 0.966 |                     |                   |
| เนื้อสัมผัส    | ผู้ทดสอบ  | 29  | 224.494 | 7.741 | 6.861*              | 1.55              |
|                | Treatment | 5   | 13.561  | 2.712 | 2.404*              | 2.20              |
|                | Error     | 145 | 163.606 | 1.128 |                     |                   |
| ความกรอบ       | ผู้ทดสอบ  | 29  | 214.161 | 7.385 | 7.443*              | 1.55              |
|                | Treatment | 5   | 29.628  | 5.926 | 5.972*              | 2.20              |
|                | Error     | 145 | 143.872 | 0.992 |                     |                   |
| ความชอบรวม     | ผู้ทดสอบ  | 29  | 185.244 | 6.388 | 7.709*              | 1.55              |
|                | Treatment | 5   | 8.511   | 1.702 | 2.054 <sup>ns</sup> | 2.20              |
|                | Error     | 145 | 120.156 | 0.829 |                     |                   |

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

\* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

**ตารางผนวกที่ ๑๖** การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมชนิดพิเศษเคลือบจากกระดูกปลา ที่ศึกษาอายุการเก็บในระยะเวลา 5 สัปดาห์

| ปัจจัยการทดสอบ | SOV      | df | SS      | MS     | F                   | F <sub>0.05</sub> |
|----------------|----------|----|---------|--------|---------------------|-------------------|
| สี             | ผู้ทดสอบ | 11 | 53.660  | 4.878  | 1.295 <sup>ns</sup> | 1.97              |
|                | สัปดาห์  | 5  | 55.189  | 11.038 | 2.929*              | 2.38              |
|                | Error    | 55 | 207.248 | 3.768  |                     |                   |
| กลิ่นหืน       | ผู้ทดสอบ | 11 | 83.974  | 7.634  | 1.165 <sup>ns</sup> | 1.97              |
|                | สัปดาห์  | 5  | 200.923 | 40.185 | 6.132*              | 2.38              |
|                | Error    | 55 | 360.410 | 6.553  |                     |                   |
| รสชาติ         | ผู้ทดสอบ | 11 | 67.793  | 6.163  | 0.838 <sup>ns</sup> | 1.97              |
|                | สัปดาห์  | 5  | 68.684  | 13.737 | 1.86 <sup>ns</sup>  | 2.38              |
|                | Error    | 55 | 404.512 | 7.355  |                     |                   |
| ความกรอบ       | ผู้ทดสอบ | 11 | 54.814  | 4.983  | 0.685 <sup>ns</sup> | 1.97              |
|                | สัปดาห์  | 5  | 176.285 | 35.257 | 4.850*              | 2.38              |
|                | Error    | 55 | 399.830 | 7.270  |                     |                   |
| การยอมรับ      | ผู้ทดสอบ | 11 | 11.708  | 1.064  | 0.688 <sup>ns</sup> | 1.97              |
|                | สัปดาห์  | 5  | 19.125  | 3.825  | 2.474*              | 2.38              |
|                | Error    | 55 | 85.042  | 1.546  |                     |                   |

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

\* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

**ตารางผนวกที่ ๗** การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติในการประเมินคุณภาพทางกายภาพของ  
ขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา ที่ศึกษาอายุ  
การเก็บในระยะเวลา 5 สัปดาห์

| ปัจจัยการทดสอบ            | SOV      | df | SS        | MS        | F                   | F <sub>0.05</sub> |
|---------------------------|----------|----|-----------|-----------|---------------------|-------------------|
| ค่า water activity        | สัปดาห์  | 5  | 0.169     | 3.372E-02 | 105.129*            | 2.90              |
|                           | จำนวนซ้ำ | 3  | 2.520E-03 | 8.401E-04 | 2.619 <sup>ns</sup> | 3.29              |
|                           | Error    | 15 | 4.811E-03 | 3.207E-04 |                     |                   |
| ค่าความแข็ง<br>(hardness) | สัปดาห์  | 5  | 282.151   | 56.430    | 4.213*              | 2.90              |
|                           | จำนวนซ้ำ | 3  | 19.526    | 6.509     | 0.486 <sup>ns</sup> | 3.29              |
|                           | Error    | 15 | 200.900   | 13.393    |                     |                   |
| ค่าสี L*                  | สัปดาห์  | 5  | 2.455     | 0.491     | 1.376 <sup>ns</sup> | 2.90              |
|                           | จำนวนซ้ำ | 2  | 0.306     | 0.153     | 0.429 <sup>ns</sup> | 3.29              |
|                           | Error    | 10 | 3.569     | 0.357     |                     |                   |
| a *                       | สัปดาห์  | 5  | 3.559     | 0.712     | 6.951*              | 2.90              |
|                           | จำนวนซ้ำ | 2  | 0.627     | 0.314     | 3.063 <sup>ns</sup> | 3.29              |
|                           | Error    | 10 | 1.024     | 0.102     |                     |                   |
| b *                       | สัปดาห์  | 5  | 3.902     | 0.780     | 6.016*              | 2.90              |
|                           | จำนวนซ้ำ | 2  | 8.243E-02 | 4.212E-02 | 0.325 <sup>ns</sup> | 3.29              |
|                           | Error    | 10 | 1.297     | 0.130     |                     |                   |

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

\* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

**ภาคผนวก ข**

วิธีการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ทางกายภาพ และทางจุลินทรีย์

## วิธีการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์

### 1. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น โดยอบในตู้ไฟฟ้า (AOAC, 1995)

1.1 อบภาชนะสำหรับหาความชื้นในตู้อบไฟฟ้า ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วนำออกจากตู้อบใส่ไว้ในโถดูดความชื้น ปล่อยให้เย็น จนกระทั่งอุณหภูมิของภาชนะลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้องแล้วชั่งน้ำหนัก

1.2 กระทำเช่นข้อ 1 ซ้ำ จนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

1.3 ชั่งตัวอย่างอาหารที่ต้องการหาความชื้นให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน 1-3 กรัม ใส่ลงในภาชนะหาความชื้น ซึ่งทราบน้ำหนักแล้วนำไปอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 5-6 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบใส่ไว้ในตู้อบความชื้น แล้วชั่งน้ำหนักภาชนะพร้อมตัวอย่างนั้น จากนั้นนำเข้าตู้อบอีก และกระทำเช่นเดิมจนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 กรัม

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)} = \frac{\text{ผลต่างของน้ำหนักตัวอย่างก่อนอบและหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}} \times 100$$

### 2. การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (AOAC, 1995)

2.1 อบขวดกลมสำหรับหาไขมัน มีขนาดความจุ 250 มิลลิกรัม ในตู้อบไฟฟ้า ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น และชั่งน้ำหนักที่แน่นอน ชั่งตัวอย่างบนกระดาษที่ทราบน้ำหนัก ประมาณ 1-2 กรัม ห่อให้มิดชิด แล้วใส่ลงในหลอดสำหรับใส่ตัวอย่าง คลุมด้วยสำลีเพื่อให้สารละลายมีการกระจายอย่างสม่ำเสมอ

2.2 นำหลอดตัวอย่างใส่ลงในชอกเลต เดิมสารตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเทอร์ ลงในขวดหาไขมันปริมาณ 150 มิลลิกรัม แล้ววางบนเตาให้ความร้อน

2.3 ทำการสกัดไขมันเป็นเวลา 14 ชั่วโมง โดยปรับความร้อนให้หยดสารทำละลายกลั่นตัวจากอุปกรณ์ควบแน่นด้วยอัตรา 150 หยดต่อนาที

2.4 เมื่อครบ 14 ชั่วโมง นำหลอดตัวอย่างออกจากชอกเลต และกลั่นเก็บสารทำละลายจนเหลือสารละลายในขวดกลมเพียงเล็กน้อยด้วยเครื่องระเหยตัวทำละลาย

2.5 นำขูดไขมันนั้นไปอบในตู้ที่อุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียส จนแห้ง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก แล้วอบซ้ำครั้งละ 30 นาที จนกระทั่งผลต่างของน้ำหนักสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 กรัม

$$\text{ปริมาณไขมัน (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักไขมันหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}} \times 100$$

### 3. การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (A.O.A.C., 2000)

3.1 ชั่งตัวอย่างอาหารแห้งและสกัดไขมันแล้ว 0.2-0.7 กรัม (ขึ้นอยู่กับปริมาณไนโตรเจนที่มี) ลงในเจตคาลฟลาสขนาด 250 มิลลิลิตร

3.2 ใส่ตัวเร่งปฏิกิริยา 5 กรัม (คอปเปอร์ซัลเฟต : โพแตสเซียมซัลเฟต = 1:9 หรือปรอทออกไซด์ 0.7 กรัม) เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 10 มิลลิลิตร แล้วนำไปย่อยบนเตาไฟฟ้าภายใต้สุญญากาศ

3.3 ให้ความร้อนจนกระทั่งสารละลายในฟลาสสี ทิ้งไว้ให้เย็น

3.4 เทสารละลายที่ย่อยแล้วลงในขวดกลั่น ล้างเจตคาลฟลาสด้วยน้ำกลั่น 2-3 ครั้งต่อขวด กลั่นเข้ากับหลอดควบแน่น ด้วยน้ำที่มีปลายท่อจุ่มลงในออเรนเมเยอฟลาสขนาด 150 มิลลิลิตร ที่บรรจุกรดบอริก 10 มิลลิลิตร (ละลายบอริก 40 กรัม ในน้ำกลั่น ปริมาตรเป็น 1 ลิตร) พร้อมกับหยดสารอินดิเคเตอร์ผสมระหว่างเมทิลเรดและเมทิลทีนบลู (2:1) 2-3 หยด

3.5 เทสารละลายค่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ 45% 20 มิลลิลิตร ลงในฟลาสให้ความร้อน กลั่นสารตัวอย่าง จนเก็บปริมาตรในออเรนเมเยอฟลาสได้ประมาณ 30 มิลลิลิตร

3.6 นำสารละลายจากการกลั่นไปไตเตรทด้วยกรดกำมะถัน 0.1 N

3.7 ในการวิเคราะห์แต่ละครั้งให้ทำแบบล่งค์ โดยใช้เป้ง น้ำตาลที่บริสุทธิ์ หรือน้ำกลั่นแทนตัวอย่างอาหาร

$$\text{ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ)} = \frac{1.4 (V_1 - V_2) N \times \text{ค่า factor}}{W}$$

N = ความเข้มข้นของกรดมาตรฐาน

$V_1$  = ปริมาณ (มิลลิลิตร) ของกรดกำมะถันที่ใช้ในการไตเตรทตัวอย่าง

$V_2$  = ปริมาณ (มิลลิลิตร) ของกรดกำมะถันที่ใช้ในการไตเตรทแบบล่งค์

W = น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์

#### 4. การวิเคราะห์ปริมาณเยื่อใย (A.O.A.C., 2000)

4.1 ใช้ตัวอย่างที่ได้จากการหาความชื้นแล้ว หรือผ่านการอบในตู้อบอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จนได้น้ำหนักคงที่ แล้วทำให้เย็นในเดสสิเคเตอร์ (dessicator) ซึ่งตัวอย่างน้ำหนักที่บดแล้ว  $1 \pm 0.001$  กรัม

4.2 เติมกรดซัลฟูริก 1.25% ที่ร้อน 150 มิลลิลิตร (ทำให้ร้อนโดยการอุ่นใน hot plate เพื่อลดเวลาที่ใช้ในการย่อย) เติม n-octanol 3-5 หยด ทำการย่อยเป็นเวลา 30 นาที กดปุ่ม vacuum เพื่อถ่ายกรดซัลฟูริกออก

4.3 ล้างตัวอย่างด้วย Deionized Water ที่ทำให้ร้อน 30 มิลลิลิตร จำนวน 3 ครั้ง โดยกดปุ่ม Compressed Air เพื่อกวนตัวอย่างให้กระจาย

4.4 หลังจากล้างน้ำสุดท้ายแล้ว เติมโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ 1.25% จำนวน 150 มิลลิลิตร แล้วหยด n-octanol 3-5 หยด ทำการย่อยเป็นเวลา 30 นาที

4.5 ทำการกรองและล้างตัวอย่างเหมือนข้อ 7 หลังจากล้างด้วยน้ำกลั่นครั้งสุดท้ายแล้ว ให้ล้างด้วย acetone 25 มิลลิลิตร พร้อมทั้งกดปุ่ม Compressed Air เพื่อกวนตัวอย่างให้กระจาย

4.6 นำ Crucible ออกจากเครื่อง แล้วชั่งน้ำหนักหลังจากอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมงหรือจนกว่าน้ำหนักจะคงที่ น้ำหนักของตัวอย่างที่ได้นี้จะได้น้ำหนักของ Crude Fiber Content

$$\text{ปริมาณกากใย (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักกากใย}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

#### 5. การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า

ซึ่งตัวอย่างประมาณ 2 กรัม ในถ้วยกระเบื้องเคลือบ (porcelain crucible) ที่เผาและชั่งน้ำหนักแน่นอนแล้ว นำตัวอย่างไปเผาไล่ควันจนหมดจึงนำตัวอย่างไปเผาในตู้เผา (muffle furnace) ที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส นานประมาณ 2-3 ชั่วโมง จนกระทั่งได้เถ้าสีขาว หรือสีเทาอ่อน นำออกจากตู้เผาใส่ในเดสสิเคเตอร์ (dessicator) ปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้องแล้วชั่งน้ำหนัก เเผตัวอย่างซ้ำนานครั้งละ 30 นาที จนกระทั่งชั่งได้น้ำหนักคงที่ คำนวณปริมาณร้อยละของเถ้าในตัวอย่างดังนี้

$$\text{ปริมาณเถ้า (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักที่หายไป}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}} \times 100$$

## 6. การวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรต

การหาปริมาณคาร์โบไฮเดรตโดยวิธีการคำนวณ จะต้องหาองค์ประกอบทางเคมีอย่างอื่น เป็นร้อยละก่อน ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้า แล้วนำค่าทั้งหมดดังกล่าวมารวมกัน ผลต่างระหว่าง 100 กับค่ารวมของ ความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้า จะเป็นค่าของคาร์โบไฮเดรต

$$\text{ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)} = 100 - (\text{ความชื้น} + \text{โปรตีน} + \text{ไขมัน} + \text{เถ้า} + \text{เยื่อใย})$$

## 7. การวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียม (A.O.A.C., 2000)

7.1 ชั่งตัวอย่างสด 5-10 กรัม ใส่ porcelain dish นำไปเผาในเตาเผา 525 องศาเซลเซียส จนกระทั่งเป็นเถ้าสีเทาขาว ทิ้งไว้ให้เย็น

7.2 ละลายเถ้าด้วยกรดกำมะถัน (HCl 1:3) 10 มิลลิลิตร ใน water bath ร้อน ปิดด้วยกระจกนาฬิกา จนละลายดีประมาณ 10 นาที

7.3 กรองสารละลายผ่านกระดาษกรองเบอร์ 54 ทิ้งไว้ให้เย็น ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

7.4 ดูดสารละลายมา 10 มิลลิลิตร ใส่บีกเกอร์ขนาด 200 มิลลิลิตร หยด indicator 3-4 หยด (methyl red indicator 0.1% ใน 95 ethanol) เติมน้ำ ammonium hydroxide (1:4) จนกระทั่ง pH ของสารละลายเถ้าใกล้ความเป็นกลาง (ประมาณ pH 6.8) นำไปให้ความร้อนจนถึงจุดเดือด

7.5 pipette ammonium oxalate (4.2%) 20 มิลลิลิตร ใส่ฟลasks นำไปต้มให้ร้อนแล้วผสมลงในสารละลายเถ้า (ข้อ 7.4)

7.6 หยดกรดกำมะถัน (HCl 1:3) ที่ละหยดลงในสารละลายจนได้สีชมพูอ่อนๆ และมีลักษณะขุ่นเนื่องจากแคลเซียม ดังทิ้งไว้ให้ตกตะกอน (อาจต้องทิ้งทิ้งไว้ 1 คืน)

7.7 กรองสารละลายผ่านกระดาษเบอร์ 42 ล้างด้วย  $\text{NH}_4\text{OH}$  (1:50) จนสารละลาย oxalate ที่เหลืออยู่หมดไป

7.8 ล้างตะกอนที่กระดาษกรองออกด้วยน้ำกลั่น 150 มิลลิลิตร และกรดกำมะถัน (1:5) 20 มิลลิลิตร (อาจละลายกระดาษกรองลงในสารละลายด้วย)

7.9 นำไปไตเตรทด้วย  $\text{KMnO}_4$  ขณะร้อนจะเป็นสีชมพูอ่อน คำนวณปริมาณแคลเซียม

7.10 นำไปให้ความร้อนที่ 65-80 องศาเซลเซียส ขณะไตเตรทด้วย potassium permanganate 0.05 N ด้วย pipette จนเกิดสีชมพูอ่อนทำ blank เช่นเดียวกันจากน้ำร้อนผสมกับกรดกำมะถัน และแผ่นกระดาษกรอง (การไตเตรทด้วย potassium permanganate ถ้ามีกระดาษกรองละลายปนอยู่ด้วยจะทำให้สีชมพูจางลงภายในไม่กี่วินาที)

7.11 คำนวณผลที่ได้ของแคลเซียม เป็นมิลลิกรัม/100 กรัม

$$\begin{array}{lcl} 1 \text{ มิลลิลิตร ของ } 0.05 \text{ N. } \text{KMnO}_4 & = & 1 \text{ มิลลิกรัม แคลเซียม} \\ \text{ปริมาณแคลเซียม (มิลลิกรัม)} & = & \frac{(\text{ปริมาณที่ไตเตรท} - \text{blank}) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \end{array}$$

## 8. การวิเคราะห์ปริมาณธาตุเหล็ก วิธี In house method, ICP (A.O.A.C, 1995)

เตรียมสารเคมี

1. สารละลายเหล็กมาตรฐาน ละลาย ammonium ferrous iron sulfate 0.1755 กรัม ด้วยกรดกำมะถัน (HCl 1%) โดยปรับปริมาตรเป็น 250 มิลลิลิตร และเจือจาง 10 มิลลิลิตร ของสารละลายนี้ให้เป็น 100 มิลลิลิตร (ด้วย HCl 1%) สารละลายที่ได้จะมีความเข้มข้นเท่ากับ 0.01 มิลลิกรัม (เหล็ก/มิลลิลิตร)

2. O-Phenanthroline ละลาย O-Phenanthroline hydrochloride 0.5 กรัม ในน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร

3. Hydroquinone 1%

4. sodium acetate (2M) ละลาย 68 กรัม ในน้ำกลั่น 250 มิลลิลิตร

5. bromphenol blue (BPB) indicator ละลาย 0.1 กรัม ใน NaOH 0.05 N 3 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 250 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น

6. สารละลายบัฟเฟอร์ (pH 3.5) ผสม sodium acetate 2M 6.4 มิลลิลิตร กับ acetic acid 2M 93.6 มิลลิลิตร แล้วเจือจางเป็น 1 ลิตร

## วิธีวิเคราะห์

### 1. การเตรียม standard curve

1.1 ปิเปตสารละลายเหล็กมาตรฐาน 0 2 4 6 และ 8 มิลลิลิตร ลงใน volumetric flask ขนาด 25 มิลลิลิตร และหลอดทดสอบตามลำดับ หยด indicator 5 หยด ลงในหลอดทดสอบทั้ง 5 ไตเตรท ละลายในหลอดทดสอบด้วย sodium acetate จนกระทั่งสีเหลืองเปลี่ยนเป็นเขียวอ่อน เหมือนสีของสารละลายบัฟเฟอร์ pH 3.5 ที่มีปริมาตรและสาร indicator เท่ากับหลอดทดสอบที่บรรจุสารละลายเหล็กมาตรฐาน บันทึกปริมาตรที่ไตเตรทได้

1.2 เติมสารละลาย hydroquinone 1% 1 มิลลิลิตร และ O-Phenanthroline 2 มิลลิลิตร ลงในสารละลายที่บรรจุอยู่ใน volumetric flask ผสมให้เข้ากัน

1.3 ปรับ pH เป็น 3.5 โดยเติม sodium acetate ตามปริมาตรที่จดบันทึกไว้ในกราฟไตเตรทสารมาตรฐานที่บรรจุในหลอดทดสอบ

1.4 ปรับปริมาตรเป็น 25 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นผสมให้เข้ากัน

1.5 วัด optical density ที่ 510 นาโนเมตร ทำกราฟมาตรฐาน

### 2. การหาปริมาณเหล็กในตัวอย่าง

2.1 สกัดเหล็กจากถ้ำโดยการละลายถ้ำด้วย 6 N HCl 5-10 มิลลิลิตร ให้ความร้อนจนเกือบแห้ง แล้วเติม 15 มิลลิลิตร 3 N HCl ให้ความร้อนจนเดือดช้าๆ ทิ้งให้เย็น กรองใส่ volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร

2.2 ปิเปตสารละลายในข้อ 1 มา 10 มิลลิลิตร ใส่ลงใน volumetric flask และหลอดทดลอง หยด BPB indicator 5 หยด ลงในหลอดทดสอบ ไตเตรทด้วย sodium acetate จนสีเปลี่ยนไปเหมือนกับสีของสารละลายบัฟเฟอร์ pH 3.5 ที่มีปริมาตรและ indicator เท่ากัน บันทึกปริมาตรการไตเตรทไว้

2.3 เติม hydroquinone 1 มิลลิลิตร และ O-Phenanthroline 2 มิลลิลิตร ลงใน volumetric flask ปรับ pH ให้เป็น 3.5 ด้วย sodium acetate ปริมาตรเท่ากับที่บันทึกไว้ในข้อ 1.2 (ถ้าเกิดความขุ่นขณะปรับ pH ในหลอดทดลอง เติม ammonium citrate 1 มิลลิลิตร ใน volumetric flask ก่อนเติม sodium acetate)

2.4 ปรับปริมาตรเป็น 25 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง ให้เกิดสีสมบูรณ์แล้วอ่านค่าจาก colormeter และความเข้มข้นจากกราฟมาตรฐาน

$$\text{ปริมาณเหล็ก (มิลลิกรัม/100 กรัม)} = \frac{A \times \text{dilution} \times 100}{P \times W}$$

A = ความเข้มข้นของเหล็กในตัวอย่างจากกราฟมาตรฐาน

P = ปริมาตร (มิลลิลิตร) ที่ใช้วัด

W = น้ำหนักของตัวอย่างก่อนเผาเป็นเถ้า

#### 9. วิธีวิเคราะห์ปริมาณการดูดซับน้ำ โดย In house method, ICP (A.O.A.C, 1993)

แป้งดิบโดยทั่วไปจะไม่สามารถละลายในน้ำเย็นที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิในการเกิดเจลลาติไนซ์ แต่เมื่อเติมน้ำลงในแป้งและตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เม็ดแป้งจะดูดน้ำจากบรรยากาศได้ จนเกิดสมดุลระหว่างความชื้นภายในเม็ดแป้งกับความชื้นในบรรยากาศ ซึ่งเป็นกระบวนการแบบผันกลับได้

##### วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างแป้ง 0.5 กรัม (คิดต่อน้ำหนักแป้งแห้ง) ลงในหลอดพลาสติกสำหรับปั่นเหวี่ยง (ที่ทราบน้ำหนักหลอดเริ่มต้นแล้ว) เติมน้ำกลั่น 6 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน
2. บ่มตัวอย่างในอ่างน้ำที่ควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 30 องศาเซลเซียส และเขย่าที่ความเร็วรอบ 174 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที
3. นำมาปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 2,500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที แยกส่วนใสออก (supermatant) เหลือเพียงส่วนตะกอนแป้งที่ก้นหลอดให้น้ำมาชั่งน้ำหนักเพื่อใช้ในการคำนวณหาความสามารถในการดูดซับน้ำของแป้ง ดังสูตรต่อไปนี้

$$\text{Water absorption index (WAI, กรัม/กรัม)} = \frac{\text{น้ำหนักตะกอนแป้งหลังการปั่นเหวี่ยง}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแป้งแห้งเริ่มต้น}}$$

#### 10. การวิเคราะห์ปริมาณ Peroxide Value (P.V.)

##### เตรียมสารเคมี

1. สารละลายผสมของอะซิดิกกับคลอโรฟอร์มอัตราส่วน 3: 2
2. สารละลายอิ่มตัวของโพแทสเซียมไอโอไดด์ เตรียมโดยละลาย KI ที่มากเกินไปในน้ำ

เดือดแล้วเก็บในที่มืด (เตรียมก่อนใช้)

3. สารละลายน้ำแข็งเข้มข้นร้อยละ 1 (เตรียมก่อนใช้) เตรียมโดยชั่งน้ำแข็ง 1 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร ต้มให้เดือดแล้วปล่อยให้เย็น
4. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1 N (เตรียมก่อนใช้)

#### วิธีวิเคราะห์

1. สกัดไขมันออกจากตัวอย่าง โดยชั่งตัวอย่างที่บดแล้ว 60 กรัม ใส่ในพลาสติก เติมน้ำ diethyl ether 150 มิลลิลิตร นำไปเขย่าโดยใช้เครื่องเขย่า (shaker) เป็นเวลา 30 นาที นำมากรองแยกเอากากตัวอย่างออก นำสารละลายของไขมันที่สกัดได้ไปให้ระเหย solvent ออก โดยใช้ vacuum evaporator ซึ่งตั้งอุณหภูมิที่ 40 องศาเซลเซียส
2. ชั่งตัวอย่างน้ำมัน  $5.00 \pm 0.05$  กรัม ลงในพลาสติก 250 มิลลิลิตร
3. เติมน้ำสารละลายผสมอะซิติกกับคลอโรฟอร์มจำนวน 30 มิลลิลิตร เขย่า
4. เติมน้ำสารละลายอิมัลชันโพแทสเซียมไอโอไดด์ จำนวน 0.5 มิลลิลิตร เขย่านาน 1 นาที เติมน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำสารละลายน้ำแข็งร้อยละ 1 จำนวน 0.5 มิลลิลิตร
5. ไตรเทอร์อย่างช้าๆ ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 0.1 N จนสีน้ำเงินหายไป (จุดยุติ)

$$P.V. = \frac{S \cdot N \cdot 1000}{W}$$

โดยที่ S = ปริมาณสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ไตรเทอร์ตัวอย่าง – blank (มิลลิลิตร)

N = ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ (นอร์มัล)

W = น้ำหนักน้ำมัน (กรัม)

หมายเหตุ การเตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1 N สามารถเตรียมได้โดย ละลาย  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  25 กรัม ในน้ำกลั่น 1 ลิตร ต้มให้เดือดเป็นเวลา 5 นาที ถ่ายใส่ลงในขวดที่ล้างสะอาด เก็บไว้ในที่มืด solution ที่ได้มีความเข้มข้น 0.1 N

## 11. วิธีหาค่า Water activity ( $a_w$ )

เตรียมตัวอย่างบดละเอียดใส่ตลับพลาสติกสำหรับวัดค่า  $a_w$  นำไปใส่ในช่องใส่ตัวอย่างในเครื่องวัดค่า  $a_w$  (Hygro Lab Model Rotronic) จับเวลาประมาณ 30 นาที หรือรอจนกระทั่งเครื่องวัดอ่านค่า  $a_w$  ของตัวอย่างคงที่จึงอ่านค่า  $a_w$  ที่ได้จากเครื่องวัด

## 12. วิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (total bacterial count)

12.1 การเตรียมตัวอย่าง ทำโดยชั่งตัวอย่าง 25 กรัม โดยวิธีปราศจากเชื้อ (aseptic technique) แล้วเติมสารละลายเจือจาง (peptone water) ที่นิ่งฆ่าเชื้อแล้วลงไป 225 มิลลิลิตร ปั่น ตัวอย่างให้เข้ากันด้วยเครื่องปั่นตัวอย่าง (stomacher) จะได้สารละลายตัวอย่างที่มีระดับความเจือจาง 1:10 จากนั้นทำการเจือจางลงครั้ง 10 เท่า จนได้ระดับความเจือจางที่เหมาะสม

12.2 ใช้วิธี Pour plate technique โดยการปิเปตตัวอย่างที่ระดับความเจือจางต่างๆ กัน ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงในจานเพาะเชื้อที่อบฆ่าเชื้อแล้วค่อยๆ รินอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate count agar ลงไป ให้มีปริมาตรประมาณ 18-20 มิลลิลิตร ค่อยๆ เขย่าตัวอย่างและอาหารเลี้ยงเชื้อผสมกันทำซ้ำระดับความเจือจางละ 2 ซ้ำ นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส นาน 24-48 ชั่วโมง

12.3 คัดเลือกจานเพาะเชื้อที่มีจำนวนโคโลนีอยู่ระหว่าง 30-300 โคโลนี นับจำนวนด้วยเครื่องนับโคโลนี (colony counter)

12.4 หาค่าเฉลี่ยจำนวนโคโลนีที่นับได้ในแต่ละระดับความเจือจาง คูณด้วยค่า dilution factor ของระดับความเจือจางที่นับได้ คำนวณเป็นจำนวนโคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม (CFU/g.)

## 13. การวิเคราะห์จำนวนรา

13.1 ใช้ปิเปตฆ่าเชื้อดูดสารละลายตัวอย่างความเข้มข้นที่เหมาะสมจำนวน 1 มิลลิลิตร ใส่อาหารเลี้ยงเชื้อที่ฆ่าเชื้อแล้ว โดยทำความเข้มข้นละ 3 ซ้ำ เทอาหารเลี้ยงเชื้อ potato dextrose agar (PDA) ที่หลอมละลายและยังอุ่นอยู่ประมาณ 15 มิลลิลิตร ลงในจานอาหารเลี้ยงเชื้อเขย่าจานให้สารละลายกระจายตัวไปทั่วๆ ทั้งไว้ที่อุณหภูมิห้องจนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็งตัว แล้วนำไปบ่มที่ตู้เพาะเชื้อในลักษณะหงายจานที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน นับจำนวนโคโลนีและหาค่าเฉลี่ย

13.2 ชั่งอาหารเลี้ยงเชื้อ potato dextrose agar จำนวน 39 กรัม ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 1 ลิตร ละลายด้วยการตุ๋นจนอาหารเลี้ยงเชื้อใส นำไปผ่านการฆ่าเชื้อ ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ปรับpH ด้วย Tartaric acid 14 มิลลิลิตร ขณะอาหารเลี้ยงเชื้อมีอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส

13.3 คำนวณผลโดยนำค่าเฉลี่ยแล้วคูณด้วย Dilution factor ของความเจือจางที่นับจำนวนได้ แล้วคำนวณเป็นโคโลนีต่อกรัมของตัวอย่าง

**ภาคผนวก ข**

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนมปิ้งกรอบ  
และมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปลาแห้งป่น

## มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมขนมปังกรอบ

(มอก.742-2538)

### 1. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้  
ขนมปังกรอบ หมายถึง ขนมอบ มีแป้งสาลีเป็นหลักกับส่วนประกอบรองอื่นๆ อาจปรุงแต่งกลิ่นรสด้วยหรือไม่ก็ได้ หรือบางกรณีอาจมีการเติมแต่งด้วยส่วนประกอบอื่นๆ ที่สามารถมองเห็นส่วนประกอบที่ใช้ ขนมปังกรอบมีชื่อเรียกตามส่วนผสมและวิธีการทำต่างๆ กัน คือ บิสกิต แครกเกอร์ และคุกกี้

### 2. ส่วนประกอบ

#### 2.1 ส่วนประกอบหลัก

##### 2.1.1 แป้งสาลี

##### 2.1.2 ไขมัน เช่น น้ำมันพืชสำหรับบริโภค น้ำมันพืชที่ทำให้แข็งตัว มาการีน เนย

##### 2.1.3 วัตถุขึ้นฟู เช่น ยีสต์ ผงฟู แอมโมเนียไฮโดรเจนคาร์บอเนต โซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต

#### 2.2 ส่วนประกอบอื่นที่อาจมีได้

##### 2.2.1 แป้งชนิดอื่นๆ เช่น แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวเหนียว แป้งข้าวโพด แป้งมันสำปะหลัง แป้งถั่ว

##### 2.2.2 นมและผลิตภัณฑ์นม เช่น นมสด ครีม นมผง

##### 2.2.3 ไข่และผลิตภัณฑ์จากไข่

##### 2.2.4 น้ำตาล เช่น น้ำตาลทราย น้ำผึ้ง

##### 2.2.5 สารแต่งกลิ่นรส

##### 2.2.6 เครื่องเทศ เช่น จิง อบเชย พริกไทย

##### 2.2.7 สารอาหารเพิ่มเติม เช่น วิตามิน เกลือแร่

##### 2.2.8 ผลไม้และผลิตภัณฑ์จากผลไม้ ผลไม้แช่อิ่ม ผลไม้กวน แยม เยลลี่

##### 2.2.9 อื่นๆ เช่น ผัก เมล็ดผลไม้ ถั่ว งา กุ้งแห้ง เกลือ โกโก้

### 3. คุณลักษณะที่ต้องการ

#### 3.1 ลักษณะทั่วไป

ต้องกรอบ มีกลิ่นรสตามปกติของขนมปังกรอบชนิดนั้นๆ ไม่มีกลิ่นหืนและรสขม มีสีตามธรรมชาติของผลิตภัณฑ์ และไม่ไหม้

#### 3.2 ข้อบกพร่องที่อาจมีได้

ในกรณีที่ขนมปังแตก หัก หรือบิ่น ยอมให้จำนวนแผ่นที่แตก หัก หรือบิ่นในแต่ละภาชนะบรรจุได้ดังนี้

3.2.1 แครกเกอร์ ไม่เกินร้อยละ 5 ยกเว้นพัฟแครกเกอร์ ไม่เกินร้อยละ 8

3.2.2 บิสกิตหรือคุกกี้ ไม่เกินร้อยละ 10

#### 3.3 คุณลักษณะทางเคมี

3.3.1 ความชื้น ไม่เกินร้อยละ 4.0 กรณีที่มีการเติมแต่งไม่เกิน 7.0

3.3.2 ไขมันที่ละลายในกรดของน้ำหนักรอบแห้งไม่เกินร้อยละ 0.05

3.3.3 ความเป็นกรดของไขมันที่สกัดได้คิดเป็นกรดโอเลอิก ไม่เกินร้อยละ 1.0

### 4. วัตถุเจือปนอาหาร

4.1 สี ต้องเป็นไปตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขว่าด้วยสีผสมอาหาร

4.2 วัตถุขึ้นฟู เช่น ยีสต์ ผงฟู แอมโมเนียไฮโดรเจนคาร์บอเนต โซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต ให้ใช้ได้ ในปริมาณที่เหมาะสม

### 5. สุขลักษณะ

5.1 จุลินทรีย์ต้องเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด ดังต่อไปนี้

5.1.1 จุลินทรีย์ ไม่เกิน  $10^4$  โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

5.1.2 ยีสต์และรา น้อยกว่า 10 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

5.1.3 โคลิฟอร์ม โดยวิธีเอ็มพีเอ็น (MPN) น้อยกว่า 3 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม

5.1.4 ซาลโมเนลลา ต้องตรวจไม่พบใน 25 กรัมของตัวอย่าง

5.1.5 คลอสทริเดียมเฟอร์ฟริงเจนส์ ต้องตรวจไม่พบใน 1 กรัมของตัวอย่าง

5.1.6 สตาฟีโลค็อกคัส ออเรียส ต้องตรวจไม่พบใน 1 กรัมของตัวอย่าง

## มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปลาแห้งป่น (มอก.700-2530)

### 1. คุณลักษณะที่ต้องการ

ปลาแห้งป่นต้องมีลักษณะป่นหรือฟู ปลาแห้งป่นไม่ปรุงรสต้องมีคุณลักษณะทางเคมี ดังนี้

- โปรตีน ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 65 ของน้ำหนักอบแห้ง
- เถ้า ไม่เกินร้อยละ 23
- ความชื้น ไม่เกินร้อยละ 8
- ฟลูออรีน ไม่เกิน 250 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

### 2. วัตถุดิบอาหาร

วัตถุดิบเสียที่อนุญาตให้ใช้ได้ คือ กรดเบนโซอิก โซเดียมเบนโซเอต โพแทสเซียมเบนโซเอต กรดซอร์บิก โพแทสเซียมซอร์เบตหรือแคลเซียมซอร์เบต อาจใช้อย่างใดอย่างหนึ่งหรือรวมกันได้ ไม่เกิน 1,000 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

ไม่อนุญาตให้ใช้ส่วนผสมอาหารทุกชนิด และยอมให้มีสารปนเปื้อน ได้แก่ ปรอท ตะกั่ว และสารหนู ในปริมาณไม่เกิน 0.5 1.0 และ 2.0 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ

### 3. สุขลักษณะ

จุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมดต้องไม่เกิน 110 โคโลนีต่อกรัม

E.coli ต้องน้อยกว่า 3 MPN/กรัม

ต้องไม่พบ Staphylococcus aureus ในตัวอย่าง 1 กรัม

Salmonella ในตัวอย่าง 25 กรัม

Clostridium perfringens ในตัวอย่าง 1 กรัม

ราต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

| ข้อมูลโภชนาการ                                                                                                                                 |    |    |      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|------|
| หนึ่งหน่วยบริโภค : 8 ช้อน (30 กรัม)                                                                                                            |    |    |      |
| จำนวนหน่วยบริโภคต่อกล่อง : 1                                                                                                                   |    |    |      |
| คุณค่าทางโภชนาการต่อหนึ่งหน่วยบริโภค                                                                                                           |    |    |      |
| พลังงานทั้งหมด 239 กิโลแคลอรี (พลังงานจากไขมัน 96.75 กิโลแคลอรี)                                                                               |    |    |      |
| ร้อยละของปริมาณที่แนะนำต่อวัน*                                                                                                                 |    |    |      |
| ไขมันทั้งหมด                                                                                                                                   | 11 | ก. | 17 % |
| โปรตีน                                                                                                                                         | 7  | ก. | 13 % |
| คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด                                                                                                                            | 29 | ก. | 10 % |
| ใยอาหาร                                                                                                                                        | 1  | ก. | 2 %  |
| น้ำตาล                                                                                                                                         | 5  | ก. |      |
| ร้อยละของปริมาณที่แนะนำต่อวัน*                                                                                                                 |    |    |      |
| เกลือ                                                                                                                                          | 6  | %  |      |
| แคลเซียม                                                                                                                                       | 8  | %  |      |
| * ร้อยละของปริมาณสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคต่อวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป (Thai RDI) โดยคิดจากความต้องการพลังงานวันละ 2,000 กิโลแคลอรี |    |    |      |

### การคำนวณสารอาหาร

ขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา หนึ่งหน่วยบริโภค 30 กรัม มีผลการวิเคราะห์ต่อ 100 กรัม ดังนี้ (จากผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ข้อ 3.1)

| คุณค่าทางโภชนาการ | ปริมาณสารอาหาร |
|-------------------|----------------|
| ไขมันทั้งหมด      | 21.49 กรัม     |
| โปรตีน            | 12.98 กรัม     |
| คาร์โบไฮเดรต      | 58.37 กรัม     |
| ใยอาหาร           | 1.18 กรัม      |
| แคลเซียม          | 124 มิลลิกรัม  |
| ธาตุเหล็ก         | 1.77 มิลลิกรัม |

## เงื่อนไขการคำนวณ

ปริมาณหนึ่งหน่วยบริโภคอ้างอิง คือ 30 กรัม (ตามบัญชีหมายเลข 2 ข้อ 3.5 ลำดับที่ 6) จะคำนวณการกล่าวอ้างปริมาณสารอาหารเทียบกับอาหารปริมาณ 50 กรัม (จากบัญชีหมายเลข 4 ข้อ 2.1 กรณีที่ 1)

### พลังงานทั้งหมด

$$\text{โปรตีน} \quad 6.49 \text{ กรัม} \times 4 \text{ กิโลแคลอรี} = 25.96 \text{ กิโลแคลอรี}$$

$$\text{ไขมัน} \quad 10.75 \text{ กรัม} \times 9 \text{ กิโลแคลอรี} = 96.75 \text{ กิโลแคลอรี}$$

$$\text{คาร์โบไฮเดรต} \quad 29.19 \text{ กรัม} \times 4 \text{ กิโลแคลอรี} = 116.76 \text{ กิโลแคลอรี}$$

ดังนั้น ผลรวมของไขมัน โปรตีน และคาร์โบไฮเดรต มีพลังงานทั้งหมดคือ 239.47 กิโลแคลอรี เป็น 239 กิโลแคลอรี

### ไขมันทั้งหมด

$$\begin{aligned} \text{ไขมันทั้งหมด } 21.49 \text{ กรัม} &= (21.49 / 100) \times 50 \\ &= 10.75 \text{ กรัม ปัดเศษเป็น 11 กรัม} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{คิดเป็นร้อยละของ Thai RDI (65 กรัม)} &= (10.75/65) \times 100 \\ &= 16.54 \% \text{ ปัดเศษเป็น } 17 \% \end{aligned}$$

### โปรตีน

$$\begin{aligned} \text{โปรตีน } 12.98 \text{ กรัม} &= (12.98 / 100) \times 50 \\ &= 6.49 \text{ กรัม ปัดเศษเป็น 7 กรัม} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{คิดเป็นร้อยละของ Thai RDI (50 กรัม)} &= (6.49/50) \times 100 \\ &= 12.98 \% \text{ ปัดเศษเป็น } 13 \% \end{aligned}$$

### คาร์โบไฮเดรต

$$\begin{aligned} \text{คาร์โบไฮเดรต } 58.37 \text{ กรัม} &= (58.37 / 100) \times 50 \\ &= 29.19 \text{ กรัม ปัดเศษเป็น 29 กรัม} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{คิดเป็นร้อยละของ Thai RDI (300 กรัม)} &= (29.19/300) \times 100 \\ &= 9.73 \% \text{ ปัดเศษเป็น } 10 \% \end{aligned}$$

ใยอาหาร

$$\begin{aligned}\text{ใยอาหาร } 1.18 \text{ กรัม} &= (1.18 / 100) \times 50 \\ &= 0.59 \text{ กรัม ปัดเศษเป็น } 1 \text{ กรัม}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{คิดเป็นร้อยละของ Thai RDI (25 กรัม)} &= (0.59/25) \times 100 \\ &= 2.36 \% \text{ ปัดเศษเป็น } 2 \%\end{aligned}$$

แคลเซียม

$$\begin{aligned}\text{แคลเซียม } 124 \text{ มิลลิกรัม} &= (124 / 100) \times 50 \\ &= 62 \text{ มิลลิกรัม}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{คิดเป็นร้อยละของ Thai RDI (800 มิลลิกรัม)} &= (62/800) \times 100 \\ &= 7.75 \% \text{ ปัดเศษเป็น } 8 \%\end{aligned}$$

ธาตุเหล็ก

$$\begin{aligned}\text{ธาตุเหล็ก } 1.77 \text{ มิลลิกรัม} &= (1.77 / 100) \times 50 \\ &= 0.89 \text{ มิลลิกรัม}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{คิดเป็นร้อยละของ Thai RDI (15 มิลลิกรัม)} &= (0.89/15) \times 100 \\ &= 5.93 \% \text{ ปัดเศษเป็น } 6 \%\end{aligned}$$

### วิธีการกำหนดปริมาณอาหารหนึ่งหน่วยบริโภคกับจำนวนหน่วยบริโภคต่อภาชนะบรรจุ

1. หนึ่งหน่วยบริโภค หมายถึง ปริมาณอาหารที่คนไทยปกติทั่วไปรับประทานได้หมดใน 1 ครั้ง ปริมาณอาหารหนึ่งหน่วยบริโภคที่ระบุในฉลากโภชนาการเป็นปริมาณอาหารที่ผู้ผลิตแนะนำให้ผู้บริโภครับประทานผลิตภัณฑ์นั้นๆ ในแต่ละครั้ง หรือเรียกว่า “กินครั้งละ” นั่นเอง

ปริมาณอาหารหนึ่งหน่วยบริโภคนี้กำหนดได้จากปริมาณ “หนึ่งหน่วยบริโภคอ้างอิง” ซึ่งเป็นค่าปริมาณอาหารโดยน้ำหนักหรือปริมาตรของการรับประทานแต่ละครั้งที่ประมวลได้จากการสำรวจพฤติกรรมการบริโภคและข้อมูลจากผู้ผลิตเป็นเกณฑ์ ทั้งนี้ปริมาณอาหารหนึ่งหน่วยบริโภคดังกล่าวอาจไม่เท่ากับปริมาณหนึ่งหน่วยบริโภคอ้างอิงก็ได้ แต่จะต้องเป็นค่าที่ใกล้เคียงตามหลักเกณฑ์ที่กำหนด

2. จำนวนหน่วยบริโภคต่อภาชนะบรรจุ หมายถึง จำนวนครั้งของการบริโภคอาหารนั้นที่มีอยู่ในหนึ่งหน่วยภาชนะบรรจุ

3. ตารางปริมาณหนึ่งหน่วยบริโภคอ้างอิงของผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ เพื่อประโยชน์ในการแสดง “หนึ่งหน่วยบริโภค” ในฉลากโภชนาการ จึงกำหนดปริมาณหนึ่งหน่วยบริโภคอ้างอิงของผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ โดยจัดเป็น 7 กลุ่มตามลักษณะของผลิตภัณฑ์หรือลักษณะการบริโภคผลิตภัณฑ์ ได้แก่

- 3.1 กลุ่มนมและผลิตภัณฑ์ (Dairy products)
- 3.2 กลุ่มเครื่องดื่ม (พร้อมดื่ม) (Beverages)
- 3.3 กลุ่มอาหารขบเคี้ยวและขนมหวาน (Snack food and desserts)
- 3.4 กลุ่มอาหารกึ่งสำเร็จรูป (Snack food and desserts)
- 3.5 กลุ่มผลิตภัณฑ์ขนมอบ (Bakery product) \*
- 3.6 กลุ่มธัญพืชและผลิตภัณฑ์ (Cereals and grain products)
- 3.7 กลุ่มอื่นๆ (Miscellaneous)

หมายเหตุ \* เป็นกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ใช้อ้างอิงในขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเสริมกระดูกปลาผง จึงนำรายละเอียดเพียงกลุ่มนี้มาแสดงดังตารางด้านล่าง

## 3.5 กลุ่มผลิตภัณฑ์ขนมอบ (Bakery products)

| ลำดับที่ | ชนิดอาหาร                                                                     | หนึ่งหน่วยบริโภคอ้างอิง |    |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|----|
| 1.       | ขนมปังกรอบ (Bread)                                                            | 50                      | ก. |
| 2.       | บราวนี่                                                                       | 30                      | ก. |
| 3.       | คุกกี้                                                                        | 30                      | ก. |
| 4.       | เค้ก                                                                          |                         |    |
|          | - ชนิดหนัก เช่น ชีสเค้ก เค้กผลไม้ ซึ่งมี<br>ส่วนผสมของผลไม้สด ตั้งแต่ 35%     | 80                      | ก. |
|          | - คัพเค้ก เอแคลร์ ครีมน้ำตาล ชิฟฟอน<br>สปันจ์เค้กที่มีหรือไม่มีไอซิ่ง หรือไส้ | 55                      | ก. |
| 5.       | เค้กกาแฟ โดนัท และมัฟฟิน                                                      | 55                      | ก. |
| 6.       | ขนมปังกรอบ แครกเกอร์ เวเฟอร์ บิสกิต                                           | 30                      | ก. |
| 7.       | แครกเกอร์ที่เป็นกรวยไอศกรีม                                                   | 15                      | ก. |
| 8.       | แพนเค้ก                                                                       | 110                     | ก. |
| 9.       | วอฟเฟิล                                                                       | 85                      | ก. |
| 10.      | พาย เพสตรี ทั้งชนิดที่มีและไม่มีไส้                                           | 55                      | ก. |

**สารอาหารที่แนะนำให้บริโภคประจำวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ขึ้นไป**  
**(THAI RECOMMENDED DAILY INTAKES-THAI RDI)**

“มาตรการสำคัญในการดำเนินการปรับปรุงและส่งเสริมให้ประชาชนมีภาวะโภชนาการที่ดีสามารถดำรงสุขภาพอนามัยอย่างสมบูรณ์คือ การวางแผนจัดการด้านอาหารบริโภค โดยมุ่งให้ประชาชนส่วนรวมของประเทศได้รับอาหารบริโภคประจำวันซึ่งประกอบด้วยสารอาหารชนิดต่างๆ ที่มีคุณค่าทางโภชนาการอย่างเหมาะสมและเพียงพอกับความต้องการของร่างกาย ซึ่งความต้องการอาหารและโภชนาการในระดับบุคคล กลุ่มบุคคล หรือชุมชน จะเปลี่ยนแปลงและแตกต่างกันเป็นอย่างมากเนื่องจากปัจจัยแวดล้อมและองค์ประกอบอื่นๆ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่ประเทศต่างๆ จะต้องจัดให้มีแนวทางหรือหลักการในการแนะนำอาหารบริโภคสำหรับประชาชนในประเทศของตน ให้บริโภคอาหารมีคุณค่าสารอาหารชนิดต่างๆ ที่เหมาะสมกับความต้องการด้านโภชนาการอย่างแท้จริง...”

กรมอนามัยได้จัดทำข้อกำหนดสารอาหารที่ควรได้รับประจำวันสำหรับคนไทย (Recommended Daily Dietary Allowances for Healthy Thai) ซึ่งใช้ชื่อย่อว่า RDA ขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2532 บัญชี RDA นี้กำหนดสารอาหารที่ควรได้รับประจำวันสำหรับคนไทยไว้รวม 17 ชนิด โดยแบ่งกลุ่มคนไทยเป็นกลุ่มใหญ่ 8 กลุ่มตามอายุและเพศ และเนื่องจากความต้องการสารอาหารบางชนิดแตกต่างกันตามอายุ แต่ละกลุ่มจึงยังมีการแบ่งเป็นกลุ่มย่อยตามระดับอายุอีกด้วย ข้อกำหนดนี้จึงจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์เพื่อให้มีสารอาหารตามความต้องการสำหรับแต่ละกลุ่มโดยเฉพาะ อย่างไรก็ตามการจัดทำฉลากโภชนาการของผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ ไปกำหนดไว้ว่าต้องแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารนั้น โดยแจ้งชนิดและปริมาณของสารอาหารที่มี รวมถึงให้แจ้งด้วยว่าปริมาณสารอาหารที่มีนั้นมิใช่เป็นสัดส่วนเท่าใดของปริมาณที่ผู้บริโภคต้องการต่อวัน และเนื่องจากผู้บริโภคในที่นี้หมายถึงบุคคลทั่วไปตั้งแต่เด็กถึงผู้ใหญ่จึงจำเป็นต้องมีค่าความต้องการสารอาหารต่อวันสำหรับบุคคลทั่วไปนี้เพียงค่าเดียวเป็นค่ากลาง เพื่อใช้ในการคำนวณและเปรียบเทียบ

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา จึงได้พิจารณาจัดทำบัญชีสารอาหารที่แนะนำให้ควรบริโภคประจำวันสำหรับคนไทย อายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป (Thai Recommended Daily Intakes RDI) นี้ขึ้นเพื่อวัตถุประสงค์หลักในการเป็นค่าอ้างอิงสำหรับคำนวณในการแสดงคุณค่าทางโภชนาการบนฉลากของอาหารอย่างใดก็ตามค่า Thai RDI ซึ่งเป็นค่ากลางสำหรับคนไทยทั่วไปนั้นสามารถนำไปใช้ในการพัฒนาสูตรอาหาร ใช้เป็นเกณฑ์สำหรับการกำหนดนโยบายทางโภชนาการกว้างๆ สำหรับบุคคลทั่วไป เช่น การเติมสารอาหารหรือการประยุกต์ใช้อื่นๆ ได้ตามความเหมาะสม โดยต้องคำนึงด้วยว่าข้อกำหนดนี้ใช้สำหรับผู้ที่สุขภาพปกติ มิใช่ผู้ป่วย เด็กทารก หญิงมีครรภ์ หรือกลุ่มอื่นๆ ซึ่งมีความต้องการทางโภชนาการต่างไปจากกลุ่มบุคคลปกติ นอกจากนั้นการได้รับสารอาหารต่างๆ ตามที่กำหนดนี้ควรได้รับจากการบริโภคอาหารหลัก 5 หมู่เป็นสำคัญ เนื่องจากยังมีสารอาหารอื่นๆ อีกมากในอาหารหลักของเราที่ยังไม่ได้รับการแยกออก และเป็นที่รู้จักเป็นตัวเดี่ยวๆ แต่ก็มีความสำคัญและจำเป็นต่อระบบการทำงานตามปกติของร่างกาย

สารอาหารที่แนะนำให้บริโภคประจำวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป (Thai RDI) จัดทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการแสดงคุณค่าทางโภชนาการบนฉลากของอาหาร หรือเรียกว่า “ฉลากโภชนาการ” (Nutrition Labeling) โดยเลือกค่าสูงสุดจากค่าที่แนะนำสำหรับคนอายุ 20-29 ปีทั้ง 2 เพศ, ค่า Daily Values (DV), Daily Reference Values (DRV), Reference Daily Intakes (RDI) ซึ่งกำหนดโดย United States Food and Drug Administration โดยกำหนดให้ค่าความต้องการพลังงานวันละ 2,000 กิโลแคลอรี ซึ่งระดับที่คนไทย (ผู้ใหญ่) ส่วนใหญ่ที่มีสภาวะทางสุขภาพปกติต้องการ เป็นฐานหรือเป็นตัวเลขกลางในการคำนวณ เพื่อวัตถุประสงค์ในการแสดงฉลากโภชนาการเท่านั้น ทั้งนี้ความต้องการพลังงานที่แท้จริงต่อวันของแต่ละบุคคลอาจน้อยหรือมากกว่า 2,000 กิโลแคลอรี ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น เพศ อายุ และความแตกต่างการใช้พลังงานทางกายภาพ (physical activity level) ของแต่ละบุคคล

ตารางที่ 1 รายละเอียดของสารอาหารดังตารางด้านล่าง (ยกตัวอย่างเพียงสารอาหารที่ใช้)

| ลำดับที่<br>(No.) | สารอาหาร<br>(Nutrient)                      | ปริมาณที่แนะนำต่อวัน<br>(Thai RDI) | หน่วย (Unit)   |
|-------------------|---------------------------------------------|------------------------------------|----------------|
| 1                 | ไขมันทั้งหมด (Total Fat)                    | 65*                                | กรัม (g)       |
| 2                 | ไขมันอิ่มตัว (Saturated Fat)                | 20*                                | กรัม (g)       |
| 3                 | โปรตีน (Protein)                            | 50*                                | กรัม (g)       |
| 4                 | คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด<br>(Total Carbohydrate) | 300*                               | กรัม (g)       |
| 5                 | ใยอาหาร (Dietary Fiber)                     | 25                                 | กรัม (g)       |
| 6                 | แคลเซียม (Calcium)                          | 800                                | มิลลิกรัม (mg) |
| 7                 | เหล็ก (Iron)                                | 15                                 | มิลลิกรัม (mg) |

หมายเหตุ \* ปริมาณของไขมันทั้งหมด ไขมันอิ่มตัว โปรตีน และคาร์โบไฮเดรต ที่แนะนำให้บริโภคต่อวันคิดจากการเปรียบเทียบพลังงานที่ควรได้จากสารอาหารดังกล่าวเป็นร้อยละ 30 10 10 และ 60 ตามลำดับ ของพลังงานทั้งหมดหากพลังงานทั้งหมดที่ควรได้รับต่อวันเป็น 2,000 กิโลแคลอรี (ไขมัน 1 กรัม ให้พลังงาน 9 กิโลแคลอรี, โปรตีน 1 กรัม ให้พลังงาน 4 กิโลแคลอรี, คาร์โบไฮเดรต 1 กรัม ให้พลังงาน 4 กิโลแคลอรี)

## 2. เงื่อนไขในการกล่าวอ้างทางโภชนาการ

2.1 เกณฑ์การกล่าวอ้างทางโภชนาการประเภทการกล่าวอ้างปริมาณสารอาหาร และการกล่าวอ้างปริมาณโดยเปรียบเทียบตามข้อ 1.1 และ 1.2 ตามลำดับ มีการกำหนดเงื่อนไขไว้เป็น 2 กรณี คือ

กรณีที่ 1 สำหรับอาหารที่มีการกำหนดปริมาณหนึ่งหน่วยบริโภคอ้างอิงไว้ตามบัญชีหมายเลข 2 แบบท้ายประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับนี้ และอาหารที่มีลักษณะการบริโภคใกล้เคียงกับอาหารที่มีการกำหนดปริมาณหนึ่งหน่วยบริโภคอ้างอิงไว้แล้ว ซึ่งสามารถอนุมานใช้ค่าปริมาณหนึ่งหน่วยบริโภคอ้างอิงตามบัญชีดังกล่าวได้ให้แสดงการกล่าวอ้างทางโภชนาการตามเงื่อนไขในตารางที่ 1 ของบัญชีนี้

อนึ่ง เฉพาะอาหารที่มีปริมาณหนึ่งหน่วยบริโภคอ้างอิงไม่เกิน 30 กรัม หรือไม่เกิน 2 ช้อนโต๊ะ เงื่อนไขในการแสดงข้อกล่าวอ้างตามตารางที่ 1 นี้ ให้คำนวณต่อปริมาณอาหารนั้น 50 กรัม แทนการคำนวณต่อปริมาณหนึ่งหน่วยบริโภคอ้างอิงและต่อปริมาณอาหารหนึ่งหน่วยบริโภคที่แสดงบนฉลาก (กรณีที่เป็อาหารแห้งที่โดยทั่วไปแล้วจะต้องเติมน้ำหรือของเหลวที่มีคุณค่าทางโภชนาการน้อยจนไม่มีนัยสำคัญก่อนจึงจะบริโภค น้ำหนัก 50 กรัมนี้ ให้หมายถึงน้ำหนักอาหารหลังจากที่เติมน้ำหรือของเหลวแล้วอย่างไรก็ตาม ข้อกำหนดนี้ไม่ใช้บังคับกับเครื่องดื่มแห้ง หรือผลิตภัณฑ์ลักษณะเดียวกัน เช่น นมผง ซึ่งจะใช้ปริมาณหนึ่งหน่วยบริโภคอ้างอิงของเครื่องดื่ม คือ 200 มิลลิลิตรของอาหารหลังเติมน้ำ)

กรณีที่ 2 สำหรับอาหารที่ไม่เป็นไปตามกรณีที่ 1 เท่านั้น ที่จะให้กล่าวอ้างทางโภชนาการโดยคำนวณต่อปริมาณอาหาร 100 กรัม หรือ 100 มิลลิลิตร ตามเงื่อนไขที่กำหนดในตารางที่ 2 ของบัญชีนี้

2.2 อาหารที่อยู่ในเกณฑ์ที่จะแสดงการกล่าวอ้างทางโภชนาการตามตารางที่ 1 หรือตารางที่ 2 ของบัญชีนี้ได้ หรืออาหารที่มีการกล่าวอ้างเกี่ยวกับหน้าที่ของสารอาหารจะต้องปฏิบัติตามเงื่อนไขเพิ่มเติมดังนี้ด้วยคือ

สำหรับอาหารในกรณีที่ 1 ของข้อ 2.1 หากอาหารนั้นในปริมาณหนึ่งหน่วยบริโภค อ้างอิงและปริมาณอาหารหนึ่งหน่วยบริโภคที่แสดงบนฉลาก (หรือในปริมาณอาหาร 50 กรัม เฉพาะอาหารที่มีปริมาณหนึ่งหน่วยบริโภคอ้างอิงไม่เกิน 30 กรัม หรือไม่เกิน 2 ช้อนโต๊ะ) มีปริมาณ

|              |                       |      |
|--------------|-----------------------|------|
| ไขมันทั้งหมด | มากกว่า 13 กรัม       | หรือ |
| ไขมันอิ่มตัว | มากกว่า 4 กรัม        | หรือ |
| โคเลสเตอรอล  | มากกว่า 60 มิลลิกรัม  | หรือ |
| โซเดียม      | มากกว่า 360 มิลลิกรัม |      |

2.3 เงื่อนไขการแสดงข้อความที่เกี่ยวกับสุขภาพ เช่น “เพื่อสุขภาพ (healthy, healthful, healthiness, health)” หรือข้อความในลักษณะเดียวกัน มีดังต่อไปนี้คือ

- (1) อาหารนั้นจะต้องเข้าข่ายเงื่อนไขการแสดงข้อความ “ไขมันต่ำ (low fat)” และ “ไขมันอิ่มตัว (low saturated fat)” ได้ตามเกณฑ์ในตารางที่ 1 หรือตารางที่ 2 แล้วแต่กรณี และ
- (2) อาหารนั้นในปริมาณหนึ่งหน่วยบริโภคอ้างอิงและในปริมาณหนึ่งหน่วยบริโภคที่แสดงบนฉลาก หรือในปริมาณ 100 กรัม (หรือ 100 มิลลิลิตร) แล้วแต่จะเข้าข่ายในกรณีที่ 1 หรือกรณีที่ 2 ตามข้อ 2.1 จะต้องประกอบด้วย

โซเดียม ไม่เกิน 360 มิลลิกรัม และ

โคเลสเตอรอล ไม่เกิน 60 มิลลิกรัม และ

วิตามินเอ วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 โพรตีน แคลเซียม เหล็ก และใยอาหาร อย่างน้อยร้อยละ 10 ของ Thai RDI

**หมายเหตุ** สำหรับผักสดหรือผลไม้สดให้ยกเว้นข้อกำหนดด้านปริมาณวิตามินเอ วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 โพรตีน แคลเซียม เหล็ก และใยอาหาร

## 2.4 เงื่อนไขอื่นๆ

หากมีการกล่าวถึงชนิดและปริมาณสารอาหารใดเป็นการเฉพาะบนฉลากนอกกรอบ ข้อมูลโภชนาการ โดยที่ไม่มุ่งหมายเพื่อเป็นการกล่าวอ้างแต่เพื่อเป็นการแจ้งปริมาณให้ผู้บริโภค ทราบ ทั้งนี้รวมถึงการกล่าวถึงชนิดและปริมาณสารอาหารที่เป็นส่วนหนึ่งของชื่ออาหารด้วย โดยที่อาหารนั้นไม่อยู่ในเกณฑ์ที่จะแสดงข้อกล่าวอ้างตามเงื่อนไขได้ ให้ระบุข้อความที่สื่อว่าไม่มีจุดมุ่งหมายในการกล่าวอ้างใดๆ กับข้อมูลปริมาณสารอาหารดังกล่าวไว้ด้วย เช่น “มีโซเดียม 200 มิลลิกรัม ต่อ 30 มิลลิลิตร ไม่ใช่อาหารชนิดโซเดียมต่ำ

ตารางที่ 2 เงื่อนไขการกล่าวอ้างทางโภชนาการโดยใช้เกณฑ์ต่อปริมาณหนึ่งหน่วยบริโภค  
(สำหรับอาหารที่เป็นไปตามข้อ 2.1 กรณีที่ 1)

| พลังงาน/<br>สารอาหาร                                          | ข้อกล่าวอ้าง                                                                 | เงื่อนไข<br>(ต่อปริมาณหนึ่งหน่วย<br>บริโภคอ้างอิงและต่อปริมาณ<br>หนึ่งหน่วยบริโภคที่แสดงบน<br>ฉลาก)*                                                                                                                 | เงื่อนไขเพิ่มเติม                                                                                                                      |
|---------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| โปรตีน<br>ไขมัน<br>วิตามิน<br>เกลือแร่<br>(ไม่รวม<br>โซเดียม) | สูง, อุดม<br>(high, rich in,<br>excellent source of)                         | มีสารอาหารนั้นอยู่ในปริมาณ<br>ตั้งแต่ร้อยละ 20 ของ Thai<br>RDI ** ขึ้นไป                                                                                                                                             | 1. สำหรับไขมันหาก<br>ปริมาณไขมันทั้งหมด<br>ไม่เป็นไปตามเงื่อนไข<br>“ต่ำ” การกล่าวอ้าง                                                  |
|                                                               | เป็นแหล่งของ, มี<br>(good source,<br>contains, provides)                     | มีสารอาหารนั้นอยู่ในปริมาณ<br>ร้อยละ 10-19 ของ Thai<br>RDI**                                                                                                                                                         | ปริมาณไขมันต้อง<br>กำกับด้วยปริมาณไขมัน<br>ทั้งหมดต่อปริมาณหนึ่ง<br>หน่วยบริโภคที่แสดง                                                 |
|                                                               | เสริม, เพิ่ม, มากกว่า<br>(increased, more,<br>added, fortified,<br>enriched) | เมื่อเทียบกับอาหารอ้างอิงแล้ว<br>อาหารนี้มีสารอาหารที่จะ<br>กล่าวอ้างอยู่ในปริมาณที่สูง<br>กว่าระดับที่มีอยู่ในอาหาร<br>อ้างอิง โดยปริมาณค่าความ<br>แตกต่างกันจะต้องไม่น้อย<br>กว่าปริมาณร้อยละ 10 ของ<br>Thai RDI** | บนฉลากด้วยอักษรที่มี<br>ขนาดไม่เล็กกว่า<br>ครึ่งหนึ่งของข้อกล่าว<br>อ้าง<br>2. ต้องปฏิบัติตาม<br>เงื่อนไขในข้อ 2.2 ของ<br>บัญชีนี้ด้วย |

#### หมายเหตุ

\* เฉพาะอาหารที่มีปริมาณหนึ่งหน่วยบริโภคอ้างอิงไม่เกิน 30 กรัม หรือไม่เกิน 2 ช้อนโต๊ะ เงื่อนไขในการแสดงข้อกล่าวอ้างตามตารางที่ 1 นี้ให้คำนวณต่อปริมาณอาหารนั้น 50 กรัม แทนการคำนวณต่อปริมาณหนึ่งหน่วยบริโภคอ้างอิงและต่อปริมาณอาหารหนึ่งหน่วยบริโภคที่แสดงบนฉลาก (กรณีที่เป็นอาหารแห้งที่โดยทั่วไปจะต้องเติมน้ำหรือของเหลวที่มีคุณค่าทางโภชนาการน้อยจนไม่มีนัย

สำคัญก่อนจึงจะบริโภค น้ำหนัก 50 กรัมนี้ให้หมายถึงน้ำหนักอาหารหลังจากที่เติมน้ำหรือของเหลวแล้ว อย่างไรก็ตาม ข้อกำหนดนี้ไม่ใช่บังคับกับเครื่องดื่มแข็ง หรือผลิตภัณฑ์ลักษณะเดียวกัน เช่น นมผง ซึ่งจะใช้ปริมาณหนึ่งหน่วยบริโภคอ้างอิงเป็น 200 มิลลิลิตรของอาหารหลังเติมน้ำ)

\*\* Thai RDI หมายถึง สารอาหารที่แนะนำให้บริโภคประจำวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป  
(Thai Recommended Daily Intakes)