# รายงานวิจัย

# เรื่อง

# การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวตังเสริมแคลเซียมจากกระดูกปลาสลาด

# Product Development of Khao-Tang Supplement ed with Calcium from Grey Feather Back Fish bone

ผกาวดี เอี่ยมกำแพง และ โสรัจ วรชุม อินเกต

รายงานนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

พ.ศ.2557

สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
PSRU
T0198629

# กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้ ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ประจำปีงบประมาณ 2556 และงานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดีต้องขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.ธวัชชัย ศุภวิทิตพัฒนา ที่ปรึกษางานวิจัย และผู้ทรงคุณวุฒิ ที่ให้ความรู้และคำแนะนำ ในการค้นคว้า วิจัย ตลอดจนการตรวจแก้ไข จนกระทั่งงานวิจัยฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ผกาวดี เอี่ยมกำแพง และ โสรัจ วรชุม อินเกต

กรกฎาคม พศ.2557

**หัวข้องานวิจัยเรื่อง** การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวตังเสริมแคลเซียมจากกระดูกปลาสลาด
**ชื่อผู้วิจัย** ผกาวดี เอี่ยมกำแพง นางโสรัจ วรชุม อินเกต
**คณะ/สังกัด** วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หลักสูตรคหกรรมศาสตร์
**มหาวิทยาลัย** มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
**ปี** 2557
**คำสำคัญ** ข้าวตัง แคลเซียม กระดูกปลาสลาด

## บทคัดย่อ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวตังเสริมแคลเซียมจากกระดูกปลาสลาดครั้งนี้ มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะแคลเซียมที่มีมากในกระดูกปลา จากการเสริมผงแคลเซียมจากกระดูกปลาสลาด ร้อยละ 20 ของปริมาณที่แนะนำต่อวัน ต่อหนึ่งหน่วยบริโภค (30 กรัม) ผลิตภัณฑ์ข้าวตังเสริมแคลเซียมจากกระดูกปลาสลาด หนึ่งหน่วยบริโภคให้คุณค่าทางโภชนาการดังนี้ โปรตีน 4.48 กรัม คาร์โบไฮเดรต 19.05 กรัม ไขมัน 3.71 กรัม เถ้า 0.61 กรัม โดยมี แคลเซียม 174 มิลลิกรัม และฟอสฟอรัส 114 มิลลิกรัม ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ข้าวตังเสริมแคลเซียมจากกระดูกปลาสลาด พบว่า มีค่า Water activity อยู่ในช่วง 0.34 - 0.55 ค่าสี L* a* b* เท่ากับ 35.01 11.21 และ 17.10 ตามลำดับ เมื่อทำการศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ข้าวตังเสริมแคลเซียมจากกระดูกปลาสลาด บรรจุตัวอย่างโดยใช้ถุงพลาสติกโพลิเอทิลีน (polyethylene) เก็บที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์สามารถเก็บได้นาน 6 สัปดาห์ โดยไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา

**Research Title** Product Development of Khao-Tang Supplement ed with Calcium from Grey Feather Back Fish bone

**Author** Pakawadee Iamkampang Soraj Varachum Inget

**Faculty** Science and Technology home economics

**Institute** Pibulsongkram Rajabhat University

**Year** 2557

**Keywords** Khao-Tang, Calcium, Grey Feather back Fish bone

## ABSTRACT

The objectives of this study were to develop Khao-Tang Supplement ed with Calcium from Grey Feather back Fish bone well as to add value to raw material in the form of fish bone powder in order to increase content of calcium. Calcium supplementation by using fish bone powder could provide 20 percent of the recommended daily intake. For one serving (30 grams). Product of Khao-Tang Supplement ed with Calcium from Grey Feather back Fish bone in one serving. Contained 4.48 g. protein, 19.05g. Carbohydrates, 3.71 g. fat, 0.61 g. ash, 174 mg. Calcium and 114 mg. Phosphorus, respectively. Physical quality analysis of Khao-Tang Supplement ed with Calcium from Grey Feather back Fish bone. Found that water activity values ranged from 0.34 to 0.55 and L* a* b* volume were 35.01 11.21 and 17.10, respectively. Studies on the shelf life of the product of Khao-Tang Supplement ed with Calcium from Grey Feather back Fish bone by packing in a plastic bag at a temperature of 30 degree Celsius. Found that shelf life was 6 weeks and there were no growth of bacteria, yeast and mold.

# สารบัญ


| บทที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| | กิตติกรรมประกาศ | ก |
| | บทคัดย่อภาษาไทย | ข |
| | บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | ค |
| | สารบัญ | ง |
| | สารบัญตาราง | จ |
| | สารบัญภาพ | ฉ |
| 1 | **บทนำ** | 10 |
| | ความสำคัญและที่มาของปัญหา | 10 |
| | วัตถุประสงค์ของงานวิจัย | 11 |
| 2 | **ทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง** | 12 |
| | อาหารว่าง | 12 |
| | ข้าวตัง | 13 |
| | คุณค่าทางโภชนาการของข้าวตัง | 16 |
| | ข้าว | 17 |
| | ความสำคัญของปลา | 23 |
| | โครงสร้างและลักษณะของปลา | 24 |
| | ปลาฉลาด | 26 |
| | กระดูกปลาผง | 27 |
| | ประโยชน์ของสารอาหารที่มีในกระดูกปลาผง | 28 |
| | แนวทางการนำไปใช้ประโยชน์จากกระดูกปลาผง | 30 |
| | น้ำมันทอดอาหาร | 31 |
| | อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหาร | 36 |

# สารบัญ (ต่อ)


| บทที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 3 | **อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย** | 37 |
| | วัตถุดิบ | 37 |
| | อุปกรณ์ | 37 |
| | วิธีการดำเนินการวิจัย | 38 |
| 4 | **ผลการวิจัย** | 41 |
| 5 | **อภิปรายผล บทสรุป และข้อเสนอแนะ** | 49 |
| | อภิปรายผลการวิจัย | 49 |
| | สรุปผลการวิจัย | 50 |
| | ข้อเสนอแนะ | 50 |
| **บรรณานุกรม** | | 51 |
| **ภาคผนวก** | | 54 |
| **ประวัติผู้วิจัย** | | 72 |

# สารบัญตาราง


| ตาราง | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | แสดงแสดงคุณค่าทางโภชนาการของข้าวตัง | 17 |
| 2 | แสดงแสดงคุณค่าทางโภชนาการของข้าวต่อ 100 กรัม | 21 |
| 3 | แสดงส่วนประกอบทางเคมีของปลาป่นจากกระดูกติดเนื้อ | 27 |
| 4 | แสดงแสดงปริมาณแคลเซียมที่พอเพียงในแต่ละวัน (AI) สำหรับคนไทยวัยต่างๆ | 29 |
| 5 | แสดงชนิดของสารประกอบคาร์บอนิลที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาออโตออกซิเดชันของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (ไมโครกรัม/กรัม) | 34 |
| 6 | แสดงคะแนนการยอมรับผลิตภัณฑ์ข้าวตัง | 42 |
| 7 | แสดงคะแนนการยอมรับผลิตภัณฑ์ข้าวตังเสริมแคลเซียมจากกระดูกปลาสลาด | 43 |
| 8 | แสดงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total viable count) และจำนวนยีสต์ (yeast) และรา(mold) ระหว่างการเก็บรักษา | 48 |

# สารบัญภาพ


| ภาพ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | วิธีการทำแผ่นข้าวตังดิบ | 14 |
| 2 | วิธีการทำผลิตภัณฑ์ข้าวตัง | 15 |
| 3 | โครงสร้างของเมล็ดข้าว | 18 |
| 4 | โครงสร้างเชิงเส้นของอะไมโลส | 22 |
| 5 | ลักษณะเกลียวของอะไมโลส | 22 |
| 6 | โครงสร้างเชิงกิ่งของอะไมโลเพกติน | 23 |
| 7 | ปลาสลาด | 26 |
| 8 | โครงสร้างการเกิดสารประกอบชนิดระหว่างการใช้ไขมันและน้ำมันทอดอาหาร | 36 |
| 9 | การเปลี่ยนแปลงค่า aw ของผลิตภัณฑ์บรรจุในถุงพลาสติกเก็บที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส | 44 |
| 10 | การเปลี่ยนแปลงค่า L* ของผลิตภัณฑ์บรรจุในถุงพลาสติกเก็บที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส | 45 |
| 11 | การเปลี่ยนแปลงค่า a* ของผลิตภัณฑ์บรรจุในถุงพลาสติกเก็บที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส | 46 |
| 12 | การเปลี่ยนแปลงค่า b* ของผลิตภัณฑ์บรรจุในถุงพลาสติกเก็บที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส | 46 |
| 13 | กรรมวิธีการผลิตข้าวตังหน้าตั้งสำเร็จรูป สูตรที่ 1 | 55 |
| 14 | กรรมวิธีการผลิตข้าวตังหน้าตั้งสำเร็จรูป สูตรที่ 2 | 56 |
| 15 | กรรมวิธีการผลิตข้าวตังหน้าตั้งสำเร็จรูป สูตรที่ 3 | 57 |
| 16 | วัตถุดิบในการผลิตข้าวตังสำเร็จรูป | 58 |
| 17 | วัตถุดิบในการผลิตข้าวตังเสริมแคลเซียมจากการดูกปลาฉลาด | 58 |
| 18 | วิธีการผลิตแผ่นข้าวตังเสริมแคลเซียมจากการดูกปลาฉลาด | 59 |
| 19 | แผ่นข้าวตังเสริมแคลเซียมจากการดูกปลาฉลาด | 59 |

# บทที่ 1

# บทนำ

## ความสำคัญและที่มาของปัญหา

คนไทยบริโภคข้าวเป็นอาหารหลักมาช้านาน มีหลักฐานว่าประเทศไทยปลูกข้าวมานานกว่า 5,000 ปี ข้าวเจ้าได้แพร่เข้ามาในประเทศไทยราว พ.ศ. 1000 มีหลายกลุ่มชาติพันธุ์ที่บริโภคข้าวเจ้าเป็นอาหารหลัก จึงมีการหุงข้าวหลายวิธีเพื่อให้ได้ข้าวหลายลักษณะตามต้องการ (สถาบันวิจัยข้าว, 2545) วิธีการหุงข้าวแบบต่างๆเหล่านี้ได้ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์รูปแบบใหม่ๆ “ข้าวตัง” เป็นอาหารอีกชนิดหนึ่งที่เป็นผลพลอยได้จากการหุงข้าวเลี้ยงคนจำนวนมาก เช่น ในวัง หรือตามโรงเลื่อย โรงสี ที่มีคนจำนวนมากจึงมีการหุงข้าวด้วยกระทะเพื่อให้ได้ปริมาณมาก เมื่อตักข้าวออกจากกะทะ จะเหลือข้าวติดก้นกะทะ เกรียม มีสีเหลืองและแข็ง เรียกว่า “ข้าวตัง” ใช้ตะหลิวแซะออกไปตากแห้ง เก็บไว้รับประทาน (ทัศนีย์, 2553) ต่อมาได้มีการผลิตข้าวตังออกจำหน่ายเพื่อเป็นอาหารว่าง และมีลักษณะการนำไปรับประทานหลากหลายรูปแบบ ได้แก่ ข้าวตังทอด ข้าวตังปิ้ง ข้าวตังเมี่ยงลาว ข้าวตังหน้าตั้ง เป็นต้น (ศรีสมร, 2534) การบริโภคข้าวของคนไทยมีทั้งในรูปบริโภคทั้งเมล็ดและในรูปที่แปรสภาพเป็นผลิตภัณฑ์เส้น แผ่นแป้ง และผลิตภัณฑ์ชนิดอื่นๆ (สถาบันวิจัยข้าว, 2545) ในปัจจุบันการบริโภคอาหารว่าง หรืออาหารขบเคี้ยวเป็นที่นิยมกันมากขึ้น และมีปริมาณเพิ่มขึ้นในประเทศไทย รวมทั้งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีการเจริญเติบโตทางการตลาดอย่างรวดเร็ว (กิตยา, 2544) ข้าวตังเป็นอาหารว่างที่ได้รับความนิยมในปัจจุบัน และเป็นผลิตภัณฑ์ที่ชุมชนต่างๆนิยมทำเป็นผลิตภัณฑ์อาหารขายเพื่อเพิ่มรายได้ (ทัศนีย์, 2553) ดังนั้นผู้วิจัยจึงเล็งเห็นว่าควรมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวตังอาหารว่างอีกชนิดหนึ่งซึ่งเป็นที่นิยมของผู้บริโภค เพื่อเป็นการเพิ่มความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ เพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและมูลค่าของวัตถุดิบ ตลอดจนเป็นการส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากข้าวประกอบกับพื้นที่เขตภาคเหนือตอนล่างอยู่ติดแม่น้ำสายหลักหลายสายจึงทำให้มีประชากรในพื้นบางส่วนประกอบอาชีพการประมงปลาน้ำจืด และแปรรูปผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ เช่น ปลายอ ลูกชิ้นปลา ทอดมันปลา ซึ่งปลาสลาดเป็นปลาอีกชนิดหนึ่งที่นิยมนำเนื้อปลามาผลิตเป็นทอดมันปลาแทนเนื้อปลากรายที่มีราคาสูง จากการแปรรูปผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำข้างต้น กระดูกปลาสลาดจึงเป็นส่วนที่ได้จากเศษเหลือของสัตว์น้ำที่ได้จากการแปรรูป มีปริมาณมากถึงร้อยละ 40-60 ของวัตถุดิบ (มัทนา, 2545) โดยกระดูกปลาเป็นแหล่งของโปรตีนและมีแคลเซียมสูง ซึ่งแคลเซียมเป็นแร่ธาตุที่พบมากในร่างกายและมีความสำคัญเพราะเป็นส่วนประกอบของกระดูกและฟัน จำเป็นในการสร้างกระดูกในวัยเด็ก วัยรุ่น วัยหนุ่มสาว และช่วยรักษาเนื้อกระดูกเมื่ออายุมากขึ้น (สิริพันธุ์, 2550) จึงเหมาะสำหรับการนำกระดูกปลามาเป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ข้าวตัง ดังนั้นผู้วิจัยจึงมุ่งเน้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวตังที่มีการเสริม

แคลเซียมจากกระดูกปลาสลาด เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ข้าวตังที่มีคุณค่าทางโภชนาการ และมีสารอาหารที่จำเป็นต่อร่างกาย เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพของผู้บริโภค

## วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. ศึกษาปริมาณแคลเซียมจากกระดูกปลาสลาด
2. พัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวตังเสริมแคลเซียมจากกระดูกปลาสลาดโดยพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ให้มีแคลเซียมไม่ต่ำกว่า ร้อยละ 20 ของปริมาณที่แนะนำต่อวัน ต่อหนึ่งหน่วยบริโภค (30 กรัม)
3. ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ข้าวตังเสริมแคลเซียมจากกระดูกปลาสลาด

# บทที่ 2

# ทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

## อาหารว่าง

จากพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2542 ให้ความหมายของ คำว่า อาหารว่าง หมายถึง ของว่าง เครื่องว่าง เป็นอาหารเบา ๆ ที่แทรกระหว่างอาหารมื้อหลัก อาหารว่าง หมายถึง อาหารระหว่างมื้อเป็นอาหารรับประทานเล่น ที่มีปริมาณอาหารน้อยกว่าอาหารประจำมื้อ อาจเป็นอาหารน้ำหรืออาหารแห้ง มีทั้งอาหารคาวและอาหารหวาน มีลักษณะเด่นคือ เป็นอาหารที่เสิร์ฟและรับประทานเป็นอย่างๆได้ มีชิ้นเล็ก ขนาดพอคำ ปริมาณไม่มาก หยิบรับประทานง่าย สะดวกในการจัด เช่น กระทงทอง ข้าวเหนียวหน้าต่าง ๆ ขนมช่อม่วง ปั้นสิบทอด ฯลฯ อาหารว่างใช้รับประทาน ควบคู่กับเครื่องดื่มร้อนหรือน้ำผลไม้อย่างใดอย่างหนึ่ง อาหารว่าง มักนิยมรับประทานกันในระหว่างมื้อเช้ากับมื้อกลางวัน หรือระหว่างมื้อกลางวันกับมื้อเย็น หรือก่อนนอน (นัชรี, 2556)

### ประเภทของอาหารว่าง

การจัดแบ่งตามลักษณะการประกอบอาหาร การแบ่งประเภทอาหารว่าง สามารถแบ่งได้ตามการวิธีประกอบอาหาร ตามลักษณะอาหาร ดังนี้

อาหารว่างประเภทต้ม นึ่ง เป็นการทำให้อาหารสุกโดยใช้ไอน้ำและน้ำเดือด ลักษณะอาหารมีความอ่อนนุ่ม เสิร์ฟขณะร้อน เช่น สาคูไส้หมู ซาลาเปา ขนมจีบ เป็นต้น

อาหารว่างประเภททอด เป็นการทำให้อาหารสุกโดยใช้ความร้อนจากน้ำมัน ลักษณะอาหารกรอบ มีกลิ่นหอม ชวนรับประทาน เช่น กระทงทอง ปั้นขลิบทอด ข้าวแตน ข้าวตัง ขนมดอกจอก โดนัท ขนมปังหน้าต่าง ๆทอด เป็นต้น

อาหารว่างประเภทอบ เป็นการทำให้อาหารสุกโดยใช้ความร้อนแห้ง เช่น ขนมผิง คุกกี้ ขนมปัง เป็นต้น

อาหารว่างประเภทปิ้ง ย่าง เป็นการทำให้ อาหารสุกโดยใช้ความร้อนแห้งเช่นเดียวกัน เช่น หมูสะเต๊ะ บาร์บีคิว เป็นต้น

### การจัดแบ่งตามลักษณะอาหาร

อาหารว่างประเภทน้ำ นิยมเสิร์ฟเป็นอาหารว่างบ่าย หรืออาหารว่างก่อนนอน จะจัดในปริมาณน้อย เช่น ข้าวต้มเครื่อง กระเพาะปลา เกี๊ยวมังฉา ครองแครงน้ำ เป็นต้น

อาหารว่างประเภทแห้ง มีทั้งอาหารคาวและอาหารหวาน นิยมเสิร์ฟทั้งอาหารว่างเช้าและอาหารว่างบ่าย

## ข้าวตัง

ข้าวตังเป็นอาหารว่างแบบไทยๆ ที่มีมาช้านาน เดิมทีเป็นอาหารที่เป็นผลพลอยได้จากการหุงข้าวเลี้ยงคนจำนวนมาก เช่น ในวัง หรือตามโรงเลื่อย โรงสี ที่มีคนจำนวนมากจึงมีการหุงข้าวด้วยกะทะเพื่อให้ได้ปริมาณมาก ซึ่งการหุงแบบไม่เช็ดน้ำ เมื่อตักข้าวออกจากกะทะ จะเหลือข้าวติดก้นกะทะ เกรียม มีสีเหลืองและแข็ง เรียกว่า “ข้าวตัง” ใช้ตะหลิวแซะออกไปตากแห้ง เก็บใส่ขวดโหลไว้รับประทาน (ทัศนีย์, 2553) ต่อมาได้มีการผลิตข้าวตังออกจำหน่าย และมีลักษณะการนำไปรับประทานหลากหลายรูปแบบ ได้แก่ ข้าวตังทอด ข้าวตังปิ้ง ข้าวตังเมี่ยงลาว ข้าวตังเสวย ข้าวตังหน้าตั้ง เป็นต้น (ศรีสมร, 2534)

ข้าวตังเป็นอาหารว่างที่สามารถนำไปรับประทานได้หลายแบบ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

**ข้าวตังทรงเครื่องหรือข้าวตังมีหน้า** เป็นผลิตภัณฑ์พร้อมบริโภค โดยนำแผ่นข้าวตังไปทอดในน้ำมัน แล้วโรยหน้าด้วยเครื่องปรุงรสหลากหลายชนิด เป็นผลิตภัณฑ์ชุมชนที่มีในหลายๆพื้นที่

**ข้าวตังน้ำพริกผัด** เป็นอาหารว่างที่นำข้าวตังไปทอดกับน้ำมันร้อน จัดเสิร์ฟกับน้ำพริกผัดที่ทำจากมะขาวเปียก น้ำตาลปี๊บ และน้ำปลาให้เป็นยางมะตูม แล้วใส่กุ้งแห้ง กระเทียม พริก ปรุงรสให้มีรสจัด คือ ความนำ ตามด้วยเค็ม เผ็ด และเปรี้ยวเล็กน้อย

**ข้าวตังปิ้ง** เป็นอาหารว่าง โดยนำแผ่นข้าวตังปิ้งไฟพอเหลืองกรอบแล้วชุบน้ำกะทิที่ผสมน้ำตาล นิยมรับประทานในสมัยก่อน

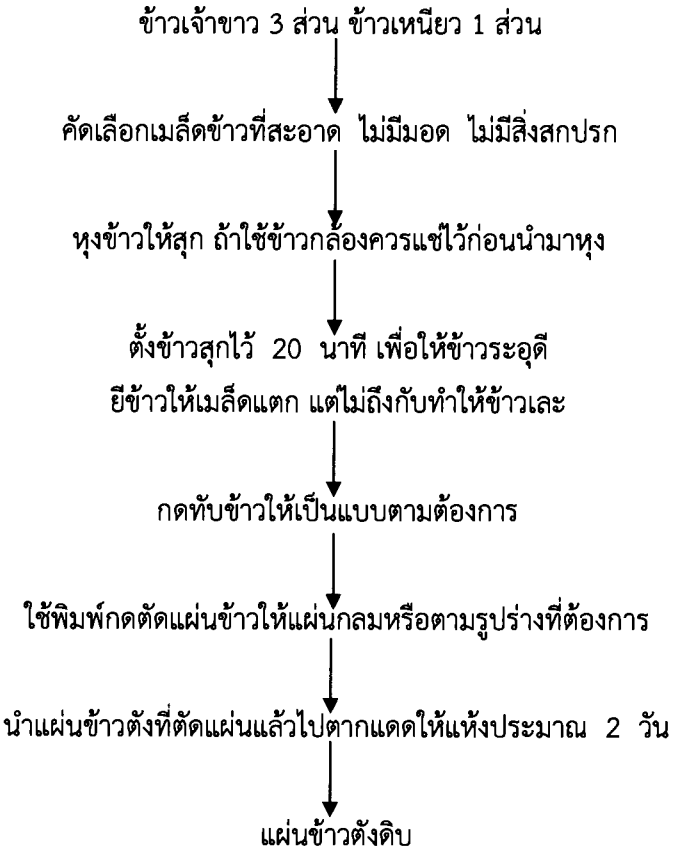
**ข้าวตังหน้าตั้ง** เป็นอาหารว่างที่นำข้าวตังไปทอดกับน้ำมันร้อน แล้วจัดเสิร์ฟกับหน้าตั้งที่ทำจากหมูสับและกุ้งบด นำไปผัดกับกระเทียม พริกไทย และหัวกะทิ ปรุงรสให้มีรสหวานและเค็มเล็กน้อย

**ข้าวตังเมี่ยงลาว** เป็นอาหารว่างที่นำข้าวตังไปทอดกับน้ำมันร้อน แล้วจัดเสิร์ฟกับหน้าเมี่ยงลาวที่ทำจากใบผักกาดดองตัดเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมห่อไส้ที่ปั้นเป็นก้อนกลม โดยมีส่วนผสมของหมูสับ กุ้งบด กระเทียม พริกไทย น้ำมะขาวเปียก ขิง หอม ที่ผัดจนเหนียว ปรุงรสให้มีรสหวาน เปรี้ยว เค็ม

**ข้าวตังเสวย** เป็นข้าวตังที่ต้องอาศัยความพิถีพิถันมากกว่าข้าวตังทั่วไป เนื่องจากมีลักษณะแผ่นบางเฉียบ ทาหน้าด้วยส่วนผสมของน้ำตาล เกลือ กระเทียม ผักชี และ กุ้งแห้งฝอย

### ส่วนผสมของข้าวตัง

ข้าวเจ้าสำหรับทำแป้งข้าวตัง แต่เดิมใช้ข้าวขาว เพราะคนไทยโบราณนิยมใช้ข้าวขาวในปัจจุบันมีการพัฒนาใช้ข้าวกล้องเพื่อเพิ่มคุณค่า โดยก่อนนำมาใช้ให้แช่น้ำก่อน รวมทั้งอาจมีการผสมข้าวเจ้า 3 ส่วน ข้าวเหนียว 1 ส่วนเพื่อให้ได้แผ่นข้าวตังที่มีความเหนียวเกาะตัวกันดี หรือผสมคลุกเคล้ากับแป้งมันสำปะหลังละลายน้ำที่กวนสุกแล้ว




**ภาพที่ 1 วิธีการทำแผ่นข้าวตังดิบ**

**ที่มา:** ทัศนีย์, 2553

**การทำแผ่นข้าวตัง**

ในยุคแรกๆ การทำแผ่นข้าวตังใช้การหุงข้าวให้ได้ข้าวตังติดก้นหม้อ แล้วแซะนำไปตากแดด ในปัจจุบันความต้องการแผ่นข้าวตังมาก เกิดเป็นธุรกิจในการผลิตเฉพาะแผ่นข้าวตังดิบเพื่อจำหน่ายให้ผู้ประกอบการนำไปทำเป็นผลิตภัณฑ์ข้าวตังต่อไป

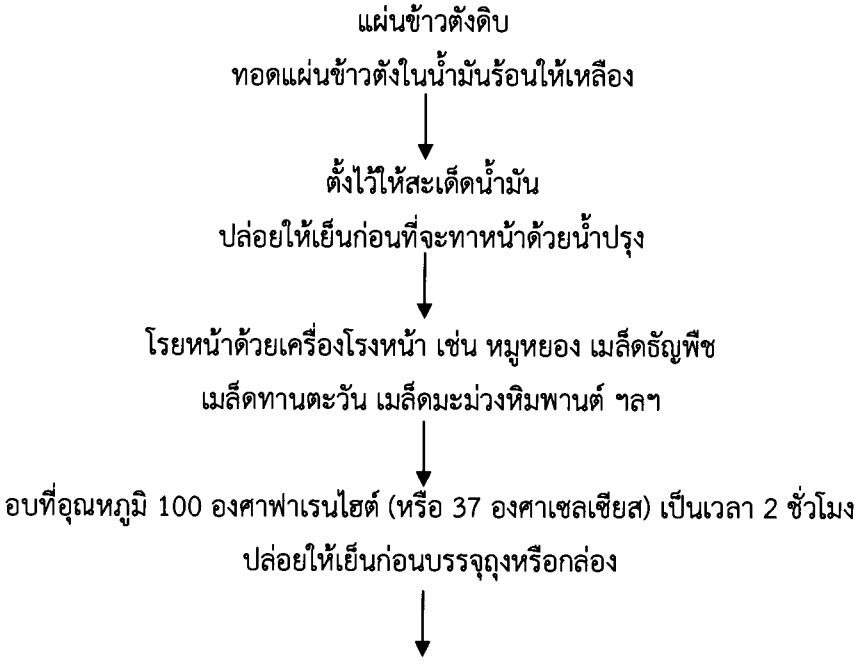
ล้างข้าวให้สะอาด หุงข้าวให้สุก เมื่อข้าวสุกแล้ว ตั้งให้ข้าวระอุ 15-20 นาที นำข้าวสุกมายีให้เมล็ดข้าวแตกแต่ไม่ถึงกับเละ นำมากดทับให้แบนด้วยลูกกลิ้งหรือใช้เครื่องทำแผ่น โดยใช้แผ่นพลาสติกกรองด้านล่างและด้านบนเพื่อป้องกันไม่ให้ข้าวติดลูกกลิ้งหรือเครื่องทำแผ่น เครื่องทำแผ่นมีลักษณะเป็นแผ่นโลหะแบน 2 แผ่นประกบติดกัน โดยมีคันโยกเพื่อเลื่อนแผ่นโลหะด้านบนขึ้น เมื่อตักวางข้าวสุกในปริมาณที่พอเหมาะกับขนาดของแผ่นข้าวตังที่ต้องการ และเลื่อนลงเพื่อดกทับให้แบน หลังจากนั้นใช้ไม้แซะแผ่นข้าวตังออก อาจมีการตัดขอบแผ่น

ข้าวตังให้เรียบ หรือใช้พิมพ์ตัดแผ่นข้าวตังให้มีขนาดเท่ากัน นำแผ่นข้าวตังที่ได้ตากแดดให้แห้งประมาณ 2 วัน ได้เป็นแผ่นข้าวตังดิบ

**การทำน้ำปรุง**

ส่วนผสมของน้ำปรุงสำหรับทาแผ่นข้าวตังแตกต่างกันในผู้ประกอบการแต่ละกลุ่ม ส่วนมากมีส่วนประกอบหลักๆ คล้ายกัน คือ มีรสหวานนำ ปรุงรสให้กลมกล่อมด้วยเกลือเล็กน้อย และผสมเครื่องเทศเพื่อช่วยให้มีกลิ่นหอม และมีความข้นเหนียวเพื่อให้เกาะติดกับแผ่นข้าวตังสามารถจับกับส่วนผสมของหน้าข้าวตังได้ ดังนี้

เตรียมส่วนผสมของน้ำปรุง ได้แก่ รากผักชี 50 กรัม กระเทียม 100 กรัม พริกไทยป่น 2 ช้อนโต๊ะ น้ำตาลทราย 500 กรัม น้ำตาลปี๊บ 500 กรัม น้ำพริกเผา 500 กรัม น้ำสะอาด 2 ถ้วยตวง เกลือป่น 2 ช้อนโต๊ะ เคี่ยวส่วนผสมด้วยไฟอ่อนจนกว่าน้ำปรุงจะข้นและเหนียว ใช้เวลาเคี่ยวประมาณ 30 นาที ยกลงทิ้งไว้ให้เย็นก่อนนำไปทาหน้าแผ่นข้าวตัง




**ภาพที่ 2** วิธีการทำผลิตภัณฑ์ข้าวตัง

**ที่มา:** ทัศนีย์, 2553

การทอดแผ่นข้าวตัง นำแผ่นข้าวตังมาทอดในน้ำมันโดยใช้ไฟปานกลางแต่น้ำมันควรร้อนจัด เมื่อใส่ขาวตังลงไป ข้าวตังจะพองทันที เวลาทอดควรใช้กระชอนกดแผ่นข้าวตังไว้ไม่ให้แผ่นข้าวตังม้วนตัวเข้าหากัน เมื่อแผ่นข้าวตังมีสีเหลืองอ่อนแล้วตักขึ้นพักไว้ให้สะเด็ดน้ำมัน

ทาหน้าแผ่นข้าวตัง ใช้แปรงชุมน้ำปรุงที่เตรียมไว้ทาบนแผ่นข้าวตังที่ทอดแล้ว การทาควรทาเมื่อแผ่นข้าวตังเย็น หากทาขณะร้องแผ่นข้าวตังจะแตก

โรยหน้าแผ่นข้าวตังด้วยส่วนผสมที่ต้องการ เช่น หมูหยอง เมล็ดทานตะวัน เมล็ดฟักทอง เมล็ดมะม่วงหิมพานต์ งาขาว หรืองาดำคั่ว

อบแผ่นข้าวตังที่แต่งหน้าแล้วที่อุณหภูมิ 250 องศาฟาเรนไฮต์ (หรือ 120 องศาเซลเซียส) ประมาณ 20 นาที เพื่อลดปริมาณน้ำมันในแผ่นข้าวตัง ทำให้แผ่นข้าวตังกรอบนาน

การบรรจุ นำแผ่นข้าวตังที่เย็นแล้วบรรจุในถุง

## คุณค่าทางโภชนาการของข้าวตัง

ข้าวตังเป็นอาหารว่างที่ประกอบด้วยข้าวซึ่งมีส่วนประกอบของคาร์โบไฮเดรตเป็นส่วนใหญ่ และมีการนำไปทอดดังนั้นพลังงานจึงค่อนข้างสูง ส่วนโซเดียมน่าจะได้จากส่วนผสมของน้ำปรุงที่ใช้ทาหน้าแผ่นข้าวตังรวมทั้งเครื่องที่ใช้ทาหน้า เช่น หมูหยอง เป็นต้น ปริมาณมากน้อยต่างกันขึ้นกับปริมาณส่วนผสมของผู้ผลิตแต่ละแห่ง

จากการวิเคราะห์ทางเคมีพบว่า คุณค่าของข้าวตังของผู้ผลิตแต่ละรายแตกต่างกันตามส่วนผสมที่ใช้ ข้าวตังขนาดทั่วไปมีน้ำหนัก 11-19 กรัมต่อแผ่น แต่ละรายมีขนาดและรูปร่างต่างกัน ส่วนใหญ่เป็นรูปวงกลม (ทัศนีย์, 2553)

**ตารางที่ 1 แสดงคุณค่าทางโภชนาการของข้าวตัง**

| คุณค่าทางโภชนาการ | ปริมาณต่อ 100 กรัม | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ข้าวตัง ทานตะวัน จ. ลพบุรี | ข้าวตัง หน้าหมูหยอง จ. ลพบุรี | ข้าวตังหน้าหมู หยอง จ.นครปฐม | ข้าวตัง หน้าธัญพืช จ.นครปฐม | ข้าวตัง หน้าธัญพืช จ.ราชบุรี | เฉลี่ย |
| 1. ความชื้น (กรัม) | 2.69 | 3.53 | 3.10 | 3.14 | 3.39 | 3.57 |
| 2. เถ้า (กรัม) | 1.96 | 0.99 | 2.01 | 2.16 | 2.12 | 1.85 |
| 3. พลังงาน (กิโลแคลอรี) | 593.35 | 548.87 | 494.56 | 553.90 | 545.86 | 547.31 |
| 4. คาร์โบไฮเดรต (กรัม) | 42.36 | 57.34 | 64.25 | 54.93 | 53.26 | 54.43 |
| 5. ไขมัน (กรัม) | 42.79 | 33.39 | 23.00 | 31.02 | 33.58 | 32.76 |
| 6. โปรตีน (กรัม) | 10.20 | 4.75 | 7.64 | 8.75 | 7.65 | 7.80 |
| 7. น้ำตาล (กรัม) | 11.23 | 16.33 | 26.67 | 18.77 | 18.63 | 18.33 |
| 8. โซเดียม (มิลลิกรัม) | 234.20 | 299.20 | 645.90 | 370.80 | 443.80 | 398.78 |

**ที่มา**: ทัศนีย์, 2553

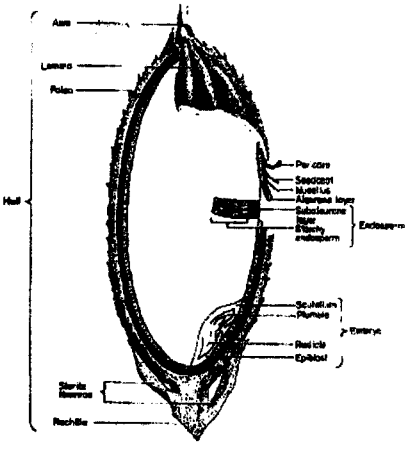
## ข้าว

ข้าวเป็นพืชที่ปลูกกันมากที่สุดในโลกเพราะสามารถปลูกได้ทุกหนทุกแห่ง ทำให้มนุษย์ใช้ข้าวเป็นอาหารมานานนับพันปีนับตั้งแต่มนุษย์ยังไม่รู้จักวิธีการเพราะปลูก ข้าวเป็นพืชในตระกูลหญ้า (Gramineae) สกุลโอไรซี่ (Oryza) จำแนกตามถิ่น และความนิยมในการบริโภคได้ 2 ชนิด คือ *Oryza glaberrima.* ซึ่งมีถิ่นกำเนิดและใช้บริโภคในบางประเทศในทวีปแอฟริกา และ *Oryza sativa.* ซึ่งมีถิ่นกำเนิดในทวีปเอเชียและปลูกทั่วไปในทวีปเอเชีย แถบตะวันออกกลางของยุโรป อเมริกาและออสเตรเลีย ข้าวที่มีการปลูกและใช้เป็นอาหารกันอย่างกว้างขวางในปัจจุบันคือ *Oryza sativa.* ซึ่งแบ่งออกเป็นชนิดย่อยได้ 3 กลุ่ม คือ ข้าวอินดิก้า (Indica) มีเมล็ดยาวเรียว ข้าวจาปอนิก้า (Japonica) มีเมล็ดป้อมสั้น และข้าวจาวานิก้า (Javanica) มีลักษณะอยู่ระหว่างข้าวอินดิก้ากับข้าวจาปอนิก้า สำหรับพันธุ์ข้าวในประเทศไทยที่ทางราชการได้รับรอง และส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกกันอย่างกว้างขวางอยู่ในกลุ่มข้าวอินดิก้า (พงษ์ธร, 2547)

**โครงสร้างของเมล็ดข้าว**

ข้าวเป็นคำทั่วไปที่ใช้เรียก เมล็ดข้าว (Rice fruit, rice grain, หรือ rice seed)ซึ่งทางพฤกษศาสตร์จะหมายถึง ผล (Fruit) ที่มีลักษณะเป็นผลเดี่ยว (Single fruit) เกิดจากรังไข่อันเดียวชนิดลอยตัว (Superior ovary) ของดอกเดี่ยวในแต่ละดอกย่อย ที่เกิดรวมกันอยู่เป็นช่อดอก ผลเดี่ยวนี้จะติดแน่นอยู่กับผนังของรังไข่ หรือ เยื่อหุ้มผล (Pericarp) ซึ่งเมื่อผลสุกหรือแก่จะเป็นผลแห้ง (Dry fruit) ที่ไม่แตก (Indehiscent fruit) เรียกว่า เมล็ด (Caryopsis grain) ที่มีเยื่อหุ้มผล และเปลือกหุ้มเมล็ด (Seed coat หรือ Testa) เชื่อมรวมกันอย่างแนบแน่นโดยตลอดผลหรือเมล็ดข้าวจะมีลักษณะแตกต่างตามพันธุ์ในด้านขนาด รูปร่าง สี การมีหาง (Awn) หรือไม่มีหาง และขน (Pubescence) หรือไม่มีขนบนเปลือกแข็ง (Hull หรือ Husk)

เมล็ดข้าวประกอบด้วย 2 ส่วนหลักคือ 1. ส่วนที่ห่อหุ้มเมล็ดข้าว (หรือผล) เรียกว่า แกลบ (Hull หรือ Husk) และ 2.ส่วนเนื้อผลหรือผลแท้ (True fruit หรือ Caryopsis grain) หรือข้าวกล้อง (Caryopsis หรือ Brown rice) โดยมีรายละเอียดของแต่ละส่วน ดังนี้



**ภาพที่ 3 โครงสร้างของเมล็ดข้าว**

**ที่มา:** อรอนงค์, 2547

**แกลบ** ประกอบด้วย เปลือกใหญ่ (Lemma), เปลือกเล็ก (Palea) ขน หาง ขั้วเมล็ด (Rachilla) และกลีบรองเมล็ด (Sterile lemmas) ซึ่งเชื่อมต่อกับก้าน (Pedicel)

เปลือกใหญ่ เป็นเปลือกหุ้มเนื้อผลด้านท้อง (Dorsal side) มีขนาดใหญ่อาจมีหางหรือไม่มีก็ได้ ลักษณะของเปลือกใหญ่จะเป็นรอยเส้น (Nerves) ตามความยาวของเปลือกประมาณ 5 เส้น เปลือกใหญ่จะห่อหุ้ม

เปลือกเล็กไว้ทั้ง 2 ด้านในลักษณะขบอยู่ข้างบนอย่างแน่นสนิทประมาณ 2/3 ของเปลือกทั้งหมดตามแนวยาวของเมล็ด

เปลือกเล็ก เป็นเปลือกหุ้มเนื้อผลด้านหลัง (Ventral side) ที่มีขนาดเล็กกว่าเปลือกใหญ่ประมาณ 1/3 ของเปลือกทั้งหมด จะขบอยู่ใต้เปลือกใหญ่ตามแนวยาว ทำให้เปลือกทั้ง 2 ติดกันสนิทบนผิวเปลือกเล็กจะเป็นรอยเส้นตามความยาวของเปลือกประมาณ 3 เส้นรอยเส้นบนเปลือกใหญ่และเปลือกเล็ก อาจทำให้ข้าวกล้องเป็นรอยเส้นตามไปด้วย ในข้าวบางพันธุ์ถึงแม้จะผ่านกระบวนการขัดขาว (Polishing) แล้วยังอาจมีรอยเส้นค้างอยู่บนข้าวสาร (Milled rice) เรียกว่า สาแหรกข้าว

ขน จะขึ้นบนเปลือกใหญ่ และเปลือกเล็กเป็นส่วนใหญ่ อาจมีบางพันธุ์ที่ไม่มีขนแต่เป็นส่วนน้อย ขนนี้คือ ส่วนของเซลล์ผิวนอก (Epidermal cell) ที่เจริญกลายเป็นขน เพื่อทำหน้าที่ลดการระเหยของน้ำ ป้องกันอันตรายต่อเมล็ดจากสภาวะภายนอกเมล็ด และเพื่อการกระจายพันธุ์ตามธรรมชาติ โดยช่วยให้เมล็ดติดไปกับคน สัตว์ หรือสิ่งของต่างๆ ที่มีโอกาสสัมผัสเมล็ด จนทำให้เมล็ดหลุดติดไปด้วย

หาง เป็นส่วนปลายของเปลือกใหญ่ที่ยาวออกมาเกินตำแหน่งยอดดอก (Apiculus) ในบางพันธุ์อาจสั้น หรือยาว หรือไม่มี ทำหน้าที่ในการกระจายพันธุ์ คล้ายขน

ขั้วเมล็ด เป็นก้านสั้น อยู่ระหว่างกลีบรองเมล็ดกับเปลือกใหญ่ และยังติดอยู่กับเมล็ดข้าวเปลือก

กลีบรองเมล็ด เป็นกลีบเล็ก 2 กลีบ อยู่ตรงข้ามกันใต้สุดของเมล็ด

**ข้าวกล้องหรือเนื้อผล** ประกอบด้วยเยื่อหุ้มผล เยื่อหุ้มเมล็ด นิวเซลลัส (Nucellus) เยื่อชั้นแอลิวโรน (Aleurone layer) คัพภะ และเนื้อเมล็ด

เยื่อหุ้มผล เป็นเนื้อเยื่อชั้นนอก มีความหนาประมาณ 10 ไมครอน ห่อหุ้มผลอยู่ภายใน มีลักษณะเป็นเซลล์ที่มีผนังเซลล์เส้นใย 6 ชั้น มีสารสีหรือรงควัตถุปนอยู่ ทำให้ข้าวกล้องมีสีต่างๆ เช่น น้ำตาลอ่อน-แก่ น้ำตาลแดง น้ำตาลม่วง หรือน้ำตาลจนเกือบดำ นอกจากนี้ ยังมีโปรตีน เฮมิเซลลูโลส และ เซลลูโลส เป็นองค์ประกอบสำคัญ ในเยื่อหุ้มผลนี้แบ่งย่อยได้เป็น 3 ชั้นคือ

- เอพิคาร์พ หรือ เอกโซคาร์พ (Epicarp หรือ Exocarp) เป็นผิวหรือผนังเปลือกที่อยู่นอกสุด มีลักษณะเรียบ เหนียว และเป็นมัน ประกอบด้วยเซลล์ชั้นเดียว

- เมโซคาร์พ หรือ ไฮพอเดิร์ม (Mesocarp หรือ Hypoderm) เป็นผนังผลชั้นกลาง

- เอนโดคาร์พ (Endocarp) เป็นเยื่อชั้นใน

เยื่อหุ้มเมล็ด อยู่ถัดจากเยื่อหุ้มผลเข้ามา ประกอบด้วยเซลล์ 2 ชั้นรูปยาว เรียงตามขวาง และมีผนังบางกั้น (หนาประมาณ 0.5 ไมครอน) ภายในเซลล์มีไขมันและสารสีเช่นเดียวกับเยื่อหุ้มผล ทำให้ข้าวกล้องมีสี

นิวเซลลัส (Nucellus) เป็นเซลล์ชั้นที่ติดกับเยื่อหุ้มเมล็ด แต่พันธะระหว่าง นิวเซลลัสกับเยื่อหุ้มเมล็ดไม่ติดแน่น จึงแยกจากกันได้ง่าย มีความหนาประมาณ 0.8 – 2.5 ไมครอน

เยื่อชั้นแอลิวโรน (Aleurone layer) เป็นเยื่อชั้นถัดจากเยื่อหุ้มเมล็ด ประกอบด้วยเซลล์ 1 – 7 ชั้น และมีลักษณะของเยื่อหุ้มด้านหลังของเมล็ดจะหนากว่าเยื่อหุ้มเมล็ดด้านท้องซึ่งความหนานี้จะแตกต่างไปตามพันธุ์ข้าว เช่น ข้าวเมล็ดป้อมสั้น จะมีชั้นเยื่อแอลิวโรนหนากว่าข้าวเมล็ดยาว เป็นต้น เซลล์แอลิวโรนจะไม่เชื่อติดกับคัพภะ ในส่วนของใบเลี้ยงด้านท้องของเมล็ดลงมาถึงจุดเชื่อมระหว่างใบเลี้ยงกับเยื่อหุ้มรากอ่อน ซึ่งอยู่ด้านในของเมล็ด จึงแบ่งลักษณะของเซลล์แอลิวโรน เป็น 2 ลักษณะ คือ เซลล์ส่วนที่ห่อหุ้มรอบเนื้อของเมล็ดจะมีรูปร่างเป็นลูกบาศก์ และมีไซโทพลาซึม (Cytoplasm) อยู่หนาแน่น ในเซลล์ยังมีกลุ่มโปรตีนรูปร่าง (Protein bodies) กลุ่มไขมัน (lipid bodies) และสารอื่นๆเช่น นิวเคลียส (Nucleus)ไมโครบอดี (Microbodies) ไมโทคอนเดรีย (Mitochomdria) เอนโดพลาสมิก เรทิคิวลัม (Endoplasmic reticulum) เวสิเคิล (Vesicles ) และ พลาสทิด (Plastids) เป็นต้น ส่วนเซลล์แอลิวโรนที่ห่อหุ้มคัพภะจะบาง มีไซ-โทพลาสซึมน้อย รูปร่างยาว มีกลุ่มไขมันและกลุ่มโปรตีนน้อย มีเวสิเคิลมาก เป็นต้น ส่วนผสมผนังเซลล์จะมีโปรตีน เฮมิเซลลูโลส และเซลลูโลสประกอบอยู่

คัพภะหรือเชื้อชีวิต จะอยู่ในโคนเมล็ดด้านนอกเปลือกใหญ่ ส่วนท้องของเมล็ดมีส่วนประกอบเป็นรากอ่อน (Radical) ต้นอ่อน (Plumule) เยื่อหุ้มรากอ่อน (Coleorhiza) เยื่อหุ้มต้นอ่อน (Coleoptiles) ท่อน้ำท่ออาหาร (Epiblast) และใบเลี้ยง (Scutellum) ซึ่งเป็นใบเลี้ยงเดี่ยว คัพภะเป็นแหล่งสะสมอาหารสำหรับการเจริญเติบโตของต้นอ่อน จึงอุดมด้วยโปรตีนและไขมัน

เนื้อเมล็ด หรือเนื้อข้าว มีมากที่สุดในเมล็ดข้าว (ประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักเมล็ดทั้งหมด) แบ่งเป็น 2 ส่วน คือส่วนชั้นซับแอลิวโรน (Subaleurone layer) เป็นเซลล์ 2 ชั้น อยู่ถัดจากชั้นแอลิวโรน และส่วนที่เป็นสตาร์ชในเนื้อของเมล็ด (Starchy endosperm) ในชั้นซับแอลิวโรนจะมีกลุ่มโปรตีนอยู่ภายใน 3 ลักษณะ คือ ลักษณะกลมใหญ่(ขนาด 1-2 ไมครอน) กลมเล็ก (ขนาด 0.5 – 0.75 ไมครอน) และเป็นผลึกติดกันขนาด 2-3.5 ไมครอน แต่ในส่วนเนื้อของเมล็ดจะมีกลุ่มที่มีอยู่มากอัดแน่นรวมเป็นกลุ่มเม็ดสตาร์ช (Compound granules) อยู่ภายในเซลล์พาเรงไคมา (Parenchyma cells) ที่มีผนังเซลล์บาง มีรูปร่างรี หรือสี่เหลี่ยมเข้าสู่ใจกลางเมล็ด โดยด้านนอกของเมล็ดจะรียาวมากกว่าด้านในของเมล็ด

**องค์ประกอบทางเคมีของข้าว**

องค์ประกอบหลักทางเคมีที่สำคัญในเมล็ดข้าวสาร ได้แก่ แป้งและโปรตีน แป้งเป็น คาร์โบไฮเดรตที่มีปริมาณมากที่สุดในเมล็ดข้าว รองลงมาเป็นโปรตีน นอกจากนี้ในเมล็ดข้าวยังประกอบด้วยไขมัน วิตามินและแร่ธาตุต่าง ๆ อีกด้วย องค์ประกอบทางเคมีของข้าวสารทั่วไป

**แป้ง**

แป้งเป็นคาร์โบไฮเดรตชนิดหนึ่ง ประกอบด้วยพอลิเมอร์ของกลูโคส มีหน่วยของแอน-ไฮโดรกลูโคส (Anhydroglucose Unit) เชื่อมต่อกันด้วยพันธะกลูโคสิดิก (Glucosidic Lindage) ที่คาร์บอนตำแหน่งที่หนึ่ง

สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มรย



ทางด้านปลายของสายพอลิเมอร์มีหน่วยกลูโคสที่มีหมู่แอลดีไฮด์ (Aldehyde Group) เรียกว่าหมู่รีดิวซิง (Reducing End Group) แป้งประกอบด้วย พอลิเมอร์ของกลูโคส 2 ชนิดคือ พอลิเมอร์เชิงเส้น (อะไมโลส Amylose) และพอลิเมอร์เชิงกิ่ง (อะไมโลเพกติน Amylopectin) (อรอนงค์, 2547)

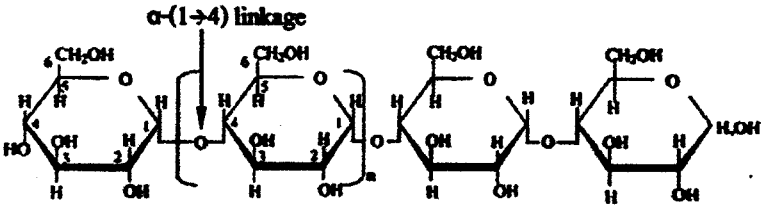
**ตารางที่ 2 แสดงคุณค่าทางโภชนาการของข้าวต่อ 100 กรัม**

| คุณค่าทางโภชนาการ | ข้าวสาร : ข้าวหอมมะลิ 100 % |
|---|---|
| พลังงาน (กิโลแคลอรี) | 350.85 |
| ความชื้น (กรัม) | 11.714 |
| เถ้า (กรัม) | 0.41 |
| โปรตีน (กรัม) | 4.78 |
| ไขมัน (กรัม) | 0.45 |
| คาร์โบไฮเดรต (กรัม) | 81.92 |
| ใยอาหาร (กรัม) | 0.73 |

**ที่มา:** ทัศนีย์, 2553

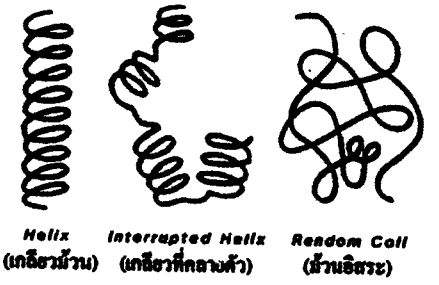
**อะไมโลส**

อะไมโลส อะไมโลสเป็นพอลิเมอร์เชิงเส้นของกลูโคส ประกอบด้วยกลูโคสประมาณ 6,000 หน่วยมาเชื่อมต่อกันด้วยพันธะแอลฟา-1,4-กลูโคสิดิก ($\alpha$-1,4-Glucosidic Linkage) (Swinkels, 1985) โครงสร้างของอะไมโลส เมื่ออยู่ในสารละลายจะมีหลายรูปแบบคือมีลักษณะเป็นเกลียวม้วน (Helix) เกลียวที่คลายตัว (Interrupted Helix) และม้วนอิสระ(Random Coil)โครงสร้างของอะไมโลสในสารละลายที่อุณหภูมิห้องอยู่ในลักษณะเป็นเกลียวม้วนหรือเกลียวที่คลายตัว เมื่อย้อมสีอะไมโลสด้วยสารละลายไอโอดีนจะได้สีน้ำเงิน ซึ่งใช้เป็นลักษณะเฉพาะที่บ่งชี้ถึงแป้งที่มีองค์ประกอบของอะไมโลส เมื่อทำให้สุกในน้ำเดือดและทำให้เย็น จะเกิดการคืนตัวเป็น ของแข็งขึ้น ทำให้ความสามารถในการละลายน้ำลดลงและมีผลให้ข้าวสุกร่วนและแข็งกระด้างมากขึ้น (งามชื่น, 2545)




**ภาพที่ 4 โครงสร้างเชิงเส้นของอะไมโลส**

**ที่มา:** อรอนงค์, 2547

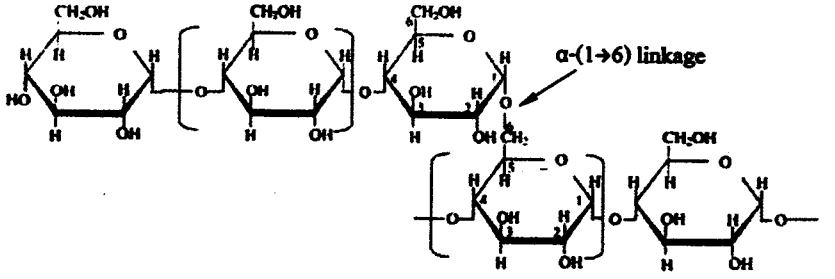



**ภาพที่ 5 ลักษณะเกลียวของอะไมโลส**

**ที่มา:** อรอนงค์, 2547

**อะไมโลเพกติน**

อะไมโลเพกตินเป็นพอลิเมอร์เชิงกิ่งของกลูโคส ส่วนที่เป็นเส้นตรงของกลูโคสเชื่อมต่อกันด้วยพันธะแอลฟา-1,4-กลูโคสิดิก และส่วนที่เป็นกิ่งก้านสาขาของพอลิเมอร์กลูโคสสายสั้นมีระดับของพอลิเมอร์ไรเซชัน (Degree of Polymerization) อยู่ในช่วง 10-60 หน่วย โดยเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 20 หน่วยเชื่อมต่อกันด้วยพันธะแอลฟา-1,6-กลูโคสิดิก หน่วยกลูโคสที่มีพันธะแอลฟา-1,6-กลูโคสิดิก มีอยู่ประมาณร้อยละ 5 ของปริมาณหน่วยกลูโคสใน อะไมโลเพกตินทั้งหมด (งามชื่น, 2545)




**ภาพที่ 6 โครงสร้างเชิง**กิ่งของอะไมโลเพกติน

**ที่มา:** อรอนงค์, 2547

**โปรตีน**

โปรตีนเป็นสารประกอบที่มีมากเป็นอันดับสองในเมล็ดข้าว โปรตีนในเมล็ดข้าวจะอยู่เป็นกลุ่ม แทรกตัวอยู่ระหว่างองค์ประกอบของแป้ง โปรตีนในข้าวประกอบด้วยอัลบูมีน (Albumin) โกลบูลีน (Globulin) โพรลามีน (Prolamin) และกลูทีลีน (Glutelin) ข้าวมีโปรตีน กลูทีลีนอยู่ประมาณร้อยละ 80 ของโปรตีนทั้งหมด โกลบูบีนประมาณร้อยละ 10 อัลบูมีนประมาณร้อยละ 5 และโพรลามีนไม่เกินร้อยละ 5 (ซึ่ง Stenvert และ Kingswood (1977) พบว่าโปรตีนดังกล่าวจะเพิ่มความแข็งแรงให้แก่เมล็ดข้าว โดยการยึดเหนี่ยวองค์ประกอบภายในไว้

## ความสำคัญของปลา

ปลาโดยเฉพาะปลาน้ำจืดเป็นอาหารที่สำคัญของคนไทยมานาน เป็นอาหารโปรตีนที่มีราคาถูกที่สุด เมื่อเทียบกับอาหารจำพวกเนื้อสัตว์อื่นๆ ความต้องการโปรตีนเพื่อการบริโภค อย่างถูกหลักโภชนาการของคนไทยนั้นเป็นปัญหาที่นักโภชนาการต้องคิดอีกมากคำกล่าวที่ว่าในน้ำมีปลาในนามีข้าว ซึ่งเป็นคำพูดที่ติดปากคนไทย เป็นที่ทราบกันแล้วว่า อาหารจำพวกโปรตีนซึ่งเป็นอาหารที่ใช้บริโภคเพื่อให้ร่ายกายแข็งแรง เจริญเติบโตสมบูรณ์นั้นส่วนใหญ่มาจากเนื้อสัตว์ต่างๆ เช่น เนื้อหมู เนื้อวัว เนื้อควาย เนื้อเป็ด เนื้อไก่ เป็นต้นแต่การผลิตเนื้อสัตว์พวกนี้มีราคาแพง และมีปัญหาในการเลี้ยงดู ต้องมีการลงทุนที่สูงมาก จึงไม่อาจทำให้เนื้อสัตว์พวกนี้มีบริโภคอย่างเพียงพอและมีราคาถูก พอที่จะให้คนที่มีฐานะยากจน ซึ่งเป็นคนส่วนใหญ่ของประเทศซื้อหามาบริโภคได้อย่างสม่ำเสมอ ทั้งนี้เพราะต้นทุนการเลี้ยงดูสัตว์พวกนี้ค่อนข้างสูง

ปลาเป็นสัตว์น้ำที่มีอยู่อย่างมากมาย สามารถเลี้ยงได้ง่าย ไม่ต้องลงทุนสูง เนื้อปลามีราคาถูก คนทั่วไปสามารถซื้อหามามาบริโภคได้โปรตีนของเนื้อปลามีเท่ากับเนื้อสัตว์อื่นๆ มีคุณค่าทางอาหารและรสชาติที่คนทั่วไปยอมรับ เหมาะอย่างยิ่งที่จะนำมาเป็นอาหารประเภทโปรตีนในสภาพความเป็นอยู่และฐานะของคนไทย ปลาเป็นสัตว์ที่เลี้ยงง่าย ขยายพันธ์ได้ดี ไม่ต้องการลงทุนสูง ใช้บริโภคได้ทุกฐานะ สภาพภูมิประเทศของไทย เหมาะอย่างยิ่ง

ต่อการเลี้ยงปลา เรามีแหล่งน้ำอยู่เป็นจำนวนมาก มีทั้งแหล่งน้ำธรรมชาติ ลำคลอง หนอง บึงและแหล่งน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้น เช่น เขื่อนและอ่างเก็บน้ำ รวมถึงพื้นที่ลุ่มที่สามารถขุดบ่อเลี้ยงปลาได้อย่างมากมาย (นฤมล, 2550)

## โครงสร้างและลักษณะภายนอกของปลา

### โครงสร้างของปลา

โดยทั่วๆ ไปแล้ว เราสามารถแบ่งร่างกายของปลาออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนหัว ส่วนลำตัว และส่วนหาง แต่ละส่วนจะเป็นที่ตั้งของอวัยวะต่าง ๆ ดังนี้ คือ

**ส่วนหัว** เป็นส่วนหน้าสุดของร่างกายปลา พื้นที่ส่วนหัวจะเริ่มนับจากปลายสุดของปากไปจนถึงขอบสุดท้ายของแผ่นปิดเหงือกในปลากระดูกแข็ง หรือจนถึงขอบสุดท้ายของช่องเปิดเหงือกช่องสุดท้าย ในปลากระดูกอ่อน ส่วนหัวเป็นที่ตั้งของอวัยสำคัญ ๆ เช่น ตา ปาก จมูก สมอง ฟัน รูรับน้ำ หนวด ท่อทางเดินอาหาร อวัยวะรับสัมผัสพิเศษ และเกล็ด เป็นต้น บางตำราอาจจะกล่าวไว้ว่าส่วนหัวเป็นส่วนที่เป็นที่ตั้งของอวัยวะรับความรู้สึกเกือบทุกนิด

**ส่วนลำตัว** อยู่ถัดจากส่วนหัว พื้นที่ของส่วนลำตัวนับจากแผ่นปิดเหงือกไปจนถึงบริเวณเส้นตั้งฉากจากรูก้น ส่วนนี้เป็นที่ตั้งของครีบเกือบทุกครีบ ยกเว้นครีบหางและครีบก้น นอกจากนี้ส่วนลำตัวเป็นที่ตั้งของเกล็ด ต่อมเมือก และอวัยวะภายในอีกด้วย

**ส่วนหาง** พื้นที่ส่วนนี้นับจากรูก้นไปจนสุดปลายหาง เป็นที่ตั้งของครีบก้นและครีบหางเมื่อพิจารณาลักษณะภายนอกของปลาแล้วพบว่าจะมีส่วนประกอบที่คล้ายคลึงกันไม่ว่าจะเป็นปลากระดูกอ่อนหรือกระดูกแข็ง ซึ่งลักษณะภายนอกของปลาจะเป็นดัชนีในการบอกถึงลักษณะนิสัย การกินอาหาร และถิ่นที่อยู่อาศัยได้ดีพอสมควร

### ลักษณะภายนอกของปลา

**ปาก** เป็นอวัยวะในการรับอาหาร ลักษณะของปากปลาขึ้นอยู่กับอาหารที่กินและลักษณะนิสัยการกินอาหารเป็นสำคัญ จึงมีผลทำให้ปลาแต่ชนิดมีรูปทรงตำแหน่งที่ตั้งของปากที่แตกต่างกัน เช่น ปลาที่มีนิสัยการกินอาหารตามพื้นดินใต้น้ำ ปากมีตำแหน่งอยู่ทางด้านล่างของส่วนหัว (Inferior month) ปลาที่กินอาหารบริเวณผิวน้ำ ปากมีตำแหน่งอยู่ทางด้านบนของส่วนหัว (Superior mouth) สำหรับปลาที่หากินบริเวณกลางน้ำมีตำแหน่งของปากทางด้านหน้า (Terminal mouth)

**ตา** โดยปกติตาปลาจะตั้งอยู่บริเวณส่วนหัว สำหรับขนาดของตาปลาจะแตกต่างกันตามชนิดของปลา แต่ส่วนใหญ่ตาปลาจะกลมโต ยกเว้นปลาที่อาศัยบริเวณน้ำลึก หรือบริเวณที่ไม่มีแสงสว่าง ตาปลาจะมีขนาดเล็ก หรือบางชนิดอาจไม่มีตาเลยก็ได้ ตาปลาสามารถรับภาพสีได้ โดยจะเห็นสีแดงและสีเหลืองได้ชัดเจนที่สุด แต่จะแยกสีเขียว สีน้ำเงิน และสีดำออกจากกันได้ยาก (สุภาพร, 2542)

**จมูก** ปลาไม่ได้มีจมูกไว้เพื่อหายใจ แต่จะมีจมูกเพื่อการดมกลิ่น เนื่องจากในโพรงจมูกจะมีเส้นประสาทรับกลิ่น ทำให้ปลาสามารถรับกลิ่นได้ดี โดยเฉพาะปลาฉลามสามารถรับกลิ่นได้ไกล ๆ หลายกิโลเมตร

**ครีบอกหรือครีบหู** ปลามีครีบอกเพื่อการว่ายน้ำและหยุดเพื่อบังคับทิศทางการว่ายน้ำ ขนาดและรูปร่างของครีบจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของปลา เช่น ปลานก กระจอกและปลานกฮูกจะมีครีบอกที่ขยายใหญ่เพื่อช่วยในการร่อนไปในอากาศได้ชั่วคราว

**ครีบหลัง** จัดเป็นครีบเดี่ยว ที่ตั้งอยู่บริเวณส่วนหลังของลำตัว ปกติปลาจะมีครีบหลัง 1 อัน แต่มีปลาบางชนิด เช่น ปลาในตระกูลปลาหลัง (Catfish) จะมีครีบหลัง 2 อันหน้าที่ที่สำคัญของครีบหลัง คือ ช่วยในการว่ายน้ำ ปลาบางชนิดครีบหลังเปลี่ยนแปลงไปเป็นครีบไขมัน (กลุ่มปลาดุก) เปลี่ยนเป็นครีบฝอย (กลุ่มปลาทู) หรือเปลี่ยนแปลงไปเป็นแหลม (ปลากระเบน) ไว้สำหรับป้องกันตัว หรือเปลี่ยนแปลงไปเป็นอวัยวะยึดเกาะ (ปลาเหมาฉลาม) หรือเปลี่ยนแปลงไปเป็นอวัยวะสร้างแสง (ปลาทะเลลึก) หรือเปลี่ยนเป็นสายยาว (ปลาทรายแดง ปลาโฉมงาม หรือปลากระดี่) เป็นต้น นอกจากนี้มีปลาบางชนิด เช่น ปลาไหล ปลาจืด และปลาลิ้นหมา ครีบหลังยาวเข้าไปเชื่อมติดกับครีบหาง

**ครีบท้อง** เป็นครีบคู่ ทำหน้าที่ในการทรงตัวและช่วยในการว่ายน้ำ ในปลาบางชนิด เช่น ปลาบู่ ตัวผู้ จะมีครีบท้องที่เปลี่ยนแปลงไปเป็นท่อสำหรับส่งน้ำเชื้อ (Priapium) เพื่อช่วยในการส่งน้ำเชื้อเข้าสู่ตัวเมีย และทำหน้าที่ในการขับถ่ายปัสสาวะ ตำแหน่งที่ตั้งของครีบท้องจะเป็นตัวบอกถึงวิวัฒนาการของปลาได้อีกด้วย เช่น ปลาที่มีครีบท้องใกล้กับรูก้น จัดว่าเป็นปลาที่ค่อนข้างจะโบราณ ส่วนปลาที่มีครีบท้องอยู่บริเวณอกหรือใต้ครีบอกจัดว่าเป็นปลาชั้นสูง สำหรับปลาที่มีครีบท้องอยู่บริเวณใต้คางจัดว่าเป็นปลาที่มีวิวัฒนาการที่สูงที่สุด

**ครีบก้น** เป็นครีบเดี่ยวอยู่ติดกับรูก้น ทำหน้าที่ช่วยในการว่ายน้ำ ปลาบางชนิด เช่น ปลาหางดาบและปลากินยุง ตัวผู้จะมีการเปลี่ยนแปลงของครีบก้นไปเป็นท่อสำหรับส่งน้ำเชื้อ
(Gonopodium หรือ Intermittent) โดยปกติแล้วปลามีครีบก้นเพียงอันเดียว ยกเว้นปลาบางนิด เช่น ปลาชิวแก้วมีครีบก้น 2 อัน นอกจากนี้ยังมีปลาที่ไม่มีครีบก้น เช่น ปลากระเบน เป็นต้น

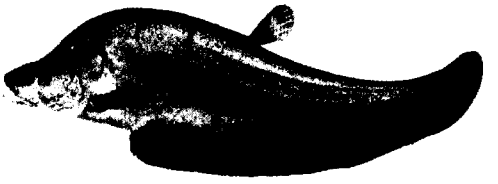
**ครีบหาง** เป็นครีบเดี่ยวที่มีขนาดใหญ่ รูปร่างจะแตกต่างกันตามชนิดของปลาหน้าที่หลักของครีบหางคือช่วยบังคับทิศทางในการเคลื่อนที่

**ครีบไขมัน** เป็นครีบเดี่ยวที่ไม่มีก้านครีบ ตำแหน่งที่พบตั้งอยู่หลังครีบหลังในปลาบางชนิดโดยเฉพาะปลาในกลุ่มปลากด ปลาแขยง

**ครีบฝอย** มักพบอยู่เป็นคู่ กระจายอยู่ทางด้านท้ายของครีบหลังและครีบก้นมีลักษณะเป็นเส้น ๆ มีก้านครีบอ่อนมากมาย พบในกลุ่ม ปลาทู ปลาอินทรีย์ ปลาโอ และปลาสีกุน เป็นต้น

**เส้นข้างลำตัว** ปลาโดยทั่วไปมีเส้นข้างลำตัว 1 คู่ แต่มีปลาบางชนิด เช่นปลานิลมีเส้นข้างลำตัว 2 คู่ ภายในเส้นข้างลำตัวจะมีส่วนของระบบรับความรู้สึก เพื่อบอกให้ปลาทราบถึงสภาพแวดล้อมที่อยู่รอบตัว เช่น อุณหภูมิน้ำ ความดัน ประโยชน์ของเส้นข้างลำตัว คือช่วยในการหาอาหาร หาคู่ หรือเตือนภัย ให้แก่ปลา

**เกล็ดปลา** ปลาบางชนิดมีเกล็ด แต่มีบางชนิดไม่มีเกล็ด (กลุ่มปลา Catfish) เกล็ดปลาทางนำที่ในการป้องกันอันตรายให้กับตัวปลา (นฤมล, 2550)



**ภาพที่ 7 ปลาสลาด**

**ที่มา** : ประทีป, 2556

## ปลาสลาด

ชื่อไทย : สลาด ฉลาด ตอง หางแพน วางอ่อน ชื่อสามัญ : GREY FEATHER BACK

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Notopterus notopterus* ถิ่นอาศัยพบตามแม่น้ำ ลำคลอง หนองบึงและอ่างเก็บน้ำทั่วประเทศ ที่เป็นแหล่งน้ำนิ่งและสะอาด มักอยู่รวมกันเป็นฝูงใหญ่ ๆ มีชื่อเรียกแตกต่างกันไปตามท้องถิ่นที่พบ เช่น ภาคเหนือเรียก “หางแพน” แต่ชาวแม่ฮ่องสอนเรียกว่า “ปลาวาง” ภาคอีสานมีชื่อว่า “ปลาตอง”

### ลักษณะทั่วไป

เป็นปลาน้ำจืดซึ่งมีรูปร่างเหมือนปลากรายแต่มีขนาดเล็กกว่า ลักษณะแตกต่างที่เด่นชัด คือ ปลาสลาดไม่มีจุดสีดำเหนือครีบก้นเหมือนอย่างปลากราย ปลาสลาดมีลำตัวเป็นสีขาวเงินปนเทา ปากกว้างไม่เกินขอบหลังของลูกตา ครีบหลังและครีบอกมีขนาดใกล้เคียงกัน ครีบท้องมีขนาดเล็กมาก ครีบก้นและครีบหางเชื่อมติดกันเป็นแผ่นเดียวกัน โดยทั่วไปมีขนาดความยาว 15 - 20 เซนติเมตร ปลาสลาดเป็นปลาที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่ง และนิยมนำเนื้อไปทำทอดมันแทนเนื้อปลากรายซึ่งมีราคาแพงกว่า นอกจากนี้ยังแปรรูปเป็นอาหารอื่น ๆ ได้อีก เช่น ลูกชิ้นสับนก หรือรมควัน เป็นต้น (ประทีป, 2556) อาหารตามธรรมชาติได้แก่ ลูกกุ้ง ลูกปลา สัตว์น้ำขนาดเล็ก

**พฤติกรรม, อุปนิสัย**

ขี้อาย ตื่นตกใจง่าย ชอบอยู่รวมกันเป็นฝูงเล็ก ๆ และหลบพักตามตอไม้หรือซอกหิน ไม่ชอบแสงสว่างมาก ออกหากินในเวลากลางคืน โดยชอบผุดขึ้นมาฮุบอากาศทำเสียงที่ผิวน้ำและม้วนตัวกลับให้เห็นด้านข้างขาวคล้ายสีเงิน

## กระดูกปลาผง

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 โดยการพัฒนาเป็นปลาผงหรือปลาป่นโดยใช้ปลาหลายๆชนิด เช่น ปลาป่นจากปลาหลังเขียว ปลาป่นจากปลาปากคม ปลาป่นจากกระดูกปลาติดเนื้อของโรงงานซูริมิ ซึ่งส่วนประกอบทางเคมีจะแตกต่างกันไปตามรูปแบบของชนิดวัตถุดิบ การเตรียมวัตถุดิบ อุปกรณ์ที่ใช้ในการระเหยน้ำจากตัวปลา และวิธีการป่น ซึ่งมีค่าส่วนประกอบทางเคมีของปลาป่นโดยปลาป่นจากกระดูกติดเนื้อของโรงงานซูริมิ มีคุณลักษณะทางเคมี ดังนี้

**ตารางที่ 3** ส่วนประกอบทางเคมีของปลาป่นจากกระดูกติดเนื้อ

| 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

## ประโยชน์ของสารอาหารที่มีในกระดูกปลาผง

### โปรตีน

โปรตีน โปรตีนที่มีในกระดูกปลาผงสามารถแบ่งเป็นชั้นของโปรตีนได้ดังนี้ โปรตีนชั้นดี (Complete protein) หรือโปรตีนสมบูรณ์ที่มีคุณภาพสูงในการซ่อมแซมและสร้างเนื้อเยื่อ เนื่องจากมีกรดอะมิโนที่จำเป็นแก่ร่างกายทุกชนิด และมีสัดส่วนที่พอเหมาะกับที่ร่างกายจะนำไปใช้ประโยชน์ได้เต็มที่ โปรตีนประเภทนี้มีอยู่ในอาหารประเภท ปลา เนื้อ นม ไข่ ถั่วเหลือง เป็นต้น โปรตีนชั้นกลาง (Partially complete protein) ที่ได้จากพืช เช่น ผัก และพืชตระกูลถั่วต่างๆ (ยกเว้นถั่วเหลือง) ซึ่งจะช่วยในด้านการเจริญเติบโตและซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอของร่างกายได้แต่ไม่เพียงพอ เนื่องจากขาดกรดอะมิโนบางชนิด โปรตีนชั้นต่ำ (Totally incomplete protein) ไม่สามารถช่วยในด้านการเจริญเติบโตได้ ไม่สามารถซ่อมแซมและสร้างเนื้อเยื่อได้ จัดเป็นโปรตีนไม่สมบูรณ์ ในอาหาร เช่น เจลาติน สกัดจากเอ็นของสัตว์ หรือเซอินที่เป็นโปรตีนจากข้าวโพด เป็นต้น (เสาวนีย์, 2535)

### แคลเซียม

แคลเซียมเป็นแร่ธาตุที่พบมากในร่างกาย แคลเซียมประมาณร้อยละ 99 ในร่างกายจะอยู่ที่กระดูกและฟันในรูปของแคลเซียมฟอสเฟต ที่เหลือจะอยู่ในเนื้อเยื่อและของเหลวของร่างกาย ที่ควบคุมการเผาผลาญแคลเซียมในเลือดถูกควบคุมโดย พาราธัยรอยด์ฮอร์โมน (Parathyroid hormone) สัดส่วนของแคลเซียมต่อฟอสฟอรัสในกระดูกคือ 2:1 แคลเซียมเป็นแร่ธาตุที่มีความสำคัญเพราะเป็นส่วนประกอบของกระดูก จำเป็นในการสร้างกระดูกในวัยเด็ก วัยรุ่น และวัยหนุ่มสาว ช่วยรักษาเนื้อกระดูกในวัยทำงาน รวมทั้งลดการสูญเสียเนื้อกระดูกเมื่ออายุมากขึ้น ในวัยเด็กอัตราการดูดซึมแคลเซียมเพื่อนำไปสร้างกระดูกจะสูงกว่าอัตราการดูดซึมแคลเซียมจากกระดูกเข้าสู่กระแสเลือด แต่ในวัยสูงอายุจะมีการดูดซึมของแคลเซียมจากกระดูกเข้าสู่กระแสเลือดมากกว่า ทำให้กระดูกเปราะง่าย การขาดแคลเซียมเป็นเวลานานจะมีผลทำให้ร่างกายดูดซึมแคลเซียมจากกระดูกนำไปใช้ในอวัยวะอื่น ทำให้กระดูกเปราะได้ (สิริพันธุ์, 2550)

**ตารางที่ 4 แสดงปริมาณแคลเซียมที่พอเพียงในแต่ละวัน (AI) สำหรับคนไทยวัยต่างๆ**

| ช่วงของวัย | | ปริมาณแคลเซียม มิลลิกรัม/วัน |
|---|---|---|
| ทารก | 6-11 เดือน | 270 |
| เด็ก | 1-3 ปี | 500 |
| วัยรุ่น | 9-18 ปี | 1000 |
| ผู้ใหญ่ | 19-50 ปี | 800 |
| | 51-≥71ปี | 1000 |
| หญิงตั้งครรภ์ | ≤18ปี | 1000 |
| | 19-50 ปี | 800 |
| หญิงให้นมบุตร | ≤18ปี | 1000 |
| | 19-50 ปี | 800 |

**ที่มา:** กองโภชนาการ, 2546

จากปริมาณแคลเซียมที่แนะนำต่อวัน ผู้บริโภคอาจจะได้รับไม่เพียงพอหรือได้รับแคลเซียมที่น้อยกว่าที่กำหนด เนื่องจากรับประทานอาหารโดยมิได้คำนึงถึงแคลเซียม ซึ่งการได้รับแคลเซียมวันละ 1200 มิลลิกรัมต่อวันอาจเป็นไปได้ยาก จึงควรเสริมจากผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแปรรูป โดยใช้กระดูกปลาจากโรงงานชูริมินำมาเป็นปลาผง ซึ่งการใช้ปลาผงเป็นส่วนประกอบในอาหารเพียงวันละ 2.5 กรัม (2 ช้อนชา) จะได้แคลเซียมในปริมาณ 362 มิลลิกรัม (กรมประมง, 2541)

**วิธีการทำกระดูกปลาผง**

กรมประมงได้นำเอากระดูกปลาจากโรงงานชูริมิมาทดลองผลิตเป็นปลาผงได้เมื่อปี 2520 มีจุดประสงค์คือ แก้ปัญหาการขาดแคลเซียมในเด็ก (Sada, 1984) เนื่องจากผลิตภัณฑ์ปลาป่นมีโปรตีน พลังงาน ไอโอดีน แคลเซียมและไขมันซึ่งเป็นสารอาหารที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตและซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ ซึ่งปัญหาในการทำปลาป่นจากกระดูกปลาคือ ไม่สามารถทำปลาป่นจากปลาที่มีขนาดใหญ่หรือแข็งได้ โดยงานวิจัยของเอกชัย (2543) กล่าวถึงวิธีการทำให้กระดูกปลานิ่ม 3 วิธีดังนี้

การต้มด้วยน้ำ Lshikawa et. al. (1987) ได้ศึกษาผลการต้มกระดูกปลาแมคเคอเรลในน้ำร้อนที่มีต่อการอ่อนตัวและการละลายของสารอินทรีย์ โดยนำรยางค์ส่วนบนของกระดูกปลาต้มด้วยน้ำกลั่นในหลอดทดลองที่

อุณภูมิ 80-140 องศาเซลเซียส พบว่าเมื่ออุณภูมิสูงขึ้นมีผลให้กระดูกปลาอ่อนตัวเพิ่มขึ้น แต่มีผลทำให้ปริมาณโปรตีน ไขมัน และกลิ่นของปลาลดลง

การให้ความร้อนด้วยไอน้ำยิ่งยวด โดยปกติในการผลิตกระดูกสัตว์ป่นนั้นจะมีการใช้ไอน้ำภายใต้ความดันเพื่อให้กระดูกเกิดการเปราะแตกทำให้ง่ายต่อการบดเป็นผง ดังนั้น Lshikawa et. al. (1990) จึงได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงความแข็งของกระดูกปลาและผลิตผลของเนื้อปลาที่ผ่านไอน้ำร้อนยิ่งยวดที่ความดันต่างๆ โดยตัวอย่างเป็นชิ้นปลาแมคเคอเรลที่มีกระดูกอยู่ตรงกลางขนาด 40x7x7 มิลลิเมตร ผ่านไอน้ำร้อนยิ่งยวดอุณภูมิ 120 องศาเซลเซียส ความดัน 1.2 1.6 และ 1.9 ปอนด์ และอุณภูมิ 130 องศาเซลเซียส ความดัน 1.6 2.0 และ 2.7 ปอนด์ พบว่าไอน้ำมีผลทำให้น้ำหนักโดยรวมของผลิตผลในชิ้นตัวอย่างเพิ่มขึ้น และมีความดันเพิ่มสูงขึ้นจะมีผลต่ออัตราการนิ่มของตัวอย่างด้วย

การใช้กรด Lshikawa et. al. (1989) ได้ทำการศึกษาผลของกรดอะซิติกที่มีต่อการนิ่มและการละลายของสารอินทรีย์ในรยางค์ส่วนบนของกระดูกปลาแมคเคอเรล โดยนำกระดูกปลาแมคเคอเรลมาให้ความร้อนในสารละลายกรดอะซิติกที่ความเข้มข้นร้อนละ 0.00 0.04 0.75 1.50 และ3.00 ที่อุณภูมิ 80 100 120 และ 140 องศาเซลเซียสและเวลาต่างกันพบว่า อุณภูมิเวลาและความเข้มข้นของกรดอะซิตริกจะมีผลต่ออัตราการนิ่มและการละลายของสารอินทรีย์ในกระดูกปลาสูงขึ้นซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัย Watanabe et. al. (1985)

## แนวทางการใช้ประโยชน์จากกระดูกปลาผง

โปรตีนผงจากปลาหากผลิตให้มีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 8 สามารถเก็บได้นานมากกว่า 1 ปี หากผลิตจากวัตถุที่มีไขมันสูงต้องมีการป้องกันการหืนของไขมัน เหมาะสำหรับเก็บสำรองไว้ใช้เป็นอาหารเพิ่มโปรตีน และแคลเซียมในการเตรียมอาหารเพื่อบริโภค และยังเป็นการเสริมปริมาณโปรตีนและแคลเซียมให้พอเพียงกับความต้องการของร่างกายในแต่ละวัน รวมทั้งใช้เป็นอาหารพร้อมบริโภคและขนมขบเคี้ยวต่างๆ การใช้ผลิตภัณฑ์ในปริมาณที่เหมาะสมจะทำให้อาหารที่มีรสชาติอร่อยและมีประโยชน์ต่อร่างกาย (กิติยา, 2544) งานวิจัยในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่ทำจากสัตว์น้ำมีดังนี้

นิติพงศ์ (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 ซึ่งมีการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้แทนครีมเทียมในเครื่องดื่มมอล์ตสกัดรสช็อกโกแลตและกาแฟ จากการทดสอบผู้บริโภคมีการยอมรับแคลเซียมจากปลาทรายแดง

กิติยา (2544) ศึกษาการผลิตคุกกี้เสริมโปรตีนและแคลเซียมจากสัตว์น้ำ โดยการเติมโปรตีนผงที่เตรียมจากปลาแป้นแก้ว ปลาไส้ตัน ปลาดุกอุย หัวกุ้งกุลาดำ และปลาผงกรมประมง พบว่าโปรตีนผงที่ผลิตจากปลาแป้นแก้วมีปริมาณโปรตีนสูงที่สุด คือ ร้อยละ70.12 ส่วนปริมาณแคลเซียมและฟอสฟอรัส พบว่า ปลาผงจากกรมประมงมีปริมาณสูงที่สุด คือ ร้อนละ 12.6 และ 0.46 ตามลำดับ โดยสามารถเสริมโปรตีนผงในผลิตภัณฑ์ได้ที่ระดับร้อยละ 10 ของน้ำหนักแป้ง ซึ่งผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้การยอมรับ

ช่อผกา (2546) ทดลองทำน้ำยาอัดก้อนเสริมแคลเซียมจากก้างปลา พบว่า ก้างปลาชนิดผงมีวิธีการผลิตโดยนึ่งที่ความดัน 15 ปอนด์ นาน 90 นาที และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 5 ชั่วโมง 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

จุรีมาศ (2550) ทดลองทำขนมปังกรอบจากแป้งข้าวหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา พบว่า แป้งข้าวหอมนิลสามารถทดแทนแป้งสาลีในขนมปังกรอบ ร้อยละ 20 ของน้ำหนักแป้งสาลี และสามารถเสริมกระดูกปลาผงในขนมปังกรอบจากแป้งข้าวหอมนิล ร้อยละ 2 ของน้ำหนักทั้งหมด ขนมปังกรอบจากแป้งข้าวหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา หนึ่งหน่วยบริโภค (30 กรัม) ให้คุณค่าทางโภชนาการดังนี้ โปรตีน 3.89 กรัม คาร์โบไฮเดรต 17.51 กรัม ไขมัน 6.45 กรัม เยื่อใย 0.35 กรัม เถ้า 0.89 กรัม ให้พลังงานทั้งหมด 143.64 กิโลแคลอรี่ โดยมี แคลเซียม 37.20 มิลลิกรัมและธาตุเหล็ก 0.53 มิลลิกรัม โดยปริมาณแคลเซียมและธาตุเหล็ก คิดเป็นร้อยละ 4.65 และ 3.53 ของความต้องการปริมาณแคลเซียมและธาตุเหล็กต่อวัน

Chuapoehuk.et al (2001) ศึกษาการทดลองนำแคลเซียมจากเศษเหลือส่วนที่เป็นกระดูกของปลารวมทั้งน้ำมันปลาที่ผลิตจากเศษเหลือปลาทูน่า นำมาผสมในไส้กรอกปลา ซึ่งผู้ทดสอบให้การยอมรับในผลิตภัณฑ์

## น้ำมันทอดอาหาร

ไขมันหรือน้ำมันที่ใช้สำหรับทอดอาหารที่นิยมกันมาก คือ น้ำมันหมูและน้ำมันพืชชนิดต่างๆขึ้นอยู่กับความนิยมของผู้บริโภค ในการทอดอาหารไขมันหรือน้ำมันจะเป็นตัวนำความร้อนทำให้อาหารสุก สมบัติของไขมันหรือน้ำมันทอดอาหารที่ดีต้องมีความคงตัว มีจุดหลอมเหลวต่ำ ทนทานต่อความร้อนได้ถึงอุณหภูมิประมาณ 325-375 องศาฟาเรนไฮต์ และต้องมีสมบัติสัมพันธ์กับอาหารที่ทอด เพราะกลิ่นและรสชาติของไขมันหรือน้ำมันจะติดไปกับอาหารที่ทอดแล้วด้วย (นิธิยา, 2548)

น้ำมันที่ใช้ทอดอาหารมีหลายชนิดขึ้นอยู่กับความนิยมของผู้บริโภค ในการทอดอาหารน้ำมันจะเป็นตัวนำความร้อนทำให้อาหารสุก ช่วยหล่อลื่นไม่ให้อาหารติดกับภาชนะที่ใช้ทอด ทำให้อาหารมีสีและเพิ่มรสชาติ คุณสมบัติของไขมันหรือน้ำมันทอดอาหารที่ดีต้องมีความบริสุทธิ์ และคงตัว มีจุดหลอมเหลวต่ำ ทนทานความร้อนที่อุณหภูมิสูงได้ดี โดยไม่เกิดการสลายตัว อุณหภูมิที่ใช้ทอดต้องไม่สูงกว่าจุดควันของน้ำมันนั้น เพราะจะทำให้เกิดการ

สลายตัวของน้ำมันอย่างรวดเร็ว และจะต้องมีคุณสมบัติสัมพันธ์กับอาหารที่ใช้ทอด เพราะกลิ่นรสของไขมันหรือน้ำมันจะติดไปกับอาหารด้วย (สุชาดา, 2540)

ไขมันและน้ำมันแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติทางฟิสิกส์และทางเคมีเฉพาะและแตกต่างกันซึ่งมีประโยชน์ในการใช้คุณสมบัติดังกล่าวเป็นตัวบ่งชี้ในการวิเคราะห์หาชนิด หรือศึกษาคุณภาพของไขมันและน้ำมันนั้น เช่น ค่าไอโอดีน (Iodine value) จะเป็นค่าบ่งชี้ว่าไขมันหรือน้ำมันมีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเป็นส่วนประกอบอยู่ในโมเลกุลมากน้อยเพียงใด ถ้าค่าไอโอดีนสูงแสดงว่าปริมาณกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวอยู่เป็นปริมาณมากนั้น ยังเป็นตัวบ่งชี้คุณค่าทางโภชนาการของไขมันหรือน้ำมันชนิดนั้นๆด้วย ค่าไอโอดีนของไขมันหรือน้ำมันแต่ละชนิดจะคงที่ ยกเว้นเมื่อไขมันหรือน้ำมันเกิดการเหม็นหืนแบบปฏิกิริยาออกซิเดชั่น (Oxidative rancidity) จะทำให้ค่าไอโอดีนลดลง ค่าความเป็นกรด (Acid value) เป็นตัวบ่งชี้ว่าไตรกลีเซอไรด์ที่มีอยู่ในไขมันหรือน้ำมันถูกทำลาย ด้วยเอนไซม์ไลเปสเป็นกรดไขมันอิสระมากน้อยเพียงใด ถ้าค่าความเป็นกรดสูง แสดงว่าไตรกลีเซอไรด์ถูกทำลายได้เป็นกรดไขมันอิสระมาก ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value) เป็นการวัดปริมาณเปอร์ออกไซด์ที่มีอยู่ในไขมันหรือน้ำมัน เมื่อน้ำมันถูกเก็บไว้ให้สัมผัสกับอากาศจะเกิดการหืนอันเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ชั้นที่พันธะคู่ของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว ดังนั้นไขมันหรือน้ำมันที่กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเป็นส่วนประกอบอยู่ในโมเลกุลมากหรือมีค่าไอโอดีนสูง จะเกิดการหืนแบบปฏิกิริยาออกซิเดชั่นได้ง่าย (Oxidative rancidity)

น้ำมันปาล์ม เป็นน้ำมันที่มีคุณภาพดี มีกลิ่นและรสที่ดี สีมีตั้งแต่สีเหลืองอ่อนไปจนถึงสีส้มเข้ม ค่าความถ่วงจำเพาะ (ที่ 250 องศาเซลเซียส) มีค่าเท่ากับ 0.921-0.925 จุดหลอมเหลวที่ 27-50 องศาเซลเซียส การหักเหของแสง (ที่ 25 องศาเซลเซียส) เท่ากับ 1.453-1.456 ค่าไอโอดีนเท่ากับ 44-54 ค่าเปอร์ออกไซด์เท่ากับ 0.2-0.3 ปริมาณโทโดเฟอรอลร้อยละ 0.03-0.05 โทโดเฟอรอลหรือวิตามินอีละลายได้ดีในไขมันและน้ำมัน มีประโยชน์ช่วยทำหน้าที่เป็นสารต้านออกซิเดชั่นของน้ำมันได้ น้ำมันที่ผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ วิตามินอีจะถูกทำลายประมาณร้อยละ 6 เท่านั้น (นิธิยา, 2529)

## ไขมันหรือน้ำมันทอดอาหาร

ไขมันหรือน้ำมันที่ใช้สำหรับทอดอาหารที่นิยมใช้กันมาก คือ น้ำมันหมูและน้ำมันพืชชนิดต่างๆ ขึ้นอยู่กับความนิยมของบริโภค น้ำมันพืชที่บรรจุขวดจำหน่าย บางยี่ห้อเป็นน้ำมันพืชชนิดเดียว เช่นน้ำมันข้าวโพด น้ำมันถั่วเหลือง หรือน้ำมันงา บางยี่ห้อเป็นน้ำมันพืชผสม อาจเป็นน้ำมันถั่วเหลืองผสมกับน้ำมันรำข้าว หรือผสมกับน้ำมันเมล็ดนุ่น เป็นต้น

ในการทอดอาหารไขมันหรือน้ำมันจะเป็นตัวนำความร้อนทำให้อาหารสุก ช่วยหล่อลื่นไม่ให้อาหารติดกับภาชนะขณะทอด ทำให้อาหารมีสีและเพิ่มรสชาติ สมบัติของไขมันหรือน้ำมันทอดอาหารที่ดีต้องมีความคงตัว มีจุดหลอมเหลวต่ำ ทนทานต่อความร้อนได้ถึงอุณหภูมิประมาณ 325 – 375 องศาฟาเรนไฮต์ และต้องมีสมบัติสัมพันธ์กับอาหารที่ใช้ทอด เพราะกลิ่นและรสชาติของไขมันหรือน้ำมันจะติดไปกับอาหารที่ทอดแล้วด้วย

**การทอดอาหาร**

ไขมันหรือน้ำมันที่มีโมโน- หรือไดกลีเซอไรด์ หรือกรดไขมันอิสระผสมปนอยู่ด้วย จะทำให้เกิดควันได้ง่าย และทำให้อาหารที่ทอดมีกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ติดไป ไขมันหรือน้ำมันที่ผ่านกระบวนการเติมไฮโดรเจนจะมีความคงตัวเพิ่มขึ้น แต่ทำให้จุดหลอมเหลวสูงขึ้นด้วย ในโมเลกุลของไขมันหรือน้ำมันที่ใช้ทอดอาหารควรประกอบด้วย กรดไขมันชนิดอิ่มตัวที่มีจำนวนคาร์บอนน้อย เพื่อให้มีจุดหลอมเหลวต่ำมีความคงตัวดีโดยไม่ต้องผ่านกระบวนการเติมไฮโดรเจน แต่ก็มีข้อเสีย คือ สามารถเกิดการหืน เนื่องจากปฏิกิริยาไฮโดรเจนไลซิสได้ง่ายและทำให้กลิ่นหืนติดไปกับอาหารที่ทอดแล้วด้วย

น้ำมันพืชส่วนใหญ่จะมีปริมารกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวมาก ซึ่งจะไวต่อการเกิดปฏิกิริยาออโตออกซิเดชัน หากไม่มีการเติมสารต้านออกซิเดชันลงไปในน้ำมันนั้นๆ อย่างไรก็ตามในน้ำมันพืชตามธรรมชาติจะมีสารต้องออกซิเดชันธรรมชาติ เช่น วิตามินอี หรือโทโคฟีรอลและ tocotrienols ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นสารต้านออกซิเดชันให้แก่กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวได้ ตัวอย่างของสารประกอบที่เกิดจากปฏิกิริยาออโตออกซิเดชัน ดังแสดงในตารางที่ 5

การทอดอาหารประเภทที่ต้องใช้น้ำมันมากๆ เรียกว่า deep-fat frying หากใช้ความร้อนสูงมากหรือใช้น้ำมันทอดอาหารซ้ำหลายๆ ครั้ง วิตามินอีจะถูกทำลายหมด ทำให้กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวถูกออกซิไดส์และเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันได้ง่าย โดยเฉพาะการทอดอาหารที่มีน้ำมาก เช่นการทอดไก่ผลของปฏิกิริยาจะมีสารประกอบชนิดใหม่เกิดขึ้น ซึ่งสารที่เกิดขึ้นใหม่เหล่านี้เป็นสารพิษต่อร่างกายและบางชนิดก็เป็นสารก่อมะเร็งด้วย ดังนั้นน้ำมันที่เคยใช้ทอดอาหารมาแล้ว 2 – 3 ครั้ง หรือผ่านความร้อนสูงๆ มาแล้ว หากเหลือใช้ควรทิ้ง ไม่ควรนำมากลับใช้ทอดอาหารซ้ำแล้วซ้ำอีก เพราะจะทำให้สารก่อมะเร็งติดปนอยู่ในอาหารที่ทอด ซึ่งจะทำให้ผู้บริโภคมีโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งได้

**ตารางที่ 5 ชนิดของสารประกอบคาร์บอนิลที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาออโตออกซิเดชันของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (ไมโครกรัม/กรัม)**

| กรดโอเลอิก | | กรดลิโนเลอิก | | กรดลิโนเลนิก | |
|---|---|---|---|---|---|
| ชื่อสาร | ปริมาณ | ชื่อสาร | ปริมาณ | ชื่อสาร | ปริมาณ |
| Heptanal | 50 | Pentanal | 55 | Propanal | เป็นสารที่พบมาก |
| Octanal | 320 | Hexanal | 5,100 | 1-Penten-3-one | 30 |
| Nonanal | 370 | Heptanal | 50 | 2tr-Butenal | 10 |
| 2tr-Decenal | 70 | 2 tr-Heptanal | 450 | 2tr-Pentanal | 35 |
| 2tr-Undecenal | 85 | Octanal | 45 | 2e-Pentenal | 45 |
| | | 1-Octen-3-one | 2 | 2tr-Hexanal | 10 |
| | | 2e-Octenal | 990 | 3tr-Hexanal | 15 |
| | | 2tr-Octenal | 420 | 3e-Hexenal | 90 |
| | | 3e-Nonenal | 30 | 2tr-Heptenal | 5 |
| | | 3tr-Nonenal | 30 | 2tr,4e-Heptadienal | 320 |
| | | 2tr-Nonenal | 30 | 2tr,4tr-Heptadienal | 70 |
| | | 2e-Decenal | 20 | 2e,5e-Octadienal | 20 |
| | | 2tr,4tr-Nonadienal | 30 | 3,5-Octadien-2-one | 30 |
| | | 2tr,4e-Decadienal | 250 | 2tr,6e-Nonadienal | 10 |
| | | 2tr,4tr-Decadienal | 150 | 2,4,7-Decadienal | 85 |

* กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวจำนวน 1 กรัม เกิดออโตออกซิไดส์ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ใช้ออกซิเจน 0.5 โมลต่อโมลของกรดไขมัน

**ที่มา** : HADZIYEV (1987)

## การเปลี่ยนแปลงของไขมันและน้ำมันระหว่างการทอด

การไขมันหรือน้ำมันในการทอดอาหาร ระหว่างที่ไขมันและน้ำมันได้รับความร้อนและขณะทอด จะมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นกับโมเลกุลของไตรเอซิลกลีเซอรอล ทำได้เกิดการสสลายตัวที่มีความซับซ้อนเกิดขึ้น เนื่องจาก Thermolytic และ Oxidative reaction ซึ่งจะมีผลกระทบต่อ

ก.คุณค่าทางโภชนาการของไขมันและน้ำมัน ไขมันและน้ำมันที่ผ่านความร้อนสูงอาจทำให้เกิดความเป็นพิษได้ (Toxic effect)

ข.คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของน้ำมันและอาหารที่ทอดในน้ำมัน

การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับไขมันและน้ำมันในขณะทอดอาหารที่เห็นได้ชัดเจน คือ น้ำมันมีสีคล้ำมากขึ้น มีความหนืดเพิ่มขึ้น smoke point ลดลง และเกิดฟองมากขึ้น นอกจากนี้ยังมีปฏิกิริยาของเคมีเกิดขึ้นกับไขมันและน้ำมันเมื่อได้รับความร้อน คือ

ไขมันและน้ำมันถูกไฮโดรไลซ์ได้เป็นกรดไขมันอิสระโมโน-และไดเอซิลกลี -เซอรอล

ไขมันถูกออกซิไดส์ ได้เป็นสารประกอบชนิดใหม่ ได้แก่ ไฮโดรเพอร์ออกไซด์ (Hydroperoxides) อีพอกไซด์ (Epoxides) ไฮดรอกไซด์ (Hydroxides) คีโตน และ conjugated dienoic acid สารประกอบเหล่านี้อาจเกิด fission ได้เป็นส่วนของโมเลกุลที่มีขนาดเล็กลง หรืออาจยังคงอยู่เป็นส่วนหนึ่งในโมเลกุลไตรเอซิลกลีเซอรอล หรืออาจมาจับตัวรวมกัน (Cross-link) ทำให้เกิดเป็นไดเมอร์ (Dimefic) และพอลิเมอร์ (Polymeric tfiacylglycefols)

สารประกอบที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันดังกล่าว สามรถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ

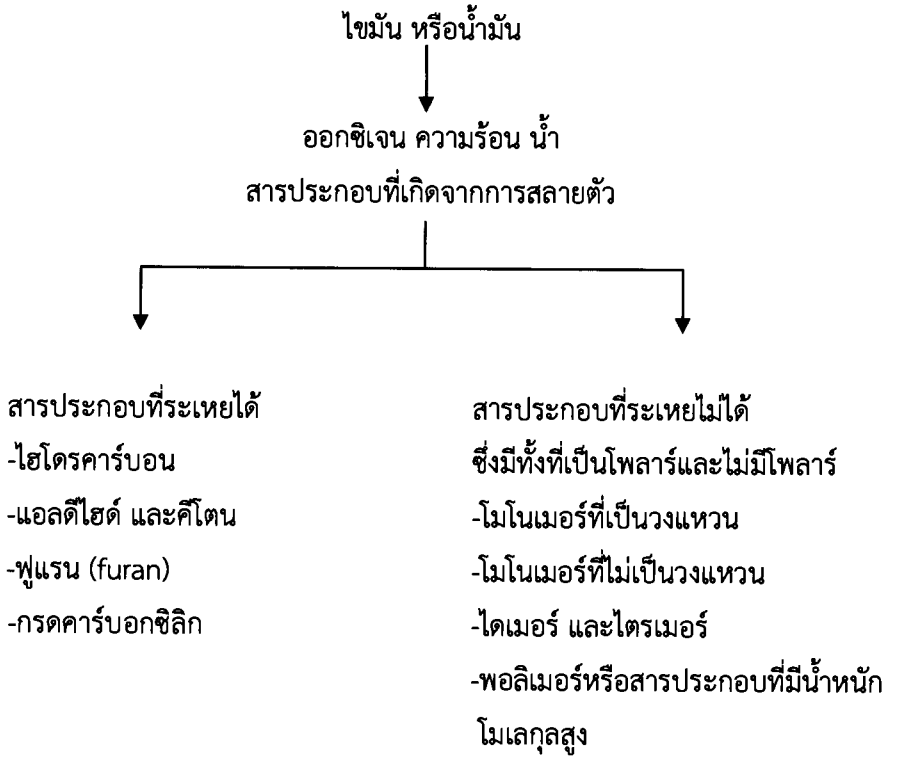
(ก) สารประกอบที่ระเหยได้

(ข) สารประกอบที่เป็นโมโนเมอร์

(ค) สารประกอบที่เป็นพอลิเมอร์

ไขมันและน้ำมันสามารถเกิดพันธะใหม่ระหว่างคาร์บอน-คาร์บอนในภาวะที่ไม่มีออกซิเจนได้ซึ่งถ้าเกิดพันธะใหม่ระหว่างคาร์บอน-คาร์บอนภายในโมเลกุลของกรดไขมันเดียวกันจะทำให้เกิดวงแหวน (cyclic fatty acid) ถ้าเกิดพันธะใหม่ระหว่างคาร์บอน-คาร์บอนจากกรดไขมันต่างโมเลกุลกันจะทำให้เกิดไดเมอร์ หรืออาจเกิดขึ้นได้ระหว่างกรดไขมันที่อยู่ในโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์เดียวกันหรือต่างโมเลกุลกันก็ได้ ซึ่งจะทำให้เกิดเป็นพอลิเมอร์ของสารประกอบที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง

แผนภูมิการเกิด สารประกอบชนิดใหม่ระหว่างการใช้ไขมันและน้ำมันทอดอาหาร มีดังนี้




**ภาพที่ 8 โครงสร้าง**การเกิดสารประกอบชนิดระหว่างการใช้ไขมันและน้ำมันทอดอาหาร

**ที่มา**: นิธิยา, 2548

## อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหาร

อายุการเก็บรักษา หมายถึง ช่วงระยะเวลาของการเก็บรักษาไว้ตั้งแต่ผลิตภัณฑ์นั้นถูกผลิตออกมาจนกระทั่งผลิตภัณฑ์นั้นอยู่ในสภาพที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับ ความสำคัญของการศึกษาอายุการเก็บรักษา สามารถทำให้ผู้ผลิตกำหนดวันหมดอายุของอาหาร เพื่อให้ผู้บริโภคทราบและประกันว่าผลิตภัณฑ์ในช่วงระยะเวลานี้มีคุณภาพตรงตามที่แจ้งไว้ในฉลาก ปัจจัยที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษา คือ ปัจจัยทางกายภาพ และเคมี โดยทั่วไปอายุการเก็บรักษาของอาหารประเภทขบเคี้ยวที่ทำจากธัญพืชและรับประทานได้ทันที มีอายุการเก็บรักษาระหว่าง 6-8 เดือน (สุชาดา, 2541) ซึ่งใกล้เคียงกับที่ Labuza (1982) รายงานไว้ว่าอาหารประเภทธัญพืชพร้อมรับประทานได้ทันทีนั้นมีอายุการเก็บรักษาระหว่าง 6-9 เดือน

# บทที่ 3

# อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

## วัตถุดิบ

- ข้าวเจ้าหอม พันธุ์ดอกมะลิ 105 (Khao Dawk Mali 105)
- ข้าวเหนียวเขี้ยวงู พันธุ์ กข6 (Kiaw Ngu glutinouse rice RD6)
- กระดูกปลาสลาด (Grey Feather Back Fish Bone)
- สารเคมีสำหรับการเตรียมผงแคลเซียมจากกระดูกปลาสลาด ได้แก่ โซเดียมไฮดรอกไซด์
- อาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ ประกอบด้วย

  อาหารสำหรับเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด คือ Plate Count Agar (PCA) (HiMedia)

  อาหารสำหรับเลี้ยงเชื้อยีสต์ รา คือ Potato Dextrose Agar (PDA) (HiMedia)

## อุปกรณ์

- อุปกรณ์สำหรับการเตรียมวัตถุดิบ ได้แก่ อ่างผสม ทัพพี ตะแกรง ถาด เครื่องชั่งดิจิตอล
- อุปกรณ์สำหรับการผลิตข้าวตัง ได้แก่ กะทะ เครื่องปั่น พิมพ์ทรงกลม
- อุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์ทางเคมี จุลินทรีย์ และกายภาพ ได้แก่

  ชุดวิเคราะห์โปรตีน ได้แก่ ชุดย่อยโปรตีน (DK 6, Velp S/N 50826) และชุดกลั่น โปรตีน (Vep 20, Gerhardt, Germany)

  ชุดวิเคราะห์ไขมัน แบบ Soxhlet (MoDEl ser 148, Germany)

  เตาเผา (EF 11/8, Lenton, Germany)

  เครื่องวัดค่า pH (pH meter) (ORION 420A, USA)

  เครื่องปั่นผสมตัวอย่าง (Homogenizer) (IKA, T25basic, Germany)

  ตู้บ่ม (Incubator) (BE 500, Memmert, Germany), ไมโครปิเปต (Gilson)

  เครื่องชั่งไฟฟ้า (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) (ER214C, Explorer Pro, Switzerland)

  ตู้อบไฟฟ้า (Hot air Oven) (FD 115, WTB binder, Germany)

  เครื่องนึ่งฆ่าเชื้อ (Autoclave) (LS-2D, HIRAKAWA SEISAKUSHO, Taiwan)

  เครื่องวัดค่าสี HunterLab, เครื่องวัดค่า Water activity

  อุปกรณ์สำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัส

## วิธีการดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาวิธีการเตรียมและทดสอบคุณภาพวัตถุดิบ

1.1 การเตรียมผงแคลเซียมจากกระดูกปลาสลาด

เตรียมผงแคลเซียมจากกระดูกปลาสลาดโดยดัดแปลงจากวิธีการผลิตของจุรีมาศ (2550) โดยนำกระดูกปลาสลาดมาล้างทำความสะอาด แล้วต้มในน้ำเดือดเพื่อแยกเนื้อปลาส่วนที่เหลือออก ด้วยอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 25-30 นาที จากนั้นเลาะเนื้อปลาที่เหลือออก นำกระดูกปลาสลาดที่ได้แช่สารละลายด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ ร้อยละ 0.8 ใช้ระยะเวลา 2 ชั่วโมง ล้างด้วยน้ำสะอาดหลายๆครั้ง จากนั้นต้มในน้ำเดือดด้วยอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง ต้มซ้ำประมาณ 2-3 ครั้ง นำกระดูกปลาที่ได้ล้างด้วยน้ำสะอาด พักให้สะเด็ดน้ำ จากนั้นนำไปอบด้วยอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที นำกระดูกปลาที่ผ่านการอบมาปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นอาหารแห้งจนละเอียด ร่อนผ่านตะแกรงร่อนแป้งขนาด 30 แมช จะได้ผงแคลเซียมจากกระดูกปลาสลาด ทำการเก็บใส่ภาชนะบรรจุ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

1.2 การตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีผงแคลเซียมจากกระดูกปลาสลาด

1.2.1 แคลเซียม ตามวิธีของ AOAC (2000)

1.2.2 องค์ประกอบทางเคมี (ความชื้น, โปรตีน, เถ้า, ไขมัน, คาร์โบไฮเดรต) ตามวิธีของ AOAC (2000)

2. ศึกษาวิธีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวตังเสริมแคลเซียมจากกระดูกปลาสลาด

2.1 การพัฒนาสูตรพื้นฐานข้าวตัง

2.1.1 คัดเลือกสูตรที่เหมาะสมเพื่อเป็นสูตรพื้นฐานข้าวตัง

คัดเลือกผลิตภัณฑ์ต้นแบบของข้าวตัง จากสูตรพื้นฐาน 3 สูตร ได้แก่ สูตรที่ 1 ดัดแปลงจากศรีสมร (2534), สูตรที่ 2 ดัดแปลงจากทัศนีย์ (2553), สูตรที่ 3 ดัดแปลงจากสุชาดา (2541), โดยทดลองผลิตข้าวตังตามวิธีการของผลิตภัณฑ์ต้นแบบดังกล่าว โดยทั้งสามสูตรการทดลองใช้ข้าวเจ้าหอมพันธุ์ดอกมะลิ 105 และข้าวเหนียวเขี้ยวงูพันธุ์ กข6

2.1.2 การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ข้าวตังสูตรพื้นฐานทั้ง 3 สูตร มาทดสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธีการทดสอบแบบ Hedonic Scaling (9 Scales) พิจารณาทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม โดยใช้ผู้ทดสอบทั่วไปจำนวน 30 คน ให้คะแนนการยอมรับผลิตภัณฑ์จากค่า 1-9 (1

= ไม่ชอบมากที่สุด 5 = เฉย ๆ 9 = ชอบมากที่สุด) (Chamber and Wolf, 1996) เพื่อคัดเลือกสูตรของข้าวตังที่ได้รับคะแนนการยอมรับสูงสุด

2.2 ศึกษาปริมาณการเสริมผงแคลเซียมจากกระดูกปลาสลาดที่เหมาะสม

2.2.1 การผลิตข้าวตังเสริมแคลเซียมจากกระดูกปลาสลาดโดยพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ให้มีแคลเซียมไม่ต่ำกว่า ร้อยละ 20 ของปริมาณที่แนะนำต่อวัน ต่อหนึ่งหน่วยบริโภค (30 กรัม) เป็นจำนวน 3 ตัวอย่าง นำผลิตภัณฑ์ข้าวตังที่ได้รับคะแนนการยอมรับสูงสุดจากข้อ 2.1.2 มาทดสอบโดยการเสริมผงแคลเซียมจากกระดูกปลาสลาดลงในผลิตภัณฑ์ข้าวตัง โดยพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ข้าวตังให้มีแคลเซียมไม่ต่ำกว่า ร้อยละ 20 ของปริมาณที่แนะนำต่อวัน ด้วยปริมาณผงแคลเซียม 3 ระดับ

2.2.2 การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

นำผลิตภัณฑ์ข้าวตังเสริมแคลเซียมจากกระดูกปลาสลาดทั้ง 3 สูตร มาทดสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธีการทดสอบแบบ Hedonic Scaling (9 Scales) พิจารณาทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ให้คะแนนการยอมรับผลิตภัณฑ์จากค่า 1-9 (1 = ไม่ชอบมากที่สุด 5 = เฉย ๆ 9 = ชอบมากที่สุด) (Chamber and Wolf, 1996) เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ข้าวตังเสริมแคลเซียมจากกระดูกปลาสลาดที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

2.2.3 การตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของข้าวตังเสริมแคลเซียมจากกระดูกปลาสลาดตามวิธีของ AOAC (2000)

3. ศึกษาอายุการเก็บรักษา

นำผลิตผลิตภัณฑ์ข้าวตังเสริมแคลเซียมจากกระดูกปลาสลาดที่ได้รับคะแนนการยอมรับสูงสุดมาทำการศึกษาอายุการเก็บรักษา บรรจุตัวอย่างโดยใช้ถุงพลาสติกโพลิเอทิลีน (Polyethylene) เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ทำการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทุก 2 สัปดาห์ เป็นระยะเวลา 2 เดือน โดยมีการทดสอบดังนี้

3.1 คุณภาพทางกายภาพ

3.1.1 การวัดค่า Water activity ($a_w$)

3.1.2 การวัดค่าสี (L*, a*, b*)

3.2 คุณภาพทางจุลินทรีย์

3.2.1 การทดสอบจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ตามวิธีของ AOAC (2000)

3.2.2 การทดสอบจำนวนยีสต์และรา ตามวิธีของ AOAC (2000)

4. การวิเคราะห์ทางสถิติ (Statistical analysis)

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผลทางสถิติ โดยสถิติที่ใช้ในการประเมิน วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) และการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์Randomized Complete Block Design (RCBD) ทำการแปรผลข้อมูลที่ได้โดยวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนแบบทางเดียว (One way ANOVA) และความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทางสถิติโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (Steel and Torrie, 1980) ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปทางสถิติ

# บทที่ 4

# ผลการวิจัย

1. ผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีผงแคลเซียมจากกระดูกปลาสลาด

เตรียมผงแคลเซียมจากกระดูกปลาสลาด โดยนำกระดูกปลาสลาดมาล้างทำความสะอาด แล้วต้มในน้ำเดือดเพื่อแยกเนื้อปลาส่วนที่เหลือออก ด้วยอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 25-30 นาที จากนั้นเลาะเนื้อปลาที่เหลือออก นำกระดูกปลาสลาดที่ได้แช่สารละลายด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ ร้อยละ 0.8 ใช้ระยะเวลา 2 ชั่วโมง ล้างด้วยน้ำสะอาดหลายๆครั้ง จากนั้นต้มในน้ำเดือดด้วยอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง ต้มซ้ำประมาณ 2-3 ครั้ง นำกระดูกปลาที่ได้ล้างด้วยน้ำสะอาด พักให้สะเด็ดน้ำ จากนั้นนำไปอบด้วยอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที นำกระดูกปลาที่ผ่านการอบมาปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นอาหารแห้งจนละเอียด ร่อนผ่านตะแกรงร่อนแป้งขนาด 30 แมช จะได้ผงแคลเซียมจากกระดูกปลาสลาดที่มีลักษณะเป็นผงละเอียด สีขาวนวล โดยมีปริมาณ ความชื้นร้อยละ 6.93 โปรตีน ร้อยละ 21.84 ไขมันร้อยละ 1.56 เถ้าร้อยละ 65.81 คาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 3.86 ฟอสฟอรัส ร้อยละ 10,130 มิลลิกรัม และแคลเซียม 28,330 มิลลิกรัม ใน 100 กรัม

2. ผลการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวตังเสริมแคลเซียมจากกระดูกปลาสลาด

2.1 ผลการพัฒนาข้าวตังสูตรพื้นฐานและการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

จากการทดลองผลิตผลิตภัณฑ์ข้าวตังสูตรพื้นฐาน 3 สูตร โดยสูตรที่ 1 ดัดแปลงจากวิธีการของ ศรีสมร (2534), สูตรที่ 2 ดัดแปลงจากทัศนีย์ (2553), สูตรที่ 3 ดัดแปลงจากสุชาดา (2541), จากนั้นทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยพิจารณาทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ข้าวตังต้นแบบดังกล่าว พบว่า ผลิตภัณฑ์ข้าวตังต้นแบบสูตรที่ 2 ได้คะแนนการยอมรับจากผู้ทดสอบสูงสุด แสดงดังตารางที่ 6 ผลิตภัณฑ์ข้าวตังต้นแบบสูตรที่ 2 ได้รับคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวตังสูตรที่ 1 และข้าวตังสูตรที่ 3 ($p<0.05$) อย่างไรก็ตามคะแนนความชอบด้านกลิ่นของข้าวตังสูตรที่ 2 และข้าวตังสูตรที่ 3 ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$)

**ตารางที่ 6 คะแนนการยอมรับผลิตภัณฑ์ข้าวตัง**

| คุณลักษณะ | ตัวอย่างข้าวตัง | | |
|---|---|---|---|
| | KT-01 | KT-02 | KT-03 |
| ลักษณะปรากฏ | 6.33 ± .154 [b] | 7.50 ± .125 [a] | 6.70 ± .193 [b] |
| สี | 6.53 ± .157 [b] | 7.70 ± .119 [a] | 6.70 ± .167 [b] |
| กลิ่น | 6.30 ± .215 [b] | 7.07 ± .209 [a] | 6.67 ± .221 [ab] |
| รสชาติ | 6.30 ± .160 [b] | 7.57 ± .177 [a] | 6.40 ± .163 [b] |
| ลักษณะเนื้อสัมผัส | 6.00 ± .152 [b] | 7.57 ± .104 [a] | 6.37 ± .131 [b] |
| ความชอบโดยรวม | 6.37 ± .182 [b] | 7.90 ± .100 [a] | 6.30 ± .187 [b] |

**หมายเหตุ** :

*ข้าวสูตรพื้นฐาน 3 สูตร สูตรที่ 1 (KT-01) สูตรที่2 (KT-02) และสูตรที่3 (KT-03)

**ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการทดสอบ 30 ซ้ำ

***ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยในแนวนอนทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

2.2 ผลการศึกษาปริมาณการเสริมผงแคลเซียมจากกระดูกปลาสลาดและการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

จากการทดลองผลิตผลิตภัณฑ์ข้าวตังเสริมแคลเซียมจากกระดูกปลาสลาดโดยพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ที่ได้รับคะแนนการยอมรับสูงสุดจากข้อ 2.1 มาทดสอบโดยการเสริมผงแคลเซียมจากกระดูกปลาสลาดลงในผลิตภัณฑ์ข้าวตัง ให้มีแคลเซียมไม่ต่ำกว่า ร้อยละ 5 ของปริมาณที่แนะนำต่อวัน ต่อหนึ่งหน่วยบริโภค (30 กรัม) เป็นจำนวน 3 ตัวอย่าง ด้วยความเข้มข้น 3 ระดับ คือ เติมผงแคลเซียม ร้อยละ 20 30 และ 40 จากนั้นทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยพิจารณาทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ของผลิตภัณฑ์ข้าวตังเสริมแคลเซียมจากกระดูกปลาสลาด พบว่า ผลิตภัณฑ์ข้าวตังเสริมแคลเซียมจากกระดูกปลาสลาดสูตรที่ 1 (แคลเซียมร้อยละ 20) ได้คะแนนการยอมรับด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมจากผู้ทดสอบสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวตังเสริมแคลเซียมสูตรที่ 2 (แคลเซียมร้อยละ 30) และข้าวตังเสริมแคลเซียมสูตรที่ 3 (แคลเซียมร้อยละ 40) ($p<0.05$) ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 7

**ตารางที่ 7 คะแนนการยอมรับผลิตภัณฑ์ข้าวตังเสริมแคลเซียมจากกระดูกปลาสลาด**

| คุณลักษณะ | ตัวอย่างข้าวตังเสริมแคลเซียมจากกระดูกปลาสลาด | | |
|---|---|---|---|
| | Ca-20 | Ca-30 | Ca-40 |
| ลักษณะปรากฏ | 7.40 ± .113 [a] | 6.23 ± .124 [b] | 5.43 ± .124 [c] |
| สี | 7.30 ± .128 [a] | 6.37 ± .102 [b] | 5.60 ± .091 [c] |
| กลิ่น | 7.50 ± .093 [a] | 6.53 ± .104 [b] | 6.00 ± .152 [c] |
| รสชาติ | 7.67 ± .088 [a] | 6.77 ± .092 [b] | 6.17 ± .084 [c] |
| ลักษณะเนื้อสัมผัส | 7.63 ± .089 [a] | 6.80 ± .088 [b] | 6.20 ± .088 [c] |
| ความชอบโดยรวม | 7.83 ± .069 [a] | 7.07 ± .095 [b] | 6.77 ± .079 [c] |

**หมายเหตุ** :

*ข้าวตังที่มีการเติมผงแคลเซียมจากกระดูกปลาสลาด ร้อยละ 20 (KT-01) 30 (KT-02) และ 40 (KT-03)

**ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการทดสอบ 30 ซ้ำ

***ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยในแนวนอนทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

2.3 ผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของข้าวตังเสริมแคลเซียมจากกระดูกปลาสลาด

จากการนำผลิตภัณฑ์ข้าวตังเสริมแคลเซียมจากกระดูกปลาสลาดสูตรที่ 1 (แคลเซียมร้อยละ 20) ซึ่งได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคสูงสุดมาวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี พบว่า ข้าวตังเสริมแคลเซียมจากกระดูกปลาสลาด ปริมาณหนึ่งหน่วยบริโภค (30 กรัม) มีปริมาณ ความชื้นร้อยละ 2.14 โปรตีนร้อยละ 4.48 ไขมันร้อยละ 3.71 เถ้าร้อยละ 0.61 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 19.05 ฟอสฟอรัสประมาณ 114 มิลลิกรัม และแคลเซียมประมาณ 174 มิลลิกรัม (ให้แคลเซียมร้อยละ 21.75 ของปริมาณที่แนะนำต่อวัน)

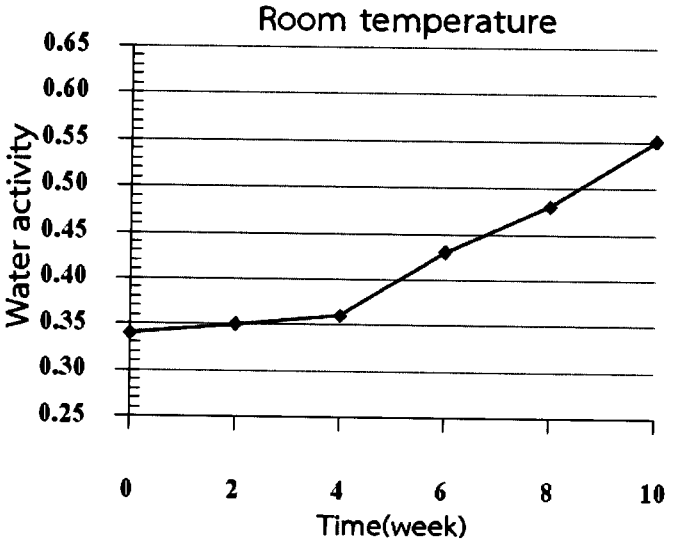
3. ผลการศึกษาอายุการเก็บรักษา

จากการนำผลิตผลิตภัณฑ์ข้าวตังเสริมแคลเซียมจากกระดูกปลาสลาดที่ได้รับคะแนนการยอมรับสูงสุดมาทำการศึกษาอายุการเก็บรักษาโดยการเก็บในรูปแบบบรรจุตัวอย่างโดยใช้ถุงพลาสติกโพลิเอทิลีน (Polyethylene) เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) ทำการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทุก 2 สัปดาห์ (14 วัน) เป็นระยะเวลา 2 เดือน (70 วัน) โดยมีผลการทดสอบดังนี้

3.1 คุณภาพทางกายภาพ

3.1.1 การวัดค่า Water activity ($a_w$)

การเปลี่ยนแปลงค่า Water activity ของผลิตภัณฑ์ข้าวตังเสริมแคลเซียมจากกระดูกปลาสลาดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องในถุงพลาสติก ค่า Water activity มีการเปลี่ยนแปลงไปในทางเดียวกัน คือ มีค่าสูงขึ้น โดยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องในถุงพลาสติกจากสัปดาห์ที่ 0 (0 วัน) ถึงสัปดาห์ที่ 2 (14 วัน) มีค่า Water activity เพิ่มขึ้นเล็กน้อย และหลังจากสัปดาห์ที่ 2 (14 วัน) จนถึงสัปดาห์ที่ 10 (70 วัน) ผลิตภัณฑ์ข้าวตังเสริมแคลเซียมจากกระดูกปลาสลาดมี ค่า Water activity สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง แสดงดังภาพที่ 9 ค่า ตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษาผลิตภัณฑ์ พบว่าค่า Water activity อยู่ในช่วง 0.34 - 0.55 ซึ่งปริมาณค่าดังกล่าวมีผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์ ที่เป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียของอาหาร นิธิยา(2549) รายงานว่า ค่า water activity เขียนย่อว่า $a_w$ เป็นค่าที่แสดงระดับพลังงานของน้ำ มีความสำคัญต่ออายุการเก็บรักษา การเสื่อมเสีย และความปลอดภัยของอาหาร มีค่าตั้งแต่ 0 - 1 ค่า water activity ของอาหารบางชนิดที่อยู่ในช่วง 0.03 - 0.50 จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญได้

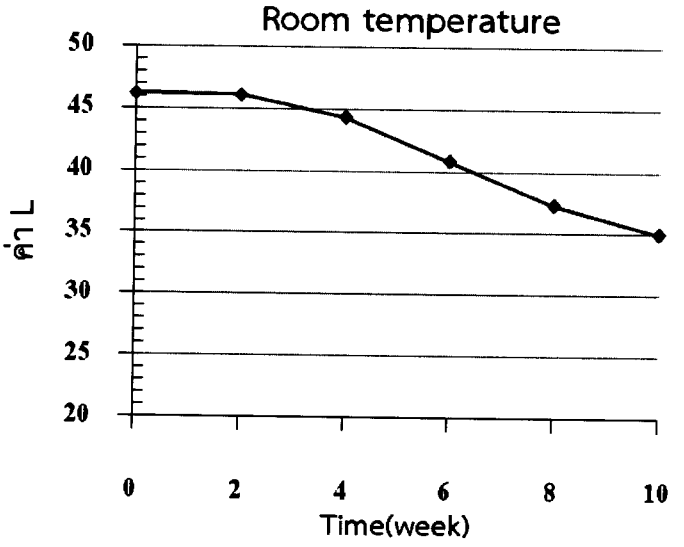



**ภาพที่ 9 การเปลี่ยนแปลงค่า $a_w$ ของผลิตภัณฑ์ข้าวตังเสริมแคลเซียมจากกระดูกปลาสลาด บรรจุในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีน (Polyethylene) เก็บที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส**

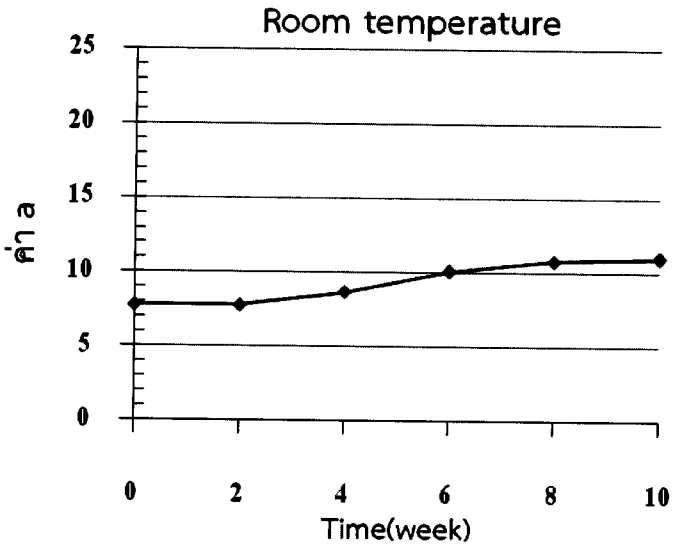
3.1.2 การวัดค่าสี (L* a* b*)

ค่าสี L* a* b* แสดงความสว่างและสีของผลิตภัณฑ์ โดย ค่า L* เป็นการวัดค่าความสว่าง เริ่มจากสีขาวมีค่า *L เท่ากับ 100 จนถึงสีดำที่มีค่า L* เท่ากับ 0 ค่า a* เป็นการวัดค่าของสีแดง ค่า a* เป็นบวก และสีเขียวค่า a* เป็นลบ ค่า b* เป็นการวัดค่าของสีเหลือง ค่า b* เป็นบวก และสีน้ำเงิน ค่า b* ลบ

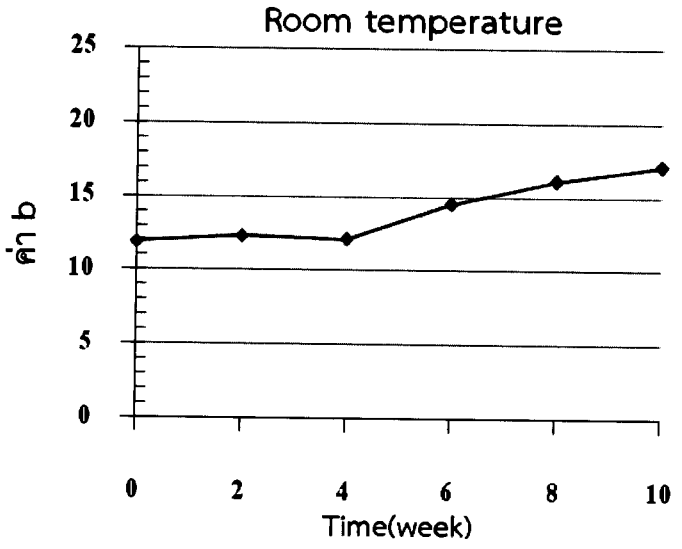
ซึ่งตลอดระยะเวลาในการทำการศึกษาอายุการเก็บรักษาโดยการเก็บในรูปแบบบรรจุถุงพลาสติกที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงคือ มีค่า L* ลดลง ค่า a* และค่า b* มีการเปลี่ยนแปลงไปในทางเดียวกัน คือ มีค่าสูงขึ้น จากการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ พบว่า การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสี ทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำลง มีสีแดงและเหลืองเข้มขึ้น ทั้งนี้อาจเป็น เพราะอุณหภูมิขณะเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่สูงจะเป็นสิ่งเร่งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลของผลิตภัณฑ์อันเนื่องจากอันตรกิริยา (Interaction) ระหว่างน้ำตาลรีดิวซิงกับกรดอมิโนที่มีในอาหารทำให้ผลิตภัณฑ์แห้งมีสีเข้มขึ้น (รุ่งนภา, 2540) แสดงดังภาพที่ 10 ถึง 12 ตามลำดับ




**ภาพที่ 10 การเปลี่ยนแปลงค่า L* ของผลิตภัณฑ์ข้าวตังเสริมแคลเซียมจากกระดูกปลาสลาดบรรจุในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีน (Polyethylene) เก็บที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส**




ภาพที่ 11 การเปลี่ยนแปลงค่า a* ของผลิตภัณฑ์ข้าวตังเสริมแคลเซียมจากกระดูกปลาสลาด บรรจุในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีน (Polyethylene) เก็บที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส




ภาพที่ 12 การเปลี่ยนแปลงค่า b* ของผลิตภัณฑ์ข้าวตังเสริมแคลเซียมจากกระดูกปลาสลาด บรรจุในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีน (Polyethylene) เก็บที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

3.2 คุณภาพทางจุลินทรีย์

3.2.1 การนับจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total viable count: TVC) และจำนวนยีสต์ (yeast) และรา (mold) ระหว่างการเก็บรักษา

การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์และรา ของผลิตภัณฑ์ข้าวตังเสริมแคลเซียมจากกระดูกปลาสลาดระหว่างการเก็บรักษา แสดงดังตารางที่ 8 ผลิตภัณฑ์ข้าวตังมีจำนวน Total viable count ระหว่างการเก็บรักษาสัปดาห์ที่ 0 - 6 มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด น้อยกว่า $1.00 \times 10^4$ CFU/กรัม และผลิตภัณฑ์ข้าวตังมีจำนวน Total viable count เพิ่มขึ้นอย่างช้าๆในระหว่างการเก็บสัปดาห์ที่ 8 - 10 Faithong *et al.* (2010) รายงานว่า การเติมเกลือลงในอาหารมีผลต่อการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการ โดยการลดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ ($A_w$) ของอาหาร จากผลการทดลองผลิตภัณฑ์ข้าวตังเสริมแคลเซียมจากกระดูกปลาสลาด พบว่า มีจำนวน Total viable count เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น อาจเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ ($A_w$) ที่มีผลต่อการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ และจำนวนยีสต์และราของผลิตภัณฑ์ ในระหว่างการเก็บรักษา 4 สัปดาห์แรก ไม่พบการเจริญของยีสต์และรา และมีจำนวนยีสต์และราเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในระหว่างการเก็บรักษาสัปดาห์ที่ 6 -10 โดยข้าวตังที่ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องมีการเพิ่มจำนวนของยีสต์และราในระหว่างการเก็บรักษา ทั้งนี้อาจเนื่องจากระดับอุณหภูมิที่เก็บรักษาซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์ โดยส่วนใหญ่ยีสต์และราจะเจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 25 - 40 องศาเซลเซียส (Maijala *et al.*, 1993)

จากผลการทดลองพบว่า สามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ข้าวตังเสริมแคลเซียมจากกระดูกปลาสลาดที่อุณหภูมิห้องได้เป็นระยะเวลานาน 6 สัปดาห์ โดยไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์ ยีสต์และรา ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากผลิตภัณฑ์มี ค่า Water activity อยู่ในช่วง 0.34 – 0.43 ซึ่งต่ำกว่าระดับที่จุลินทรีย์จะเจริญได้ พิมพ์เพ็ญ (2556) กล่าวว่า อาหารที่มีค่า Water activity อยู่ในช่วง 0.03 – 0.50 จุลินทรีย์ทุกชนิดไม่สามารถเจริญได้

**ตารางที่ 8** จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total viable count) และจำนวนยีสต์ (yeast) และรา (mold) ระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ข้าวตังเสริมแคลเซียมจากกระดูกปลาสลาด บรรจุในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีน (Polyethylene) เก็บที่เก็บที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

| Fermentation time (week) | Room Temperature | |
|---|---|---|
| | Total Viable Count (CFU/g) | Yeast and mold (CFU/g) |
| 0 | $0.07\times10^{4} \pm 0.01$ | $0.00\times10^{4} \pm 0.01$ |
| 2 | $0.16\times10^{4} \pm 0.01$ | $0.00\times10^{4} \pm 0.01$ |
| 4 | $0.43\times10^{4} \pm 0.02$ | $0.00\times10^{4} \pm 0.01$ |
| 6 | $0.57\times10^{4} \pm 0.01$ | $0.06\times10^{4} \pm 0.02$ |
| 8 | $1.03\times10^{4} \pm 0.01$ | $0.59\times10^{4} \pm 0.01$ |
| 10 | $2.15\times10^{4} \pm 0.01$ | $1.00\times10^{4} \pm 0.02$ |

**หมายเหตุ** : ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

# บทที่ 5

# อภิปรายผล บทสรุปและข้อเสนอแนะ

## อภิปรายผล

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวตังเสริมแคลเซียมจากกระดูกปลาสลาด เริ่มต้นจากการเตรียมผงแคลเซียมจากกระดูกปลาสลาด จะได้ผงแคลเซียมที่มีลักษณะเป็นผงละเอียด สีขาวนวล โดยมีปริมาณ ความชื้นร้อยละ 6.93 โปรตีน ร้อยละ 21.84 ไขมันร้อยละ 1.56 เถ้าร้อยละ 65.81 คาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 3.86 ฟอสฟอรัส ร้อยละ 10,130 มิลลิกรัม และแคลเซียมประมาณ 28,330 มิลลิกรัม ใน 100 กรัม จากนั้นทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวตังโดยการพัฒนาข้าวตังสูตรพื้นฐาน 3 สูตร พัฒนาสูตรโดยดัดแปลงจากวิธีการของ สูตรที่ 1 ศรีสมร (2534), สูตรที่ 2 ดัดแปลงจากทัศนีย์ (2553), สูตรที่ 3 ดัดแปลงจากสุชาดา (2541), และจากนั้นทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยพิจารณาทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ของผลิตภัณฑ์ข้าวตังต้นแบบดังกล่าว เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค จากการทดลองพบว่า ผลิตภัณฑ์ข้าวตังต้นแบบสูตรที่ 2 ได้คะแนนการยอมรับจากผู้ทดสอบสูงสุด ทำการทดลองผลิตผลิตภัณฑ์ข้าวตังเสริมแคลเซียมจากกระดูกปลาสลาดโดยพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ที่ได้รับคะแนนการยอมรับสูงสุด มาพัฒนาโดยการเสริมผงแคลเซียมจากกระดูกปลาสลาดลงในผลิตภัณฑ์ข้าวตัง ให้มีแคลเซียมไม่ต่ำกว่า ร้อยละ 20 ของปริมาณที่แนะนำต่อวัน ต่อหนึ่งหน่วยบริโภค (30 กรัม) เป็นจำนวน 3 ตัวอย่าง ด้วยความเข้มข้น 3 ระดับ คือ ร้อยละ 20 30 และ 40 และทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า ผลิตภัณฑ์ข้าวตังเสริมแคลเซียมจากกระดูกปลาสลาดสูตรที่ 1 (แคลเซียมร้อยละ 21.75) ได้คะแนนการยอมรับสูงสุด นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาทำการศึกษาอายุการเก็บรักษาโดยการเก็บในรูปแบบบรรจุถุงพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) ทำการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทุก 2 สัปดาห์ (14 วัน) เป็นระยะเวลา 2 เดือน (70 วัน) พบว่า การวัดค่า Water activity ($a_w$) ของผลิตภัณฑ์ข้าวตัง ตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษาผลิตภัณฑ์ พบว่าค่า Water activity อยู่ในช่วง 0.34 - 0.55 ปริมาณค่าดังกล่าวมีผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียของอาหาร ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของสุชาดา สังขพันธุ์ และคณะ (2541) ที่ทดลองพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวตังหน้าตั้งสำเร็จรูปจากเทมเป้ข้าว ถั่วลิสง และงา เมื่อทดสอบ ค่า water activity พบว่ามีค่า $a_w$ เท่ากับ 0.34 นิธิยา (2549) รายงานว่า ค่า water activity เป็นค่าที่แสดงระดับพลังงานของน้ำมีความสำคัญต่ออายุการเก็บรักษา การเสื่อมเสีย และความปลอดภัยของอาหาร มีค่าตั้งแต่ 0 - 1 ค่า water activity ของอาหารบางชนิดที่อยู่ในช่วง 0.03 - 0.50 จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญได้ ค่าสี L* a* b* พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงคือ มีค่า L ลดลง ค่า a และค่า b มีค่าสูงขึ้น จากการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสี ทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำลง มีสีแดงและเหลืองเข้มขึ้น

ทั้งนี้อาจเป็น เพราะอุณหภูมิขณะเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่สูงจะเป็นสิ่งเร่งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลของผลิตภัณฑ์อันเนื่องจากอันตรกิริยา (Interaction) ระหว่างน้ำตาลรีดิวซิงกับกรดอมิโนที่มีในอาหารทำให้ผลิตภัณฑ์แห้งมีสีเข้มขึ้น (รุ่งนภา, 2540) การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total viable count: TVC) และจำนวนยีสต์ (yeast) และรา (mold) ระหว่างการเก็บรักษา พบว่า สามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ข้าวตังเสริมแคลเซียมจากกระดูกปลาสลาดที่อุณหภูมิห้องได้เป็นระยะเวลานาน 6 สัปดาห์ โดยไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์ ยีสต์และรา ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากผลิตภัณฑ์มี ค่า Water activity อยู่ในช่วง 0.34 – 0.43 ซึ่งต่ำกว่าระดับที่จุลินทรีย์จะเจริญได้

## สรุปผลการวิจัย

ปริมาณผงแคลเซียม มีความสำคัญต่อการยอมรับของผลิตภัณฑ์ข้าวตังเสริมแคลเซียมจากกระดูกปลาสลาด โดยการเติมผงแคลเซียมจากกระดูกปลาสลาดในผลิตภัณฑ์ข้าวตัง ให้มีแคลเซียมไม่ต่ำกว่าร้อยละ 5 ของปริมาณที่แนะนำต่อวัน ต่อหนึ่งหน่วยบริโภค (30 กรัม) การเติมผงแคลเซียม ร้อยละ 20 ของปริมาณที่แนะนำต่อวัน เป็นผลิตภัณฑ์ข้าวตังที่ได้รับคะแนนการยอมรับมากที่สุด โดยผลิตภัณฑ์ข้าวตังมีปริมาณ ความชื้นร้อยละ 2.14 โปรตีนร้อยละ 4.48 ไขมันร้อยละ 3.71 เถ้าร้อยละ 0.61 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 19.05 ฟอสฟอรัส 114 มิลลิกรัม และแคลเซียม 174 มิลลิกรัม (ให้แคลเซียมร้อยละ 21.75 ของปริมาณที่แนะนำต่อวัน) ทำการเก็บรักษา**แบบ**บรรจุในถุงพลาสติก โพลิเอทิลีน (Polyethylene) เก็บที่อุณหภูมิห้อง (30องศาเซลเซียส) เป็นระยะเวลา 2 เดือน ระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ข้าวตังมีค่า Water activity อยู่ในช่วง 0.34 - 0.55 สีของผลิตภัณฑ์ข้าวตังมีสีคล้ำลง มีสีแดงและเหลืองเข้มขึ้น ผลิตภัณฑ์ข้าวตังเสริมแคลเซียมจากกระดูกปลาสลาดสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องได้เป็นระยะเวลานาน 6 สัปดาห์ โดยไม่พบการเจริญของแบคทีเรีย ยีสต์และรา

## ข้อเสนอแนะ

ระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ข้าวตังเสริมแคลเซียมจากกระดูกปลาสลาด อาจมีลักษณะปรากฏที่ไม่พึงประสงค์ของผู้บริโภค เช่น การเกิดกลิ่น รส และเนื้อสัมผัสที่ไม่พึงประสงค์ ซึ่งอาจมาจากการเจริญของจุลินทรีย์ ยีสต์และรา และสาเหตุอื่นๆในระหว่างการเก็บรักษา ดังนั้นจึงอาจนำเทคโนโลยีเฮอร์เดิล (Hurdle Technology) เข้ามาประยุกต์ใช้กับการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ข้าวตังเสริมแคลเซียมจากกระดูกปลาสลาด เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ข้าวตังเสริมแคลเซียมจากกระดูกปลาสลาดต่อไป

# บรรณานุกรม


กรมประมง. 2541. ปลาผงของไทยและแนวทางการใช้ประโยชน์. **โครงการผลิตอาหารโปรตีนผง สถาบันวิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ**. กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพ ฯ.

กองโภชนาการ. 2546. **ปริมาณสารอาหารอ้างอิงที่ควรได้รับประจำวันสำหรับคนไทย พ.ศ.2546**. กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, นนทบุรี.

กิติยา สุวัณณะสังข์. 2544. **การพัฒนากระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์คุกกี้เสริมโปรตีนและแคลเซียมจากสัตว์น้ำ**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ ฯ.

งามชื่น คงเสรี. 2545. **"คุณภาพข้าวสวย"** ในคุณภาพข้าวและการตรวจสอบข้าวปนในข้าวหอมมะลิไทย กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

จุรีมาศ ดีอำมาตย์. 2550. **ขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ช่อผกา สมภพตระกูล. 2546. **น้ำยาก้อนเสริมแคลเซียมจากก้างปลา**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ทัศนีย์ ลิ้มสุวรรณ. 2553. **ภูมิปัญญาอาหารจากข้าว**. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

นฤมล อัศวเกศมณี. 2550. **การเลี้ยงปลาน้ำจืด**. โรงพิมพ์ ภาพพิมพ์ กรุงเทพฯ.

นัชรี อุ่มบางตลาด. 2556. **อาหารว่าง**. สถาบันการศึกษานอกโรงเรียนภาคกลาง. แหล่งที่มา: www.crnfe.ac.th. , 30 มีนาคม 2556.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2548. **วิทยาศาสตร์การอาหารของไขมันและน้ำมัน**. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

นิติพงศ์ จิตรีโภชน์. 2543. **การผลิตแคลเซียมและเจลาตินจากเศษเหลือของโรงงานซูริมิ**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ ฯ.

ประทีป. 2556. **พันธุ์ปลาน้ำจืด**. แหล่งที่มา : www.bestfish4c.com. , 25 มีนาคม 2556.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. 2557. **Water activity**. แหล่งที่มา:www.foodnetworksolution.com. , 15 พฤษภาคม 2557.

พงษ์ธร ลีละยุทธสุนทร. 2547. **ผลของอุณหภูมิและความดันในการหุงข้าวต่อคุณภาพของข้าวหอมมะลิสุก**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. 2546. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนข้าวตังหน้าหมูหยอง**. มผช. 28/2546.

มัทนา แสงจินดาวงษ์. 2545. **ผลิตภัณฑ์ประมงของไทย**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ ฯ.

รุ่งนภา วิสิฐอุดรการ. 2540. **การประเมินอายุการเก็บรักษาของอาหาร.** ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ ฯ. 169 น.

ศรีสมร คงพันธุ์. 2534. **ขนมไทยเล่ม1.** ศูนย์การพิมพ์พลชัย, กรุงเทพ ฯ.

สถาบันวิจัยข้าว. 2545. **อาหารไทย ขนมไทยและเครื่องดื่มจากข้าว.** กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทยจำกัด, กรุงเทพ ฯ.

สิริพันธุ์ จุลกรังคะ. 2550. **โภชนศาสตร์เบื้องต้น.** สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ ฯ

สุชาดา สังขพันธุ์. 2541. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวตังหน้าตั้งสำเร็จรูปจากเทมเป้ข้าว ถั่วลิสง และงา.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เสาวนีย์ จักรพิทักษ์. 2535. **หลักโภชนาการปัจจุบัน.** ไทยวัฒนา, กรุงเทพ ฯ.

เอกชัย จารุเนตรวิลาศ. 2543. **การนำกระดูกปลาโอแถบ *Katsuwenus Pelamis* มาใช้เป็นแหล่งแคลเซียมในอาหารว่าง.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547. **ข้าว : วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.** สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ ฯ

A.O.A.C. 2000. **Official Methods of Analysis.** (17th ed.), Gaithersburg, Maryland: Association of Official Analytical Chemists. Washington D.C.

Chamber IV, E. and M.B. Wolf. 1996. **Sensory testing methods.** 2nd ed. Philadelphia: USA. American Society for Testing and Materials. USA.

Chuapoehuk, P., N. Raksakulthai, and W. Worawattanamateekul. 2001. Process Development of fish sausage. **J. of Food Properties.** 4(3) : 523.

Faithong, N., S. Benjakul, S. Phatcharat and W. Binsan. 2010. Chemical composition and antioxidative activity of Thai traditional fermented shrimp and krill products. **Food Chem.** 119(1): 133-140.

Hadziyev, D. 1987. **Food Chemistry** .Springer Verlag, Berlin, PP. 128-200,472-493.

Labuza, T.P. 1982. Shelf-life of dehydrated food , pp.387-421.InTp.labuza(ed). Shelf-life Deting of **Food. Food and Nutrion press**, Wesport, Connecticut.

Maijala, R.L.., S.H. Eerola, M.A. Aho and J.A. Hirn. 1993. The effect of GDL-induced pH decrease on the formation of biogenic amines in meat. **J. Food Prot.** 56: 125-129.

M. Lshikawa, S. Mori, H. Watanabe and Y. Sakai. 1987. Softening Rate and Solubilizatiun Rate of Organic Matter form Fish Bone. **J. Food Proc. Pros.** 11 : 277-287.

_____ , S. Mori, H. Watanabe and Y. Sakai. 1987. Softening Rate and Solubilizatiun Rate of Softening Matter form Fish Bone. **J. Food Proc. Pros.** 11 : 277-287.

———— , S. Mori, H. Watanabe and Y. Sakai. 1989. Softening of Fish Bonell Solubilizatiun Rate of Organic Matter form Fish Bone. **J. Food Proc. Pros.** 13 : 123-132.

———— , 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.

Sada, M. 1984. Finding Use for Dry Bones. **Food Manufacture.** 56(10) : 61-65.

Steel, R.G.D. and J.H.Torrie. 1980. **Principle and procedure of statistics.** 2nd ed. Mac-Graw Hill. New York.

Watanabe, H., Takewa, M., Takai, R. and Sakai, Y. 1985. Cooking Rate form Fish Bone. **Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries.** 51 : 2047-2050.

# ภาคผนวก

**ภาคผนวก ก สูตรผลิตภัณฑ์ต้นแบบของข้าวตัง**

ข้าวเจ้าสุก 3 ส่วน
ข้าวเหนียวสุก 1 ส่วน

เคี่ยวหัวกะทิ 75 กรัม จนแตกมัน เติมหางกะทิ 30 กรัม

นำกระเทียม 2.5 กรัม, พริกไทย 2 กรัม, รากผักชี 2 กรัม, หอมแดง 3.5 กรัม, หอมหัวใหญ่ 25 กรัม, โขลกละเอียด ลงผัดจนหอม

↓

ใส่เนื้อกุ้งและเนื้อหมูสับ อย่างละ 70 กรัม ผัดจนสุก

↓

ปรุงรสด้วยน้ำปลา 3 กรัม, น้ำตาลทราย 5 กรัม, น้ำมะขามเปียก 5 กรัม

↓

เคี่ยวจนเข้ากัน พักไว้

↓

บดผสมเป็นเนื้อเดียวกัน
อัตราส่วนระหว่างข้าว : น้ำปรุงรส 1:1

↓

อัดใส่พิมพ์

↓

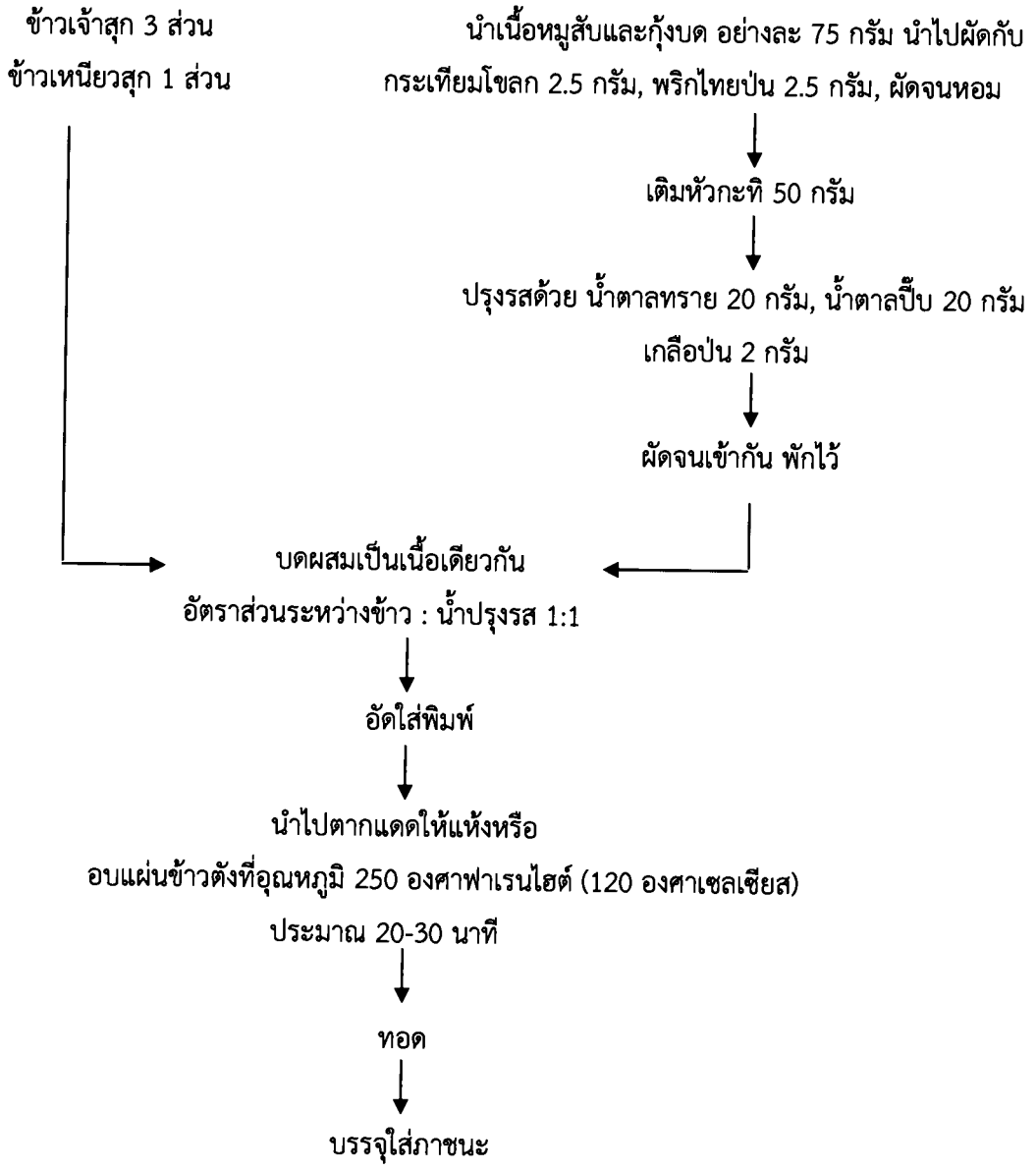
นำไปตากแดดให้แห้งหรือ
อบแผ่นข้าวตังที่อุณหภูมิ 250 องศาฟาเรนไฮต์ (120 องศาเซลเซียส)
ประมาณ 20-30 นาที

↓

บรรจุใส่ภาชนะ

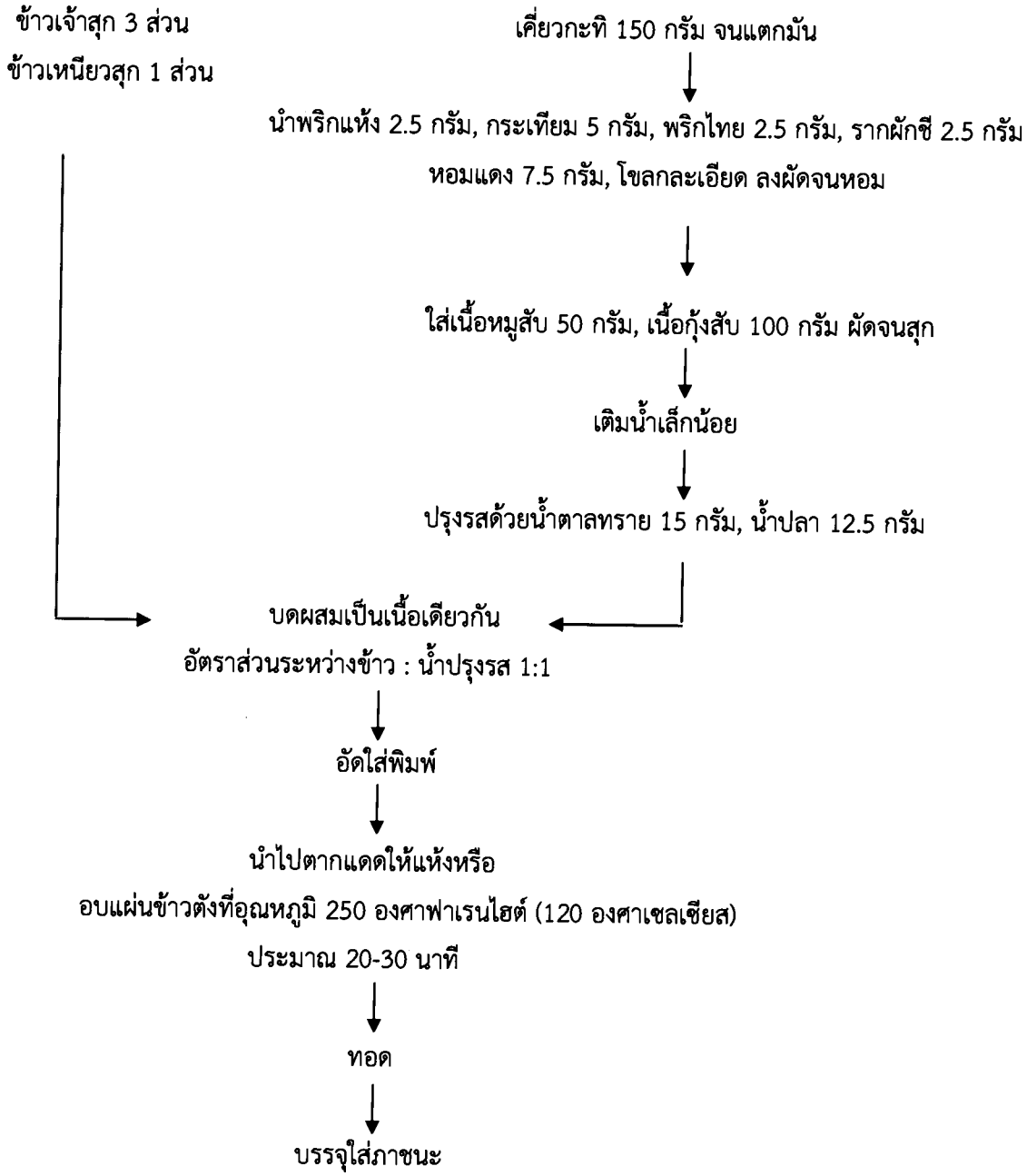
**ภาพที่ 13 กรรมวิธีการผลิตข้าวตังหน้าตั้งสำเร็จรูป สูตรที่ 1**

**ที่มา:** ดัดแปลงจากศรีสมร, 2534



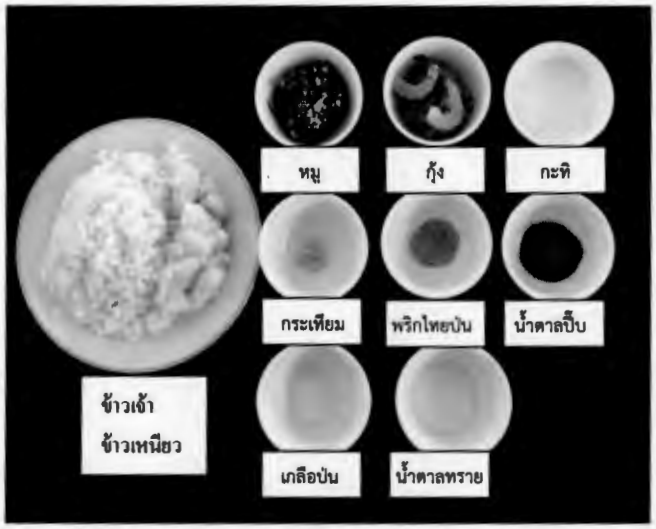

**ภาพที่ 14 กรรมวิธีการผลิตข้าวตังหน้าตั้งสำเร็จรูป สูตรที่ 2**

**ที่มา:** ดัดแปลงจากทัศนีย์, 2553

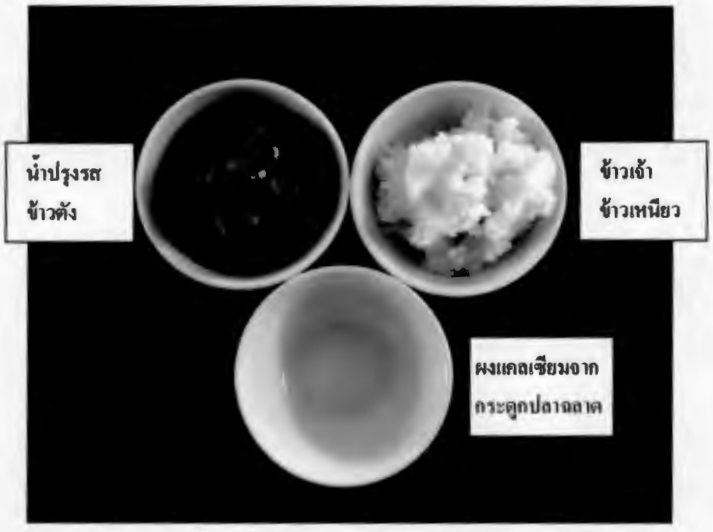



**ภาพที่ 15 กรรมวิธีการผลิตข้าวตังหน้าตั้งสำเร็จรูป สูตรที่ 3**

**ที่มา:** ดัดแปลงจากสุชาดา, 2541




ภาพที่ 16 วัตถุดิบในการผลิตข้าวตังสำเร็จรูป




ภาพที่ 17 วัตถุดิบในการผลิตข้าวตังเสริมแคลเซียมจากการดูกปลาฉลาด

ภาพที่ 18 วิธีการผลิตแผ่นข้าวตังเสริมแคลเซียมจากการดูกปลาฉลาด

ภาพที่ 19 แผ่นข้าวตังเสริมแคลเซียมจากการดูกปลาฉลาด

**ภาคผนวก ข การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์**

## การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์

### 1. Plate Count Agar (PCA)

ประกอบด้วย

| | | |
|---|---|---|
| Casein enzymic hydrolysate | 5.00 | กรัม |
| Yeast extract | 2.50 | กรัม |
| Dextrose | 1.00 | กรัม |
| Agar | 15.00 | กรัม |

ชั่งอาหารสำเร็จรูป 23.5 กรัม ละลายกับน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร ให้ความร้อนเพื่อให้วุ้นละลาย แล้วทำให้ปราศจากเชื้อด้วยการนึ่งฆ่าเชื้อที่ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อ ตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

### 2. Potato Dextrose Agar (PDA)

ประกอบด้วย

| | | |
|---|---|---|
| Potato infusion from | 200.00 | กรัม |
| Dextrose | 20.00 | กรัม |
| Agar | 15.00 | กรัม |

ชั่งอาหารสำเร็จรูป 39.0 กรัม ละลายกับน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร ให้ความร้อนเพื่อให้วุ้นละลาย แล้วทำให้ปราศจากเชื้อด้วยการนึ่งฆ่าเชื้อที่ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที และวางทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส จากนั้นเติมสาร ละลาย Tartaric acid ที่ปราศจากเชื้อ 10 มิลลิลิตร แล้วผสมให้เข้ากัน

**ภาคผนวก ค การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา**

## การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา

### 1. วิธีการตรวจหาปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด (AOAC, 2000)

1.1 การเตรียมตัวอย่างทำโดยชั่งตัวอย่าง 25 กรัม โดยวิธีปราศจากเชื้อ (Aseptictechnicque) แล้วเติมสารละลาย Normal saline (เกลือร้อยละ 0.85) ที่ฆ่าเชื้อแล้วลงไป 225 มิลลิลิตร ปั่นตัวอย่างให้เข้ากันด้วยเครื่องปั่นตัวอย่าง (Stomacher) จะได้สารละลายตัวอย่างที่มีระดับความเจือจาง 1: 10

1.2 ใช้ Pour plate technique โดยการปิเปตต์ตัวอย่างที่ระดับความเจือจางต่างๆ กันปริมาตร 1 มิลลิเมตร ลงในจานเพาะเชื้อที่อบฆ่าเชื้อแล้วแล้ว ค่อยๆ รินอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate count agar ลงไปให้มีปริมาตรประมาณ 18-20 มิลลิลิตร ค่อยๆ เขย่าให้ตัวอย่างและอาหารเลี้ยงเชื้อผสมกันทำซ้ำระดับความเจือจางละ 2 ซ้ำ กลับจานเพาะเชื้อนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นาน 24-48 ชั่วโมง

1.3 คัดเลือกจานเพาะเชื้อที่มีจำนวนโคโลนี อยู่ระหว่าง 30 -300 โคโลนี นับจำนวนด้วยเครื่องนับโคโลนี

1.4 หาค่าเฉลี่ยจำนวนโคโลนีที่นับได้ในแต่ละระดับความเจือจางคูณด้วยค่า Dilution fatorของระดับความเจือจางที่นับได้ คำนวณเป็นจำนวนโคโลนีต่อตัวอย่าง

### 2. วิธีการตรวจหาปริมาณยีสต์และรา (AOAC, 2000)

2.1 เตรียมตัวอย่างอาหารเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด

2.2 ปิเปตต์ตัวอย่างที่เจือจางแล้วปริมาตร 1 มิลลิลิตร (ความเจือจาง $10^{-1}$ - $10^{-5}$) ใส่ลงในจานเพาะเชื้อ ทำซ้ำความเจือจาสงละ 2 จาน จากนั้นเทอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato dextrose ager ที่ปรับ ความเป็นกรด - เบส เท่ากับ 3.5 โดยใช้ Tartaric acid ร้อยละ 10 ที่หลอมละลายและอุณหภูมิประมาณ 45 องศาเซลเซียส ลงในจานเพาะเชื้อจานละประมาณ 15 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ให้แข็งตัว ไม่ต้องกลับจานเพาะเชื้อนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นานประมาณ 2-3 วัน

2.3 นับจำนวนโคโลนีในจานเพาะเชื้อ บันทึกผลแล้วคูณด้วย Dilution factor ของความเจือจางที่นับจำนวนได้ และหาค่าเฉลี่ยจากนั้นคำนวณเป็นโคโลนีต่อกรัมของน้ำหนักตัวอย่าง (CFU/กรัม)

**ภาคผนวก ง การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี**

## การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

### 1. วิธีการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000)

อุปกรณ์

1. ภาชนะอะลูมิเนียม (Moisture can)
2. ตู้อบไฟฟ้า (Hot air oven)
3. โถดูดความชื้น (Desiccator)
4. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง

วิธีการ

1. หาน้ำหนักที่คงที่ของภาชนะอะลูมิเนียม โดยนำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 2-4 ชั่วโมง ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักแล้วนำเข้าตู้อบใหม่ ดำเนินการเหมือนครั้งแรกจนได้น้ำหนักคงที่
2. ชั่งตัวอย่างประมาณ 2 กรัม ใส่ลงในภาชนะอะลูมิเนียม ที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอนแล้ว
3. เกลี่ยตัวอย่างแผ่ออกอย่างสม่ำเสมอให้มีเนื้อที่มากที่สุดเท่าที่จะทำได้
4. นำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 2-4 ชั่วโมง ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักแล้วนำเข้าตู้อบใหม่ ดำเนินการเหมือนครั้งแรกจนได้น้ำหนักคงที่
5. นำผลที่ได้ไปคำนวณปริมาณความชื้นดังนี้

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)} = \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ-น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ})\times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

**2. วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า (AOAC, 2000)**

อุปกรณ์

1. ตู้อบไฟฟ้า (Hot air oven)
2. เตาเผาอุณหภูมิสูง (Muffle furnace)
3. ถ้วยกระเบื้องเคลือบ (Porcelain crucible)
4. โถดูดความชื้น (Desiccator)
5. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง

วิธีการ

1. เผาถ้วยกระเบื้องเคลือบในเตาที่อุณหภูมิ 550 เป็นเวลาประมาณ 3 ชั่วโมง ปิดสวิตช์เตาเผา แล้วรอประมาณ 30 -40 นาที เพื่อให้อุณหภูมิภายในเผาลดลงก่อน แล้วนำออกจากเตา เผาใส่ในโถดูดความชื้น ปล่อยให้เย็นจนถึงอุณภูมิห้องแล้วชั่งน้ำหนัก

2. เผาซ้ำอีกครั้งละประมาณ 30 นาที โดยทำเหมือนวิธีข้อ 1 จนได้ผลต่างของน้ำหนักทั้ง 2 ครั้ง ติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

3. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 2 กรัม ใส่ในถ้วยกระเบื้องเคลือบที่ทราบน้ำหนักแน่นอนแล้ว นำไปเผาในตู้ควันจนหมดควัน แล้วจึงนำเข้าเตาเผาอุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส และทำซ้ำเช่นเดียวกับข้อ 1-2 คำนวนหาปริมาณเถ้าจากสูตร

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณเถ้า (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนเผา}} \times 100$$

**3. วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนโดยวิธีเจลห์ดาล (kjeldahl flask) (AOAC, 2000)**

อุปกรณ์

1. ขวดย่อยโปรตีน (Kjeldahl flask) ขนาด 250 – 300 มิลลิลิตร
2. ชุดกลั่นโปรตีน (Semi-microdistillationn apparatus)
3. ขวดปรับปริมาตร (Volumetric flask) ขนาด 100 มิลลิลิตร
4. ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 500 มิลลิลิตร
5. ปิเปตต์ (Pipette) ขนาด 25 มิลลิลิตร
6. บิวเรตต์ (Burette) ขนาด 25 มิลลิลิตร
7. ลูกแก้ว
8. กระดาษกรอง (Filter paper)

สารเคมี

1. กรดซัลฟุริกเข้มข้น (conc. $H_2SO_4$)
2. สารเร่งปฏิกิริยา ใช้คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4$) 1 ส่วนต่อโพแทสเซียสซัลเฟต($K_2SO_4$) 9 ส่วน
3. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 32 ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ 32 กรัม ละลายในน้ำกลั่นปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร
4. สารละลายกรดบอริกเข้มข้นร้อยละ 2 ละลายกรดบอริก 20 กรัม ด้วยน้ำกลั่นปรับปริมาตรเป็น 1000 มิลลิลิตร
5. สารละลายกรดเกลือเข้มข้น 0.1 นอร์มัล
6. อินดิเคเตอร์ใช้ fashiro indicator เตรียมเป็น stock solution ชั่งเมทิลีนบลู 0.2 กรัม ละลายในเอทานอล 200 มิลลิลิตร และชั่งเมธิลเรด 0.05 กรัม ละลายในเอธานอล 50 มิลิลิตร โดยนำมาผสมในอัตราส่วน stock solution 1 ส่วน : เอทานอล 1 ส่วน : น้ำกลั่น 2 ส่วน

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างบนกระดาษกรองให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 1-2 กรัม ห่อให้มิดชิด ใส่ลงในขวดย่อยโปรตีน
2. เติมสารเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม และกรดซัลฟุริกเข้มข้น 25 มิลลิลิตร นำไปย่อยบนเตาไฟในตู้ควันจนกระทั่งได้สารละลายใส ปล่อยทิ้งไว้ให้เย็น
3. นำไปกลั่น โดยเติมน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 32 ปริมาตร 100 มิลลิลิตร
4. รองรับสิ่งที่กลั่นได้ด้วยสารละลายกรดบอริกเข้มข้นร้อยละ 2 ปริมาตร 50 มิลลิลิตร

5. เติมอินดิเคเตอร์ 2-3 หยด
6. กลั่นโดยให้ส่วนปลายของอุปกรณ์ควบแน่นจุ่มลงในสารละลายกรดบอริก
7. กลั่นจนได้สารละลายในขวดจับแก๊สประมาณ 250 มิลลิลิตร
8. กลั่นประมาณ 10 นาที ล้างปลายอุปกรณ์ควบแน่นด้วยน้ำกลั่นลงในขวดรองรับ
9. ไทเทรตสารละลายที่กลั่นได้กับสารละลายกรดเกลือเข้มข้น 0.1 นอร์มัล จนได้จุดยุติเป็นสีชมพูอ่อน
10. ทำ blank ด้วยวิธีการเดียวกันตั้งแต่ข้อ 2-10

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ )} = \frac{(a-b) \times N \times 14 \times \text{factor}}{W}$$

โดยที่ a = ปริมาณของสารละลายกรดเกลือที่ใช้ในการไทเทรสตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

b = ปริมาณของสารละลายกรดเกลือที่ใช้ในการไทเทรส blank (มิลลิลิตร)

N = ความเข้มข้นของสารละลายกรดเกลือ (นอร์มัล)

W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

Factor = ตัวเลขที่เหมาะสม = 6.25

(น้ำหนักกรัมสมบูรณ์ของไนโตรเจนเท่ากับ 14.007)

**4. วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน (AOAC, 2000)**

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์ชุดสกัดไขมัน (Soxhlet apparatus) ประกอบด้วยบีกเกอร์สำหรับใส่ตัวทำละลายซ็อกเล็ต (Soxhlet) เครื่องควบแน่น (Condenser) และเตาให้ความร้อน
2. หลอดใส่ตัวอย่าง (Extraction thimble)
3. สำลี
4. ตู้อบไฟฟ้า
5. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง
6. โถดูดความชื้น (Desiccator)

วิธีการ

1. อบบีกเกอร์สำหรับหาไขมัน ซึ่งมีขนาดความจุ 150 มิลลิลิตร ในตู้อบไฟฟ้าทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น และชั่งน้ำหนักที่แน่นอน
2. ชั่งตัวอย่างบนกระดาษกรองที่ทราบน้ำหนักประมาณ 1-2 กรัม ห่อให้มิดชิดแล้วใส่ลงในหลอดสำหรับใส่ตัวอย่าง คลุมด้วยสำลีเพื่อให้สารละลายมีการกระจายอย่างสม่ำเสมอ
3. นำหลอดตัวอย่างใส่ลงในซ็อกเล็ต (Soxhlet)
4. เติมปิโตรเลียมอีเทอร์ลงในขวดหาไขมันปริมาณ 50 มิลลิลิตร แล้ววางบนเตาให้ความร้อน
5. ทำการสกัดไขมันเป็นเวลา 45 นาที โดยปรับความร้อนให้หยดของสารที่ละ ลายกลั่นตัวจากอุปกรณ์ควบแน่นอนด้วยอัตรา 150 หยด ต่อนาที
6. ระเหยจนเหลือสารละลายในขวดกลมเพียงเล็กน้อยด้วยเครื่องระเหยตัวที่ละลาย ระเหยจนเหลือสารละลายในขวดกลมเพียงเล็กน้อยด้วยเครื่องระเหยตัวที่ละลาย
7. นำขวดไปอบในตู้ที่อุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียส จนแห้ง ทิ้งให้เย็นในโถดูด ความชื้น
8. ชั่งน้ำหนักแล้วอบซ้ำครั้งละ 30 นาที จนกระทั่งผลต่างของน้ำหนักสองครั้งติด ต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

การคำนวณ

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

**ภาคผนวก จ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนข้าวตังหน้าหมูหยอง**

มผช.๒๘/๒๕๔๖

**มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน**
**ข้าวตังหน้าหมูหยอง**

**๑. ขอบข่าย**

๑.๑ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมเฉพาะข้าวตังหน้าหมูหยองที่ทำ จากข้าวเจ้าเท่านั้น

**๒. บทนิยาม**

ความหมายของคำ ที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ มีดังต่อไปนี้

๒.๑ ข้าวตังหน้าหมูหยอง หมายถึง อาหารว่างที่ได้จากการนำ ข้าวตังมาทอดให้กรอบ ทาด้วย เครื่องปรุงแต่งรส ที่เหมาะสม โรยหน้าด้วยหมูหยองให้ทั่ว แล้วนำ ไปอบที่อุณหภูมิและภายใน ระยะเวลาที่กำหนด

๒.๒ ข้าวตัง หมายถึง ข้าวสุกที่ติดเป็นแผ่นเกรียมอยู่ก้นหม้อหรือกระทะ หรือผลิตภัณฑ์ที่ทำ จากการนำ ข้าวเจ้ามาหุงสุก แล้วทำ ให้เป็นแผ่นบาง โดยอาจนำ มาบดก่อนหรือไม่ก็ได้ ทำ ให้แห้งโดยใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์หรือจากแหล่งพลังงานอื่น

๒.๓ หมูหยอง หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำ จากเนื้อหมูปรุงรส ต้มสุก ทำ ให้เป็นเส้นเล็กๆ แล้วผัดหรือคั่วจนแห้งมีลักษณะเป็นเส้นเล็กๆ หรือเป็นเส้นฝอย

**๓. คุณลักษณะที่ต้องการ**

๓.๑ ลักษณะทั่วไป

ต้องเป็นแผ่น อาจแตกหักได้เล็กน้อย กรอบร่วน หมูหยองเกาะติดแผ่นข้าวตังและกระจายตัว ค่อนข้างสม่ำเสมอ

๓.๒ สี

มีสีสม่ำเสมอ เป็นไปตามธรรมชาติของข้าวตังทอดและหมูหยองที่ใช้

๓.๓ กลิ่นรส

มีกลิ่นรสเฉพาะของส่วนประกอบที่ใช้ทำ และปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์เมื่อตรวจสอบโดยวิธีให้คะแนนตามข้อ ๘.๑ แล้ว ต้องได้คะแนนเฉลี่ยของแต่ละลักษณะจากผู้ ตรวจสอบทุกคน ไม่น้อยกว่า ๓ คะแนน และไม่มีลักษณะใดได้ ๑ คะแนน จากผู้ตรวจสอบคนใดคนหนึ่ง

๓.๔ สิ่งแปลกปลอม

ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบของข้าวตังหน้าหมูหยอง เช่น เส้นผม แมลง ชิ้นส่วนของแมลง

๓.๕ จุลินทรีย์

๓.๕.๑ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องไม่เกิน ๑ x ๑๐$^{๕}$ โคโลนีต่อตัวอย่าง ๑ กรัม

๓.๕.๒ ต้องไม่มีราปรากฏให้เห็นได้อย่างชัดเจน

## ๔. สุขลักษณะ

๔.๑ สุขลักษณะในการทำข้าวตังหน้าหมูหยองให้เป็นไปตามคำแนะนำตามภาคผนวก ก

## ๕. การบรรจุ

๕.๑ ให้บรรจุข้าวตังหน้าหมูหยองในภาชนะบรรจุที่สะอาด แห้ง ผนึกได้เรียบร้อย สามารถป้องกันการ ปนเปื้อนจากสิ่งสกปรกภายนอกได้

๕.๒ น้ำหนักสุทธิของข้าวตังหน้าหมูหยองในแต่ละภาชนะบรรจุ ต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลาก

## ๖. เครื่องหมายและฉลาก

๖.๑ ที่ภาชนะบรรจุข้าวตังหน้าหมูหยองทุกหน่วย อย่างน้อยต้องมี เลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้ง รายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน

(๑) ชื่อผลิตภัณฑ์

(๒) น้ำหนักสุทธิ เป็นกรัม

(๓) วัน เดือน ปีที่ทำ โดยมีข้อความว่า “ผลิต” และวัน เดือน ปีที่หมดอายุ โดยมีข้อความว่า “หมดอายุ” หรือ “ควรบริโภคก่อน (วัน เดือน ปี)”

(๔) ชื่อผู้ทำ หรือสถานที่ทำ พร้อมสถานที่ตั้ง หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน

ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

## ๗. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

๗.๑ รุ่นในที่นี้ หมายถึง ข้าวตังหน้าหมูหยองที่มีส่วนประกอบและกรรมวิธีในการทำเหมือนกันที่หรือส่งมอบหรือซื้อขายในระยะเวลาเดียวกัน

๗.๒ การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้

๗.๒.๑ การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบสิ่งแปลกปลอมการบรรจุและเครื่องหมายและฉลาก ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำ นวน ๕ หน่วย ภาชนะบรรจุเมื่อตรวจสอบแล้วทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ ๓.๔ ข้อ ๕. และข้อ ๖. จึงจะถือว่าข้าวตังหน้าหมูหย่องรุ่นนั้นเป็นไปตามไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

๗.๒.๒ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำ หรับลักษณะทั่วไป สี และกลิ่นรส ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากตัวอย่างที่ผ่านการตรวจสอบตามข้อ ๗.๒.๑ แล้ว ภาชนะบรรจุละ ๑ ชิ้น และถือว่าข้าวตังหน้าหมูหยอง ๑ ชิ้นนั้น

เป็น ๑ ตัวอย่างทดสอบ เมื่อตรวจสอบ แล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ ๓.๑ ถึงข้อ ๓.๓ จึงจะถือว่าข้าวตังหน้าหมูหยองรุ่น นั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

๗.๒.๓ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำ หรับการทดสอบจุลินทรีย์ ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่ม จากรุ่นเดียวกัน จำนวน ๕ หน่วยภาชนะบรรจุ นำ มาทำ เป็นตัวอย่างรวม เมื่อ ตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตาม ข้อ ๓.๕ จึงจะถือว่าข้าวตังหน้าหมูหยองรุ่นนั้น เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

๗.๓ เกณฑ์ตัดสิน

ตัวอย่างข้าวตังหน้าหมูหยองต้องเป็นไปตามข้อ ๗.๒.๑ ข้อ ๗.๒.๒ และข้อ ๗.๒.๓ ทุกข้อ จึงจะถือว่าข้าวตังหน้าหมูหยองรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้

## ๘. การทดสอบ

๘.๑ การทดสอบลักษณะทั่วไป สี กลิ่นรส

๘.๑.๑ ให้แต่งตั้งคณะผู้ตรวจสอบ ประกอบด้วยผู้ที่มีความชำนาญในการตรวจสอบข้าวตังหน้าหมูหยองอย่างน้อย ๕ คน แต่ละคนจะแยกกันตรวจและให้คะแนนโดยอิสระ

๘.๑.๒ วางตัวอย่างข้าวตังหน้าหมูหยองในจานกระเบื้องสีขาว ตรวจสอบโดยการตรวจพินิจ และการชิม

๘.๑.๓ หลักเกณฑ์การให้คะแนน ให้เป็นไปตามตารางที่ ๑

**ตารางที่ ๑ หลักเกณฑ์การให้คะแนนสำ หรับลักษณะทั่วไป สี กลิ่นรส**

(ข้อ ๘.๑.๓)

| สมบัติที่ตรวจสอบ | เกณฑ์กำหนด | ระดับการตัดสิน (คะแนน) | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | ดีมาก | ดี | พอใช้ | ต้องปรับปรุง |
| ลักษณะทั่วไป | ต้องเป็นแผ่น อาจแตกหักได้ เล็กน้อย กรอบร่วน หมูหยองเกาะติด แผ่นข้าวตังและกระจายตัวค่อนข้างสม่ำเสมอ | ๔ | ๓ | ๒ | ๑ |
| สี | มีสีสม่ำเสมอ เป็นไปตามธรรมชาติของข้าวตังทอดและหมูหยองที่ใช้ | ๔ | ๓ | ๒ | ๑ |
| กลิ่นรส | มีกลิ่นรสเฉพาะของส่วน ประกอบที่ใช้ทำ และปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์ | ๔ | ๓ | ๒ | ๑ |

๘.๒ การทดสอบสิ่งแปลกปลอม ภาชนะบรรจุ และเครื่องหมายและฉลาก ให้ตรวจพินิจ

๘.๓ การทดสอบจุลินทรีย์ให้ใช้วิธีทดสอบตาม AOAC หรือ BAM หรือวิธีทดสอบอื่นที่เป็นที่ยอมรับ

๘.๔ การทดสอบน้ำหนักสุทธิให้ใช้เครื่องชั่งที่เหมาะสม

**ภาคผนวก ก.**

**สุขลักษณะ**

(ข้อ ๔.๑)

ก.๑ สถานที่ตั้งและอาคารผลิต

ก.๑.๑ สถานที่ตั้งตัวอาคารและที่ใกล้เคียง ควรอยู่ในที่ที่จะไม่ทำให้ข้าวตังหน้าหมูหย่องที่ผลิตเกิดการปนเปื้อนได้ง่ายโดย

ก.๑.๑.๑ สถานที่ตั้งตัวอาคารและบริเวณโดยรอบ สะอาด ไม่มีน้ำขังแฉะและสกปรก

ก.๑.๑.๒ อยู่ห่างจากบริเวณหรือสถานที่ที่มีฝุ่นมากผิดปกติ

ก.๑.๑.๓ ไม่อยู่ใกล้เคียงกับสถานที่น่ารังเกียจ

ก.๑.๒ อาคารผลิตมีขนาดเหมาะสม มีการออกแบบและก่อสร้างในลักษณะที่ง่ายแก่การบำรุงรักษาการทำความสะอาด และสะดวกในการปฏิบัติงาน โดย

ก.๑.๒.๑ พื้น ฝาผนัง และเพดานของอาคารสถานที่ผลิต ก่อสร้างด้วยวัสดุที่คงทน เรียบทำความสะอาดและซ่อมแซมให้อยู่ในสภาพที่ดีตลอดเวลา

ก.๑.๒.๒ ควรแยกบริเวณผลิตข้าวตังหน้าหมูหยองออกเป็นสัดส่วน ไม่อยู่ใกล้ห้อง สุขา ไม่มีสิ่งของที่ไม่ใช้แล้วหรือไม่เกี่ยวข้องกับการผลิตอยู่ในบริเวณผลิต

ก.๑.๒.๓ พื้นที่ปฏิบัติงาน ควรมีบริเวณเพียงพอ แสงสว่าง และการระบายอากาศที่เหมาะสม

ก.๒ เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ในการผลิต

ก.๒.๑ ภาชนะหรืออุปกรณ์ในการผลิตที่สัมผัสกับข้าวตังหน้าหมูหยอง ทำ จากวัสดุมีผิวเรียบ ไม่เป็นสนิม ล้างทำ ความสะอาดได้ง่าย

ก.๒.๒ เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ที่ใช้ สะอาด และเหมาะสมกับการใช้งาน ไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนติดตั้งได้ง่าย มีปริมาณเพียงพอ รวมทั้งสามารถทำ ความสะอาดได้ง่ายและทั่วถึง

ก.๓ การควบคุมกระบวนการผลิต

ก.๓.๑ วัตถุดิบและส่วนผสมในการผลิตข้าวตังหน้าหมูหยอง สะอาด มีคุณภาพดี

ก.๓.๒ การผลิต การเก็บรักษา ขนย้าย และขนส่งผลิตภัณฑ์ข้าวตังหน้าหมูหยอง ให้มีการ ป้องกันการปนเปื้อนและการเสื่อมเสียของข้าวตังหน้าหมูหยอง

ก.๔ การสุขาภิบาล การบำรุงรักษา และการทำ ความสะอาด

ก.๔.๑ น้ำ ที่ใช้ล้างทำ ความสะอาดเครื่องมือ เครื่องจักร อุปกรณ์ และมือผู้ทำข้าวตังหน้าหมู หยองเป็นน้ำสะอาดและมีปริมาณเพียงพอ

ก.๔.๒ มีวิธีการป้องกันและกำ จัดสัตว์นำ เชื้อ แมลงและฝุ่นผง ไม่ให้เข้าในบริเวณผลิตตามความเหมาะสม

ก.๔.๓ มีการกำจัดขยะ สิ่งสกปรก และน้ำทิ้งอย่างเหมาะสม เพื่อไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนกลับลงสู่ข้าวตังหน้าหมูหยอง

ก.๔.๔ สารเคมีที่ใช้ล้างทำ ความสะอาด และใช้กำ จัดสัตว์นำ เชื้อและแมลง ใช้ในปริมาณที่ เหมาะสม และเก็บแยกจากบริเวณที่ผลิตข้าวตังหน้าหมูหยอง เพื่อไม่ให้ปนเปื้อนลงสู่ ข้าวตังหน้าหมูหยองได้

ก.๕ บุคลากรและสุขลักษณะผู้ปฏิบัติงาน ผู้ทำ ข้าวตังหน้าหมูหยองทุกคนควรรักษาความสะอาดส่วนบุคคลให้ดี เช่น สวมเสื้อผ้าที่สะอาด มีผ้าคลุมผมเพื่อป้องกันไม่ให้เส้นผมหล่นลงในข้าวตังหน้าหมูหยอง ไม่ไว้เล็บยาว ล้างมือให้สะอาดก่อน สัมผัสข้าวตังหน้าหมูหยองทุกครั้ง

# ประวัติผู้วิจัย


1. **ชื่อ-นามสกุล** (ภาษาไทย) นางสาวผกาวดี เอี่ยมกำแพง

   **ชื่อ-นามสกุล** (ภาษาอังกฤษ) Pakawadee Iamkampang

2. **หมายเลขบัตรประชาชน** 18603 00022 639

3. **ตำแหน่งปัจจุบัน** อาจารย์

4. **หน่วยงานและสถานที่อยู่ติดต่อได้สะดวก** สาขาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม อ. เมือง จ. พิษณุโลก 65000
   โทรศัพท์ 055-267-106 โทรศัพท์มือถือ 08-7088-4512
   E-mail : Pakawadee.00@hotmail.com

**ที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก** สาขาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม อ. เมือง จ. พิษณุโลก 65000


5. **ประวัติการศึกษา**

| วุฒิการศึกษา | จากสถาบัน | สาขาวิชา | ปีที่จบการศึกษา |
|---|---|---|---|
| วท.บ. คหกรรมศาสตร์ | มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา | คหกรรมศาสตร์ | 2550 |
| วท.ม. อาหารและโภชนาการ | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ | อาหารและโภชนาการ | 2553 |

6. **สาขาวิชาที่มีความชำนาญพิเศษ** อาหารและโภชนาการ

7. **ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่**

| ปี | สถานะ | เรื่อง (แหล่งทุน) |
|---|---|---|
| 2553 | หัวหน้าโครงการ | ผลของเกลือและซูโครสต่อการหมักและการยอมรับของกุ้งส้มที่ผลิตจากกุ้งขาว(สกว.) |
| 2553 | หัวหน้าโครงการ | การศึกษารูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญในวิชางานคหกรรมในชีวิตประจำวัน (มรพส.) |
| 2555 | หัวหน้าโครงการ | การพัฒนาสื่อการสอนในการเรียนรายวิชางานคหกรรมในชีวิตประจำวัน (มรพส.) |

1. **ชื่อ-นามสกุล** (ภาษาไทย) นางโสรัจ วรชุม อินเกต
**ชื่อ-นามสกุล** (ภาษาอังกฤษ) Soraj Varachum Inget
2. **หมายเลขบัตรประชาชน** 3539900253094
3. **ตำแหน่งปัจจุบัน** อาจารย์
4. **หน่วยงานและสถานที่อยู่ติดต่อได้สะดวก** สาขาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม อ. เมือง จ. พิษณุโลก 65000
โทรศัพท์ 055-267-106 โทรศัพท์มือถือ 08-9461-0232
E-mail : bsorat5@hotmail.com

**ที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก** สาขาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม อ. เมือง จ. พิษณุโลก 65000

5. **ประวัติการศึกษา**

| วุฒิการศึกษา | จากสถาบัน | สาขาวิชา | ปีที่จบการศึกษา |
|---|---|---|---|
| ศศ.บ บ้านและชุมชน | มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ | บ้านและชุมชน | 2527 |
| คศ.ม. คหกรรมศาสตร์ | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ | อาหารและโภชนาการ | 2536 |

6. **สาขาวิชาที่มีความชำนาญพิเศษ** อาหารและโภชนาการ

7. **ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่**

| ปี | สถานะ | เรื่อง (แหล่งทุน) |
|---|---|---|
| 2553 | ผู้ร่วมโครงการ | ข้าวตูสองแคว (สกอ.) |