การนำกระดูกปลาโอแถบ *Katsuwonus pelamis* มาใช้เป็นแหล่งแคลเซียมในอาหารว่าง

นายเอกชัย จารุเนตรวิลาส

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2543
ISBN 974-13-0480-3
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

UTILIZATION OF SKIPJACK TUNA *Katsuwonus pelamis* BONE AS CALCAIUM SOURCE IN SNACKS

Mister Akachai Jarunatvilat

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Food Technology
Department of Food Technology
Faculty of Science
Chulalongkorn University
Academic Year 2000

ISBN 974-13-0480-3

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การนำกระดูกปลาโอแถบ *Katsuwonus pelamis* มาใช้เป็นแหล่งแคลเซียมในอาหารว่าง
โดย	นายเอกชัย จารุเนตรวิลาส
สาขาวิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร. รมณี สงวนดีกุล

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

……..คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร. วันชัย โพธิ์พิจิตร)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

……...ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. พัชรี ปานกุล)

……...อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ ดร. รมณี สงวนดีกุล)

……กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. วรรณา ตุลยธัญ)

……กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุเมธ ตันตระเธียร)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เอกชัย จารุเนตรวิลาส : การนำกระดูกปลาโอแถบ *Katsuwonus pelamis* มาใช้เป็นแหล่งแคลเซียมในอาหารว่าง. (UTILIZATION OF SKIPJACK TUNA *Katsuwonus pelamis* BONE AS CALCIUM SOURCE IN SNACKS) อ. ที่ปรึกษา : ดร. รมณี สงวนดีกุล, 101 หน้า. ISBN 974-13-0480-3.

งานวิจัยนี้ศึกษาการเตรียมกระดูกปลาทูน่าและการนำมาใช้ในอาหารว่าง ซึ่งผลิตภัณฑ์อาหารว่างที่เลือกศึกษาคือ คุกกี้และกรอบเค็ม กระดูกปลาทูน่าที่วิจัยเป็นพันธุ์โอแถบ *Katsuwonus pelamis* จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของกระดูกปลาทูน่าหลังจากล้างน้ำแล้วพบว่ากระดูกปลาทูน่ามีแคลเซียมและฟอสฟอรัสสูงถึง 24.48 และ 10.12% ตามลำดับ โดยการเตรียมกระดูกปลาทูน่าก่อนเสริมในผลิตภัณฑ์จะผ่านการให้ความร้อนด้วยไอน้ำเพื่อสะดวกในการบดที่อุณหภูมิ 120 125 และ 130 องศาเซลเซียส เวลา 30 40 50 และ 60 นาที พบว่าที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที กระดูกปลาทูน่าอ่อนตัวลงมากที่สุด หลังจากการให้ความร้อนด้วยไอน้ำแล้ว นำกระดูกไปอบด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาดที่อุณหภูมิ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส เวลา 1 1.5 2 2.5 และ 3 ชั่วโมง พบว่าอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 1.5 ชั่วโมง ทำให้กระดูกปลามีความชื้นก่อนบดและหลังบดผ่านตะแกรง 70 mesh ต่ำกว่า 8% เมื่อนำกระดูกปลาทูน่าผงมาเก็บรักษาในถุง OPP/Metallized/PP ในสภาวะสุญญากาศ กระดูกปลาทูน่าผงสามารถเก็บรักษาได้ประมาณ 11 เดือน และนำกระดูกปลาทูน่าผงที่แปรอนุภาค 50 60 และ 70 mesh ปริมาณ 40 และ 50% โดยน้ำหนักแป้ง มาเสริมในคุกกี้ต้นแบบ พบว่ากระดูกปลาทูน่าผงมีผลทำให้คุกกี้มีแรงต้านและความหนาแน่นเพิ่มขึ้น อัตราส่วนการแผ่ตัวลดลง การเสริมกระดูกปลาผงที่มีอนุภาคขนาด 50 mesh ปริมาณ 50% โดยน้ำหนักแป้ง ผู้บริโภคยังสามารถยอมรับได้ โดยมีแคลเซียมและฟอสฟอรัสสูงถึง 3.12 และ 2.03 % ตามลำดับ นอกจากนี้ได้นำกระดูกปลาทูน่าผงขนาดอนุภาค 50 60 และ 70 mesh ปริมาณ 10 และ 20% โดยน้ำหนักแป้ง มาเสริมในกรอบเค็ม พบว่าการเสริมกระดูกปลาทูน่าผงที่มีอนุภาคขนาด 50 mesh ปริมาณ 20% โดยน้ำหนักแป้ง ผู้ทดสอบยังสามารถยอมรับได้ โดยมีแคลเซียมและฟอสฟอรัสสูงถึง 2.03 และ 1.08% ตามลำดับ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา……เทคโนโลยีทางอาหาร… ลายมือชื่อนิสิต…….
สาขาวิชา…..เทคโนโลยีทางอาหาร… ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา…….
ปีการศึกษา…2543……

4072475423 : MAJOR FOOD TECHNOLOGY
KEYWORD: FISH BONE / HYDROXYAPATITE / FLUORAPATITE / CALCIUM SOURCE
AKACHAI JARUNATVILAT : UTILIZATION OF SKIPJACK TUNA *Katsuwonus pelamis* BONE AS CALCIUM SOURCE IN SNACKS, THESIS ADVISER : ROMANEE SANGUANDEEKUL, Ph. D. , 101 pp. ISBN 974-13-0480-3

The tuna bone preparation and application of the treated bone in snacks was studied. Cookies and caramel snack were chosen as snacks in this study. The chemical composition of the bone after washing (cleaning) were 24.48% calcium and 10.12% phosphorus. The bone was treated with steam at 120 °C 125 °C and 130 °C for 30 40 50 and 60 °C min before grinding. The result showed that heating at 130 °C for 30 min was the best condition to soften the bone. After steam treatment the bone was dried at 50 °C 60 °C and 70 °C for 1 1.5 2 2.5 and 3 hr in the tray dryer. The dried bone, which moisture content was less than 8%, was ground and passed through 70 mesh screen. It was found that drying at 60 °C for 1.5 hr was the best condition. The pulverized bone was packed in OPP/Metallized/PP under vacuum condition and could be stored for 11 months. The ground tuna bone at particle size of 50 60 and 70 mesh was supplemented into the cookies at level of 40 and 50% by flour weight. The supplementary cookies had higher resistance force and density but lower spread ratio. Addition of 50 mesh tuna bone at 50% by flour weight resulted in the acceptable product with 3.12% calcium and 2.02% phosphorus. The ground tuna bone at particle size of 50 60 and 70 mesh was also added to Thai caramel snack at the level of 10 and 20% by flour weight. The product with the addition of 50 mesh particle size at 20% by flour weight was acceptable and it had 2.03% calcium and 1.08 % phosphorus.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department……...Food Technology…... Student' signature……...
Field of student… Food Technology…... Advisor' signature……...
Academic……..2000……

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จขึ้นมาได้เนื่องจากความกรุณาของอาจารย์ ดร. รมณี สงวนดีกุล ที่คอยให้คำปรึกษา กำลังใจ และห่วงใยมาตลอดการทำวิทยานิพนธ์ จึงขอกราบขอบพระคุณอาจารย์มา ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.พัชรี ปานกุล ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุเมธ ตันตระเธียร และรองศาสตราจารย์ ดร. วรรณา ตุลยธัญ ที่ได้สละเวลามาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณบริษัทไทยยูเนี่ยน โฟรเซ่น โปรดักส์ จำกัด (มหาชน) ที่ให้ความอนุเคราะห์กระดูกปลาโอแถบ รวมทั้งคุณพิพัฒน์ ฤาชัย ที่ช่วยจัดการนำกระดูกปลาโอแถบมาให้วิจัย

ขอขอบคุณสถาบันราชภัฏจันทรเกษมที่ให้ความอนุเคราะห์ให้ใช้เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัสอาหาร

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณพ่อ แม่ ที่อบรมเลี้ยงดูและสั่งสอนข้าพเจ้าจนสำเร็จการศึกษามหาบัณฑิต รวมทั้งพี่ น้อง และเพื่อน ๆ ที่ช่วยเอื้อเฟื้อ ช่วยเหลือในทุกๆด้านที่ทำให้วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกชัย จารุเนตรวิลาส

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ซ

สารบัญรูป..... ฎ

บทที่

1. บทนำ..... 1

2. วารสารปริทัศน์..... 2

3. วิธีดำเนินการทดลอง..... 14

4. ผลการทดลอง..... 27

5. วิจารณ์ผลการทดลอง..... 53

6. สรุปผลการทดลอง..... 62

รายการอ้างอิง..... 63

ภาคผนวก..... 68

ภาคผนวก ก..... 69

ภาคผนวก ข..... 79

ภาคผนวก ค..... 88

ภาคผนวก ง..... 95

ภาคผนวก จ..... 100

ประวัติผู้เขียน..... 101

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 น้ำหนักของส่วนต่าง ๆ ในปลาโอแถบ.....7

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีของส่วนต่าง ๆ ในปลาโอแถบ.....8

ตารางที่ 3 ความสามารถในการละลายของแคลเซียมในรูป hydroxyapatite และ fluorapatite ในสารละลายกรดที่ pH ต่างกัน.....12

ตารางที่ 4 ปริมาณขององค์ประกอบในส่วนผสมคุกกี้ 3 สูตร.....20

ตารางที่ 5 การหาปริมาณพริกไทย ผงฟู และแป้งที่แปรโดย mixture design..... 22

ตารางที่ 6 องค์ประกอบทางเคมีของกระดูกปลาทูน่าก่อนและหลังล้างน้ำ.....27

ตารางที่ 7 ค่าสีของชิ้นกระดูกปลาทูน่าหลังอบที่อุณหภูมิและเวลาต่างกัน.....32

ตารางที่ 8 ค่าสีของกระดูกปลาทูน่าผงหลังอบที่อุณหภูมิและเวลาต่างกัน.....34

ตารางที่ 9 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านสีและกลิ่นของชิ้นกระดูกปลาทูน่าหลังอบที่อุณหภูมิและเวลาต่างกัน.....36

ตารางที่ 10 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านสีและกลิ่นของชิ้นกระดูกปลาทูน่าผงหลังอบที่อุณหภูมิและเวลาต่างกัน.....38

ตารางที่ 11 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่แปรปริมาณพริกไทย ผงฟู และแป้ง.....45

ตารางที่ 12 ค่าสีของคุกกี้ที่เสริมกระดูกปลาทูน่าผง โดยแปรขนาดอนุภาคและปริมาณของกระดูกปลาทูน่าผง.....46

ตารางที่ 13 แรงต้าน (resistance force) การแผ่ตัว (spread ratio) และความหนาแน่น (density) ของคุกกี้ที่เสริมกระดูกปลาทูน่าผง.....47

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 14 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของคุกกี้ที่เสริมกระดูกปลาทูน่าผง.....48
ตารางที่ 15 ค่าสีของกรอบเค็มที่เสริมกระดูกปลาทูน่าผงก่อนเคลือบน้ำตาล.....49
ตารางที่ 16 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของกรอบเค็มที่เสริมกระดูกปลาทูน่าผงก่อนเคลือบน้ำตาล.....50
ตารางที่ 17 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของกรอบเค็มที่เสริมกระดูกปลาทูน่าผงหลังเคลือบน้ำตาล.....50
ตารางที่ 18 องค์ประกอบทางเคมีของคุกกี้และกรอบเค็มที่เสริมกระดูกปลาทูน่าผง.....51
ตารางที่ 19 ปริมาณแคลเซียมและฟอสฟอรัสของคุกกี้และกรอบเค็มที่เสริมกระดูกปลาทูน่าผงเปรียบเทียบกับสูตรที่ไม่เสริมกระดูกปลาทูน่าผง.....52
ตารางที่ ค.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของโปรตีนที่สูญเสียของกระดูกปลาทูน่าที่อุณหภูมิและเวลาในการให้ความร้อนที่แตกต่างกัน.....88
ตารางที่ ค.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงตัดขาดของกระดูกปลาทูน่าที่อุณหภูมิและเวลาในการให้ความร้อนที่แตกต่างกัน.....88
ตารางที่ ค.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าสี (L a b) ของชิ้นกระดูกปลาทูน่าที่อุณหภูมิและเวลาในการอบแตกต่างกัน.....89
ตารางที่ ค.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าสี (L a b) ของกระดูกปลาทูน่าผงที่อุณหภูมิและเวลาในการอบแตกต่างกัน.....89
ตารางที่ ค.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนทางประสาทสัมผัสทางด้านสีและกลิ่นของชิ้นกระดูกปลาทูน่าอบแห้งที่อุณหภูมิและเวลาต่างกัน.....90

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ ค.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนทางประสาทสัมผัสทางด้านสีและกลิ่นของกระดูกปลาทูน่าผงอบแห้งที่อุณหภูมิและเวลาต่างกัน.....90
ตารางที่ ค.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความชื้นของชิ้นกระดูกปลาทูน่าและกระดูกปลาทูน่าผง.....91
ตารางที่ ค.8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการพัฒนาสูตรคุกกี้ต้นแบบ.....91
ตารางที่ ค.9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าสีของคุกกี้ที่เสริมกระดูกปลาทูน่าผง.....92
ตารางที่ ค.10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของแรงต้าน การแผ่ตัว และความหนาแน่นของคุกกี้ที่เสริมกระดูกปลาทูน่าผง.....92
ตารางที่ ค.11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของคุกกี้ที่เสริมกระดูกปลาทูน่าผง.....93
ตารางที่ ค.12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าสี (L a b) ของกรอบเค็มที่เสริมกระดูกปลาทูน่าผงก่อนเคลือบน้ำตาล.....93
ตารางที่ ค.13 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของกรอบเค็มที่เสริมกระดูกปลาทูน่าก่อนเคลือบน้ำตาล.....94
ตารางที่ ค.14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของกรอบเค็มที่เสริมกระดูกปลาทูน่าผงหลังเคลือบน้ำตาล.....94

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1 ลักษณะรูปร่างของปลาโอแถบ.....4

รูปที่ 2 ส่วนประกอบของข้อกระดูกสันหลัง ส่วนท้องและหางของปลากระดูกแข็ง.....6

รูปที่ 3 กระดูกปลาโอแถบที่เหลือใช้จากการทำปลาทูน่ากระป๋อง.....14

รูปที่ 4 การหาสูตรที่เหมาะสม โดยแปรปริมาณพริกไทย ผงฟู และแป้งด้วยวิธี mixture design 21

รูปที่ 5 ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการเตรียมกระดูกปลาทูน่าต่อปริมาณโปรตีน.....28

รูปที่ 6 ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการเตรียมกระดูกปลาทูน่าต่อค่าแรงตัดขาด.....29

รูปที่ 7 ลักษณะพื้นผิว (surface) ของระยางค์ส่วนบนในกระดูกปลาทูน่าที่ไม่ผ่านการให้ความร้อนด้วยไอน้ำ โดยใช้ SEM (X90)..... 30

รูปที่ 8 ลักษณะพื้นผิว (surface) ของระยางค์ส่วนบนในกระดูกปลาทูน่าที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที โดยใช้ SEM (X90).....30

รูปที่ 9 ลักษณะพื้นผิว (surface) ของระยางค์ส่วนบนในกระดูกปลาทูน่าที่ไม่ผ่านการให้ความร้อนด้วยไอน้ำ โดยใช้ SEM (X1000).....31

รูปที่ 10 ลักษณะพื้นผิว (surface) ของระยางค์ส่วนบนในกระดูกปลาทูน่าที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที โดยใช้ SEM (X1000).....31

รูปที่ 11 ปริมาณความชื้นของชิ้นกระดูกปลาทูน่าและกระดูกปลาทูน่าผงหลังอบที่อุณหภูมิและเวลาต่างกัน.....40

รูปที่ 12 ค่า PV ของกระดูกปลาทูน่าผงที่บรรจุในถุง OPP/Metalized/PP เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 45 55 องศาเซลเซียส.....41

รูปที่ 13 ค่า TBA ของกระดูกปลาทูน่าผงที่บรรจุในถุง OPP/Metalized/PP เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 45 55 องศาเซลเซียส.....43

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 14 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของคุกกี้ 3 สูตร.....44
รูปที่ ก.1 กราฟมาตรฐานความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร กับปริมาณความเข้มข้นของแคลเซียม.....73
รูปที่ ก.2 กราฟมาตรฐานของสารละลายฟอสฟอรัส.....74
รูปที่ ง.1 กระดูกปลาทูน่าผงอบที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆกัน..... 95
รูปที่ ง.2 กระดูกปลาทูน่าผงอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 1.5 ชั่วโมง.....96
รูปที่ ง.3 คุกกี้เสริมกระดูกปลาทูน่าผงที่ขนาดอนุภาคและปริมาณแตกต่างกัน..... 97
รูปที่ ง.4 กรอบเค็มเสริมกระดูกปลาทูน่าผงก่อนเคลือบน้ำตาลที่ขนาดอนุภาคและปริมาณแตกต่างกัน.....98
รูปที่ ง.5 กรอบเค็มเสริมกระดูกปลาทูน่าผงหลังเคลือบน้ำตาลที่ขนาดอนุภาคและปริมาณแตกต่างกัน.....99

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1
บทนำ

ปลาทูน่ากระป๋องเป็นผลิตภัณฑ์อาหารทะเลส่งออกที่สำคัญของประเทศไทย และทำรายได้ให้กับประเทศเป็นจำนวนมาก จึงทำให้ในอุตสาหกรรมปลาทูน่ากระป๋องมีส่วนของกระดูกที่เหลือใช้จากกระบวนการผลิตเป็นจำนวนมากด้วย โดยเฉพาะปลาโอแถบซึ่งเป็นปลาทูน่าที่สำคัญในการผลิตเป็นปลาทูน่ากระป๋องส่งออก ส่วนใหญ่กระดูกปลาเหล่านี้จะนำไปเป็นอาหารสัตว์หรือปุ๋ย (Sada, 1984) กระดูกปลาทูน่านี้มีปริมาณของแคลเซียมและฟอสฟอรัสสูงซึ่ง Chen, Sheu, Lin และคณะ (1998) พบว่าแคลเซียมและฟอสฟอรัสในกระดูกปลาทูน่าเหล่านี้ร่างกายสามารถดูดซึมและนำไปใช้ได้ดี แต่ไม่สะสมและทำให้เกิดนิ่วในไต งานวิจัยนี้จึงมีความสนใจในการนำกระดูกปลาทูน่ามาใช้เป็นแหล่งแคลเซียมและฟอสฟอรัสในอาหารว่าง เพื่อทำให้ผู้บริโภคได้รับแคลเซียมและฟอสฟอรัสเพียงพอต่อความต้องการของร่างกายในแต่ละวัน

โดยทั่วไปแล้วร่างกายต้องการแคลเซียมในแต่ละวันเท่ากับ 800 มิลลิกรัม แต่คนไทยส่วนใหญ่บริโภคแคลเซียมในปริมาณน้อยมาก จากการศึกษาปริมาณแคลเซียมที่คนไทยบริโภคในแต่ละวันของ สุรัตน์ โคมินทร์ (2536) จากอาสาสมัคร 396 คน อายุ 20 - 80 ปี พบว่าร้อยละ 67 ของอาสาสมัคร บริโภคแคลเซียมน้อยกว่า 400 มิลลิกรัมต่อวัน ในขณะที่ร้อยละ 31 ของอาสาสมัครบริโภคแคลเซียมอยู่ระหว่าง 400 - 800 มิลลิกรัมต่อวัน และเพียงร้อยละ 2 บริโภคแคลเซียมเกิน 800 มิลลิกรัมต่อวัน ทำให้คนไทยมีความเสี่ยงต่อภาวะที่ร่างกายได้รับแคลเซียมไม่เพียงพอซึ่งอาจจะมีผลทำให้เสียงต่อการเกิดโรคกระดูกพรุนสูง นอกจากนี้ข้อมูลของคณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดลและแหล่งอื่น ยังพบว่าความหนาแน่นกระดูกลดลงในคนไทยทั้งหญิงและชายเมื่ออายุมากขึ้นในอัตราร้อยละ 1 - 5 ต่อปี โดยเกณฑ์การวินิจฉัยภาวะโรคกระดูกพรุนขององค์การอนามัยโลก พบว่าในคนไทยจะมีอัตราของโรคกระดูกพรุนสูงถึงร้อยละ 20 (รัชตะ รัชตะนาวิน, 2538)

ดังนั้นการเสริมกระดูกปลาในอาหารว่างนอกจากจะเป็นการเพิ่มปริมาณแคลเซียมและฟอสฟอรัสในอาหารว่างเพื่อให้ผู้บริโภคได้รับแคลเซียมและฟอสฟอรัสที่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกายในแต่ละวันแล้ว ยังเป็นการเพิ่มมูลค่าและความหลากหลายในการนำกระดูกปลาทูน่ามาใช้ประโยชน์อีกด้วย

บทที่ 2
วารสารปริทัศน์

ปลาทูน่าเป็นวัตถุดิบที่สำคัญในการผลิตปลาทูน่ากระป๋อง โดยปลาทูน่าเหล่านี้ส่วนใหญ่จะนำเข้ามาจากต่างประเทศ เนื่องจากปลาทูน่าที่จับได้บริเวณอ่าวไทยหรือจากเรือประมงในน่านน้ำอื่นไม่เพียงพอสำหรับอุตสาหกรรมการแปรรูปเป็นปลาทูน่ากระป๋อง ซึ่งชนิดของปลาทูน่าที่นิยมนำเข้ามาแปรรูปในประเทศไทย (นงลักษณ์ สุทธิวนิช, 2531) มีดังนี้คือ

ทูน่าครีบยาว (*Thunnus alalunga*) หรือ albacore ปลาชนิดนี้มีความยาวเฉลี่ย 40-100 เซนติเมตร ความยาวสูงสุดที่เคยพบ 137 เซนติเมตร ปลายครีบหางเป็นสีขาว เนื้อสีขาว

ทูน่าครีบเหลือง โอกรอง โอกราน (*Thunnus albacares*) หรือ yellowfin tuna มีขนาดใหญ่ ความยาวเฉลี่ย 50-150 เซนติเมตร ความยาวสูงสุดที่พบ 195 เซนติเมตร บริเวณส่วนหัวมีสีน้ำเงินดำ พื้นท้องสีเหลืองและสีเงิน มีจุดประทั่วไป

ทูน่าครีบน้ำเงิน (*Thunnus maccoyii*) หรือ southern bluefine tuna มีขนาดใหญ่ ความยาวเฉลี่ย 40-180 เซนติเมตร ความยาวสูงสุดที่เคยพบ 222 เซนติเมตร บริเวณส่วนหัวมีสีน้ำเงินเข้มหรือดำและหลังใกล้พื้นทองสีขาวเงิน พบมากในน่านน้ำออสเตรเลีย

ทูน่าตาโต (*Thunnus obesus*) หรือ bigeye tuna สีน้ำเงินเข้มปนดำด้านบน ช่วงพื้นท้องมีขาว ความยาวเฉลี่ย 60-180 เซนติเมตร ความยาวสูงสุด 236 เซนติเมตร พบตามน่านน้ำทั่วไป

ทูน่าหางยาว โอดำ (*Thunnus tonggoi*) หรือ longtail tuna ขนาดเล็ก ขนาดที่พบทั่วไปอยู่ในช่วง 40-70 เซนติเมตร ลำตัวค่อนข้างกลม มีสีน้ำเงินเข้มเกือบดำ ส่วนพื้นท้องด้านข้างสีขาวปนสีเงิน มีจุดรูปไข่ด้านล่างลำตัวเกือบจรดหาง อาจมีสีเขียวที่บริเวณท้องใต้แนวครีบลงมา ครีบหางสีดำ ลักษณะของเนื้อปลาชนิดนี้มีสีค่อนข้างขาว

โอแกลบ โอขาว (*Auxis thazard*) หรือ frigate mackerel ปลาชนิดนี้หัวสีน้ำเงินดำ หรือเกือบดำ มีลายดำสั้นๆพาดเฉียงๆ เริ่มตั้งแต่บริเวณครีบหลังอันแรก โดยมีความยาวเฉลี่ย 25-40 เซนติเมตร ส่วนหัวมีสีน้ำเงินหรือเกือบดำ บริเวณครีบหลังมีลายดำ สั้น พาดเฉียงตลอดความยาวครีบ พบมากในน่านน้ำประเทศอินเดีย

โอลาย โอหม้อ (*Axis rochei*) หรือ bullet mackerel ความยาวเฉลี่ย 20-35 เซนติเมตร มีลายดำพาดขวางลำตัว โดยเริ่มจากครีบหลังอันแรก หัวสีคล้ำ น้ำเงินหรือเกือบดำ ท้องสีขาว

ทูน่า (*Sarda orientails*) หรือ oriental bonito ขนาดเล็ก ความยาวเฉลี่ย 30-50 เซนติเมตร มีปากกว้างกว่าปลาชนิดอื่น มีแถบยาวด้านบนขนานกับลำตัว มีจุดประเล็กๆ กระจายบริเวณหลังและด้านบน หลังและด้านบนมีสีออกน้ำเงิน พื้นท้องสีเงิน

โอหม้อ (*Euthynnus offiniss*) หรือ eastern little tuna ความยาวเฉลี่ย 50-60 เซนติเมตร สีน้ำเงิน มีแถบเฉียงด้านบนลำตัว เริ่มจากครีบด้านบ น พื้นท้องสีขาว มีจุดสีดำระหว่างครีบอกและครีบท้อง

โอแถบ (*Katsuwonus pelamis*) หรือ skipjack tuna ความยาวเฉลี่ย 40-80 เซนติเมตร ลำตัวค่อนข้างกลมมีแถบสีดำปนน้ำเงินและม่วงบริเวณพื้นท้อง โดยเริ่มจากครีบใต้ท้องถึงบริเวณลำตัวมีจุดสีดำเล็กกระจายตลอดความยาว ปลาชนิดนี้สั่งเข้ามาจากต่างประเทศเพื่อการแปรรูปเป็นจำนวนมากในแต่ละปี

เนื่องจากปลาทูน่าต่างชนิดกันจะมีกลิ่นและรสชาติแตกต่างกันไป จึงส่งผลให้กลุ่มผู้บริโภคเป้าหมายแตกต่างกันไป เช่น ชาวยุโรป และอเมริกา นิยมบริโภคเนื้อปลาทูน่าพันธุ์โอแถบ เพราะมีกลิ่นคาวน้อยมาก ส่วนชาวเอเชียนิยมบริโภคเนื้อปลาทูน่าพันธุ์ทูน่าครีบยาว เพราะเนื้อมีสีขาว ทำให้มีการแปรรูปปลาทูน่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกันออกไป ได้แก่ เนื้อปลาทูน่าในน้ำเกลือหรือน้ำมันบรรจุกระป๋อง ดังนั้นการใช้ประโยชน์จากปลาทูน่าแต่ละชนิดขึ้นอยู่กับผู้บริโภคเป็นสำคัญ

กระบวนการแปรรูปปลาทูน่า

กระบวนการแปรรูปปลาทูน่ากระป๋องเริ่มจากการรับวัตถุดิบ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นปลาทูน่าแช่แข็ง นำมาทำให้ละลายโดยใช้ลมร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 100 องศาเซลเซียส เป่า และใช้น้ำที่มีอุณหภูมิประมาณ 40 องศาเซลเซียส เป็นครั้งคราวหรือจุ่มปลาลงในถังน้ำที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ซึ่งมีระบบหมุนเวียนของน้ำ เวลาที่ใช้ในการละลายน้ำแข็งขึ้นอยู่กับขนาดของปลาทูน่า รายงานว่าการนำปลาทูน่าแช่แข็งเป็นบล็อคขนาด 4.5 กิโลกรัม แช่ในถังน้ำขนาด 10 ตัน ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ที่ติดตั้งระบบการถ่ายเทน้ำเป็นเวลา 3 ชั่วโมง เนื้อปลาจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นจาก –30 องศาเซลเซียส เป็น –3 องศาเซลเซียส ซึ่งที่อุณหภูมินี้เนื้อปลาจะมีความคงตัวเหมาะสำหรับการเอาเครื่องในออก ต่อจากนั้นตัดหัว ถอดเครื่องในออก ล้างด้วยน้ำสะอาด แล้วผึ่งโดยเรียงปลาบนตะแกรง นึ่งด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิประมาณ 100 องศาเซลเซียส เวลาที่จะใช้แปรตามขนาดของปลา เช่น ปลา albacore ขนาด 4.5-6.5 กิโลกรัมต่อตัว นึ่งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ครั้งละ 50-75 ตัว ใช้เวลาสามชั่วโมงถึงสามชั่วโมงครึ่ง ส่วนปลาโอแถบขนาด 2-5 กิโลกรัมต่อตัว นึ่งที่อุณหภูมิเดียวกัน ครั้งละ 68-170 ตัว ใช้เวลาสองชั่วโมงถึงสองชั่วโมงครึ่ง หลังนึ่งทำให้เย็นโดยใช้ลมเป่าและฉีดน้ำเย็นตามสายพานที่ปลาเคลื่อนที่ไป จากนั้นขูดหนัง และเลือดเพื่อแยกส่วนหนัง หาง หัวที่เหลือ และเหงือกออก แล้วจึงแยกเอาส่วนของเนื้อขาวและเนื้อดำออกจากกระดูก เนื้อปลาที่ได้พร้อมที่จะนำไปบรรจุกระป๋อง การบรรจุกระป๋องใช้เนื้อขาวที่เป็นเนื้อใหญ่

และเศษจากการตัดแต่งทำให้เป็นก้อน แล้วบรรจุกระป๋องให้ได้ตามปริมาณที่กำหนดแล้วจึงเติมน้ำเกลือและ/หรือน้ำมัน ปิดผา ล้างกระป๋องภายนอกแล้วฆ่าเชื้อใน retort ที่อุณหภูมิและเวลาเหมาะสม จากนั้นทำให้เย็น

ผลผลิตเฉลี่ยของปลาทูน่า(พันธุ์ทูน่าครีบเหลืองที่ตัดหัวและไส้ออก) เท่ากับ ร้อยละ 57.84 โดยสูญเสียไประหว่างการละลายร้อยละ 0.76 การตัดและการล้างร้อยละ 1.00 การให้ความร้อนร้อยละ 23 การทำให้เย็นและการทำแห้งร้อยละ 4.70 การแยกเอาหนัง เนื้อดำ และกระดูกร้อยละ 12.90 (Veljko, 1983)

วัสดุเหลือใช้จากกระบวนการแปรรูปปลาทูน่ากระป๋องมี 2 ประเภทคือ ของเหลว ได้แก่ สิ่งเหลือใช้ที่เป็นของเหลว ได้แก่ น้ำที่ใช้ในการละลายปลาแช่แข็ง น้ำล้างปลา และน้ำนึ่งปลา เป็นต้น และส่วนเนื้อเยื่อที่เป็นของแข็ง ได้แก่ หนัง หาง เนื้อดำ หัว เครื่องใน และกระดูก ส่วนนี้โดยทั่วไปผ่านเข้าเครื่องบดและอัดเม็ด บรรจุกระป๋องเป็นอาหารแมว

ปลาโอแถบ

เนื่องจากปลาโอแถบเป็นปลาทูน่าที่นิยมบริโภคและนำเข้าเพื่อทำการแปรรูปส่งออกเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะส่งออกไปยังยุโรปและอเมริกาเพราะมีกลิ่นคาวน้อยมาก งานวิจัยนี้จึงนำกระดูกปลาโอแถบที่ได้จากอุตสาหกรรมปลาทูน่ากระป๋องมาศึกษา โดยปลาโอแถบมีลักษณะรูปร่างดังรูปที่ 1

รูปที่ 1 ลักษณะรูปร่างของปลาโอแถบ
ที่มา : Bykov (1983)

ลักษณะโครงสร้างกระดูกสันหลังปลา

กระดูกสันหลังปลาประกอบด้วยข้อกระดูก เรียกว่า vertebra ต่อกันเป็นข้อจากปลายสุดของกระโหลกศรีษะจนถึงส่วนหาง ในแต่ละข้อประกอบด้วยแท่งทรงกระบอกตัน เรียกว่า centrum ซึ่งส่วนประกอบของกระดูกสันหลัง (บัญญัติ มนเทียรอาสน์, 2535) มีดังนี้

1. บริเวณด้านบน (neurapophysis)
   1.1 ระยางค์บน (neural spine)
   1.2 โคนระยางค์บน (neural arch)
   1.3 รูเส้นประสาท (neural canal)
2. บริเวณข้อกระดูกสันหลัง (centrum)
3. บริเวณด้านล่าง (haemapophysis)
   3.1 โคนระยางค์ล่าง (haemal arch)
   3.2 รูบริเวณโคนระยางค์ล่าง (haemal canal)
   3.3 ระยางค์ล่าง (heamal spine)
   3.4 ก้างปลา (haemal rib หรือ pleural rib)
   3.5 กระดูกเกี่ยวด้านหน้า (prezygapophysis)
   3.6 กระดูกเกี่ยวด้านหลัง (postyzygapophysis)

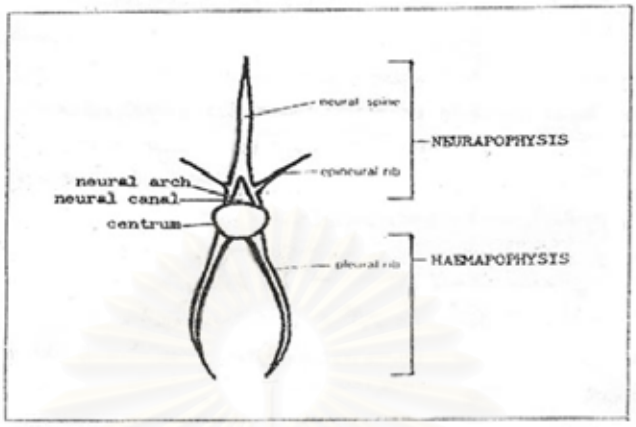
neurapophysis อยู่ด้านบนกลายเป็น neural arch และ neural spine ช่องภายใน neural arch เป็น neural canal สำหรับเป็นที่อยู่ของไขสันหลัง ในกระดูกสันหลัง 1 ข้อ จะมี neural arch และ neural spine อย่างละ 1 อัน ตรงส่วนฐานของ neurapophysis จะมี process ที่เรียกว่า prezygapophysis และ postzygapophysis สำหรับติดต่อกับกระดูกสันหลังข้อก่อนและข้อหลังตามลำดับ

กระดูกสันหลังปลาข้อแรก (atlas) ที่เชื่อมต่อกับกระโหลกศรีษะนั้นมีลักษณะแปลก กล่าวคือ ส่วนของกระดูกระยางค์บนเป็นกระดูกแท่งหนา ด้านล่างถัดลงมาเป็นข้อกระดูก(centrum) ซึ่งจะไม่พบส่วนบริเวณด้านล่างในกระดูกข้อแรกนี้

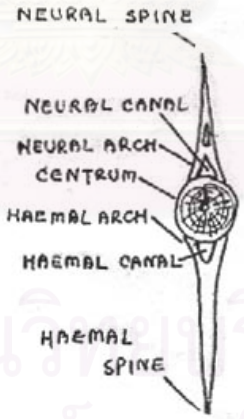
กระดูกสันหลังปลาข้อที่สอง (axis) มีลักษณะคล้ายข้อแรกมาก ลักษณะเหมือนของกระดูกข้อที่สองกับข้อแรกคือ การที่ข้อทั้งสองไม่มีบริเวณด้านล่าง (haemapophysis และ rib)

กระดูกสันหลังปลาในส่วนลำตัวจะพบก้างปลา (rib) แต่ไม่มีกระดูกโคนระยางค์ล่าง (haemal arch) ก้างปลามีสองชนิดคือ ก้างปลาทางด้านล่าง (pleural rib หรือ ventral rib) และก้างปลาที่พบในแนวระนาบด้านข้างข้อกระดูกสันหลัง (dorsal rib หรือ epipleural)

กระดูกสันหลังปลาในส่วนหางจะไม่มีก้างปลา (rib) แต่พบกระดูกโคนระยางค์ล่าง (haemal arch) และกระดูกระยางค์ล่างได้ (haemal spine) ดังรูปที่ 2



2 ก.ข้อกระดูกสันหลังปลาส่วนท้อง
ที่มา: บัญญัติ มนเทียรอาสน์ (2535)



2 ข.ข้อกระดูกสันหลังส่วนหาง
ที่มา: วิมล เหมะจันทร (2524)

รูปที่ 2 ส่วนประกอบของข้อกระดูกสันหลังส่วนท้องและหางของปลากระดูกแข็ง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ส่วนประกอบและองค์ประกอบทางเคมีของปลาโอแถบ

โดยทั่วไปในส่วนของกระดูกปลาโอแถบจะมีน้ำหนักร้อยละ 5.4 ของน้ำหนักรวมของปลา ดังแสดงในตารางที่ 1 และมีองค์ประกอบทางเคมีของกระดูกปลา แสดงในตารางที่ 2 จากตาราง พบว่ามีปริมาณเถ้าสูงถึงร้อยละ 11.4 ซึ่งแสดงว่าปริมาณของแคลเซียมในกระดูกปลาโอแถบย่อม มีค่าสูงด้วย เนื่องจากองค์ประกอบส่วนใหญ่ในเถ้านั้นจะเป็นเกลือของแคลเซียมฟอสเฟต

ตารางที่ 1 น้ำหนักของส่วนต่างๆในปลาโอแถบ (ร้อยละ)

meat	including dark meat	head	skin	scales	bones	fin	viscera	including liver	gonads
63.1-69.6 *	8.1	12.3-20.9	1.5-4.5	1.1	3.5-6.0	0.5-1.7	5.7-12.8	0.9-1.7	1.8
65.4**		17.8	1.8		5.4	1.0	7.5	1.2	

* ช่วงของน้ำหนักที่พบทั่วไป

** ค่าเฉลี่ยของน้ำหนัก

ที่มา: Bykov,1983

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีของส่วนต่างๆในปลาโอแถบ (ร้อยละ)

body part	moisture	protein	fat	ash
Head	60.3-66.2*	18.4-21.5	1.2-13.1	6.1-9.0
	63.3**	19.9	7.2	7.6
Bones	56.4	17.5	12.5	11.4
Fin	4.2-49.3	22.5-30.3	1.1-14.4	13.3-24.9
	47.3	26.0	7.6	18.0
Skin	51.7-64.1	26.0-27.5	0.4-19.7	3.1-6.2
	55.2	27.5	13.2	4.1
Viscera	68.1	20.8	6.1	4.7

* ช่วงขององค์ประกอบทางเคมีที่พบทั่วไป

** ค่าเฉลี่ยขององค์ประกอบทางเคมี

ที่มา: Bykov,1983

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

องค์ประกอบหลักของกระดูกปลาโอแถบ

ในกระดูกปลาโอแถบสามารถแบ่งองค์ประกอบหลักได้ ดังนี้

1. <u>สารอนินทรีย์</u> (Akiyama et al.,1977)

โดยส่วนใหญ่แล้วจะเป็นเกลือแคลเซียมที่อยู่ในรูป

1.1 hydroxyapatite (Hap) มีสูตรเคมี คือ $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ และมีอัตราส่วนของแคลเซียมต่อฟอสฟอรัส เท่ากับ 1.67

1.2 fluorapatite (Fap) มีสูตรเคมี คือ $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ และมีอัตราส่วนของแคลเซียมต่อฟอสฟอรัส เท่ากับ 1.67

2. <u>สารอินทรีย์</u>

คอลลาเจน (collagen) ซึ่งเป็นโปรตีนเส้นใย (fibrous protein) ที่มีโครงสร้างเป็นแบบเกลียวสามเส้น โครงสร้างแบบนี้คอลลาเจนจึงมีความเหนียวและคงทน ดังนั้นคอลลาเจนจึงเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่ทำให้กระดูกมีความแข็งและเหนียว

3. <u>น้ำ</u> น้ำในกระดูกปลาโอแถบจะมีประมาณร้อยละ 56.4 ขององค์ประกอบทางเคมีทั้งหมด ซึ่งเป็นองค์ประกอบในกระดูกที่มีค่อนข้างสูง

ประโยชน์ที่ร่างกายได้รับจริงทางชีวภาพ (bioavailability) ของแคลเซียมจากกระดูก

ประโยชน์ที่ร่างกายได้รับจริงทางชีวภาพ (bioavailability) หมายถึง ประโยชน์จริงที่ร่างกายได้รับจากสารอาหารชนิดหนึ่งๆ ซึ่งจะพิจารณาทั้งการดูดซึมสารอาหารนั้นเข้าสู่ร่างกายตลอดจนถึงการที่ร่างกายสามารถเก็บไว้เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง ซึ่งแคลเซียมในอาหารและยานั้นมีหลายรูปแบบ ทำให้การดูดซึมและการนำแคลเซียมไปใช้ก็จะมีความแตกต่างกันไป นอกจากนี้การรับประทานแคลเซียมร่วมกับอาหารอื่นย่อมมีผลต่อแคลเซียมที่ร่างกายสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริงทางชีวภาพเช่นกัน โดยประโยชน์ที่ร่างกายได้รับจริงทางชีวภาพของแคลเซียมนั้นจะขึ้นอยู่กับ สมบัติทางเคมีตามธรรมชาติของแคลเซียม แหล่งอาหาร และองค์ประกอบของอาหารแต่ละมื้อที่รับประทานเข้าไป (วินัย ดะห์ลัน, 2535) งานวิจัยของ Heaney Recker และ Weaver (1990) ศึกษาการดูดซึมของแคลเซียมจากผักโขม กระดูกป่น น้ำนมและผัก kale พบว่าแคลเซียมที่ได้จากอาหารแต่ละแหล่งจะมีการดูดซึมที่แตกต่างกันไป โดยจะเห็นได้ว่า ผัก kale จะมีการดูดซึมสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำนมและผักโขม นอกจากนี้ยังพบอีกว่าการดูดซึมของแคลเซียมก็จะแตกต่างกันเมื่อรับประทานน้ำนมร่วมกับอาหารอื่นและไม่รับประทานร่วมกับอาหาร แคลเซียมจากกระดูกป่นจะถูกดูดซึมดีกว่าจากน้ำนมและผักโขม แคลเซียมจาก

ผัก kale จะดูดซึมได้สูงสุด เนื่องจากผัก kale มีปริมาณแคลเซียมสูงและไม่มี oxalate ที่จะไปจับตัวกับแคลเซียมแล้วทำให้การดูดซึมของแคลเซียมลดลง ส่วนผักโขมถึงแม้จะมีแคลเซียมที่สูง แต่ก็มี oxalate ที่สูงด้วย จึงไปขัดขวางการดูดซึมแคลเซียม แคลเซียมจากน้ำนมจะมีการดูดซึมที่ดี เพราะน้ำตาลแลกโตสจะช่วยในการดูดซึมของแคลเซียมดีขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าแคลเซียมจากกระดูกป่นมีการดูดซึมของแคลเซียมที่ดีกว่าแคลเซียมสังเคราะห์บางชนิด เช่น hydroxyapatite calcium carbonate และ tricalcium phosphate เป็นต้น

ส่วนประโยชน์ที่ร่างกายได้รับจริงทางชีวภาพของแคลเซียมจากกระดูกปลาทูน่านั้น Chen และคณะ (1998) ได้ทำการวิจัย bioavailability ของแคลเซียมจากก้างกระดูกปลาทูน่าตาโต ซึ่งทำการทดลองกับหนูขาวตัวใหญ่พันธุ์ Sprague-Dawley (S-D) และเลี้ยงด้วยอาหารที่เตรียมไว้ พบว่าก้างและกระดูกปลาทูน่าเป็นแหล่งแคลเซียมที่ดีต่อร่างกาย ซึ่งนอกจากจะยังมีปริมาณของแคลเซียมสูงและร่างกายสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ดีแล้ว แคลเซียมจากก้างและกระดูกปลาทูน่ายังอยู่ในรูปที่ไม่เป็นอันตรายต่อไต โดยการก่อให้เกิดนิ่วในไตน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับ dicalcium phosphate

การเตรียมกระดูกปลาทูน่าเพื่อเสริมลงในอาหารโดยกระบวนการทำให้กระดูกนิ่ม

ในการเตรียมก้างและกระดูกปลาทูน่าที่เสริมลงในอาหารนั้นจะมีการทำให้กระดูกปลานิ่มก่อนเพื่อทำให้ง่ายต่อการบดเป็นผง ซึ่งทำได้ดังนี้

- การต้มด้วยน้ำ
- การให้ความร้อนด้วยไอน้ำยิ่งยวด
- การใช้กรด

1. <u>การต้มด้วยน้ำ</u>

Ishikawa และคณะ (1987) ได้ศึกษาผลของการต้มกระดูกปลาแมคเคอเรลในน้ำร้อนที่มีต่อการอ่อนตัวและการละลายของสารอินทรีย์ โดยนำระยางค์ส่วนบนของกระดูกปลาแมคเคอเรลมาต้มด้วยน้ำกลั่นในหลอดทดลองที่อุณหภูมิ 80-140 องศาเซลเซียส พบว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นทำให้การอ่อนตัวของกระดูกเพิ่มขึ้นตามกัน เนื่องจากอุณหภูมิมีผลต่อโครงสร้างของกระดูกปลาแมคเคอเรล ทำให้เกิดรูเล็ก ๆ และรอยแตกร้าวของกระดูกปลาแมคเคอเรล ซึ่งการเกิดรูเล็ก ๆ ของกระดูกจะเริ่มพบหลังจากต้มในน้ำที่อุณหภูมิ 125 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที โดยรูเล็กๆที่เกิดขึ้นจะมีลักษณะที่แหลมคมและขอบของรูไม่เรียบและเมื่อเวลาผ่านไป 40 นาที รูเล็ก ๆ ที่เกิดจะมีขนาดใหญ่และมุมของรูเรียบขึ้น นอกจากนี้การอ่อนตัวของกระดูกปลา

แมคเคอเรลเกิดขึ้นเนื่องจากคอลลาเจนซึ่งเป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่ให้ความเหนียวและแข็งแรงกับกระดูกเปลี่ยนเป็นเจลลาติน จึงทำให้ความแข็งของกระดูกลดลง ซึ่ง Hatae, Sato และ Yoshimatso (1980) ก็พบเช่นเดียวกันว่าการต้มมีผลต่อการอ่อนตัวของกระดูกปลาและการใช้ greentea infusion มีผลทำให้กลิ่นของปลาลดลง

อุณหภูมิและเวลานอกจากจะมีผลต่อการอ่อนตัวของกระดูกปลาแมคเคอเรลแล้วยังมีผลต่อการละลายของสารอินทรีย์ในกระดูกปลาแมคเคอเรลอีกด้วย โดยเมื่ออุณหภูมิและเวลาสูงขึ้นมีผลให้การละลายของสารอินทรีย์ในกระดูกปลาเพิ่มมากขึ้นเช่นกัน ดังนั้นการต้มจึงเป็นการลดปริมาณโปรตีนและไขมันออกจากกระดูกอีกด้วย (Ross, 1981) เนื่องจากโปรตีนที่ละลายน้ำได้และไขมันในกระดูกเกิดการละลายออกมาตามรอยแตกและรูเล็กๆ ที่เกิดขึ้นเมื่อให้ความร้อนกับกระดูกปลา ส่วนปริมาณเถ้านั้น เวลาและอุณหภูมิไม่มีผลต่อปริมาณเถ้า

2. <u>การให้ความร้อนด้วยไอน้ำยิ่งยวด</u>

โดยทั่วไปในการผลิตกระดูกสัตว์ปนนั้นจะมีการใช้ไอน้ำภายใต้ความดันเพื่อทำให้กระดูกเกิดการเปราะแตกทำให้ง่ายต่อการบดเป็นผง ดังนั้น Ishikawa และคณะ (1990) จึงได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงความแข็งของกระดูกปลาและผลิตผลของเนื้อปลาที่ผ่านไอน้ำร้อนยิ่งยวดที่ความดันต่าง ๆ โดยชิ้นตัวอย่างเป็น แท่งเนื้อปลาขนาด 40x7x7 มิลลิเมตร ที่มีระยางค์บนของกระดูกปลาแมคเคอเรลอยู่ตรงกลางของแท่งตัวอย่าง แล้วผ่านไอน้ำร้อนยิ่งยวด อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ความดัน 1.2 1.6 1.9 $kgf.cm^{-2}$ และอุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส ความดัน 1.6 2.0 2.7 $kgf.cm^{-2}$ พบว่าไอน้ำมีผลทำให้น้ำหนักโดยรวมของผลิตผลในชิ้นตัวอย่างเพิ่มขึ้นและเมื่อความดันเพิ่มสูงขึ้นมีผลต่ออัตราการนิ่มของชิ้นตัวอย่างเช่นกัน อัตราการนิ่มของชิ้นตัวอย่างอาจเกิดเนื่องมาจากการเพิ่มความดันเป็นการเพิ่มแรงกดให้กับกระดูกปลาเป็นผลให้กระดูกปลาเกิดการแตกเปราะได้เร็ว

3. <u>การใช้กรด</u>

Ishikawa และคณะ (1988) ได้ทำการศึกษาผลของกรดอะซิติกที่มีผลต่อการนิ่มและการละลายของสารอินทรีย์ในระยางค์ส่วนบนของกระดูกปลาแมคเคอเรล โดยนำระยางค์บนของกระดูกปลาแมคเคอเรลมาให้ความร้อนในสารละลายกรดอะซิติกที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.00 0.04 0.75 1.50 3.00 อุณหภูมิ 80 100 120 140 องศาเซลเซียส และเวลาต่างกันพบว่า อุณหภูมิ เวลาและความเข้มข้นของกรดอะซิติกจะผลต่ออัตราการนิ่มและการละลายของสารอินทรีย์ในกระดูกปลา คือ เมื่อเพิ่มอุณหภูมิและความเข้มข้นของกรดอะซิติกจะมีผลทำให้อัตราการนิ่มของกระดูกปลาสูงขึ้น ซึ่งงานวิจัยของ Ishikawa และคณะ (1988) ให้ผลสอดคล้องกับงานวิจัยของ

Watanabe และคณะ (1985) ที่พบว่ากรดอะซิติก ความเข้มข้นร้อยละ 0 0.5 3.0 ที่อุณหภูมิ 80 100 110 125 140 องศาเซลเซียส มีผลต่อความแข็งและการละลายของสารอินทรีย์ในกระดูกปลาแมคเคอเรล โดยเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของกรดอะซิติกและอุณหภูมิสูงขึ้นมีผลทำให้อัตราการนิ่มและการละลายของสารอินทรีย์ในกระดูกปลาแมคเคอเรลสูงขึ้นด้วย

นอกจากนี้ Park และ Lee (1985) ยังศึกษาผลของกรดที่มีต่อปริมาณการละลายของแคลเซียม โดยศึกษาผลของน้ำส้มสายชูที่มีผลต่อปริมาณแคลเซียมในกระดูกปลา mackerel flounder pomfret chub mackerel และ alaska pollack พบว่าการเติมน้ำส้มสายชูความเข้มข้นร้อยละ 1 ในน้ำเดือดจะช่วยเพิ่ม soluble calcium จาก 3 มิลลิกรัมต่อกระดูก 100 กรัม เป็น 44 มิลลิกรัมต่อกระดูก 100 กรัม และยังพบอีกว่าในระหว่างการให้ความร้อนที่ความดันบรรยากาศหรือการเพิ่มความดัน ที่ระยะเวลาการให้ความร้อน 15 นาที ถึง 4 ชั่วโมง ไม่มีผลต่อปริมาณแคลเซียมที่ละลายออกมาจากกระดูก คือปริมาณแคลเซียมที่ละลายออกมาไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ดังนั้นการใช้กรดกับกระดูกปลามีข้อดีคือ เวลาในการให้ความร้อนเพื่อให้กระดูกอ่อนตัวสั้นลงหรืออัตราเร็วของการนิ่มในกระดูกปลาสูงขึ้น แต่วิธีนี้มีข้อเสีย คือ กรดมีผลทำให้เกลือแคลเซียมที่อยู่ในรูป hydroxyapatite [$Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$] และ fluorapatite [$Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$] ที่มีในกระดูกปลาทูน่าละลายออกมาได้ โดย Kanazawa (1989) ได้อธิบายไว้ว่า เกลือแคลเซียมที่อยู่ในรูป hydroxyapatite และ fluorapatite สามารถละลายได้ในสารละลายที่เป็นกรด โดยสารละลายที่มีความเป็นกรดสูงจะทำให้ hydroxyapatite และ fluorapatite ละลายได้มากด้วย ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ความสามารถในการละลายของแคลเซียมในรูป hydroxyapatite และ fluorapatite ในสารละลายกรดที่ pH ต่างกัน

pH	การละลาย (ppm. Ca)	
	Hydroxyapatite	Fluorapatite
5.0	50-180	18-24
6.0	8-22	4

ที่มา : Kanazawa (1989)

Kanazawa และคณะ (1978) ยังอธิบายอีกว่าการละลายของ hydroxyapatite ขึ้นกับ [H^+] ในกรดเกลือ โดยในสารละลายกรดเกลือที่มี pH ต่ำและความเป็นกรดสูงมีผลทำให้อัตรา

การละลายของ hydroxyapatite สูงกว่าสารละลายกรดเกลือที่มี pH สูงและความเป็นกรดต่ำ Kanazawa และคณะ (1978) ยังพบอีกว่าการละลายของ hydroxyapatite ใน 0.5% HCl > 10% citric acid > 0.2 % HCl > 2% citric acid > 0.1% HCl

การใช้ประโยชน์ของกระดูกสัตว์ในอาหารเพื่อใช้เป็นแหล่งแคลเซียม

ในอดีตโดยทั่วไปกระดูกสัตว์ต่างๆได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์เพื่อใช้เป็นยาหรืออาหารสัตว์หรือปุ๋ยเนื่องจากในกระดูกสัตว์มีแคลเซียมในปริมาณที่สูง จึงนำไปใช้เป็นแหล่งแคลเซียม ปัจจุบันกระดูกสัตว์ต่างๆได้เริ่มนำมาใช้ประโยชน์อาหาร โดย เอกราช เกตวัลห์ (2542) ได้นำแคลเซียมที่ได้ผลิตจากกระดูกไก่มาเสริมในข้าวเกรียบกุ้งและน้ำพริกเผาให้มีระดับของแคลเซียมร้อยละ 10 20 30 ของความต้องการในแต่ละวันต่อหนึ่งหน่วยบริโภค ผลการศึกษาการยอมรับทางประสาทสัมผัสของทั้งสองผลิตภัณฑ์ พบว่า ในทุกระดับของการเติมแคลเซียม ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ($p>0.05$) และไม่พบความแตกต่างจากผลิตภัณฑ์ปกติที่ไม่ได้เติมผงสกัดกระดูก

ส่วนกระดูกปลานั้น Tokue, Kataoka และ Sugi (1985) ได้นำมารวมกับหัวและไส้ปลาแล้วผ่านการให้ความร้อนภายใต้ความดันเพื่อไล่กลิ่นคาวของปลาออกไป แล้วเติมลงไปในอาหารญี่ปุ่น เช่น ลูกชิ้นต้ม ลูกชิ้นทอด ลูกชิ้นที่ผ่านการปรุงในซุปและเนื้อปลาบดที่ผ่านไอน้ำ เป็นต้น พบว่าเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบชิม

นอกจากนี้กระดูกปลาหรือก้างปลา สามารถนำไปผลิตปลาป่นสำหรับเสริมลงในอาหาร ดังงานวิจัยของ จารุวรรณ เจริญผล (2534) ได้ศึกษาถึงการนำปลาป่นมาใช้ผลิตขนมอบกรอบด้วยขบวนการเอกซ์ทรูชั่น โดยนำแป้งข้าวจ้าว และแป้งข้าวโพด มาผสมกับปลาป่นที่ระดับคิดเป็นร้อยละ 15 และ 18 ของน้ำหนัก พบว่าที่ระดับร้อยละ 15 ของน้ำหนัก เป็นระดับที่เหมาะสมในการเสริมขนมอบกรอบ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3
วิธีดำเนินการทดลอง

วัตถุดิบ

- กระดูกปลาทูน่าที่ศึกษาเป็นพันธุ์ปลาโอแถบ หรือ Skipjack tuna หรือ *Katsuwonus pelamis* จากบริษัท ไทยยูเนี่ยน โฟรเซ่น โปรดักส์ จำกัด มหาชน (Thai Union Frozen Products Public Company Limited) ซึ่งเป็นสิ่งเหลือใช้จากกระบวนการผลิตปลาทูน่ากระป๋อง ปลาทูน่าเหล่านี้ผ่านการให้ความร้อนด้วยไอน้ำ เพื่อสะดวกต่อการแยกกระดูกออกจากเนื้อปลา

รูปที่ 3 กระดูกปลาโอแถบที่เหลือใช้จากการทำปลาทูน่ากระป๋อง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กระดูกปลาทูน่าจะถูกขนส่งจากโรงงานโดยบรรจุในถุงพลาสติก HDPE ใส่ในกล่องโฟมอีกชั้นหนึ่ง อุณหภูมิขณะขนส่งไม่เกิน 20 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการขนส่งไม่เกิน 2 ชั่วโมงจากนั้นนำมาเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ –18 องศาเซลเซียส เพื่อใช้ในการวิจัย

- แป้งสาลีชนิดเอนกประสงค์ ตราว่าว (บริษัท ยูไนเต็ด ฟลาวมิลล์ จำกัด)
- น้ำตาลทรายขาว (บริษัท น้ำตาลมิตรผล จำกัด)
- พริกไทยป่น ตรามือที่ 1
- แป้งข้าวเจ้าชนิดโม่น้ำดีพิเศษ ตราช้างสามเศียร (บริษัท โรงเส้นหมี่ชอเฮง จำกัด)
- เนยชนิดจืด ตรากล้วยไม้ (บริษัทอุตสาหกรรมนมไทย จำกัด) ส่วนประกอบโดยประมาณ : มันเนยร้อยละ 82.0 นมผงขาดมันเนยร้อยละ 2.0
- เกลือป่นอังกฤษ ตราบิกส์ ประกอบด้วย เกลือแกงร้อยละ 99.9 โปแตสเซียมไอโอไดด์ 0.005 %
- ผงฟูดับเบิลแอ็คชั่น ตรา อิมพีเรียลเบเกอร์สชอยส์ (ห.จ.ก. กิมจั๊วพาณิชย์)
- ไข่ไก่

สารเคมี

sodium hydroxide	commercial grade
ammonium molybdate	commercial grade
ammonium monovanadate	A.R. grade
sulfuric acid	A.R. grade
ethanol 95 %	A.R. grade
potassium dihydrogen phosphate	A.R. grade
petroleum ether	A.R. grade
boric acid	A.R. grade
hydrochloric acid 37 %	A.R. grade
thiobarbituric acid	A.R. grade
glacial acetic acid	A.R. grade
diethyl ether	A.R. grade
chlorofrom	A.R. grade
nitric acid	A.R. grade

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อุปกรณ์

การให้ความร้อนกระดูกปลาทูน่าด้วยไอน้ำ

- หม้อให้ความร้อนภายใต้ความดัน (Tomy-320)

การอบกระดูกปลาทูน่า

- tray dryer ความเร็วลม 1.2 m/s (HA-100s)

การบด

- stone mill ¼ HP 4 pole 1450 RPM (SP-KP)

การร่อน

- เครื่องเขย่าแบบตะแกรงร่อน (type Vibro, Retsch)

อุปกรณ์ทำขนม

- เครื่องตีไข่ (Airlux Super Hand Mixer Model,HA-3127)
- เครื่องผสม (Kenwood, A9070) ความจุ 5 ควอท
- ไม้พาย
- เครื่องรีดแป้ง

การวิเคราะห์ทางเคมี

- เครื่องชั่งละเอียด ทศนิยม 4 ตำแหน่ง พิกัดการชั่ง 3100 กรัม (Satorius, A200S)
- เครื่องชั่งหยาบ ทศนิยม 2 ตำแหน่ง พิกัดการชั่ง 202 กรัม (Satorius, 1907 MPB)
- ชุดอุปกรณ์วิเคราะห์โปรตีน (Kjeldthem and Vapodest1,Gerhardt, KT85)
- ชุดอุปกรณ์วิเคราะห์ไขมัน (Soxhlet Apparatus)
- เครื่องวิเคราะห์แคลเซียม (Varian Atomic Absorption Spectrophotometer, 300)
- เตาอบวิคราะห์ความชื้น ช่วงอุณหภูมิ 0 – 250 องศาเซลเซียส (WTB Binder, E53)
- UV/VIS Spectrophotometer (Jasco, V-530)
- เตาเผา ช่วงอุณหภูมิ 500 – 700 องศาเซลเซียส (Furnance Carbolite, MEL 11-2)
- vacuum evaporator (Buchi Olibath B-485, Buchi Rotavapor R-114, Buchi B-169)

การศึกษาอายุการเก็บรักษากระดูกปลาทูน่าผง

- เครื่องเขย่า (Gyrotory Shaker, G2)
- เครื่องปิดผนึกแบบสุญญากาศ (Multivac)
- ตู้บ่มเชื้อ ช่วงอุณหภูมิ 20 - 100 องศาเซลเซียส (Gallenkamb, IH-100)
  ช่วงอุณหภูมิ 25 –70 องศาเซลเซียส (Memmert, B30)
  ช่วงอุณหภูมิ 0 -70 องศาเซลเซียส (Heraeus Instrument, B6)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

-ถุง aluminium foil oriented polypropylene/Metallized/polypropylene ขนาด 225× 135 มิลลิเมตร 0.7 ไมครอน

ขั้นตอนดำเนินการวิจัย

3.1 ศึกษาองค์ประกอบของกระดูกปลาทูน่าก่อนและหลังล้างด้วยน้ำ

นำกระดูกปลาทูน่าที่แช่แข็งมาตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเพื่อทำให้ละลายประมาณ 15 นาที แล้วจึงวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และนำกระดูกปลาทูน่าที่ผ่านการละลายแล้วล้างด้วยน้ำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี โดยองค์ประกอบทางเคมีที่วิเคราะห์มีดังนี้

- แคลเซียม ตามวิธีของ Gruden และ MacNeil (1973) ในภาคผนวก ก.5
- ฟอสฟอรัส ตามวิธีของ James (1995) ในภาคผนวก ก.6
- โปรตีน ตามวิธีของ A.O.A.C. 1984-2.057 ในภาคผนวก ก.3
- ไขมัน ตามวิธีของ A.O.A.C. 1984-24.005 ในภาคผนวก ก.4
- ความชื้น ตามวิธีของ A.O.A.C. 1984-24.003 ในภาคผนวก ก.1
- เถ้า ตามวิธีของ A.O.A.C. 1984-24.009 ในภาคผนวก ก.2

ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ

3.2 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมกระดูกปลาทูน่า

นำกระดูกปลาทูน่าข้อที่ 3 ซึ่งผ่านการล้างด้วยน้ำ มาให้ความร้อนด้วยไอน้ำในหม้อให้ความร้อนภายใต้ความดัน และแปรปัจจัยที่ศึกษา 2 ปัจจัย ได้แก่

แปรอุณหภูมิของไอน้ำ 3 ระดับ คือ 120 125 และ 130 องศาเซลเซียส และแปรเวลาในการให้ความร้อน 4 ระยะเวลา คือ 30 40 50 และ 60 นาที

<u>ประเมินผลการทดลองโดย</u>

- วัดค่าแรงตัดขาด (shear force) ของชิ้นกระดูกปลาทูน่า ด้วยเครื่อง Texture Analyser (TA-XT2i) ใช้ blade set with knife probe (HDP/BSK) และวิเคราะห์โปรตีน ตามวิธีของ A.O.A.C. 1984-2.057 ในภาคผนวก ก.3

วางแผนการทดลองแบบ asymmetric factorial design ขนาด 3×4 จำนวน 2 ซ้ำ และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Cochran and Cox,1985)

- ถ่ายภาพพื้นผิวของระยางค์ส่วนบนตามรูปที่ 2 ในกระดูกปลาทูน่าที่อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการเตรียมกระดูกปลาทูน่าด้วยเครื่อง scanning electron microscope (SEM)

3.3 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการอบและผลของการบดกระดูกปลาทูน่าอบแห้ง

นำชิ้นกระดูกปลาทูน่าข้อที่ 3 ซึ่งผ่านการให้ความร้อน ณ อุณหภูมิและเวลาที่ได้เลือกจากการศึกษาในขั้นตอนที่ 3.2 มาอบแห้งในเครื่องทำแห้งแบบถาด และแปรปัจจัยที่ศึกษา คือ

แปรอุณหภูมิในการอบแห้ง 3 ระดับ คือ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส และแปรเวลาในการอบแห้ง 5 ระดับ คือ 1 1.5 2 2.5 และ 3 ชั่วโมง

หลังจากนั้นนำชิ้นกระดูกปลาทูน่าที่อบแห้ง และกระดูกปลาทูน่าที่ผ่านการอบและบดด้วยโม่หินแล้วมาร่อนผ่านตะแกรงขนาด 70 mesh ประเมินผล

<u>ประเมินผลการทดลองโดย</u>

- ความชื้น ตามวิธีของ A.O.A.C. 1984-24.003 ในภาคผนวก ก.1
- สี ด้วยเครื่อง Minolta CR-300 SERIES

วางแผนการทดลองแบบ asymmetric factorial design ขนาด 3×5 จำนวน 2 ซ้ำ และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Cochran and Cox,1985)

- ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของชิ้นกระดูกปลาทูน่าและกระดูกปลาทูน่าผงด้านสีกลิ่นไหม้ ด้วยวิธี scoring test และใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝน 15 คน โดยให้ความเห็นทางด้านกลิ่น: ไม่มีกลิ่นไหม้ 1 คะแนน กลิ่นไหม้นิดหน่อย 2 คะแนน กลิ่นไหม้เล็กน้อย 3 คะแนน กลิ่นไหม้ปานกลาง 4 คะแนน กลิ่นไหม้มาก 5 คะแนน กลิ่นไหม้มากที่สุด 6 คะแนน, ด้านสี: สีเหลืองอ่อน 1 คะแนน สีเหลืองปานกลาง 2 คะแนน สีเหลืองเข้ม 3 คะแนน สีน้ำตาลอ่อน 4 คะแนน สีน้ำตาลปานกลาง 5 คะแนน สีน้ำตาลเข้ม 6 คะแนน สีน้ำตาลไหม้ 7 คะแนน ตามแบบทดสอบการประเมินผลทางประสาทสัมผัสในภาคผนวก ข.1

วางแผนการทดลองแบบ asymmetric factorial with complete block design ขนาด 3×5 จำนวน 2 ซ้ำ และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Cochran and Cox,1985)

เลือกระยะเวลาและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบกระดูกปลาทูน่า โดยพิจารณาผลของการประเมินค่าความชื้น สี และคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีและกลิ่นไหม้ของชิ้นกระดูกปลาทูน่าและกระดูกปลาทูน่าผง เพื่อนำมาใช้ในการศึกษาขั้นตอนที่ 3.4

3.4 ศึกษาอายุการเก็บรักษาของกระดูกปลาทูน่าผง

นำกระดูกปลาทูน่าผงที่เลือกจากข้อ 3.3 มาบรรจุในถุง OPP/Metallized/PP เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 45 และ 55 องศาเซลเซียส สุ่มมาทดสอบทุก 2 สัปดาห์

<u>ประเมินผลการทดลองโดย</u>

- หาค่า TBA (thiobarbituric acid) ตามวิธีของ Tarladgis, Pearson และ Dugan (1960) ในภาคผนวก ก.7

- หาค่า PV (peroxide value) ตามวิธีของ A.O.A.C. 1980 – 28.002 ในภาคผนวก ก.8

คำนวณหาอายุการเก็บ จาก

The Arrhenius Model หรือ Q_{10} Model (Labuza และ Schmidl, 1985)

$$Q_{10} = \frac{\theta_S (T)}{\theta_S (T+10)}$$

$\theta_S (T)$ คือ อายุการเก็บของตัวอย่าง ณ อุณหภูมิที่ T

$\theta_S (T+10)$ คือ อายุการเก็บของตัวอย่าง ณ อุณหภูมิที่ T+10

สำหรับอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต้องการทราบ หาจากสูตร

$$Q_{10}^{\Delta/10} = \frac{\theta_S (T_1)}{\theta_S (T_2)}$$

$\theta_S (T_1)$ คือ อายุการเก็บที่อุณหภูมิ T_1

$\theta_S (T_2)$ คือ อายุการเก็บที่อุณหภูมิ T_2

Δ คือ ความแตกต่างของอุณหภูมิ T_1 และ T_2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.5 พัฒนาสูตรคุกกี้ที่เหมาะสมในการเสริมกระดูกปลาทูน่าผง

3.5.1 หาสูตรคุกกี้ที่ดี 3 สูตร ซึ่งมีส่วนประกอบต่างกัน ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ปริมาณขององค์ประกอบในส่วนผสมของคุกกี้ 3 สูตร

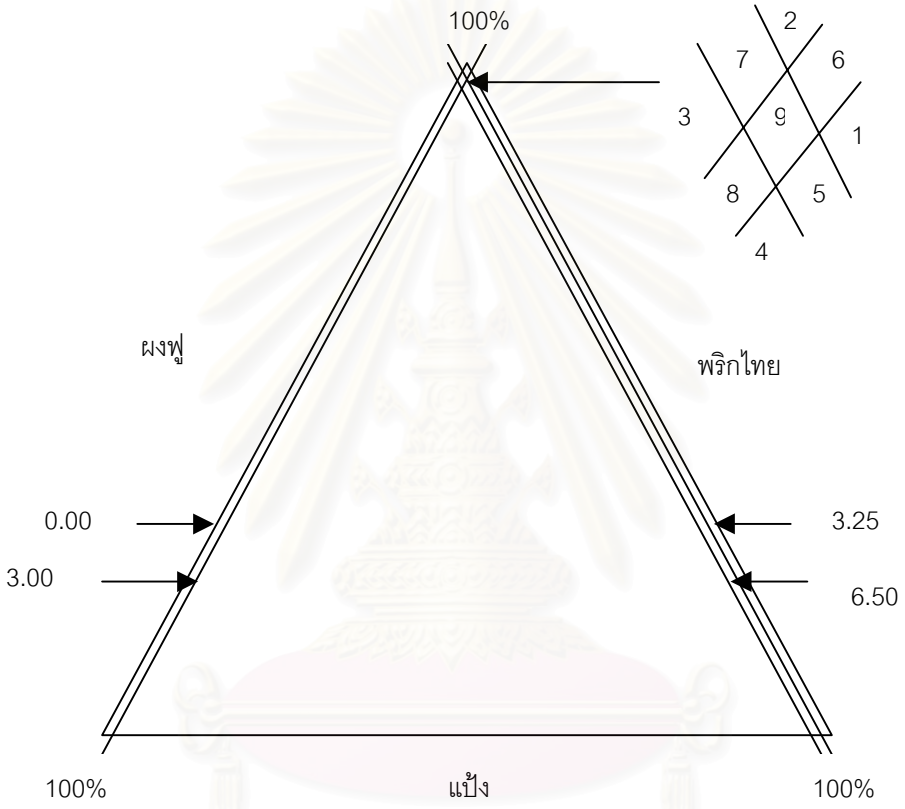
ส่วนผสม	ปริมาณ(กรัม)		
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
แป้งเอนกประสงค์ (ตราว่าว)	300	300	300
ไข่ไก่ทั้งฟอง	100	-	69.77
ผงฟู	10	6.67	2.33
น้ำตาลทราย	185	193	165.70
เกลือ	0.3	-	-
เนยสด	227	168	48.84
ไข่แดง	-	53.61	-
เนยขาว	-	-	52.33

<u>ประเมินผลการทดลองโดย</u>

- ทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี ลักษณะเนื้อสัมผัส ความหวาน กลิ่นรสเนย ความเค็ม ความชอบรวม โดยมีผู้ทดสอบกึ่งฝึกฝนที่มีความคุ้นเคยกับคุกกี้ 15 คน และใช้แบบทดสอบการประเมินผลทางประสาทสัมผัสในภาคผนวก ข.2 การทดสอบทางประสาทสัมผัสจะเป็นการทดสอบแบบวิเคราะห์อัตราส่วนลักษณะคุณภาพหรือที่เรียกว่า optimum location profile โดยให้ผู้ชิมกำหนดคะแนนดีเลิศ (ideal score) และคะแนนตัวอย่าง (sample score) ผลหารของคะแนนตัวอย่างกับคะแนนดีเลิศคืออัตราส่วนของตัวชี้ลักษณะคุณภาพ เรียกว่า อัตราส่วนเฉลี่ย (ratio mean) นำค่าที่ได้มาเขียนรูปของกราฟเพื่อแสดงผลการชิม ซึ่งถ้าอัตราส่วนเท่ากับ 1 แสดงว่าไม่มีความจำเป็นต้องมีการเปลี่ยนแปลง ถ้ามีค่ามากกว่า 1 แสดงว่าต้องลดความเข้มของตัวชี้นั้นให้น้อยลง และถ้าน้อยกว่า 1 แสดงว่าต้องเพิ่มความเข้มของตัวชี้นั้นให้มากขึ้น (ณรงค์ นิยมวิทย์, 2537)

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design จำนวน 2 ซ้ำ และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Cochran and Cox,1985)

3.5.2 พัฒนาสูตรต้นแบบที่เลือกจากข้อ 3.5.1 โดยวิธี mixture design (Hare, 1974) ดังรูปที่ 4 และทำให้ได้สูตรคุกกี้ 9 สูตร ตามตารางที่ 5



รูปที่ 4 การหาสูตรที่เหมาะสมโดยแปรปริมาณพริกไทย ผงฟูและแป้งด้วยวิธี mixture design

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5 การหาปริมาณพริกไทย ผงฟู และแป้ง ที่แปรโดย mixture design

สูตร	พริกไทย	ผงฟู	แป้ง
1	3.25	3.00	93.75
2	3.25	0	96.75
3	6.50	0	93.50
4	6.50	3.00	90.50
5	4.88	3.00	92.12
6	3.25	1.50	95.25
7	4.88	0	95.12
8	6.50	1.50	92.00
9	4.88	1.50	93.62

ประเมินผลการทดลองโดย

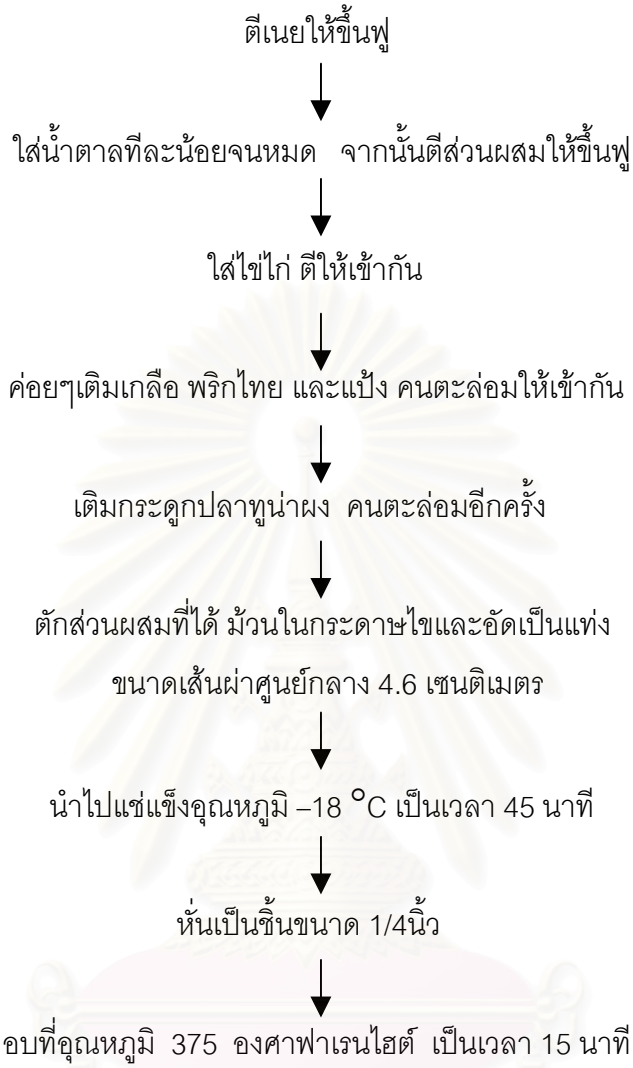
- ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธี scoring test และใช้ผู้ทดสอบชิมกึ่งฝึกฝนที่มีความคุ้นเคยกับคุกกี้ 15 คน โดยให้ความเห็นด้านรูปร่างคะแนนเต็ม 20 สีคะแนนเต็ม 20 กลิ่นรสพริกไทยคะแนนเต็ม 30 รสชาติคะแนนเต็ม 20 ลักษณะเนื้อสัมผัสคะแนนเต็ม 30 ตามแบบทดสอบทางประสาทสัมผัสในภาคผนวก ข.3 วางแผนการทดลองแบบ randomized complete block design จำนวน 2 ซ้ำ และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Cochran and Cox,1985)

3.6 ศึกษาปริมาณและขนาดอนุภาคของกระดูกปลาทูน่าผงที่เหมาะสม ในการเสริมผลิตภัณฑ์คุกกี้และกรอบเค็ม

นำกระดูกปลาทูน่าผงที่เลือกจากข้อ 3.3 มาเสริมในผลิตภัณฑ์โดยแปรขนาดอนุภาคและปริมาณของกระดูกปลาทูน่าผงเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม ดังนี้

3.6.1 คุกกี้ แปรขนาดอนุภาคของกระดูกปลาทูน่าผง 3 ระดับ คือ 50 60 และ 70 mesh และแปรปริมาณกระดูกปลาทูน่าผง 2 ระดับ คือ ร้อยละ 40 และ 50 โดยน้ำหนักแป้ง

ขั้นตอนการทำคุกกี้เสริมกระดูกปลาทูน่าผง



<u>ประเมินผลการทดลองโดย</u>

- วัดค่าแรงต้าน (resistance force) ของคุกกี้โดยใช้เครื่อง Texture Analyser (TA-XT2i) ใช้ three point bend rig probe (HDP/3PB)

- อัตราส่วนการกระจายตัว (spread ratio) ของคุกกี้ คำนวณได้จาก spread ratio = ความกว้าง / ความหนา ของคุกกี้

- ความหนาแน่น โดยการแทนที่เมล็ดงา

- สี ด้วยเครื่อง Minolta CR-300 SERIES

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Cochran and Cox,1985)

- ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบชิมกึ่งฝึกฝนที่มีความคุ้นเคยกับคุกกี้ 15 คน ทดสอบคุณลักษณะทางด้านรูปร่างคะแนนเต็ม 20 สีคะแนนเต็ม 20 เนื้อสัมผัสคะแนนเต็ม 30 กลิ่นคาวปลาคะแนนเต็ม 20 ความชอบรวมคะแนนเต็ม 10 ตามแบบทดสอบทางประสาทสัมผัสในภาคผนวก ข.4 วางแผนการทดลองแบบ randomized complete block design และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range test (Cochran and Cox,1985)

3.6.2 กรอบเค็ม แปรขนาดอนุภาคของกระดูกปลาทูน่าผง 3 ระดับ คือ 50 60 และ 70 mesh และแปรปริมาณกระดูกปลาทูน่าผง 2 ระดับ คือ ร้อยละ 10 และ 20 โดยน้ำหนักแป้ง

การทำกรอบเค็ม

<u>ส่วนผสมของตัวแป้ง</u>		
แป้งสาลี + แป้งข้าวเจ้า	100	กรัม
(อัตราส่วนแป้งสาลี:แป้งข้าวเจ้า เท่ากับ 5.25:1)		
น้ำมันพืช	27	กรัม
ไข่ไก่	17.5	กรัม
น้ำ	25.05	กรัม
<u>ส่วนผสมของน้ำตาลเคลือบ</u>		
น้ำตาลมะพร้าว	16.00	กรัม
น้ำมันพืช	1.07	กรัม
รากผักชีบดละเอียด	0.20	กรัม
กระเทียมบดละเอียด	0.40	กรัม
พริกไทย	0.29	กรัม
เกลือ	6.44	กรัม
น้ำ	1.00	กรัม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขั้นตอนการทำกรอบเค็มเสริมกระดูกปลาทูน่าผง

<u>การเตรียมตัวแป้ง</u>

ผสมแป้งสาลี แป้งข้าวเจ้าและกระดูกปลาทูน่าผง

↓

ค่อย ๆ เติมน้ำมัน ไข่ น้ำ

↓

นวดแป้ง 5 นาที ทุกชั่วโมง
เป็นจำนวน 3 ครั้ง

↓

รีดแป้งเป็นแผ่นบางหนา 1.40 มิลลิเมตร

↓

ตัดเป็นชิ้นขนาด 3×3 เซนติเมตร

↓

ทอด 180 องศาเซลเซียส
นาน 2 นาที

<u>การเตรียมน้ำตาลเคลือบ</u>

นำส่วนผสมทั้งหมดมาละลายให้เข้ากัน

↓

ให้ความร้อนจนเดือดประมาณ 2 นาที

<u>ประเมินผลการทดลองโดย</u>

- สี ก่อนเคลือบน้ำตาลมะพร้าว ด้วยเครื่อง Minolta CR-300 SERIES

วางแผนการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Completely Randomized Design และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Cochran and Cox,1985)

-ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของกรอบเค็มทั้งก่อนและหลังเคลือบน้ำตาลมะพร้าว โดยใช้ผู้ทดสอบชิมกึ่งฝึกฝน 13 คน ทดสอบคุณลักษณะทางด้านลักษณะปรากฏคะแนนเต็ม 20 สีคะแนนเต็ม 20 เนื้อสัมผัสคะแนนเต็ม 20 กลิ่นคาวปลาคะแนนเต็ม 20 ความชอบรวมคะแนน

เต็ม 10 ตามแบบทดสอบการประเมินผลทางประสาทสัมผัสในภาคผนวก ข.5 และ ข.6 ตามลำดับ วางแผนการทดลองแบบ randomized complete block design และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Ducan's New Multiple Range test (Cochran and Cox,1985)

3.7 องค์ประกอบทางเคมีของคุกกี้และกรอบเค็มที่เสริมกระดูกปลาทูน่าผง

นำคุกกี้และกรอบเค็มเสริมกระดูกปลาทูน่าผงที่ขนาดอนุภาคและปริมาณซึ่งเลือกจากการศึกษาข้อ 3.6 มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีดังนี้

- แคลเซียม ตามวิธีของ Gruden และ MacNeil (1973) ในภาคผนวก ก.5
- ฟอสฟอรัส ตามวิธีของ James (1995) ในภาคผนวก ก.6
- โปรตีน ตามวิธีของ A.O.A.C. 1984-2.057 ในภาคผนวก ก.3
- ไขมัน ตามวิธีของ A.O.A.C. 1984-24.005 ในภาคผนวก ก.4
- ความชื้น ตามวิธีของ A.O.A.C. 1984-24.003 ในภาคผนวก ก.1
- เถ้า ตามวิธีของ A.O.A.C. 1984-24.009 ในภาคผนวก ก.2

ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4
ผลการทดลอง

4.1 ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของกระดูกปลาทูน่าก่อนและหลังล้างน้ำ

ผลการศึกษาหาปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า แคลเซียม และฟอสฟอรัส แสดงไว้ในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 องค์ประกอบของกระดูกปลาทูน่าก่อนและหลังล้างด้วยน้ำ

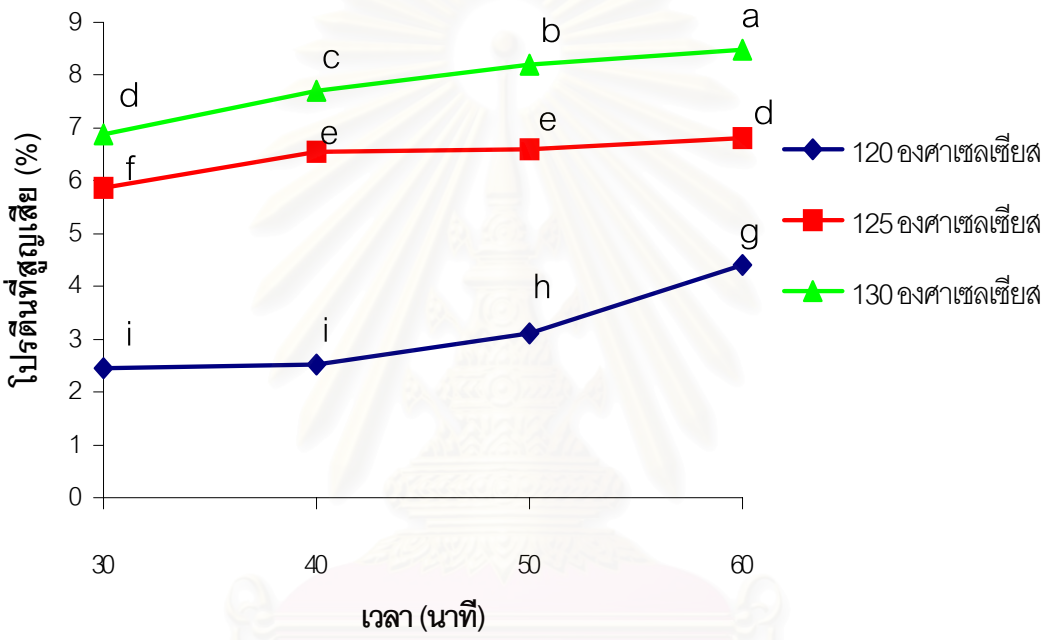
องค์ประกอบ	ปริมาณ	
	กระดูกปลาทูน่าก่อนล้างน้ำ	กระดูกปลาทูน่าหลังล้างน้ำ
ความชื้น (ร้อยละ)	49.45 ± 2.38	-
โปรตีน (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง)	37.21 ±1.51	28.05 ±0.08
ไขมัน (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง)	8.74 ±1.19	3.18 ±0.70
เถ้า (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง)	39.95 ±1.96	54.52 ±0.95
แคลเซียม (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง)	14.62 ±0.75	24.48 ±0.61
ฟอสฟอรัส (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง)	7.43 ± 0.77	10.12 ±0.67

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกระดูกปลาทูน่าก่อนล้างน้ำพบว่ามีปริมาณร้อยละของความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า แคลเซียม และฟอสฟอรัส เท่ากับ 49.45 37.21 8.74 39.95 14.62 7.43 ตามลำดับ เมื่อนำกระดูกปลาทูน่ามาล้างน้ำทำให้ปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า แคลเซียม และฟอสฟอรัส เท่ากับ 28.05 3.18 54.52 24.48 10.12 ตามลำดับ ซึ่งพบว่าการล้างกระดูกปลาทูน่าด้วยน้ำมีผลต่อปริมาณร้อยละขององค์ประกอบทางเคมี โดยทำให้ปริมาณร้อยละโปรตีนและไขมันลดลง แต่มีผลให้ปริมาณร้อยละของเถ้า แคลเซียมและฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น

4.2 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมกระดูกปลาทูน่า

4.2.1 ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการเตรียมกระดูกปลาทูน่าต่อปริมาณโปรตีน

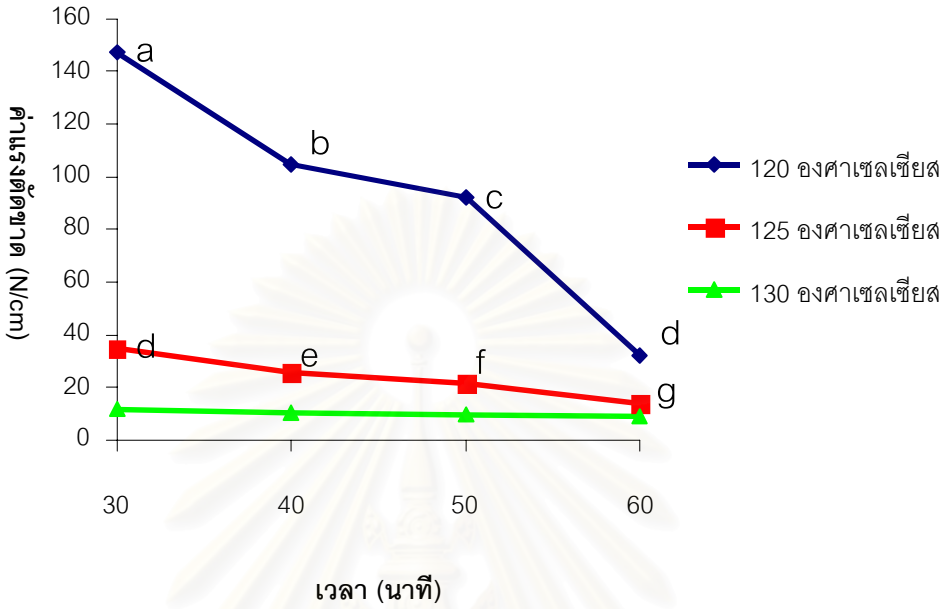
นำกระดูกปลาทูน่าที่ผ่านการล้างด้วยน้ำมาให้ความร้อนโดยหม้อให้ความร้อนด้วยไอน้ำภายใต้ความดัน ซึ่งขณะให้ความร้อนกระดูกปลาทูน่าภายใต้ความดัน จะมีภาชนะรองรับกระดูกปลาทูน่า ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการเตรียมกระดูกปลาทูน่าต่อปริมาณโปรตีน

จากการวางแผนการทดลองแบบ asymmetric factorial design ของปริมาณโปรตีนที่สูญเสียในกระดูกปลาทูน่าหลังการให้ความร้อนด้วยไอน้ำภายใต้ความดัน ดังรูปที่ 5 แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิและเวลามีผลต่อการสูญเสียของปริมาณโปรตีนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในภาคผนวก ค.1 โดยเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นและเวลาที่นานขึ้นมีผลทำให้การสูญเสียปริมาณโปรตีนของกระดูกปลาทูน่ามากขึ้น

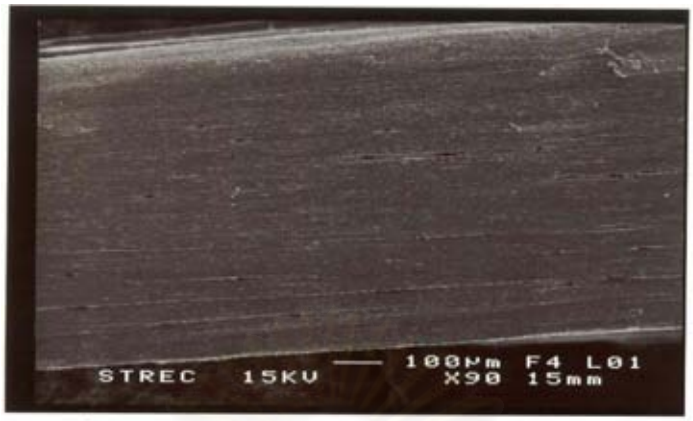
4.2.2 ผลการหาค่าแรงตัดขาดของกระดูกปลาทูน่าที่อุณหภูมิและเวลาต่างกัน โดยหม้อให้ความร้อนด้วยไอน้ำภายใต้ความดัน ดังแสดงในรูปที่ 6



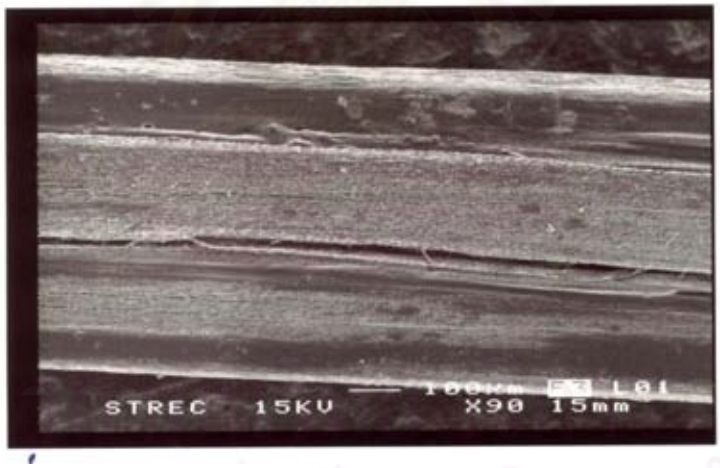
รูปที่ 6 ผลของอุณหภูมิและเวลาในการเตรียมกระดูกปลาทูน่าต่อค่าแรงตัดขาด

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ asymmetric factorial design ของค่าแรงตัดขาดของกระดูกปลาทูน่าหลังการให้ความร้อนด้วยไอน้ำภายใต้ความดัน ดังรูปที่ 6 แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิและเวลามีผลต่อการสูญเสียของปริมาณโปรตีนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในภาคผนวก ค.2 โดยเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นและเวลาที่นานขึ้นมีผลทำให้ค่าแรงตัดขาดของกระดูกปลาทูน่าลดต่ำลง แต่ที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เวลาไม่มีผลต่อค่าแรงตัดขาดของกระดูกปลาทูน่า ($p > 0.05$)

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเลือกสภาวะในการให้ความร้อนด้วยไอน้ำภายใต้ความดันที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที เป็นสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมกระดูกปลาทูน่าเพื่อนำไปใช้ในการศึกษาในขั้นตอนต่อไป โดยหลังจากนำกระดูกปลาทูน่ามาถ่ายภาพลักษณะพื้นผิวของระยางค์ส่วนบนซึ่งผ่านการให้ความร้อนด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที เปรียบเทียบกับกระดูกปลาโอแถบที่ไม่ผ่านความร้อน พบว่าพื้นผิวของกระดูกปลาทูน่าที่ให้ความร้อนเกิดรู และรอยแตกเกิดขึ้น เป็นจำนวนมาก ดังแสดงดังรูปที่ 7-10

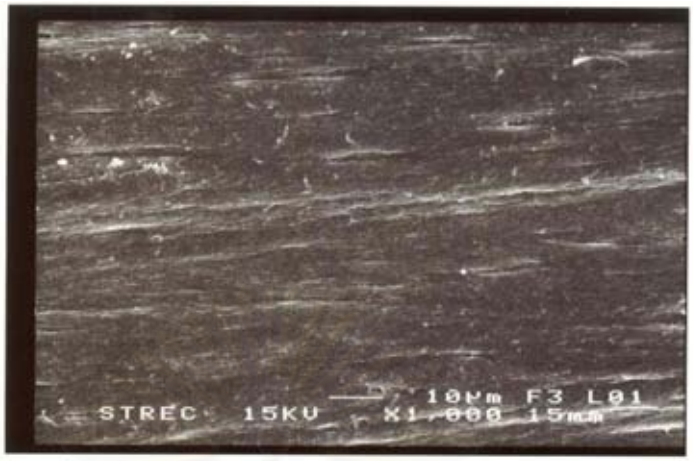


รูปที่ 7 ลักษณะพื้นผิว (surface) ของระยางค์ส่วนบนในกระดูกปลาทูน่าที่ไม่ผ่านการให้ความร้อนด้วยไอน้ำ โดยใช้ SEM (x90)

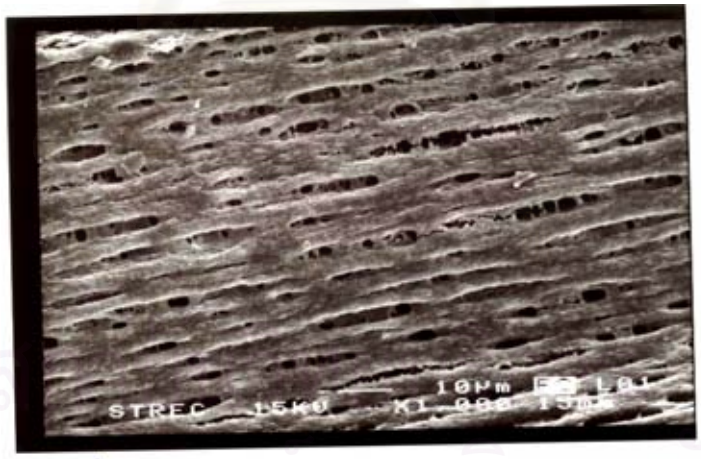


รูปที่ 8 ลักษณะพื้นผิว (surface) ของระยางค์ส่วนบนในกระดูกปลาทูน่าที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที โดยใช้ SEM (x90)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 9 ลักษณะพื้นผิว (surface) ของระยางค์ส่วนบนในกระดูกปลาทูน่าที่ไม่ผ่านการให้ความร้อนด้วยไอน้ำ โดยใช้ SEM (x1000)



รูปที่ 10 ลักษณะพื้นผิว (surface) ของระยางค์ส่วนบนในกระดูกปลาทูน่าที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที โดยใช้ SEM (x1000)

4.3 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการอบและผลของการบดกระดูกปลาทูน่าอบแห้ง

4.3.1 ผลของการวัดค่าสีของชิ้นกระดูกปลาทูน่าหลังจากอบแห้ง

ผลของการวัดค่าสีของชิ้นกระดูกปลาทูน่าหลังจากอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส เวลา 1 1.5 2 2.5 และ 3 ชั่วโมง แสดงดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ค่าสีของชิ้นกระดูกปลาทูน่าหลังอบที่อุณหภูมิและเวลาต่างกัน

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (ชั่วโมง)	L	a (ns)	b
50	1	53.90±3.79^{a}	+4.46±0.82	+18.59±1.31^{c}
	1.5	52.86±0.98^{ab}	+4.86±1.64	+18.85±2.83^{c}
	2	52.16±0.61^{abc}	+4.88±1.06	+18.89±4.00^{c}
	2.5	49.33±2.96^{cde}	+5.24±0.98	+19.80±2.09^{bc}
	3	49.27±3.51^{cde}	+5.27±0.30	+20.90±1.20^{bc}
60	1	51.65±1.93^{abc}	+5.01±0.65	+20.46±1.55^{bc}
	1.5	51.35±1.34^{abcd}	+5.16±2.85	+22.01±0.80^{abc}
	2	50.25±0.28^{bcde}	+5.66±0.90	+22.10±4.01^{abc}
	2.5	48.62±0.21^{de}	+5.91±1.64	+22.21±1.11^{abc}
	3	48.21±0.50^{e}	+6.05±1.00	+23.16±1.90^{ab}
70	1	40.18±1.89^{f}	+5.67±0.54	+23.11±4.06^{ab}
	1.5	39.84±0.76^{f}	+5.78±1.77	+23.30±1.98^{ab}
	2	38.64±1.32^{f}	+6.18±2.03	+23.30±1.55^{ab}
	2.5	38.20±1.50^{f}	+6.27±0.58	+23.33±2.52^{ab}
	3	35.25±1.28^{g}	+6.29±0.73	+25.23±0.98^{a}

a,b,..,ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ในการวัดค่าสีของกระดูกปลาทูน่าอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 60 70 องศาเซลเซียส และเวลา 1 1.5 2 2.5 3 ชั่วโมง ดังตารางที่ 7 พบว่าอุณหภูมิและเวลาสูงขึ้นมีผลต่อค่าความสว่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในภาคผนวก ค.3 โดยเมื่อเพิ่มอุณหภูมิและเวลาสูงขึ้นมีผลให้ค่าความสว่างลดลง แต่อุณหภูมิและเวลาไม่มีผลต่อค่าสีแดง ($p > 0.05$) ส่วนค่าสีเหลืองนั้น อุณหภูมิมีผลต่อค่าสีเหลืองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่เวลาไม่มีผลต่อค่าสีเหลือง($p > 0.05$)

4.3.2 ผลของการวัดค่าสีของกระดูกปลาทูน่าผงหลังจากอบแห้งและบด

ผลของการวัดค่าสีของกระดูกปลาทูน่าผง หลังจากอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส เวลา 1 1.5 2 2.5 และ 3 ชั่วโมง แล้วบดด้วยโม่หิน ร่อนผ่านตะแกรง 70 mesh แสดงดังตารางที่ 8

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 8 ค่าสีของกระดูกปลาทูน่าผงหลังอบที่อุณหภูมิและเวลาต่างกัน

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (ชั่วโมง)	L	a	b
50	1	72.86±0.27^{a}	+3.50±0.16^{e}	+22.30±0.64^{i}
	1.5	72.76±0.33^{a}	+3.70±0.15^{hi}	+23.62±0.64^{i}
	2	72.30±1.40^{ab}	+3.95±0.18^{fgh}	+23.17±0.17^{i}
	2.5	71.60±0.54^{bc}	+3.92±0.22^{fgh}	+23.55±0.66^{fgh}
	3	70.43±0.24^{de}	+4.51±0.15^{cd}	+23.50±0.52^{gh}
60	1	72.21±0.42^{ab}	+3.82±0.28^{ghi}	+23.91±0.33^{efgh}
	1.5	72.04±0.61^{ab}	+4.05±0.17^{efgh}	+23.95±0.12^{defgh}
	2	70.89±0.52^{cd}	+4.44±0.34^{cde}	+24.24±1.07^{defg}
	2.5	69.67±0.58^{ef}	+4.11±0.12^{efg}	+24.54±0.52^{cdef}
	3	69.60±0.38^{ef}	+4.25±0.27^{def}	+24.95±0.26^{cd}
70	1	69.60±0.72^{ef}	+4.37±0.18^{de}	+24.62±0.60^{cde}
	1.5	69.39±0.99^{ef}	+4.11±0.28^{efg}	+24.76±0.29^{cde}
	2	69.06±0.56 f	+4.74±0.23^{bc}	+25.26±0.46^{bc}
	2.5	65.04±1.04^{g}	+5.60±0.39^{b}	+26.04±0.33^{b}
	3	64.35±1.02^{g}	+6.26±0.33^{a}	+27.88±0.30^{a}

a,b,..,ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

พบว่าอุณหภูมิและเวลามีผลต่อค่าความสว่าง ค่าสีแดง และค่าสีเหลืองของกระดูกปลาทูน่าผงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในภาคผนวก ค.4 โดยเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นและระยะเวลานานขึ้นมีผลทำให้ค่าความสว่างลดลง ค่าสีแดงและสีเหลืองเพิ่มขึ้น

4.3.3 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านสีและกลิ่นของการอบชิ้นกระดูกปลาทูน่าอบที่อุณหภูมิและเวลาต่างกัน

นำกระดูกปลาทูน่าซึ่งผ่านการอบที่อุณหภูมิ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส เวลา 1 1.5 2 2.5 และ 3 ชั่วโมง มาทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านสีและกลิ่นของการอบชิ้นกระดูกปลาทูน่า ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส ดังแสดงในตารางที่ 9 และนำกระดูกปลาทูน่าซึ่งผ่านการอบ อุณหภูมิ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส เวลา 1 1.5 2 2.5 และ 3 ชั่วโมง มาบดและร่อนผ่านตะแกรง 70 mesh แล้วทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านสีและกลิ่นของการอบกระดูกปลาทูน่า ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส ดังแสดงในตารางที่ 10

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 9 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านสีและกลิ่นของชิ้นกระดูกปลาทูน่าหลังอบที่อุณหภูมิและเวลาต่างกัน

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (ชั่วโมง)	สี (7)*	กลิ่น (6) **
50	1	2.25 ± 0.39^{f}	1.42 ± 0.30^{c}
	1.5	2.42 ± 0.40^{f}	1.92 ± 0.29^{bc}
	2	3.08 ± 0.38^{def}	1.92 ± 0.39^{bc}
	2.5	3.33 ± 0.41^{cdef}	2.25 ± 0.40^{bc}
	3	4.17 ± 0.38^{bcd}	2.42 ± 0.22^{b}
60	1	2.50 ± 0.50^{ef}	2.17 ± 0.44^{bc}
	1.5	3.00 ± 0.52^{def}	2.58 ± 0.41^{b}
	2	3.67 ± 0.43^{bcde}	2.58 ± 0.21^{b}
	2.5	4.42 ± 0.54^{bc}	2.67 ± 0.32^{b}
	3	4.60 ± 0.44^{bc}	2.75 ± 0.30^{b}
70	1	4.58 ± 0.51^{b}	2.17 ± 0.21^{bc}
	1.5	4.67 ± 0.49^{b}	2.25 ± 0.20^{bc}
	2	4.67 ± 0.32^{b}	2.67 ± 0.23^{b}
	2.5	4.75 ± 0.30^{b}	2.83 ± 0.28^{b}
	3	6.33 ± 0.34^{a}	3.67 ± 0.25^{a}

a,b,..,ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($p\leq0.05$)

* ระดับความเข้มสี 7 ระดับ

** ระดับกลิ่นของการอบ 6 ระดับ

จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสทางด้านสีและกลิ่นของการอบชิ้นกระดูกปลาทูน่าหลังอบที่อุณหภูมิ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส เวลา 1 1.5 2 2.5 และ 3 ชั่วโมง พบว่าอุณหภูมิและเวลามีผลต่อค่าสีและกลิ่นของการอบชิ้นกระดูกปลาทูน่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในภาคผนวก ค.5 โดยลักษณะทางด้านสีที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เวลา 1 1.5 2 และ 2.5 ชั่วโมง อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 1 และ 1.5 ชั่วโมง คะแนนของสีต่ำกว่า 3.5 ดังนั้นลักษณะทางด้านสีของกระดูกปลาทูน่าอบที่อุณหภูมิและเวลาดังกล่าวยังเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ แต่ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส คะแนนทางด้านสีสูงกว่า 3.5 ดังนั้นลักษณะทางด้านสีจึงไม่เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ ส่วนการทดสอบทางด้านกลิ่นของชิ้นกระดูกปลาทูน่าหลังอบ พบว่ามีเพียงอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลา 3 ชั่วโมง ที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับทางด้านกลิ่นไหม้ของชิ้นกระดูกปลาทูน่าอบ เนื่องจากมีคะแนนมากกว่า 3.5

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 10 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านสีและกลิ่นของกระดูกปลาทูน่าผงหลังอบที่อุณหภูมิและเวลาต่างกัน

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (ชั่วโมง)	สี (7) *	กลิ่น (6) **
50	1	1.60 ± 0.22^{f}	2.00 ± 0.19^{d}
	1.5	2.47 ± 0.42^{e}	2.07 ± 0.29^{d}
	2	2.67 ± 0.32^{e}	2.27 ± 0.38^{cd}
	2.5	4.00 ± 0.30^{d}	2.33 ± 0.18^{ab}
	3	4.20 ± 0.27^{cd}	2.60 ± 0.25^{cd}
60	1	2.73 ± 0.19^{e}	2.07 ± 0.24^{d}
	1.5	2.87 ± 0.32^{e}	2.60 ± 0.34^{cd}
	2	4.27 ± 0.33^{cd}	2.80 ± 0.44^{bc}
	2.5	4.40 ± 0.28^{cd}	2.87 ± 0.28^{bc}
	3	4.60 ± 0.42^{cd}	3.27 ± 0.15^{ab}
70	1	4.73 ± 0.23^{c}	2.07 ± 0.21^{d}
	1.5	5.40 ± 0.44^{b}	2.47 ± 0.34^{cd}
	2	5.87 ± 0.25^{ab}	2.80 ± 0.22^{bc}
	2.5	6.00 ± 0.44^{ab}	3.33 ± 0.44^{ab}
	3	6.07 ± 0.51^{a}	3.80 ± 0.31^{a}

a,b,..,ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($p\leq0.05$)

* ระดับความเข้มสี 7 ระดับ

** ระดับกลิ่นของการอบ 6 ระดับ

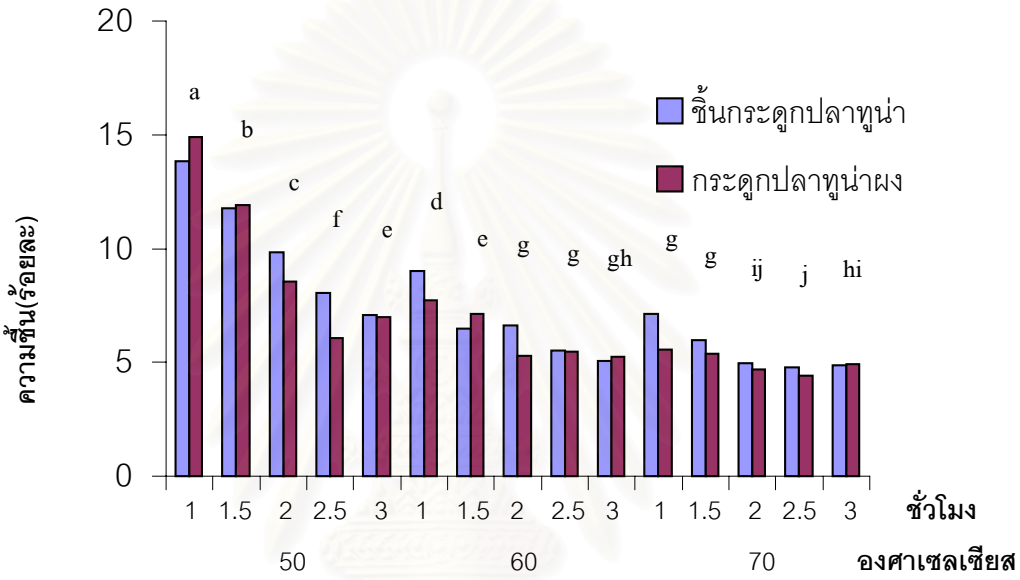
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสทางด้านสีและกลิ่นของกระดูกปลาทูน่าผงหลังอบที่อุณหภูมิ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส เวลา 1 1.5 2 2.5 และ 3 ชั่วโมง โดยบดและร่อนผ่านตะแกรง 70 mesh พบว่าอุณหภูมิและเวลามีผลต่อค่าสีและกลิ่นของกระดูกปลาทูน่าผงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในภาคผนวก ค.6 จากตารางที่ 10 พบว่าที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เวลา 1 1.5 และ 2 ชั่วโมง รวมทั้งอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 1 และ 1.5 ชั่วโมง ผู้ทดสอบยังยอมรับทางด้านสีของกระดูกปลาผงเนื่องจากคะแนนต่ำกว่า 3.5 แต่ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เวลา 2.5 และ 3 ชั่วโมง อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 2 2.5 และ 3 ชั่วโมง รวมทั้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ผู้ทดสอบไม่ยอมรับทางด้านสีของกระดูกปลาผงเนื่องจากคะแนนสูงกว่า 3.5 ส่วนการทดสอบทางด้านกลิ่นของกระดูกปลาทูน่าผง พบว่าอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เวลา 1 1.5 2 2.5 และ 3 ชั่วโมง อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 1 1.5 2 2.5 องศาเซลเซียส อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลา 1 1.5 และ 2 ชั่วโมง ผู้ทดสอบยังยอมรับทางด้านกลิ่นกระดูกปลาทูน่าผงเนื่องจากคะแนนทางด้านกลิ่นต่ำกว่า 3 แต่ไม่ยอมรับทางด้านกลิ่นที่เวลา 2.5 และ 3 ชั่วโมง

4.3.4 ผลการศึกษาหาความชื้นของชิ้นกระดูกปลาทูน่าและกระดูกปลาทูน่าผง

ในการอบกระดูกปลาทูน่าที่อุณหภูมิ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 1.5 2 2.5 และ 3 ชั่วโมง พบว่าอุณหภูมิและเวลามีผลต่อความชื้นของชิ้นกระดูกปลาทูน่าและกระดูกปลาทูน่าผงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในภาคผนวก ค.7 โดยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เวลา 2.5 และ 3 ชั่วโมง อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 1.5 2 2.5 และ 3 ชั่วโมง รวมทั้งอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลา 1 1.5 2 2.5 และ 3 ชั่วโมง ทำให้ความชื้นของชิ้นกระดูกปลาและกระดูกปลาทูน่าผงมีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 8 ตามมาตรฐานอุตสาหกรรม 700-2530 ของปลาแห้งป่นแบบไม่ปรุงรส ดังรูปที่ 11

จากผลการทดลองตาราง 7 8 9 10 และรูปที่ 11 งานวิจัยนี้จึงเลือกสภาวะในการอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 1.5 ชั่วโมง เนื่องจากอุณหภูมิและเวลาดังกล่าวมีผลทำให้ชิ้นกระดูกปลาทูน่าและกระดูกปลาทูน่าผงมีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 8 คือ เท่ากับ ร้อยละ 6.50 และ 7.12 ตามลำดับ นอกจากนี้เมื่อทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีและกลิ่นของ การอบชิ้นกระดูกปลาทูน่า รวมทั้งกระดูกปลาทูน่าผงยังเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ

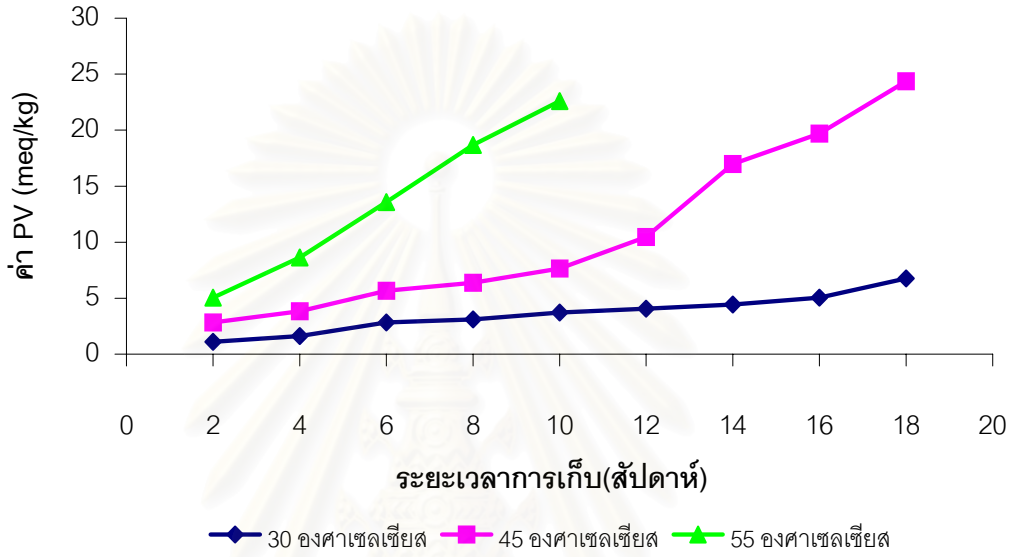


รูปที่ 11 ปริมาณความชื้นของชิ้นกระดูกปลาทูน่าและกระดูกปลาทูน่าผงหลังอบที่อุณหภูมิต่างกัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4 ผลของการศึกษาอายุการเก็บรักษาของกระดูกปลาทูน่าผง

นำกระดูกปลาทูน่าผงที่เลือกจากข้อ 3 มาบรรจุในถุง OPP/Metalized/PP เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 45 และ 55 องศาเซลเซียส สุ่มมาทดสอบทุก 2 สัปดาห์ และวิเคราะห์หาค่า TBA และ PV ดังแสดงในภาพที่ 12 และ 13



รูปที่ 12 ค่า PV ของกระดูกปลาทูน่าผงที่บรรจุในถุง OPP/Metallized/PPเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 45 55 องศาเซลเซียส

จากค่า PV ของกระดูกปลาทูน่าผงที่บรรจุในถุง OPP/Metallized/PP เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 45 และ 55 องศาเซลเซียส พบว่าเมื่ออุณหภูมิในการเก็บเพิ่มสูงขึ้น อัตราเร็วของการเกิดการเหม็นหืนก็สูงขึ้นตามด้วย โดยที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส มีอัตราเร็วของการเกิดการเหม็นหืนสูงที่สุด ส่วนอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส มีอัตราเร็วของการเกิดการเหม็นหืนต่ำสุด แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาการเกิดความเหม็นหืน

เนื่องจาก Pearson (1976) กล่าวไว้ว่าค่า PV เท่ากับ 20 meq/kg เริ่มเกิดการเหม็นหืนที่ผู้ทดสอบเริ่มรับรู้ได้ ในงานวิจัยนี้จึงได้ใช้ค่า PV เท่ากับ 20 meq/kg เป็นจุดวิกฤตเพื่อหาอายุการเก็บของกระดูกปลาทูน่าผงที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ดังนั้นจากรูปที่ 12 จึงทำให้พบว่าการเก็บรักษากระดูกปลาทูน่าผงที่บรรจุถุง OPP/Metallized/PP ในสภาวะสุญญากาศ อุณหภูมิเท่ากับ 55 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษากระดูกปลาทูน่าผงได้ 8 สัปดาห์ และอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษากระดูกปลาทูน่าผง 16 สัปดาห์

การคำนวนอายุการเก็บรักษากระดูกปลาทูน่าผงที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส สามารถหาได้จากสูตร The Arrhenius Model หรือ Q_{10} Model

$$Q_{10} = \frac{\theta_S (T)}{\theta_S (T+10)}$$

$\theta_S (T)$ คือ อายุการเก็บของตัวอย่าง ณ อุณหภูมิที่ 45 องศาเซลเซียส เท่ากับ 4 เดือน

$\theta_S (T+10)$ คือ อายุการเก็บของตัวอย่าง ณ อุณหภูมิที่ 55 องศาเซลเซียส เท่ากับ 2 เดือน

สำหรับอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต้องการทราบ หาจากสูตร

$$Q_{10}^{\Delta/10} = \frac{\theta_S (T_1)}{\theta_S (T_2)}$$

$\theta_S (T_1)$ คือ อายุการเก็บที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

$\theta_S (T_2)$ คือ อายุการเก็บที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส

Δ คือ ความแตกต่างของอุณหภูมิ 30 และ 45 องศาเซลเซียส

$Q_{10} = 4 / 2 = 2$

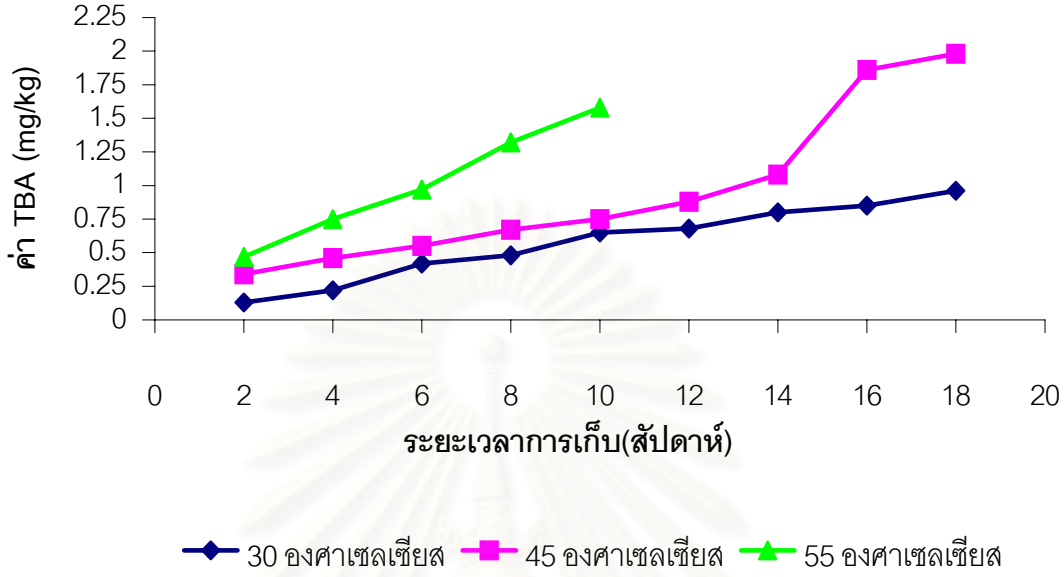
$Q_{30} = Q_{45} \times Q_{10}^{\Delta/10}$

$= 4 \times 2^{15/10}$

$= 11.31$ เดือน

ดังนั้นกระดูกปลาทูน่าผงสามารถเก็บรักษาได้เป็นเวลาประมาณ 11 เดือน ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส โดยบรรจุในถุง OPP/Metallized/PP ในสภาวะสุญญากาศ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



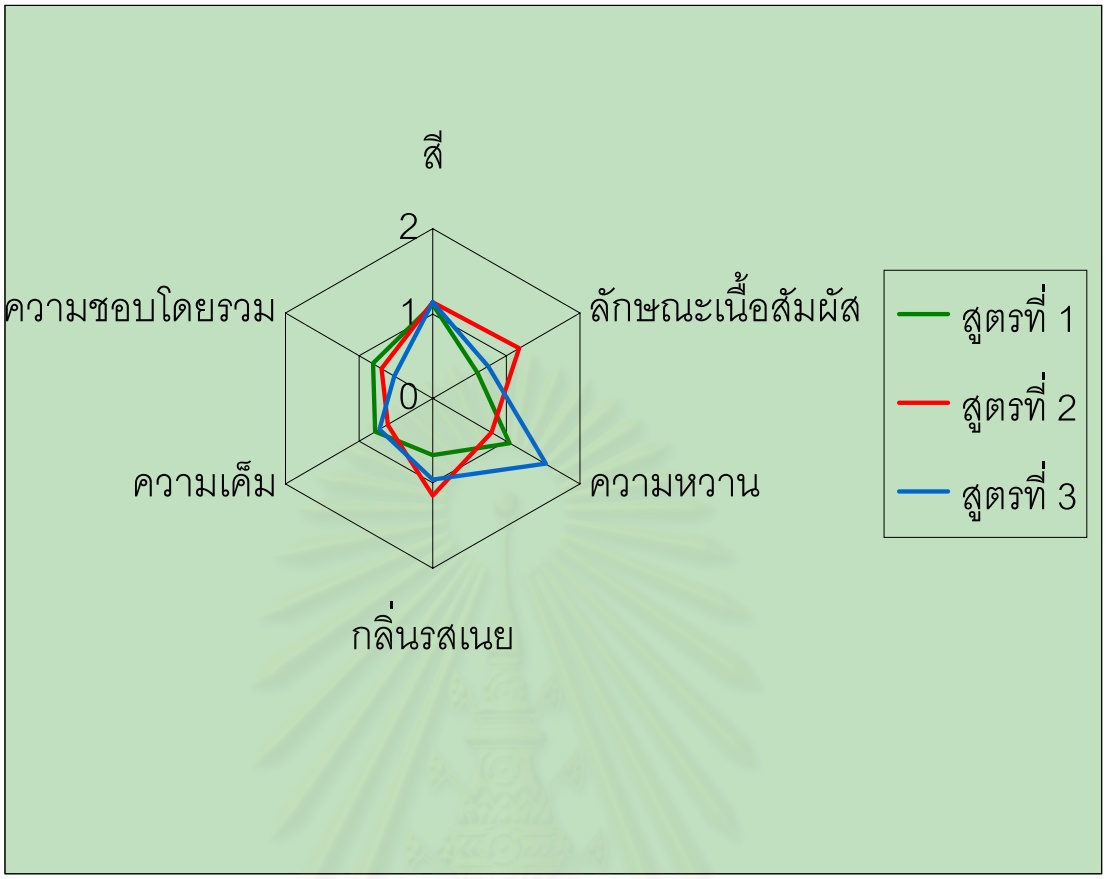
รูปที่ 13 ค่า TBA ของกระดูกปลาทูน่าผงที่บรรจุในถุง OPP/Metallized/PPเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 45 และ 55 องศาเซลเซียส

จากรูปที่ 13 พบว่าอุณหภูมิยังมีผลต่อค่า TBA เช่นเดียวกับค่า PV ซึ่งเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นมีผลทำให้อัตราการเกิดความเหม็นหืนสูงขึ้นเช่นกัน โดยค่า TBA มีค่าสูงขึ้นเล็กน้อย

4.5 ผลของการหาและพัฒนาสูตรคุกกี้ที่เหมาะสมในการเสริมกระดูกปลาทูน่าผง

4.5.1 ผลของการหาสูตรคุกกี้ที่ดี 3 สูตร

จากส่วนประกอบของคุกกี้ 3 สูตรต่างกันทำให้ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสต่างกันดังแสดงในรูปที่ 14



รูปที่ 14 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของคุกกี้ 3 สูตร

ในการทดสอบทางประสาทสัมผัสของคุกกี้ 3 สูตร ดังตารางที่ 4 พบว่าคุกกี้สูตรที่ 1 มีคะแนนการยอมรับโดยรวมใกล้ ideal มากที่สุด จึงเลือกคุกกี้สูตรที่ 1 มาพัฒนาขั้นต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.5.2 ผลของการพัฒนาสูตรต้นแบบที่เลือกจากข้อ 5.1

หลังจากเลือกสูตรคุกกี้สูตรที่ 1 มาพัฒนาเพื่อให้ได้คุกกี้ที่เหมาะสมในการเสริมกระดูกปลาผงเนื่องจากสูตรที่ 1 มีลักษณะเนื้อที่มีความแตกร่วนมากจึงลดผงฟูจากสูตรลงโดยแปรปริมาณผงฟูในช่วงร้อยละ 0.00-3.00 นอกจากนี้ยังแปรปริมาณพริกไทยเพื่อกลบกลิ่นคาวปลาของกระดูกปลาทูน่าผงในช่วงร้อยละ 3.20 – 6.50 โดยใช้วิธี mixture design จากรูปที่ 4 ทำให้ได้สูตรคุกกี้ออกมา 9 สูตร ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 11 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่แปรปริมาณพริกไทย ผงฟูและแป้ง

สูตร	พริกไทย:ผงฟู (ร้อยละโดยน้ำหนักแป้ง)	รูปร่าง (20)	สี (20)	กลิ่นรสพริกไทย (30)	รสชาติ (20)	เนื้อสัมผัส (30)
1	3.25:3	12.92±4.31^{a}	16.50±2.95^{a}	23.13±6.25^{a}	14.27±4.15a^{b}	16.87±7.49^{ab}
2	3.25:0	9.47±4.56^{b}	11.40±3.16^{bc}	20.26±6.59^{ab}	14.78±3.83^{a}	15.20±7.59^{bc}
3	6.50:0	11.47±4.55^{ab}	10.67±4.13^{bc}	9.13±4.44^{e}	10.27±3.35^{de}	10.40±6.20^{c}
4	6.50:3	13.20±4.33^{a}	10.40±4.74^{bc}	14.00±9.15^{d}	9.73±3.41^{e}	17.07±8.27^{ab}
5	4.88:3	14.20a±3.97^{ab}	14.60±4.24^{a}	20.47±8.02^{ab}	14.87±3.76^{a}	21.60±7.51^{a}
6	3.25:1.5	12.53±5.24^{ab}	11.80±5.51^{b}	15.73±5.80^{cd}	13.40±4.79^{abc}	13.87±6.83^{bc}
7	4.88:0	11.20±4.41^{ab}	7.60±2.69^{d}	18.40±5.77^{bc}	12.80±3.73^{abcd}	12.00±5.93^{bc}
8	6.50:1.5	11.30±5.13^{ab}	8.67±3.83^{cd}	8.60±4.80^{e}	11.07±3.91^{cde}	15.31±8.33^{bc}
9	4.88:1.5	12.20±4.51^{ab}	10.53±3.44^{bc}	15.27±7.67^{cd}	11.93±4.56^{bcde}	17.93±8.96^{ab}

a,b,..,ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของคุกกี้ 9 สูตรพบว่าในสูตรที่ 5 มีคะแนนทางประสาทสัมผัสที่สูงสุด จึงเลือกคุกกี้สูตรที่ 5 มาศึกษาขั้นตอนต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.6 การศึกษาปริมาณและขนาดอนุภาคของกระดูกปลาทูน่าผงที่เหมาะสมในการเสริมผลิตภัณฑ์คุกกี้

ตารางที่ 12 ค่าสีของคุกกี้ที่เสริมกระดูกปลาทูน่าผง เมื่อแปรขนาดอนุภาคและปริมาณของกระดูก

ขนาดอนุภาคของกระดูกปลาทูน่าผง (mesh)	ปริมาณกระดูกปลาทูน่าผง (ร้อยละโดยน้ำหนักแป้ง)	L	a	b
*	*	67.90±1.47^{a}	+6.13±0.31^{c}	+34.88±1.47^{a}
50	40	61.32±1.04^{b}	+4.52±0.52^{bc}	+24.14±1.04^{d}
	50	60.73±0.75^{c}	+5.03±0.69^{bc}	+24.58±1.20^{cd}
60	40	58.66±1.48^{c}	+5.15±0.51^{bc}	+25.25±1.48^{bcd}
	50	57.53±0.92^{c}	+5.38±1.44^{a}	+25.82±0.92^{b}
70	40	58.53±1.20^{c}	+6.49±0.32^{a}	+25.79±0.69^{b}
	50	57.52±0.69^{c}	+6.55±0.23^{a}	+25.56±0.75^{c}

a,b,..,ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

* สูตรควบคุมที่ไม่เสริมกระดูกปลาทูน่าผง

จากตารางที่ 12 พิจารณาได้ว่าการเสริมกระดูกปลาผงลงในคุกกี้มีผลต่อค่าความสว่าง ค่าสีแดง ค่าสีเหลือง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในภาคผนวก ค.9

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 13 แรงต้าน (resistant force) การแผ่ตัว (spread ratio) และความหนาแน่น (density) ของคุกกี้ที่เสริมกระดูกปลาทูน่าผง เมื่อแปรขนาดอนุภาคและปริมาณของกระดูกปลาทูน่าผง

ขนาดอนุภาคของกระดูกปลาทูน่าผง (mesh)	ปริมาณกระดูกปลาทูน่าผง (ร้อยละโดยน้ำหนักแป้ง)	แรงต้าน (resistant force) (N)	การแผ่ตัว (spread ratio)	ความหนาแน่น (density) (g/cm^3)
*	*	324.69 ± 12.92^{f}	6.62 ± 0.03^{a}	0.32 ± 0.0061^{g}
50	40	468.59 ± 41.62^{e}	6.29 ± 0.49^{cd}	0.37 ± 0.0009^{f}
	50	618.34 ± 51.24^{d}	5.87 ± 0.04^{bc}	0.40 ± 0.0198^{e}
60	40	842.39 ± 42.05^{c}	5.85 ± 0.06^{bc}	0.43 ± 0.0097^{d}
	50	864.45 ± 48.89^{bc}	5.48 ± 0.49^{cd}	0.46 ± 0.0133^{c}
70	40	941.74 ± 71.73^{ab}	5.37 ± 0.10^{cd}	0.48 ± 0.0021^{b}
	50	998.76 ± 58.70^{a}	5.28 ± 0.47^{d}	0.54 ± 0.0066^{a}

a,b,..,ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)

*สูตรควบคุมที่ไม่เสริมกระดูกปลาทูน่าผง

และเมื่อพิจารณาค่าแรงต้าน การแผ่ตัว และความหนาแน่นของคุกกี้ ดังตารางที่ 13 พบว่าการเสริมกระดูกปลาทูน่าลงคุกกี้ทำให้แรงต้านและความหนาแน่นเพิ่ม การแผ่ตัวลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในภาคผนวก ค.10

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 14 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของคุกกี้ที่เสริมกระดูกปลาทูน่าผง เมื่อแปรขนาดของอนุภาคและปริมาณของกระดูกปลาทูน่าผง

ขนาดอนุภาค (mesh)	ปริมาณ (ร้อยละโดยน้ำหนักแป้ง)	รูปร่าง (20)	สี (20)	เนื้อสัมผัส (30) ns	รสชาติ (20)	กลิ่น (20)	ความชอบรวม (10)
*	*	13.07±3.61^{c}	15.57±4.72^{a}	24.27±6.35	15.47±3.62^{a}	17.20±1.99^{a}	8.93±0.80^{a}
50	40	15.13±3.58^{ab}	11.53±4.09^{bcd}	21.87±4.49	12.73±4.53^{c}	13.80±2.54^{b}	7.00±1.00^{b}
	50	12.20±3.76^{c}	10.73±3.49^{cd}	21.33±4.79	14.67±3.60^{ab}	11.13±2.03^{c}	5.87±1.30^{c}
60	40	13.57±3.76^{c}	12.40±3.98^{bc}	24.80±4.47	12.27±3.88^{c}	10.27±2.25^{d}	5.07±1.22^{cd}
	50	16.20±2.98^{a}	9.47±4.64^{de}	22.53±5.87	13.20±4.66^{bc}	9.33±2.19^{de}	5.87±1.06^{c}
70	40	15.27±4.10^{ab}	13.13±4.53^{bc}	23.67±5.14	14.20±3.26^{abc}	9.20±1.97^{de}	4.87±1.30^{de}
	50	15.13±3.42^{ab}	8.13±3.66^{e}	20.60±5.48	12.00±3.78^{c}	8.53±2.03^{e}	4.13±1.13^{e}

a,b,..,ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

*สูตรควบคุมที่ไม่เสริมกระดูกปลาทูน่าผง

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของคุกกี้ที่เสริมกระดูกปลาทูน่าผงเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม พบว่าการเสริมกระดูกปลาทูน่าผงในคุกกี้ทำให้รูปร่างดีขึ้น แต่ทำให้คะแนนทางด้านสี รสชาติ กลิ่น และความชอบรวมลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในภาคผนวก ค.11

นอกจากนี้จากตารางที่ 14 ยังพบอีกว่าการเสริมกระดูกปลาทูน่าผงลงในคุกกี้ที่ขนาดอนุภาค 50 mesh ในปริมาณร้อยละ 50 โดยน้ำหนักแป้ง ผู้ทดสอบชิมยังยอมรับผลิตภัณฑ์คุกกี้เสริมกระดูกปลาทูน่าผง ซึ่งเป็นกระดูกปลาทูน่าผงที่ง่ายต่อการบด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.7 ผลของการศึกษาปริมาณและขนาดอนุภาคของกระดูกปลาทูน่าผงที่เหมาะสมในการเสริมผลิตภัณฑ์กรอบเค็ม

นำกระดูกปลาทูน่าผงที่เลือกจากข้อ 4.3 มาเสริมในกรอบเค็มโดยแปรปริมาณและขนาดของกระดูกปลาทูน่าผงเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม ผลของการเสริมกระดูกปลาทูน่าผงดังแสดงใน ตารางที่ 15-17

ตารางที่ 15 ค่าสีของกรอบเค็มที่เสริมกระดูกปลาทูน่าผงก่อนเคลือบน้ำตาล เมื่อแปรขนาดอนุภาคและปริมาณของกระดูกปลาทูน่าผง

ขนาดอนุภาคของกระดูกปลาทูน่าผง (mesh)	ปริมาณกระดูกปลาทูน่าผง (ร้อยละโดยน้ำหนักแป้ง)	L	a	b
*	*	60.26 ± 2.10^{ab}	$+7.06\pm1.32^{a}$	$+23.54\pm1.71^{a}$
50	10	59.08 ± 2.29^{a}	$+4.97\pm1.57^{b}$	$+22.72\pm1.75^{abc}$
	20	58.35 ± 0.58^{bc}	$+4.67\pm0.88^{b}$	$+21.99\pm1.22^{abc}$
60	10	58.27 ± 1.20^{bcd}	$+5.96\pm1.39^{ab}$	$+23.42\pm1.52^{ab}$
	20	57.72 ± 0.24^{bcd}	$+5.64\pm0.84^{ab}$	$+21.68\pm0.44^{bc}$
70	10	57.23 ± 0.85^{cd}	$+6.17\pm1.37^{ab}$	$+21.86\pm1.14^{abc}$
	20	56.56 ± 0.97^{d}	$+6.21\pm1.62^{ab}$	$+21.49\pm1.12^{c}$

a,b,..,ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($p\leq0.05$)

* สูตรควบคุมที่ไม่เสริมกระดูกปลาทูน่าผง

จากตารางที่ 15 พบว่าการเสริมกระดูกปลาทูน่าผงในกรอบเค็มมีผลต่อการค่าความสว่าง สีแดง และสีเหลืองอย่างมีนัยสำคัญ($p\leq0.05$) ดังแสดงในภาคผนวก ค.12

ตารางที่ 16 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของกรอบเค็มที่เสริมกระดูกปลาทูน่าผงก่อนเคลือบน้ำตาล เมื่อแปรขนาดของอนุภาคและปริมาณของกระดูกปลาทูน่าผง

ขนาดอนุภาค (mesh)	ปริมาณ (ร้อยละโดยน้ำหนักแป้ง)	ลักษณะปรากฏ (20)	สี (20)	เนื้อสัมผัส (30)	รสชาติ (20)	กลิ่นคาวปลา (20)	ความชอบรวม (10)
*	*	14.31±1.01^{a}	14.15±1.44^{a}	13.23±0.44^{a}	15.08±0.89^{a}	18.54±1.44^{a}	8.6±0.23^{a}
50	10	13.62±1.21^{ab}	12.69±0.98^{ab}	11.62±0.49^{a}	12.38±0.88^{bcd}	15.08±1.64^{b}	6.62±0.56^{bcd}
	20	11.46±0.94^{b}	8.92±0.57^{c}	9.15±0.98^{b}	11.54±0.79^{cd}	12.31±0.56^{bcd}	6.00±0.99^{cd}
60	10	14.15±1.55^{a}	14.77±0.77^{a}	12.00±1.11^{a}	13.38±1.09^{abc}	14.92±0.55^{b}	7.23±0.50^{bc}
	20	13.69±0.99^{ab}	9.15±0.63^{e}	9.15±0.76^{b}	11.00±1.13^{d}	12.00±0.76^{ed}	5.69±0.77^{d}
70	10	13.85±1.54^{a}	14.54±0.44^{a}	13.46±0.78^{a}	13.77±1.11^{ab}	14.54±1.09^{bc}	7.46±0.67^{ab}
	20	13.15±1.01^{ab}	11.62±0.98^{b}	9.15±1.75^{b}	10.23±0.65^{d}	10.62±1.55^{d}	5.46±0.75^{d}

a,b,..,ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)

* สูตรควบคุมที่ไม่เสริมกระดูกปลาทูน่าผง

ตารางที่ 17 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของกรอบเค็มที่เสริมกระดูกปลาทูน่าผงหลังเคลือบน้ำตาล เมื่อแปรขนาดของอนุภาคและปริมาณของกระดูกปลาทูน่าผง

ขนาดอนุภาค (mesh)	ปริมาณ (ร้อยละโดยน้ำหนักแป้ง)	ลักษณะปรากฏ (20)	สี (20)	เนื้อสัมผัส (30)	รสชาติ (20)	กลิ่นคาวปลา (20) ns	ความชอบรวม (10)
*	*	15.15±0.76^{a}	16.38±1.07^{a}	14.23±0.78^{a}	16.62±0.08^{a}	18.62±2.04	9.23±0.54^{a}
50	10	13.92±1.00^{ab}	15.62±1.22^{a}	10.85±2.62^{cd}	16.08±0.04^{a}	18.38±3.12	7.96±0.45^{b}
	20	10.92±0.99^{c}	15.46±1.09^{a}	8.85±2.13^{d}	15.77±0.64^{ab}	17.62±0.95	6.38±0.90^{c}
60	10	14.23±0.98^{ab}	15.31±0.46^{a}	12.00±1.25^{bc}	16.15±0.50^{a}	18.92±1.84	8.00±0.30^{b}
	20	13.85±1.55^{ab}	14.55±0.67^{a}	10.77±1.18^{cd}	15.31±0.48^{a}	18.38±2.54	6.77±0.10^{c}
70	10	14.38±1.22^{ab}	13.38±0.69^{b}	13.46±1.20^{ab}	16.62±0.10^{a}	17.77±2.09	8.62±0.70^{ab}
	20	12.00±1.54^{bc}	13.23±0.98^{b}	11.15±0.40^{c}	14.15±0.53^{b}	16.92±3.33	7.00±0.40^{c}

a,b,..,ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ($p > 0.05$)

*สูตรควบคุมที่ไม่เสริมกระดูกปลาทูน่าผง

จากตารางที่ 16 พบว่าการเสริมกระดูกปลาทูน่าผงในกรอบเค็มก่อนเคลือบน้ำตาล ทำให้รสชาติ กลิ่นคาวปลา และความชอบรวมลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม ดังแสดงในภาคผนวก ค.13 ส่วนคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของกรอบเค็มหลังเคลือบน้ำตาล ดังตารางที่ 17 พบว่าการเคลือบน้ำตาลทำให้คะแนนการยอมรับของผู้ทดสอบสูงกว่ากรอบเค็มที่ไม่ได้เคลือบน้ำตาล โดยที่การเสริมกระดูกปลาทูน่าผงขนาดอนุภาค 50 mesh ปริมาณร้อยละ 20 โดยน้ำหนักแป้ง เป็นขนาดอนุภาคที่ง่ายต่อการบด และอยู่ในปริมาณที่สูงสุด ซึ่งผู้ทดสอบชิมยังยอมรับ

4.8 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของคุกกี้และกรอบเค็มที่เสริมกระดูกปลาทูน่าผง

นำคุกกี้ที่เสริมกระดูกปลาทูน่าผงขนาดอนุภาค 50 mesh ในปริมาณร้อยละ 50 ของน้ำหนักแป้งโดยน้ำหนัก และกรอบเค็มที่เสริมกระดูกปลาทูน่าผงขนาดอนุภาค 50 mesh ในปริมาณร้อยละ 20 ของน้ำหนักแป้งโดยน้ำหนัก มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ดังแสดงในตารางที่ 18 และ 19

ตารางที่ 18 องค์ประกอบทางเคมีของคุกกี้และกรอบเค็มที่เสริมกระดูกปลาทูน่าผง

องค์ประกอบทางเคมี	คุกกี้	กรอบเค็ม
ความชื้น	4.55 ± 0.21	1.45 ± 0.21
โปรตีน (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง)	10.65 ± 0.01	8.30 ± 0.14
ไขมัน (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง)	24.82 ± 0.27	30.27 ± 0.57
เถ้า (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง)	10.98 ± 0.11	6.81 ± 0.07
คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง)	53.55	54.62

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของคุกกี้และกรอบเค็มที่เสริมกระดูกปลาทูน่าผง พบว่าคุกกี้และกรอบเค็มมีปริมาณของเถ้าที่สูง ดังตารางที่ 18

ตารางที่ 19 ปริมาณแคลเซียมและฟอสฟอรัสของคุกกี้และกรอบเค็มที่เสริมกระดูกปลาทูน่าผง เปรียบเทียบกับสูตรที่ไม่เสริมกระดูกปลาทูน่าผง

ปริมาณ (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง)	คุกกี้		กรอบเค็ม	
	สูตรควบคุม*	สูตรที่เสริมกระดูกปลาทูน่าผง	สูตรควบคุม	สูตรที่เสริมกระดูกปลาทูน่าผง
แคลเซียม	0.11 ± 0.04	3.12 ± 0.06	0.70 ± 0.06	2.03 ± 0.18
ฟอสฟอรัส	0.90 ± 0.01	2.02 ± 0.10	0.08 ± 0.004	1.08 ± 0.11

* สูตรควบคุม คือ สูตรที่ไม่เสริมกระดูกปลาทูน่าผง

จากตารางที่ 19 พบว่าคุกกี้ที่เสริมกระดูกปลาทูน่าผงขนาดอนุภาค 50 mesh ในปริมาณร้อยละ 50 ของน้ำหนักแป้ง และกรอบเค็มที่เสริมกระดูกปลาทูน่าผงขนาดอนุภาค 50 mesh ในปริมาณร้อยละ 20 ของน้ำหนักแป้ง มีปริมาณแคลเซียมและฟอสฟอรัสที่สูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรที่ไม่เสริมกระดูกปลาทูน่าผง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5
วิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของกระดูกปลาทูน่าก่อนและหลังล้างน้ำ

จากการวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า แคลเซียม และฟอสฟอรัสของกระดูกปลาโอแถบจากบริษัท ไทยยูเนี่ยน โฟรเซ่น โปรดักส์ จำกัด มหาชน โดยกระดูกปลาทูน่าผ่านการให้ความร้อนผ่านการให้ความร้อนด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิประมาณ100 องศาเซลเซียส ดังตารางที่ 6 พบว่า กระดูกปลาโอแถบมีปริมาณความชื้นร้อยละ 49.45 โปรตีนร้อยละ 37.21 โดยน้ำหนักแห้ง ไขมันร้อยละ 8.74 โดยน้ำหนักแห้ง เถ้าร้อยละ 39.95 โดยน้ำหนักแห้ง แคลเซียมร้อยละ 14.46 โดยน้ำหนักแห้งและฟอสฟอรัสร้อยละ 7.43 โดยน้ำหนักแห้ง ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีปริมาณของแคลเซียมและฟอสฟอรัสที่สูงและมีอัตราส่วนของแคลเซียมและฟอสฟอรัสประมาณ 2:1 ใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Sada (1983) ซึ่งพบว่าปลาโอแถบมีปริมาณแคลเซียมและฟอสฟอรัสร้อยละ 24.4 และ 12.4 ตามลำดับ

หลังจากล้างกระดูกปลาโอแถบด้วยน้ำพบว่าปริมาณโปรตีนลดลงจากร้อยละ 37.21 เป็น 28.05 เนื่องจากการล้างน้ำเป็นการล้างเอาเลือดออกจากกระดูกปลาโอแถบ โดยที่เลือดเป็นโปรตีนชนิดหนึ่งที่ละลายน้ำได้ ทำให้เลือดในกระดูกปลาละลายและหลุดออกมาจึงเป็นผลให้ปริมาณโปรตีนในกระดูกปลาลดลง นอกจากนี้การล้างน้ำยังทำให้เนื้อปลาที่ติดมากับกระดูกปลาหลุดออกจึงเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ปริมาณของโปรตีนลดลงด้วย ส่วนปริมาณไขมันนั้นการล้างกระดูกปลาทำให้ไขมันบางส่วนหลุดออกมาเช่นกัน เป็นผลให้ปริมาณไขมันจึงลดลงจาก 8.74 เป็น 3.16 การล้างน้ำจึงเป็นการลดโปรตีนหรือเลือดและไขมันลง ทำให้ปริมาณของเถ้า แคลเซียมและฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้นจาก 39.95 14.62 7.43 เป็น 54.52 24.48 10.12 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่ากระดูกปลาทูน่าหลังล้างน้ำมีปริมาณของแคลเซียมและฟอสฟอรัสสูงมาก

ดังนั้นกระดูกปลาทูน่าจึงเป็นแหล่งแคลเซียมที่ดี ซึ่งนอกจากจะมีปริมาณที่สูงแล้วร่างกายยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ดี (Chen และคณะ, 1998) และการล้างกระดูกปลาทูน่าเป็นการกำจัดเลือดและเนื้อออกจากกระดูกปลา

5.2 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมกระดูกปลาทูน่า

5.2.1 การสูญเสียปริมาณโปรตีนของกระดูกปลาทูน่าที่อุณหภูมิและเวลาต่างกัน

โดยนำกระดูกปลาทูน่าที่ผ่านการล้างด้วยน้ำ มาให้ความร้อนด้วยไอน้ำในหม้อให้ความร้อนภายใต้ความดัน อุณหภูมิ 120 125 และ 130 องศาเซลเซียส เวลา 30 40 50 และ 60 นาที พบว่าอุณหภูมิและระยะเวลามีผลต่อการสูญเสียของปริมาณโปรตีนในกระดูกปลาทูน่า คือ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นและระยะเวลานานขึ้น มีผลให้ปริมาณโปรตีนในกระดูกปลาลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) การที่เป็นเช่นนี้อาจเกิดเนื่องมาจากอุณหภูมิและเวลามีผลต่อปริมาณโปรตีนในกระดูกปลาทูน่า โดยเฉพาะเลือดที่ยังติดอยู่ในกระดูกปลาทูน่าละลายออกมากับน้ำในกระดูกปลาและน้ำจากไอน้ำที่ควบแน่นลงมาในภาชนะรองรับ ดังงานวิจัยของ Ishikawa และคณะ (1987) พบว่าการต้มกระดูกปลาแมคเคอเรลมีผลให้สารอินทรีย์ในกระดูกปลาลดลง

5.2.2 การหาค่าแรงตัดขาดของกระดูกปลาทูน่าที่อุณหภูมิและเวลาต่างกัน

โดยนำกระดูกปลาทูน่าที่ผ่านการล้างด้วยน้ำ มาให้ความร้อนด้วยไอน้ำในหม้อให้ความร้อนภายใต้ความดัน อุณหภูมิ 120 125 และ 130 องศาเซลเซียส เวลา 30 40 50 และ 60 นาที พบว่าการเพิ่มอุณหภูมิและระยะเวลาที่สูงขึ้นมีผลต่อค่าแรงตัดขาดของกระดูกปลาทูน่า โดยเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นและระยะเวลานานขึ้น มีผลให้ค่าแรงตัดขาดของกระดูกปลาทูน่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) การที่ค่าแรงตัดขาดลดลงเป็นเพราะคอลลาเจนซึ่งเป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่ให้ความแข็งแรงและความเหนียวแก่กระดูกปลาทูน่า คอลลาเจนเมื่อได้รับความร้อนจะเปลี่ยนเป็นเจลลติน ทำให้ความแข็งและความเหนียวของกระดูกปลาลดลง นอกจากนี้การที่กระดูกปลาทูน่าได้รับความร้อนพร้อมกับความดันจะทำให้กระดูกเกิดรูขนาดเล็ก ๆ จำนวนมาก จึงทำให้ค่าแรงตัดขาดลดลงดังแสดงในรูปที่ 7-10 ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Ishikawa และคณะ (1987) ที่พบรูขนาดเล็ก ๆ จำนวนมากเช่นเดียวกัน เมื่อนำกระดูกปลาแมคเคอเรลมาต้ม จึงทำให้การค่าแรงตัดขาดของระยางค์ส่วนบนลดลง

ดังนั้นการให้ความร้อนด้วยไอน้ำภายใต้ความดันนอกจากจะเป็นการกำจัดปริมาณโปรตีนที่ส่วนใหญ่จะเป็นเลือดและเนื้อปลาที่ติดมากับกระดูกแล้ว ยังเป็นวิธีการที่ทำให้กระดูกปลานิ่มขึ้นเพื่อง่ายต่อการบดอีกด้วย

5.3 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการอบและผลของการบดกระดูกปลาทูน่าอบแห้ง

5.3.1 การวัดค่าสีของชิ้นกระดูกปลาทูน่าหลังจากอบอุณหภูมิและเวลาต่างกัน

ผลของการวัดค่าสีของชิ้นกระดูกปลาทูน่าหลังจากอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส เวลา 1 1.5 2 2.5 และ 3 ชั่วโมง แสดงดังตารางที่ 7 พบว่าอุณหภูมิและเวลามีผลต่อค่าความสว่างของชิ้นกระดูกปลาทูน่า เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลแบบที่ไม่มีเอนไซม์เข้ามาเกี่ยวข้องของเนื้อปลาที่ติดอยู่กับกระดูก

5.3.2 การวัดค่าสีของกระดูกปลาทูน่าผงหลังบด

หลังจากอบแห้งกระดูกปลาทูน่าที่อุณหภูมิ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส เวลา 1 1.5 2 2.5 และ 3 ชั่วโมง และบดด้วยโม่หินร่อนผ่านตะแกรง 70 mesh พบว่าอุณหภูมิและเวลามีผลต่อค่าความสว่าง ค่าสีแดง และค่าสีเหลืองของกระดูกปลาทูน่าผง โดยเมื่ออุณหภูมิและเวลาสูงขึ้นทำให้ค่าความสว่างลดลง ค่าสีแดงและสีเหลืองเพิ่มขึ้น ซึ่งเกิดเนื่องจากการใช้อุณหภูมิสูงขึ้นและระยะเวลานานขึ้นทำให้ชิ้นกระดูกปลาทูน่าเกิดสีน้ำตาลจึงส่งผลให้หลังจากบดชิ้นกระดูกปลาทูน่า ค่าสีของกระดูกปลาผงจึงเปลี่ยนไปตามค่าสีของชิ้นกระดูกปลาทูน่า

เมื่อพิจารณาค่าความสว่างของชิ้นกระดูกปลาทูน่าและกระดูกปลาทูน่าผง พบว่าค่าความสว่างของกระดูกปลาทูน่าผงมีค่าความสว่างสูงกว่าชิ้นกระดูกปลาทูน่าอบแห้ง อาจเกิดเนื่องจากการบดทำให้สีผิวชั้นบนของกระดูกปลาทูน่าที่มีสีน้ำตาลถูกบดรวมกับชั้นของกระดูกปลาทูน่าที่มีสีขาวทำให้ค่าความสว่างของกระดูกผงมากกว่าชิ้นกระดูกปลาทูน่า

5.3.3 การทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านสี และกลิ่นของชิ้นกระดูกปลาทูน่าหลังอบที่อุณหภูมิและเวลาต่างกัน

เมื่อนำชิ้นกระดูกปลาทูน่าหลังจากอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส เวลา 1 1.5 2 2.5 และ 3 ชั่วโมง มาทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านสีและกลิ่นของชิ้นกระดูปลาทูน่าพบว่าอุณหภูมิและเวลามีผลต่อสีและกลิ่นการอบของกระดูกปลาทูน่าอบแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นและระยะเวลานานขึ้นทำให้ระดับสีของชิ้นกระดูกปลาทูน่าเข้มขึ้น นอกจากนี้เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นและระยะเวลานานขึ้นยังมีผลให้กลิ่นการอบของกระดูกปลาทูน่าสูงขึ้นด้วยเช่นกัน ดังนั้นอุณหภูมิสูงขึ้นและระยะเวลานานขึ้นจึงเป็นผลเสียต่อการผลิตกระดูกปลาทูน่าผงทั้งทางด้านสีและกลิ่น ทำให้คะแนนการยอมรับของชิ้นกระดูกปลาทูน่าลดลง

5.3.4 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านสี และกลิ่นของกระดูกปลาทูน่าผง

เมื่อนำกระดูกปลาทูน่าผงซึ่งได้จากการอบที่อุณหภูมิ 50 60 70 องศาเซลเซียส เวลา 1 1.5 2 2.5 และ 3 ชั่วโมง แล้วร่อนผ่านตะแกรง 70 mesh มาทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีและกลิ่นพบว่าอุณหภูมิและระยะเวลามีผลต่อสีและกลิ่นของกระดูกปลาทูน่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เช่นเดียวกับชิ้นกระดูกปลาทูน่า โดยเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นและระยะเวลานานขึ้นมีผลทำให้ระดับของสีและกลิ่นที่เกิดจากการอบเพิ่มมากขึ้นด้วยตามอุณหภูมิและเวลาที่ใช้อบ เช่นเดียวกับการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของชิ้นกระดูกปลาทูน่า

5.3.5 การศึกษาหาความชื้นของชิ้นกระดูกปลาทูน่าและกระดูกปลาทูน่าผง

จากการความชื้นของกระดูกปลาทูน่าที่อบอุณหภูมิ 50 60 70 องศาเซลเซียส เวลา 1 1.5 2 2.5 3 ชั่วโมง ตามรูปที่ 11 พบว่าอุณหภูมิและระยะเวลามีผลต่อค่าความชื้นของกระดูกปลาทูน่าโดยเมื่อเพิ่มอุณหภูมิและระยะเวลานานขึ้นทำให้ความชื้นของกระดูกปลาทูน่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เวลา 2.5 และ 3 ชั่วโมง อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 1.5 2 2.5 และ 3 ชั่วโมง รวมทั้งอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลา 1 1.5 2 2.5 และ 3 ชั่วโมง ทำให้ความชื้นของชิ้นกระดูกปลาและกระดูกปลาทูน่าผงมีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 8 ตามมาตรฐานอุตสาหกรรม 700 – 2530 ของปลาแห้งปนแบบไม่ปรุงรส ตามรูปที่ 4 เนื่องจากความชื้นที่ต่ำกว่าร้อยละ 8 เป็นความชื้นจุลินทรีย์ยากต่อการเจริญแล้ว การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของไขมันยังเกิดช้าอีกด้วย

จากผลการทดลองตาราง 3 4 5 6 และรูปที่ 4 พบว่าที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 1.5 ชั่วโมง ทำให้ชิ้นกระดูกปลาทูน่าและกระดูกปลาทูน่าผงมีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 8 นอกจากนี้คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี และกลิ่นไหม้ของชิ้นกระดูกปลาทูน่า รวมทั้งกระดูกปลาทูน่าผงยังเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ งานวิจัยนี้จึงเลือกสภาวะดังกล่าวมาศึกษาในขั้นต่อไป

5.4 ศึกษาอายุการเก็บรักษาของกระดูกปลาทูน่าผง

เนื่องจากกระดูกปลาทูน่ามีความชื้นต่ำมากจุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญได้ แต่กระดูกปลาทูน่าผงยังคงมีไขมันเหลืออยู่ประมาณร้อยละ 3 โดยที่องค์ประกอบของไขมันส่วนใหญ่จะเป็น DHA (Docosahexe-noic acid) และ EPA (Eicosapentaenoic acid) นอกจากนี้ยังมี Oleic acid (9 - Octadecenoic acid) Stearic acid (Octadecanoic acid) และ Arachidonic acid (5, 8, 11,14 Icosatrienoic acid) (Subasinghe, 1996) ซึ่งเป็นไขมันที่ไม่อิ่มตัวอาจทำให้เกิดความเหม็นหืนได้ โดยอาจมี

เลือดที่ยังเหลืออยู่ในกระดูกปลาผง ช่วยเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของไขมัน เพราะเลือดจะมี heme iron และ nonheme iron ที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของไขมันทำให้เกิดเหม็นหืน (Ke และ Ackman,1976) ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงพิจารณาค่า PV (peroxide value) และ TBA (thiobarbituric acid) เพื่อหาอายุการเก็บของกระดูกปลาทูน่าผง

จากการเก็บรักษากระดูกปลาทูน่าผงในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 30 45 และ 55 องศาเซลเซียส บรรจุในถุง OPP / Metallized / PP ในสภาวะสุญญากาศ พบว่ากระดูกปลาทูน่าผงซึ่งเก็บรักษาในอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาได้ 4 เดือน ค่า PV มากกว่า 20 meq/kg ส่วน 55 องศาเซลเซียส 2 เดือน ค่า PV มากกว่า 20 meq/kg ดังนั้นกระดูกปลาทูน่าผงที่เก็บรักษาไว้ 45 องศาเซลเซียส มีอายุการเก็บรักษา 4 เดือน ส่วนกระดูกปลาทูน่าผงที่เก็บรักษาไว้ 55 องศาเซลเซียส มีอายุการเก็บรักษา 2 เดือน เนื่องจากค่า PV เท่ากับ 20 meq/kg จะเริ่มมีกลิ่นหืนของไขมัน (Pearson, 1976)

จากอายุการเก็บรักษากระดูกปลาทูน่าที่ 45 และ 55 องศาเซลเซียส โดยพิจารณาจากค่า PV ทำให้สามารถคำนวณอายุการเก็บรักษาของกระดูกปลาทูน่าผงที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสได้ จาก The Arrhenius Model หรือ Q_{10} Mode ได้ (Labuza และ Schmidl, 1985) จากการคำนวณ พบว่า อายุการเก็บรักษาของกระดูกปลาทูน่าผงที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จะมีอายุการเก็บรักษาได้ประมาณ 11 เดือน

ส่วนค่า TBA นั้น พบว่า อัตราการเปลี่ยนแปลงจะเพิ่มสูงขึ้นตามอุณหภูมิเช่นเดียวกับค่า PV แต่ค่าการเปลี่ยนแปลงจะต่ำกว่าค่า PV

5.5 ศึกษาหาและพัฒนาสูตรคุกกี้ที่เหมาะสมในการเสริมกระดูกปลาทูน่า

5.5.1 หาสูตรคุกกี้ต้นแบบ

เลือกสูตรคุกกี้ที่ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุดจาก 3 สูตร โดยมีส่วนผสมแตกต่างกันดังนี้

สูตรที่ 1 แป้งเอนกประสงค์ 300 กรัม ไข่ไก่ทั้งฟอง 100 กรัม ผงฟู 10 กรัม น้ำตาลทราย 185 กรัม เกลือ 0.3 กรัม เนยสด 227 กรัม

สูตรที่ 2 แป้งเอนกประสงค์ 300 กรัม ผงฟู 6.67 กรัม น้ำตาลทราย 193 กรัม เนยสด 168 กรัม ไข่แดง 53.61 กรัม

สูตรที่ 3 แป้งเอนกประสงค์ 300 กรัม ไข่ไก่ทั้งฟอง 69.77 กรัม ผงฟู 2.33 กรัม น้ำตาลทราย 165.70 กรัม เนยสด 48.84 กรัม เนยขาว 52.33 กรัม

พบว่า สูตรที่ 1 มีคะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุด แต่สูตรที่ 1 จะมีเนื้อสัมผัสที่แตกร่วนมาก ดังนั้น จึงทำการแปรปริมาณของผงฟู เนื่องจากผงฟูเติมลงไปในส่วนผสมของคุกกี้มีผลต่อเนื้อสัมผัสของคุกกี้มาก โดยทำให้คุกกี้ขึ้นฟูเป็นรูโปร่ง และแผ่ขยายขนาดของคุกกี้ จึงทำให้คุกกี้แตกร่วนได้ง่าย

5.5.2 การพัฒนาสูตรคุกกี้ต้นแบบด้วยวิธี mixture design

หลังจากทำการเลือกสูตรต้นแบบจากขั้นตอนก่อนหน้านี้แล้วพบว่า ผลิตภัณฑ์แตกร่วนมาก ดังนั้นจึงแปรปริมาณของผงฟูให้ลดลงคืออยู่ในช่วงร้อยละ 0.00 – 3.00 และเนื่องจากกระดูกปลาทูน่าผงมีกลิ่นคาวของปลา ดังนั้น ในการผลิตคุกกี้งานวิจัยนี้จึงเติมพริกไทยลงไปในสูตรด้วย เพื่อดับกลิ่นคาวที่มีในกระดูกปลาทูน่าผง โดยแปรในช่วงร้อยละ 3.20 - 6.50 เมื่อทดสอบทางประสาทสัมผัสของคุกกี้ที่แปรปริมาณผงฟูและพริกไทย พบว่าสูตรที่มี พริกไทย : ผงฟู เท่ากับ 4.88 : 3 มีคะแนนทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรส และเนื้อสัมผัสที่ดี

5.6 การศึกษาปริมาณและขนาดอนุภาคของกระดูกปลาทูน่าผงที่เหมาะสมในการเสริมผลิตภัณฑ์คุกกี้

5.6.1 ค่าสีของคุกกี้ที่เสริมกระดูกหลาทูน่าผง โดยแปรขนาดอนุภาคและปริมาณของกระดูกปลาผง

จากผลของค่าสีหลังจากเสริมกระดูกปลาทูน่าผงขนาดอนุภาค 50 60 และ 70 mesh หรือ ขนาดอนุภาค 300 250 212 ไมครอน ตามลำดับ ในปริมาณร้อยละ 40 50 ของ น้ำหนักแป้ง พบว่า การเสริมกระดูกปลาผงต่อค่าความสว่าง สีแดง สีเหลือง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยพบว่าทำให้ความสว่างลดลง เนื่องจากกระดูกปลาทูน่าผงมีสีในตัวเอง จึงทำให้ค่าความสว่างลดลง ค่าสีเหลืองลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม

5.6.2 ค่าแรงต้าน การแผ่ตัว และความหนาแน่น ของคุกกี้ที่เสริมกระดูกปลาทูน่าผง โดยแปรขนาดอนุภาคและปริมาณของกระดูกปลาทูน่าผง

จากค่าแรงต้าน การแผ่ตัว และความหนาแน่นของคุกกี้ พบว่า การเสริมกระดูกปลาทูน่ามีผลต่อค่าแรงต้าน การแผ่ตัว และความหนาแน่นของคุกกี้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยทำให้ค่าแรงต้านและความหนาแน่นสูงขึ้น การแผ่ตัวของคุกกี้ลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม อาจเกิดเนื่องจากอนุภาคของกระดูกปลาทูน่าผงไปทำลาย

โครงสร้างของคุกกี้โดยเฉพาะ gluten แล้วทำให้ส่วนผสมของคุกกี้ยุบตัวและอัดตัวกันแน่น และนอกจากนี้ความชื้นที่ลดลงเมื่อเสริมกระดูกปลาทูน่าผงลงในส่วนผสมของคุกกี้ ก็อาจมีผลต่อการแผ่ตัวของคุกกี้ โดยเฉพาะน้ำตาลซึ่งมีผลโดยตรงต่อการแผ่ตัวของคุกกี้

5.6.3 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของคุกกี้ที่เสริมกระดูกปลาทูน่าผง โดยแปรขนาดอนุภาคและปริมาณของกระดูกปลาผง

จากตารางที่ 14 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของคุกกี้ทางด้านรูปร่าง สี เนื้อสัมผัส รสชาติ กลิ่นคาวปลา ความชอบรวม พบว่า การเสริมกระดูกปลาทูน่าผงลงในคุกกี้มีผลทำให้การยอมรับของผู้ทดสอบลดลงโดยเฉพาะทางด้านสี และกลิ่นของคุกกี้ เนื่องจากกระดูกปลาทูน่าผง จะมีสีและกลิ่นคาวปลาในตัวเองเช่นเดียวกับ Riag และ Khan (1973) ที่พบว่าการเติมเนื้อปลาบดในการผลิตบิสกิตมีผลต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสลดลง จึงทำให้ผู้ทดสอบไม่ยอมรับ เช่นเดียวกับที่เสริมกระดูกปลาทูน่าผงเพิ่มมากขึ้น

นอกจากนี้ยังพบอีกว่า การเสริมกระดูกปลาทูน่าผงที่ขนาดอนุภาค 50 และ 60 mesh ในปริมาณร้อยละ 40 และ 50 ผู้ทดสอบสามารถยอมรับได้ แต่ไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์คุกกี้ เมื่อเสริมกระดูกปลาทูน่าผงขนาดอนุภาค 70 mesh เนื่องจากสีและกลิ่นคาวของผลิตภัณฑ์เพิ่มมากขึ้น ดังนั้นผลิตภัณฑ์คุกกี้จึงสามารถเสริมกระดูกปลาทูน่าผงได้ที่ขนาดอนุภาค 50 mesh ปริมาณร้อย 50 ซึ่งผู้บริโภคยังสามารถยอมรับได้

5.7 ศึกษาปริมาณและขนาดอนุภาคของกระดูกปลาทูน่าผงที่เหมาะสมในการเสริมผลิตภัณฑ์กรอบเค็ม

5.7.1 ค่าสีของกรอบเค็มที่เสริมกระดูกปลาทูน่าผง โดยแปรขนาดอนุภาคและปริมาณของกระดูกปลาทูน่าผง

จากตารางที่ 16 พบว่าการเสริมกระดูกปลาทูน่าผงมีผลต่อค่าความสว่าง ค่าสีแดง และค่าสีเหลืองอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะค่าความสว่างมีผลทำให้มีค่าลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม โดยที่ขนาดอนุภาคของกระดูกปลาทูน่าผง 50 60 และ 70 mesh และปริมาณร้อยละ 40 และ 50 ไม่มีผลต่อค่าความสว่างและสีแดงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่การเสริมกระดูกปลาทูน่าผงจะเริ่มมีผลต่อค่าสีเหลืองที่อนุภาคของกระดูกปลาทูน่าผง 70 mesh อาจเกิดเนื่องจากเมื่อขนาดอนุภาคละเอียดขึ้น การกระจายตัวของสีกระดูกปลาทูน่าผงจึงดีขึ้นแล้วทำให้ค่าสีเหลืองลดลง

5.7.2 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของกรอบเค็มที่เสริมกระดูกปลาทูน่าผงก่อนเคลือบน้ำตาล โดยแปรขนาดอนุภาคและปริมาณของกระดูกปลาทูน่า

ในการทดสอบทางประสาทสัมผัสของกรอบเค็มที่เสริมกระดูกปลาทูน่าผงก่อนเคลือบน้ำตาล โดยแปรขนาดอนุภาคกระดูกปลาทูน่าผง 50 60 70 mesh และแปรปริมาณร้อยละ 10 และ 20 ของน้ำหนักแป้ง พบว่าเมื่อเสริมกระดูกปลาทูน่าผงไปในกรอบเค็มก่อนเคลือบน้ำตาล พบว่า ลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส รสชาติ กลิ่นคาวปลา ความชอบรวม คะแนนการยอมรับลดลง เมื่อเปรียบเทียบจากสูตรควบคุม เนื่องจากกระดูกปลาทูน่าผงมีสีและกลิ่นในตัวเอง ทำให้การยอมรับของผู้ทดสอบลดลง นอกจากนี้การเสริมกระดูกปลาทูน่าผงในผลิตภัณฑ์ยังทำให้ผู้ทดสอบรู้สึกได้ว่ามีอนุภาคเล็กๆขณะเคี้ยวในผลิตภัณฑ์ คะแนนการยอมรับจึงลดลง

เมื่อพิจารณาคะแนนด้านลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส รสชาติ กลิ่นคาวปลา และความชอบรวม พบว่า การเสริมกระดูกปลาทูน่าผงที่ร้อยละ 10 ของน้ำหนักแป้ง มีการยอมรับที่สูงกว่ากรอบเค็มที่เสริมกระดุกปลาทูน่าผงร้อยละ 20 ของน้ำหนักแป้ง ซึ่งขนาดอนุภาคไม่มีผลต่อการยอมรับของผู้ทดสอบ โดยที่พบว่า ขนาดอนุภาคของกระดูกปลาทูน่าผงที่ 50 mesh ในปริมาณร้อยละ 20 ของน้ำหนักแป้ง ผู้ทดสอบยังสามารถยอมรับผลิตภัณฑ์ได้

5.7.3 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของกรอบเค็มที่เสริมกระดูกปลาทูน่าผงหลังเคลือบน้ำตาล โดยแปรขนาดอนุภาคและปริมาณของกระดูกปลาทูน่า

จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของกรอบเค็มที่เคลือบน้ำตาล ให้ผลการชิมเช่นเดียวกับกรอบเค็มก่อนเคลือบ คือ เมื่อเสริมกระดูกปลาทูน่าผงลงไปทำให้คะแนนการยอมรับของทุกด้านที่ทดสอบลดลง โดยที่การเสริมกระดูกปลาทูน่าผงร้อยละ 10 ของน้ำหนักแป้งให้การยอมรับที่สูงกว่าที่เสริมร้อยละ 20 ของน้ำหนักแป้ง และจะพบว่าการเคลือบน้ำตาลทำให้การยอมรับของผู้บริโภคสูงขึ้น เมื่อเทียบกับกรอบเค็มก่อนเคลือบน้ำตาล

5.8 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของคุกกี้และกรอบเค็มที่เสริมกระดูกปลาทูน่าผง

5.8.1 องค์ประกอบทางเคมีของคุกกี้และกรอบเค็มที่เสริมกระดูกปลาทูน่าผง

นำคุกกี้ที่เสริมกระดูกปลาทูน่าผงขนาดอนุภาค 50 mesh ในปริมาณร้อยละ 50 โดยน้ำหนักแป้ง มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่า คุกกี้มีโปรตีนร้อยละ 10.65 ไขมันร้อยละ 24.82 เถ้าร้อยละ 10.98 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 53.55

ส่วนกรอบเค็มที่เสริมกระดูกปลาทูน่าผงขนาดอนุภาค 50 mesh ในปริมาณร้อยละ 20 โดยน้ำหนักแป้ง พบว่า กรอบเค็มมีโปรตีนร้อยละ 8.30 ไขมันร้อยละ 30.27 เถ้าร้อยละ 6.81 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 54.62

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของคุกกี้และกรอบเค็มที่เสริมกระดูกปลาทูน่าผง จะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์มีปริมาณเถ้าที่สูงเนื่องจากองค์ประกอบหลักของกระดูกปลาทูน่าผงที่เสริมลงในผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่จะเป็นเถ้าซึ่งเท่ากับร้อยละ 54.52 โดยน้ำหนักแห้ง การเสริมกระดูกปลาทูน่าผงลงในคุกกี้และกรอบเค็มจึงทำให้มีปริมาณเถ้าสูงขึ้นด้วย

5.8.2 ปริมาณแคลเซียมและฟอสฟอรัสของคุกกี้และกรอบเค็มที่เสริมกระดูกปลาทูน่าผงเปรียบเทียบกับสูตรที่ไม่เสริมกระดูกปลาทูน่าผง

จากการวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมและฟอสฟอรัสของคุกกี้ที่เสริมกระดูกปลาทูน่าผงขนาดอนุภาค 50 mesh ในปริมาณร้อยละ 50 โดยน้ำหนักแป้ง และกรอบเค็มที่เสริมกระดูกปลาทูน่าผงขนาดอนุภาค 50 mesh ในปริมาณร้อยละ 20 โดยน้ำหนักแป้ง พบว่ามีปริมาณของแคลเซียมและฟอสฟอรัสที่สูงกว่าคุกกี้และกรอบเค็มซึ่งไม่เสริมกระดูกปลาทูน่าผงมาก โดยคุกกี้ที่เสริมกระดูกปลาทูน่าผงมีแคลเซียมร้อยละ 3.12 และฟอสฟอรัสร้อยละ 2.02 โดยน้ำหนักแห้ง คิดเป็นสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคประจำวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป (Thai Recommended Daily Intakes –Thai RDI) เท่ากับร้อยละ 117 และ 75.75 ต่อหนึ่งหน่วยบริโภค 30 กรัม ตามลำดับ ส่วนกรอบเค็มที่เสริมกระดูกปลาทูน่าผงมีแคลเซียมร้อยละ 2.03 และฟอสฟอรัสร้อยละ 1.08 โดยน้ำหนักแห้ง คิดเป็น Thai RDI เท่ากับร้อยละ 76.13 และ 40.5 ต่อหนึ่งหน่วยบริโภค 30 กรัม ตามลำดับ คุกกี้และกรอบเค็มที่เสริมกระดูกปลาทูน่าผงในขนาดอนุภาคและปริมาณดังกล่าวจึงจัดเป็นอาหารที่มีแคลเซียมสูงตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 182 พ.ศ. 2541 ที่กำหนดไว้

เนื่องจากปัจจุบันคนไทยได้แคลเซียมที่ยังไม่เพียงพอต่อความต้องการในแต่ละวัน โดยพบว่าคนไทยโดยเฉลี่ยได้รับแคลเซียมเพียงร้อยละ 40.7 ของปริมาณที่ควรได้รับในแต่ละวัน ซึ่งคนไทยเขตชนบทจะได้รับแคลเซียมเพียงร้อยละ 39.1 (กรมอนามัย, 2539) ดังนั้นคุกกี้และกรอบเค็มเสริมกระดูกปลาทูน่าผงจึงเหมาะที่จะเป็นอาหารเสริมสำหรับคนไทย

บทที่ 6
สรุปผลการทดลอง

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของกระดูกปลาโอแถบพบว่ากระดูกปลาโอแถบเป็นแหล่งแคลเซียมและฟอสฟอรัสทางธรรมชาติที่ดีและปริมาณที่สูง โดยในการเตรียมกระดูกปลาทูน่าผงเพื่อเสริมในอาหารว่างนั้น พบว่าการให้ความร้อนด้วยไอน้ำภายใต้ความดันที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที และอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 1.5 ชั่วโมง เป็นสภาวะที่เหมาะสมต่อการเตรียมกระดูกปลาทูน่าก่อนที่จะนำไปบด กระดูกปลาทูน่าผงที่เตรียมได้นี้สามารถเก็บในถุง OPP/Metalized/PP ในสภาวะสุญญากาศได้นานประมาณ 11 เดือน และเมื่อนำกระดูกปลาทูน่าผงมาเสริมในคุกกี้สูตรต้นแบบซึ่งมีส่วนผสมที่ประกอบด้วย ไข่ไก่ 35.02 ผงฟู 3.26 น้ำตาลทราย 64.78 เกลือ 0.11 เนยสด 79.49 และพริกไทย 5.30 กรัมต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม พบว่ามีผลต่อค่าแรงต้านและความหนาแน่นเพิ่มขึ้น ส่วนการแผ่ตัวลดลง โดยการเสริมกระดูกปลาทูน่าผงในคุกกี้ขนาดอนุภาคของกระดูกปลาโอแถบผง 50 mesh และปริมาณร้อยละ 50 โดยน้ำหนักแป้ง ผู้ทดสอบยังยอมรับได้ซึ่งมีแคลเซียมและฟอสฟอรัสสูงถึงร้อยละ 3.12 และ 2.02 ตามลำดับ นอกจากนี้การเสริมกระดูกปลาทูน่าผงขนาดอนุภาค 50 mesh และปริมาณร้อยละ 20 โดยน้ำหนักแป้ง ลงในกรอบเค็ม ผู้ทดสอบยังสามารถยอมรับ โดยมีแคลเซียมและฟอสฟอรัสสูงถึงร้อยละ 2.03 และ 1.08 ตามลำดับ

ข้อเสนอแนะ

1. วัตถุดิบควรมีการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำทันทีหลังจากการแยกเนื้อออกจากกระดูกปลาทูน่า เพื่อลดกลิ่นคาวของกระดูกปลาทูน่าซึ่งมีสาเหตุมาจากจุลินทรีย์เป็นสำคัญ

2. กระดูกปลาทูน่าผงอาจจะมีการเสริมในอาหารว่างที่เป็นของคาวได้ดีกว่าอาหารว่างที่ของหวาน เนื่องจากกระดูกปลาโอแถบยังคงมีกลิ่นปลา ดังนั้นจึงควรศึกษาถึงการเสริมกระดูกปลาทูน่าผงในผลิตภัณฑ์อื่นต่อไป

3. ควรมีการศึกษาวิธีการล้างกระดูกปลาโอแถบเพื่อเอาเลือดออกจากกระดูกได้สะดวกขึ้น เนื่องจากเมื่อเลือดได้รับความร้อนในกระบวนการผลิตปลาทูน่ากระป๋องเกิดการจับตัวเป็นก้อนทำให้มีความยากต่อการล้างออก ดังนั้นจึงควรหาวิธีการที่ง่ายต่อการล้างออก

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

จารุวรรณ เจริญผล. 2534. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบเพื่อสุขภาพชนิดโปรตีนและแคลเซียมสูงจากปลาป่นโดยขบวนการเอ็กซ์ทรูชั่น. ปริญญาวิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต. สำนักโภชนศาสตร์. มหาวิทยาลัยมหิดล.

ณรงค์ นิยมวิทย์. 2537. การชิมอาหาร: ทฤษฎีและวิธีการปฏิบัติ. กรุงเทพมหานคร: วี.บี. เซ็นเตอร์ (เค.ยู).

นงลักษณ์ สุทธิวนิช. 2531. คุณภาพสัตว์น้ำ. สงขลา: ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

บัญญัติ มนเทียรอาสน์. 2535. มีนวิทยา. เชียงใหม่: ภาควิชาเทคโนโลยีการประมง คณะผลิตกรรมการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้.

มาตรฐานอุตสาหกรรม, สำนักงาน. 2530. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปลาหยอง ปลาเกล็ด และปลาแห้งป่น (มอก.700-2530). กรุงเทพมหานคร: กระทรวงอุตสาหกรรม.

รัชตะ รัชตะนาวิน. 2538. ปัญหาเกี่ยวกับโรคกระดูกพรุนในประเทศไทย. ใน โภชนาการ ' 38: นำความรู้สู่ปฏิบัติ, หน้า 35. 19 – 21 ธันวาคม ณ ห้องบางกอกคอนเวนชั่นเซ็นเตอร์ ศูนย์การค้าเซ็นทรัลพลาซ่า ลาดพร้าว กรุงเทพมหานคร.

วินัย ดะห์สัน. 2535. แคลเซียมและการป้องกัน. ใน ธิดา นิงสานนท์และอรวรรณ เรืองสมบูรณ์ (บรรณาธิการ) , สารอาหารที่นิยมใช้เพื่อเสริมสุขภาพและต้านโรค, หน้า 60-83 . กรุงเทพมหานคร: คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

วิมล เหมะจันทร. 2524. ชีววิทยาปลา. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สาธารณสุข กระทรวง. ฉลากโภชนาการ. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงสาธารณสุข, 2541. (อัดสำเนา)

สุรัตน์ โคมินทร์. 2536. สถานภาพของแคลเซียมกับปริมาณเกลือแร่ในกระดูกของคนไทย. ใน การประชุมวิชาการโภชนาการ ' 36: โภชนาการและการส่งเสริมสุขภาพ, หน้า 92. 22 – 24 ธันวาคม ณ ห้องบางกอกคอนเวนชั่นเซ็นเตอร์ ศูนย์การค้าเซ็นทรัลพลาซ่า ลาดพร้าว กรุงเทพมหานคร

อนามัย, กรม. 2530. ตารางแสดงคุณค่าอาหารไทยในส่วนที่กินได้ 100 กรัม. กรุงเทพมหานคร กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข.

อนามัย, กรม. 2539. รายงานการสำรวจภาวะอาหารและโภชนาการของประเทศไทย ครั้งที่ 4 พ.ศ. 2538. กรุงเทพมหานคร กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข.

เอกราช เกตวัลห์. 2542. การสกัดแคลเซียมจากกระดูกไก่และการทดลองใช้เสริมในอาหาร. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาอาหารและโภชนาการเพื่อการพัฒนา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาษาอังกฤษ

Akiyama, T. , OTa, T. , Yakoyama, Y. , Kanazaki, H. and Kusama, M. 1977. Major inorganic compound in fishes. Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi 24: 24-29.

Associtionof Official Analytical Chemists. 1984. Official Methods of Analysis. 13 rd ed. Washiton D. C: Associtionof Official Analytical Chemists.

Associtionof Official Analytical Chemists. 1995. Official Methods of Analysis. 16 th ed. Washiton D. C: Associtionof Official Analytical Chemists.

Bykov, V. P. 1983. Marine Fishes. New Delhi: Amerind

Chen, B. Z. ,Sheu, S. C. , Lin, C. S. and Kuo, J. D. 1998. Bioavailability of calcium from tuna ribs. Food Scince 25(3): 281-292.

Cochran, W. G. , and Cox, G. M. 1985. Experimental Designs. New York: John Willey & Sons.

Grunden, L. P. and MacNeil, J. H. 1973. Examination of boned content in mechanically deboned poultry meat by EDTA and atomic absorption spectrophotometric methods. J. of Food Science 38: 712-713.

Hatae, K. , Sato, T. Yshimatsu, F. 1980. Effect of tea infusions on tenderness of bones and intensity of odors in cooked fish. Kaseigaku Zasshi 31: 88-93.

Hare, L. B. 1974. Mixture designs applied to food formulation. Food Technology 28: 51-62.

Heaney, R. P. , Recker, R. R. ,and Weaver, C. M. 1990. Absorbability of calcium source : the limited role of solubility. Calcif Tissue Int. 46: 300-304.

Herring, G. M. 1962. The organic matrix of bone. In The biochemistry and physiology of bone, New York: Academic Press. , Vol. 1, 128-190. cited in Ishikawa, M. , Mori, S. Watanabe, H. and Sakai , Y. 1989. Softening of fish bone. II. Effect of acetic acid on softening rate and solubilization rate of organic matter from fish bone. J. Food Proc. Pres. 1: 123-132.

Hinterwald, R. 1977. Raw material. In the Science and Technology of Gelatin. London: Academic Press. 295-314. cited in Ishikawa, M. , Mori, S. Watanabe, H. and Sakai , Y. 1989. Softening of fish bone. II. Effect of acetic acid on softening rate and solubilization rate of organic matter from fish bone. J. Food Proc. Pres. 13: 123-132.

Ishikawa, M. , Mori, S. Watanabe, H. and Sakai , Y. 1987. Softening rate and solubilization rate of organic matter from fish bone. J. Food Proc. Pres. 11: 277-287.

Ishikawa, M. , Mori, S. Watanabe, H. and Sakai , Y. 1989. Softening of fish bone. II. Effect of acetic acid on softening rate and solubilization rate of organic matter from fish bone. J. Food Proc. Pres. 13: 123-132.

Ishikawa, M. , Mori, S. Watanabe, H. and Sakai , Y. 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.

James, C. S. 1995. Analytical Chemistry of Foods. Glasgow: Blackie Academic and Professional.

Kanazawa, T. 1989. Inorganic Phosphate Material. Japan: Kodansha.

Ke, P. J. , and Ackman, R. G. 1976. Metal-catalyzed oxidation in mackerel skin and meat lipid. Journal of the American Oil Chemists' Society 53: 636-640.

Labuza, T. P. , and Shmidl, M. K. 1985. Accelerated shelf-life testing of foods. Food Technology (September): 57-64, 134.

Park, P. J. ,and Lee, D. T. 1982. Utilization of fish bone nutrition during cooking. Research Reports of the Office of Rural Development 24: 124-128.

Pearson, D. 1976. The Chemical Analysis of Foods. 7 th ed. Hong Kong: Wah Yong Printing Press.

Ross, A. 1981. Finding use for dry bones. Food Manufacture 56(10): 61, 65.

Sada, M. 1984. Fish calcium. INFOFISH 1: 29-30.

Smith, W. H. 1972. Biscuit Cracker and Cookies. Vol. 1, London: Applied Science.

Subasinghe, S. 1996. Innovative and value-added tuna products and market. INFOFISH 1: 49-50.

Tokue, C. , Kataoka, E. , and Sugi, J. 1985. Fish paste made with the addition of the in edible portion of “ha machi” (young yellowtail) and treated in an autoclave. Japanese Journal of Nutrition 43 (1985): 149-157. FSTA Abstracts 18: Abstract No.7332

Tarladgis. F. G. ,Pearson, A. M. , and Dugan, J. N. 1960. The Chemical Analysis of Foods. 7th ed. London: Churchill Livingstone.

Veljko, P. 1983. Canning sardine, anchoveta and tuna. INFOFISH No.3: 29-32.

Watanabe, H. ,Takewa, M. ,Takai, R. and Sakai, Y. 1985. Cooking rate of fish bone. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries 51: 2047-2050.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

ก.1 การวิเคราะห์ความชื้น

ตามวิธีของ A.O.A.C 1984 – 24.003

วิธีทดลอง

1. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างประมาณ 2 กรัม ให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอน ใส่ในภาชนะอะลูมิเนียมซึ่งอบแห้ง และทราบน้ำหนักแล้ว
2. นำตัวอย่างอบแห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 100–102 องศาเซลเซียส โดยเปิดฝาไว้เป็นเวลา 16 -18 ชั่วโมง หรือจนน้ำหนักคงที่
3. ปิดฝาภาชนะในขณะที่ยังอยู่ในตู้อบ แล้วทำให้เย็นใน desiccator และชั่งน้ำหนัก

คำนวณความชื้นจากสมการ

$$\text{ความชื้น (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ(กรัม)–น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ(กรัม)} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนการอบ (กรัม)}}$$

ก.2 ปริมาณเถ้า

ตามวิธีของ A.O.AC. 1984-24.009

วิธีการทดลอง

1. ชั่งตัวอย่างแห้ง 2 กรัม ใส่ใน crucible ที่แห้งสนิทและทราบน้ำหนักที่แน่นอน
2. นำตัวอย่างเผาใน muffle furnace ที่ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง
3. ทำให้เย็นใน desiccator แล้วชั่งน้ำหนัก

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

ก.3 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน

ตามวิธีของ A.O.A.C. 1984-2.057

อุปกรณ์

Gerhardt Kjeldatherm Digestion Unit และ Gerhardt Vapodest I

สารเคมี

1. สารละลายกรด sulfuric เข้มข้น
2. สารละลายกรด sulfuric เข้มข้นร้อยละ 0.1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. สารละลาย sodium hydroxide เข้มข้นร้อยละ 50
4. สารละลายกรด boric เข้มข้นร้อยละ 4
5. catalyst (ส่วนผสมของ K_2SO_4 และ Se ในอัตราส่วน 100 : 1)
6. indicator ซึ่งเป็นส่วนผสมของ methyl red และ methylene blue

วิธีการทดลอง

1. ชั่งตัวอย่างประมาณ 2 กรัม ใส่ในขวดย่อย
2. เติม catalyst 10 กรัม
3. เติมสารละลายกรด sulfuric เข้มข้น 30 มิลลิลิตร
4. ย่อยตัวอย่างด้วยเครื่อง Kjeldatherm ซึ่งควบคุมอุณหภูมิในการย่อยเป็น 3 ช่วง คือ
   ช่วงที่ 1 ใช้อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15-20 นาที
   ช่วงที่ 2 ใช้อุณหภูมิ 380 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30-45 นาที
   ช่วงที่ 3 ใช้อุณหภูมิ 380 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20-30 นาที
   ย่อยตัวอย่างจนได้สารละลายสีเหลืองอ่อน
5. กลั่นตัวอย่างที่ย่อยด้วยเครื่อง Vapodest I โดยใช้สารละลาย sodium hydroxide เข้มข้นร้อยละ 50 เป็นตัวทำปฏิกิริยา และเก็บสารที่กลั่นได้ในสารละลายกรด boric ซึ่งเติม methyl red – methylene blue 2-3 หยด เพื่อเป็น indicator
6. ไตเตรทสารละลายที่กลั่นได้ด้วยสารละลายกรด sulfuric เข้มข้น 0.1 N

$$\text{ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ)} = \frac{A \times B \times 6.25 \times 1.4}{C}$$

A = normality ของกรด sulfuric ที่ใช้ไตเตรท

B = ปริมาตรกรด sulfuric ที่ใช้ไตเตรท

C = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

ก.4 การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน

ตามวิธีของ A.O.A.C. 1984-24.005

อุปกรณ์

Soxhlet Apparatus

วิธีทดลอง

1. ชั่งตัวอย่างแห้ง 2 กรัม แล้วห่อด้วยกระดาษกรอง Whatman No.1 โดยห่อ 2 ชั้น
2. ใส่ห่อตัวอย่างใน thimble ซึ่งบรรจุในขวดสกัดที่แห้งสนิท และทราบน้ำหนักที่แน่นอน

3. เติม petroleum ether ซึ่งใช้เป็นตัวสกัด 100 มิลลิลิตร ลงในขวดสกัด
4. สกัดไขมันเป็นเวลานาน 3 – 4 ชั่วโมง โดยควบคุมอุณหภูมิของ silicone oil ซึ่งเป็นตัวถ่ายเทความร้อนให้กับอุปกรณ์ที่ใช้สกัดที่ 150 องศาเซลเซียส
5. ระเหย petroleum ether ออกจากไขมันที่สกัดได้ แล้วอบขวดสกัดที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จนน้ำหนักคงที่
6. ทำให้เย็นใน desiccator แล้วชั่งน้ำหนักขวดสกัด

$$\text{ปริมาณไขมัน (ร้อยละ)} = \frac{\text{ปริมาณไขมันที่สกัดได้ x 100}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}}$$

ก.5 การวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียม

ตามวิธีของ Gruden และ MacNeil (1973)

อุปกรณ์

Varian Atomic Absorption Spectrophtometer , 300

สารเคมี

1. สารละลายกรด hydrochloric เข้มข้น
2. calcium carbonate
3. lanthanum oxide

การสร้างกราฟมาตรฐานของแคลเซียม

1. เตรียม releasing agent โดยชั่ง lanthanum oxide 117.3 กรัม ทำให้ชื้นด้วยน้ำกลั่น ค่อยๆเติมสารละลายกรด hydrochloric เข้มข้น 350 มิลลิลิตร เมื่อสารละลายเย็นลง ปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น
2. เตรียม standard calcium stock solution A. โดยชั่ง calcium carbonate 2.497 กรัม เติมน้ำ 100 มิลลิลิตร ใส่ใน volumetric flask ขนาด 1 ลิตร แล้วค่อยๆเติม สารละลายที่เตรียมในข้อ 1 จำนวน 60 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น (1 มิลลิลิตร = 1 มิลลิกรัม Ca)
3. เตรียม standard calcium working solution โดยเจือจางสารละลาย A 20 มิลลิลิตร ให้เป็น 200 มิลลิลิตร (1 มิลลิลิตร = 100 ppm Ca) และเจือจางสารละลายที่ได้ ให้มีความเข้มข้น 0.5, 1.0, 2.0 และ 3.0 ppm Ca ตามลำดับ นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง ด้วยเครื่อง Varian Atomic Absorption Spectrophtometer, 300 ที่

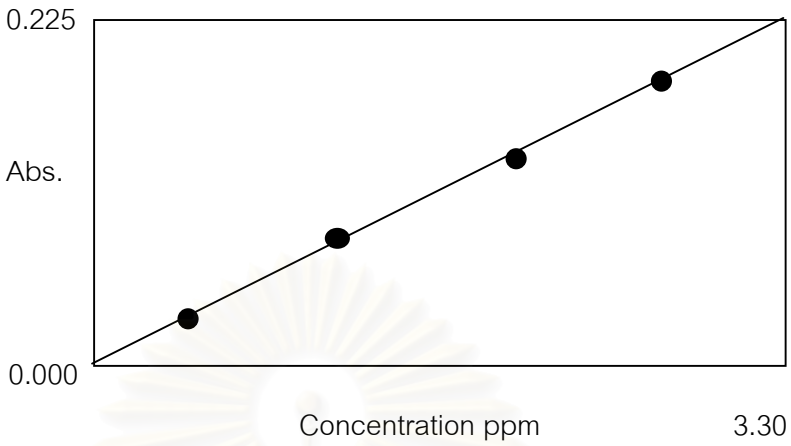
ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร เทียบกับ blank ที่ใช้น้ำกลั่นแทนสารละลาย standard calcium

4. เขียนกราฟมาตรฐาน ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของ standard calcium จะได้กราฟเส้นตรงผ่านจุดกำเนิด แสดงดังรูป 15

วิธีการทดลอง

1. เตรียมเถ้า โดยชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 10 กรัม ใส่ใน crucible นำไปเผาให้ความร้อนทำให้เย็นและทราบน้ำหนักแล้ว นำตัวอย่างเข้าอบแห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จนกระทั่งตัวอย่างไหม้เกรียมนำ crucible เข้าเตาเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง หรือจนกระทั่งกลายเป็นเถ้าสีขาวหรือเทา นำมาทำให้เย็นใน desiccator
2. เตรียมสารละลายเถ้า โดยนำ crucible ที่มีตัวอย่างเถ้า มาเติมสารละลายกรด hydrochloric เข้มข้น 5 มิลลิลิตร และต้มเป็นเวลา 5 นาที ในตู้ควัน เติมกรดลงไปเล็กน้อยถ้าจำเป็น เพื่อช่วยให้มีของเหลวเหลืออยู่พอที่จะต้มได้ เทตัวอย่างจาก crucible ลงใน beaker ล้าง crucible ด้วยน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 40 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น นำไปต้ม 10 นาที ทำให้เย็น แล้วกรองผ่านกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 3 ล้าง beaker ด้วยน้ำกลั่น นำสารละลายที่ได้มาปรับปริมาตรใน volumetric flask 100 มิลลิลิตร
3. ปิเปตตัวอย่างมา 25 มิลลิลิตร ใส่ ลงใน volumetric flask ขนาด 50 มิลลิลิตร เติมสารละลายผสม ระหว่างร้อยละ 5 lanthanum oxide และร้อยละ 25 กรด hydrochloric 10 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น
4. นำสารละลายตัวอย่างที่เตรียมวัดด้วยเครื่อง Varian Atomic Absorption Spectrophotometer, 300 ค่า absorption ที่อ่านได้จากเครื่อง Spectrophotometer นำมาแปลงเป็นค่า absorbance โดยใช้ conversion chart ของเครื่อง แล้วนำค่าที่ได้มาอ่านค่าปริมาณแคลเซียม ในตัวอย่างเจือจางได้จาก standard curve คำนวณหา ปริมาณแคลเซียม จากสมการ

$$\text{ปริมาตรแคลเซียม (ppm)} = \frac{\text{ปริมาณแคลเซียมที่อ่านได้ x dilution factor}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$



รูปที่ ก.1 กราฟมาตรฐานความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร กับปริมาณความเข้มข้นของแคลเซียม (ppm)

ก.6 การวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัส

ตามวิธีของ James (1995)

อุปกรณ์

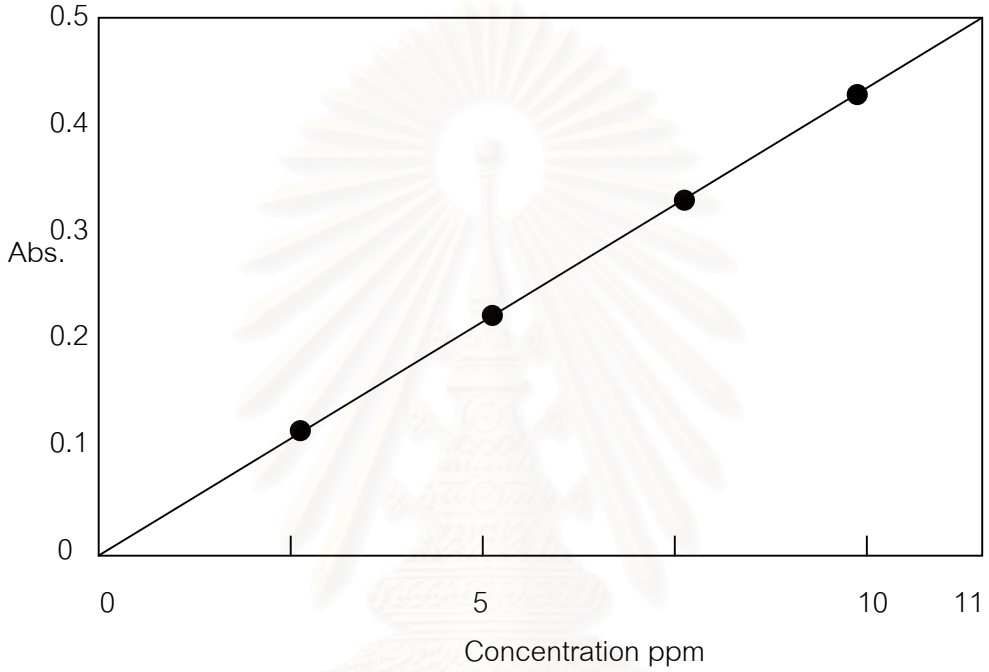
1. ขวดปรับปริมาตร 100 มิลลิลิตร
2. ปิเปตขนาด 25 มิลลิลิตร
3. spectrophotometer

สารเคมี

1. เตรียม vanadate-molybdate reagent โดยละลาย 20 กรัม ของ ammonium molybdate ในน้ำ 400 มิลลิลิตร อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และทำให้เย็น ละลาย 1 กรัมของ ammomium monovanadate ใน 300 มิลลิลิตร ของน้ำเดือด ทำให้เย็น แล้วจึงใส่ nitric acid เข้มข้นลงไป 140 มิลลิลิตร ทีละน้อยๆ จากนั้นจึงเติม สารละลาย ammonium molybdate ลงในสารละลาย ammonium monovanadate ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น ให้ครบ 1,000 มิลลิลิตร
2. เตรียมสารละลายมาตรฐานฟอสเฟต โดยละลาย potassium dihydrogenphosphate (KH_2PO_4) 4.39 กรัมปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 1,000 มิลลิลิตร แล้วเจือจางด้วยการนำสารละลายที่ได้ 25 มิลลิลิตร มาปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 250 มิลลิลิตร เพื่อให้ได้สารละลาย ที่มีความเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมฟอสฟอรัสต่อมิลลิลิตร

วิธีการทดลอง

1. การทำ calibration curve นำสารละลายมาตรฐานฟอสเฟต 0, 2.5 ,5, 7.5 และ 10 มิลลิลิตรเติมน้ำ 30 มิลลิลิตร แล้วจึงใส่สารละลาย vanadate-molybdate reagent ในแต่ละขวด ขวดละ 25 มิลลิลิตร แล้วจึงปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตรครบ 100 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 10 นาที จึงนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 นาโนเมตร นำไปสร้างกราฟมาตรฐานของฟอสเฟตดังแสดงในรูปที่ 16



รูปที่ ก.2 กราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส

2. วิเคราะห์สารละลายตัวอย่าง นำเถ้าที่ได้จากการเผา มาละลายด้วยกรด sulfuric เข้มข้น 5 มิลลิลิตร ต้มให้เดือด 5 นาที แล้วจึงปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นประมาณ 40 มิลลิลิตร นำไปต้มอีกครั้งประมาณ 10 นาที ทิ้งไว้ให้เย็น ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 100 มิลลิลิตร จากนั้นจึงปิเปตสารละลายที่ได้นี้มา 2 มิลลิลิตร ใส่ในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร จากนั้นใส่ vanadate-molybdate reagent 25 มิลลิลิตร แล้วจึงปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 100 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ทิ้งไว้ 10 นาที จึงนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 120 นาโนเมตร

หาปริมาณฟอสฟอรัสจาก standard curve จะได้ค่าปริมาณฟอสฟอรัส แล้วจึงนำไปเทียบน้ำหนักโมเลกุล เพื่อหาปริมาณ ในรูป P_2O_5

% P_2O_5 = ปริมาณ phosphorus จาก standard curve X 71/30

ก.7 วิธีวิเคราะห์ TBA

ตามวิธีของ Tarladgis, Pearson และ Dugan (1960)

การตรวจสอบการเหม็นหืนด้วยวิธีการวัดค่า TBA ใช้ 2–thiobarbituric acid ร่วมกับ glacial acetic acid ช่วยในการทำให้เกิดสีในสารที่สกัดจากเนื้อหรือผลิตภัณฑ์เนื้อ เป็นค่า TBA ซึ่งแสดงในรูปของ malonaldehyde เป็นค่าที่ใช้วัดระดับของการเกิดการเหม็นหืน

อุปกรณ์

ชุดกลั่น

spectrophotometer

สารเคมี

1. สารละลาย 2–thiobarbituric acid 0.2883 กรัม ใน glacial acetic acid 90 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร
2. สารละลายกรด hydrochloric 4 M.

วิธีการทดลอง

1. ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 10 กรัม ผสมกับน้ำกลั่น 97.5 มิลลิลิตร ใส่ในขวดก้นกลม
2. เติมสารละลายกรดเกลือ 2.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน
3. นำไปกลั่นบนเตาโดยให้ความร้อนมากที่สุด เพื่อให้เดือดได้เร็วที่สุด
4. เก็บของเหลวที่กลั่นได้ในกระบอกตวงจนครบ 50 มิลลิลิตร
5. ปิเปตตัวอย่างที่กลั่นได้ 5 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดแก้วที่มีจุกปิด เติมสารละลาย 2-thiobarbituric acid 5 มิลลิลิตร ปิดฝาหลอดแก้วผสมให้เข้ากัน
6. คลายฝาออก นำไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 35 นาที ทำให้เย็นโดยแช่น้ำเป็นเวลา 10 นาที
7. นำมาวัดค่าการดูดกลืนแสง โดยใช้เครื่อง spectronic ที่ 601 นาโนเมตร ใช้รวมกับสารละลาย 2-thiobarbituric acid อย่างละ 5 มิลลิลิตร เป็นตัวเทียบ (Blank)

TBA (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) = $\frac{7.8 \times OD. \times 10}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$

ก.8 วิธีวิเคราะห์ Peroxide value

วิธีสกัดไขมันออกจากตัวอย่าง

อุปกรณ์
- เครื่องบดไฟฟ้ามูลิเนกซ์
- ขวด
- กรวยแก้ว (funnel)
- ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) 250 มิลลิลิตร
- กระดาษกรองเบอร์ 1
- เครื่องเขย่า (shaker)
- Vacuum evaporator
- Measuring cylinder 100 มิลลิลิตร

สารเคมี : diethyl ether

วิธีการทดลอง : 1. บดตัวอย่างของคุกกี้ในเครื่องบดไฟฟ้ามูลิเน็กซ์จนกระทั่งละเอียด
2. ชั่งตัวอย่างหนัก 60 กรัม ใส่ลงในขวด
3. เติม diethyl ether จำนวน 150 มิลลิลิตร
4. ปิดฝาขวดให้สนิท
5. นำไปเขย่าโดยใช้เครื่อง (shaker) เป็นเวลา 30 นาที
6. นำมากรองแยกเอากากของคุกกี้ออก
7. นำสารละลายของไขมันที่สกัดได้ใน solvent ไประเหย solvent ออกโดยใช้ vacuum evaporator ซึ่งตั้งอุณหภูมิของ bath ไว้ที่ 40 องศาเซลเซียส
8. นำตัวอย่างของไขมันที่สกัดได้มาวิเคราะห์หาค่า Peroxide value ต่อไป

ก.9 วิธีวิเคราะห์หาค่า Peroxide value

ตามวิธี A.O.A.C 1980 - 28.002

สารเคมี : - acetic acid chloroform solvent mixture (3 volume HOAC : 2 volume $CHCl_3$)

- saturated KI solution : ละลาย KI ในน้ำต้มจนกระทั่งอิ่มตัวเก็บไว้ในที่มืด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ทดสอบทุกวันโดยเติม 0.5 มิลลิตรของ HOAC - $CHCl_3$ solvent mixture และ 2 หยดของร้อยละ 1 starch solution ถ้าสารละลายเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน และต้อง เติม 0.1 N $Na_2S_2O_3$ มากกว่า 1 หยด ที่จะทำให้สารละลายเปลี่ยนเป็นไม่มีสี ต้องเตรียม solution ใหม่

- sodium thiosulfate standard solution 0.1 N และ 0.01 N

วิธีการทดลอง:

1. ชั่งน้ำหนักไขมันที่สกัดได้หนัก 5 $\pm$0.05 กรัม ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ 250 มิลลิลิตร
2. เติม HOAC-$CHCl_3$ 30 มิลลิลิตร
3. เติม saturated KI solution 0.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันและตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 1 นาที เขย่าเป็นระยะ ๆ
4. เติมน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน
5. นำมาไตเตรท กับ 0.01 N $Na_2S_2O_3$ จนกระทั่งสีของสารละลายเปลี่ยนจากสีเหลืองเข้มเป็นสีเหลืองอ่อน
6. เติม 1 % starch solution 0.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ไตเตรทต่อจนกระทั่งสีน้ำเงินของไอโอดีนในชั้นของ $CHCl_3$ จางหายไป
7. จดจำนวน มิลลิลิตรของ $Na_2S_2O_3$ ที่ใช้
8. ทำการทดลองกับ blank ที่ไม่มีการเติมตัวอย่างของไขมัน นำจำนวนมิลลิลิตรของ $Na_2S_2O_3$ ที่ใช้ไปหักออกจากมิลลิลิตรของ $Na_2S_2O_3$

$$\text{Peroxide value (milliequivalent peroxide/kg. of sample)} = \frac{S \times N \times 1{,}000}{\text{กรัมตัวอย่าง}}$$

เมื่อ S = มิลลิลิตร ของ $Na_2S_2O_3$ ที่ใช้เมื่อหัก blank ออกแล้ว

N = Normality ของ $Na_2S_2O_3$

วิธีเตรียม Sodium thiosulfate standard solution

ตามวิธีของ AOAC 1980-50.037

ละลาย $Na_2S_2O_3 .5 H_2O$ 25 กรัม ในน้ำกลั่น 1 กลั่น 1 ลิตร ต้มให้เดือดเป็นเวลา 5 นาที ถ่ายใส่ลงในขวดที่ล้างสะอาด เก็บไว้ในที่มืด solution ที่ได้มีความเข้มข้น 0.1 N เมื่อต้องการ solution ที่มีความเข้มข้นน้อยกว่าให้ dilute ด้วยน้ำกลั่นต้ม และควรเตรียมใหม่ๆ ก่อนใช้

วิธี standardization ของ $Na_2S_2O_3$

ตามวิธีของAOAC 1980-50.038

ชั่ง $K_2Cr_2O_7$ หนัก 0.2-0.23 กรัม ใส่ลงในขวดแก้ว เติมน้ำกลั่นต้ม 80 มิลลิลิตร และ KI 2 กรัม ลงไปเขย่าให้เข้ากัน เติม 20 มิลลิลิตร 1N HCl ลงไปเขย่าให้เข้ากัน เก็บในที่มืดเป็นเวลา 10 นาที แล้วนำมา ไตเตรท กับ $Na_2S_2O_3$ โดยมี starch solution เป็น indicator

$$\text{Normality ของ } Na_2S_2O_3 = \frac{\text{มิลลิกรัม ของ } K_2Cr_2O_7 \times 1{,}000}{\text{มิลลิลิตร } Na_2S_2O_3 \times 49.032}$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข
แบบทดสอบการประเมินทางประสาทสัมผัส

ข.1 แบบทดสอบการประเมินผลทางประสาทสัมผัสที่ใช้ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการอบกระดูกปลาทูน่า

ชื่อ……วันที่……..

โปรดทำการประเมินตัวอย่างดังต่อไปนี้ในด้าน กลิ่น และสี แสดงคุณภาพโดยทำเครื่องหมายลงในช่องว่างที่แสดงถึงความรู้สึกที่มีต่อตัวอย่างดังต่อไปนี้

		รหัสตัวอย่าง			
กลิ่น	ไม่มีกลิ่นไหม้	_____	_____	_____	_____
	มีกลิ่นไหม้นิดหน่อย	_____	_____	_____	_____
	กลิ่นไหม้เล็กน้อย	_____	_____	_____	_____
	กลิ่นไหม้ปานกลาง	_____	_____	_____	_____
	กลิ่นไหม้มาก	_____	_____	_____	_____
	กลิ่นไหม้มากที่สุด	_____	_____	_____	_____
สี	สีเหลืองอ่อน	_____	_____	_____	_____
	สีเหลืองปานกลาง	_____	_____	_____	_____
	สีเหลืองเข้ม	_____	_____	_____	_____
	สีน้ำตาลอ่อน	_____	_____	_____	_____
	สีน้ำตาลปานกลาง	_____	_____	_____	_____
	สีน้ำตาลเข้ม	_____	_____	_____	_____
	สีน้ำตาลไหม้	_____	_____	_____	_____

หมายเหตุ

กลิ่น: ไม่มีกลิ่นไหม้ มีกลิ่นไหม้นิดหน่อย กลิ่นไหม้เล็กน้อย เป็นกลิ่นที่ยอมรับ
กลิ่นไหม้ปานกลาง กลิ่นไหม้มาก กลิ่นไหม้มากที่สุด เป็นกลิ่นที่ไม่ยอมรับ

สี: สีเหลืองอ่อน สีเหลืองปานกลาง สีเหลืองเข้ม เป็นสีที่ยอมรับ
สีน้ำตาลอ่อน สีน้ำตาลปานกลาง สีน้ำตาลเข้ม สีน้ำตาลไหม้ เป็นสีที่ไม่ยอมรับ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข.2 แบบทดสอบการประเมินผลทางประสาทสัมผัสที่ใช้ศึกษาหาสูตรคุกกี้ต้นแบบ

ชื่อ……วันที่……..

โปรดชิมผลิตภัณฑ์คุกกี้ต่อไปนี้ตามลำดับ และประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัสของคุกกี้ตัวอย่าง พร้อมทั้งกำหนดคะแนนดีเลิศ โดยการลากเส้นสเกลเพื่อแสดงขนาดของลักษณะที่ทดสอบและขนาดของคะแนนดีเลิศ

1. **สี**

เหลืองอ่อน น้ำตาลไหม้

2. **ลักษณะเนื้อสัมผัส**

แตกร่วน แน่นเนื้อ

3. **ความหวาน**

ไม่หวาน หวานมาก

4. **เค็ม**

ไม่เค็ม เค็มมาก

5. **กลิ่นเนย**

อ่อน แรง

6. **ความชอบโดยรวม**

ไม่ยอมรับ ยอมรับมาก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข.3 แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสที่ใช้ศึกษาหาปริมาณพริกไทย และผงฟูที่เหมาะสม สำหรับ การผลิตคุกกี้ที่นำมาเสริมกระดูกปลาทูน่าผง

ชื่อ.....วันที่.....

โปรดชิมผลิตภัณฑ์คุกกี้ต่อไปนี้ตามลำดับ และให้คะแนนทางด้านรูปร่าง สี กลิ่นรส พริกไทย รสชาติ เนื้อสัมผัส

ลักษณะที่ทดสอบ	คะแนนเต็ม	รหัสตัวอย่าง			
1. รูปร่าง - รูปทรงแบนราบไปหรือรูปทรงนูนไป (1-10) - รูปทรงนูนพอดี (11-20)	20				
2. สี - สีเหลืองเข้มหรืออ่อนจนเกินไป (1-10) - สีเหลืองสวย (11-20)	20				
3. กลิ่นรสพริกไทย - กลิ่นรสพริกไทยมากเกินไป (1-10) - กลิ่นรสพริกไทยมากแต่ยังยอมรับได้ (11-20) - กลิ่นรสพริกไทยพอเหมาะ (21-30)	30				
4. รสชาติ - รสหวานมากหรือน้อยเกินไป เค็มมากหรือน้อยเกินไป มันมากหรือไม่มีความมัน (1-10) - มีความหวาน มัน เค็ม พอดี (11-20)	20				

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ลักษณะที่ทดสอบ	คะแนนเต็ม	รหัสตัวอย่าง			
5. ลักษณะเนื้อสัมผัส - ร่วนหรือแน่นเนื้อเกินไป แข็งหรือนิ่มเกินไป (1-10) - ร่วนหรือแน่นเนื้อเล็กน้อย แข็งหรือนิ่มเล็กน้อย (11-20) - มีความกรอบร่วนพอดี (21-30)	30				

ข้อเสนอแนะ……

……

……

……

……

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข.4 แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสที่ใช้ศึกษาหาขนาดอนุภาคและปริมาณของกระดูกปลาทูน่าผงที่เสริมในคุกกี้

ชื่อ.....วันที่.....

โปรดชิมผลิตภัณฑ์คุกกี้ต่อไปนี้ตามลำดับ และให้คะแนนทางด้าน รูปร่าง สี เนื้อสัมผัส รสชาติ กลิ่นคาวปลา ความชอบโดยรวม

ลักษณะที่ทดสอบ	คะแนนเต็ม	รหัสตัวอย่าง			
1. รูปร่าง - รูปทรงแบนราบไปหรือรูปทรงนูนไป (1-10) - รูปทรงนูนพอดี (11-20)	20				
2. สี - สีเข้มหรืออ่อนจนเกินไป(1-10) - สีเหลืองสวย (11-20)	20				
3. ลักษณะเนื้อสัมผัส - ร่วนหรือแน่นเนื้อเกินไป แข็งหรือนิ่มเกินไป (1-10) - ร่วนหรือแน่นเนื้อเล็กน้อย แข็งหรือนิ่มเล็กน้อย (11-20) - มีความกรอบร่วนพอดี(21-30)	30				
4. รสชาติ - รสหวานมากหรือน้อยเกินไป เค็มมากหรือน้อยเกินไป มันมากหรือไม่มีความมัน (1-10) - มีความหวาน มัน เค็ม พอดี (11-20)	20				

ลักษณะที่ทดสอบ	คะแนนเต็ม	รหัสตัวอย่าง			
5. กลิ่นคาวปลา - กลิ่นคาวรุนแรง (1-10) - กลิ่นน้อยหรือไม่มี (11-20)	20				
6. ความชอบรวม - ไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ (1-5) - ชอบผลิตภัณฑ์ (6 -10)	10				

ข้อเสนอแนะ……

……

……

……

……

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข.5 แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสที่ใช้ศึกษาหาขนาดอนุภาคและปริมาณของกระดูกปลาทูน่าผงที่เสริมในกรอบเค็มก่อนเคลือบน้ำตาล

ชื่อ.....วันที่.....

โปรดชิมผลลิตภัณฑ์กรอบเค็มต่อไปนี้ตามลำดับ และให้คะแนนทางด้านลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส รสชาติ กลิ่นคาวปลา ความชอบโดยรวม

ลักษณะที่ทดสอบ	คะแนนเต็ม	รหัสตัวอย่าง			
1. ลักษณะปรากฏ - เนื้อแป้งไม่เนียน (1-10) - เนื้อแป้งมีความเนียนดี (11-20)	20				
2. สี - สีเข้มหรืออ่อนจนเกินไป (1-10) - สีสวย (11-20)	20				
3. เนื้อสัมผัส - ร่วนหรือแข็งหรือนิ่มเกินไปหรือมีลักษณะเนื้อเป็นทราย(1-10) - กรอบดี (11-20)	20				
4. รสชาติ - รสจืดหรือรสชาติแปลกปลอม(1-10) - รสหวานของแป้งดี (11-20)	20				
5. กลิ่นคาวปลา - กลิ่นคาวรุนแรง(1-20) - มีกลิ่นคาวเล็กน้อยหรือไม่มี(11-20)	20				
6. ความชอบรวม - ไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ (1-5) - ชอบผลิตภัณฑ์ (6 –10)	10				

ข้อเสนอแนะ.....

.....

ข.6 แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสที่ใช้ศึกษาหาขนาดอนุภาคและปริมาณของกระดูกปลาทูน่าผงที่เสริมในกรอบเค็มหลังเคลือบน้ำตาล

ชื่อ.....วันที่.....

โปรดชิมผลิตภัณฑ์กรอบเค็มต่อไปนี้ตามลำดับ และให้คะแนนทางด้านลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส รสชาติ กลิ่นคาวปลา ความชอบโดยรวม

ลักษณะที่ทดสอบ	คะแนนเต็ม	รหัสตัวอย่าง			
1. ลักษณะปรากฏ - เนื้อแป้งไม่เนียน (1-10) - เนื้อแป้งมีความเนียนดี (11-20)	20				
2. สี - สีเข้มหรืออ่อนจนเกินไป (1-10) - สีสวย (11-20)	20				
3. เนื้อสัมผัส - ร่วนหรือแข็งหรือนิ่มเกินไปหรือมีลักษณะเนื้อเป็นทราย(1-10) - กรอบดี (11-20)	20				
4. รสชาติ - หวานอ่อนหรือเข้มเกินไป เค็มอ่อนหรือเข้มเกินไป(1-10) - รสหวานหรือเค็มพอดี (11-20)	20				
5. กลิ่นคาวปลา - กลิ่นคาวรุนแรง (1-20) - มีกลิ่นคาวเล็กน้อยหรือไม่มี (11-20)	20				
6. ความชอบรวม - ไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ (1-5) - ชอบผลิตภัณฑ์ (6 –10)	10				

ข้อเสนอแนะ……

……

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

ตารางที่ ค.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของโปรตีนที่สูญเสียของกระดูกปลาทูน่าที่อุณหภูมิและเวลาในการให้ความร้อนแตกต่างกัน

Source	df	MS โปรตีนที่สูญเสีย
A (อุณหภูมิ)	2	63.87*
B (เวลา)	3	4.181*
AB	6	0.779*
ERROR	24	0.01

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ค.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงตัดขาดของกระดูกปลาทูน่าที่อุณหภูมิและเวลาในการให้ความร้อนแตกต่างกัน

Source	df	MS ค่าแรงตัดขาด
A (อุณหภูมิ)	2	69,891.881*
B (เวลา)	3	2,136.447*
AB	6	1,339.414*
ERROR	24	16.458

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าสี (L a b)ของชิ้นกระดูกปลาทูน่าที่อุณหภูมิและเวลาในการอบแตกต่างกัน

Source	df	MS		
		L	a	b
A (อุณหภูมิ)	2	1,026.023*	1.983	80.379*
B (เวลา)	4	29.232*	0.457	0.729
AB	8	6.478*	1.590	7.584*
ERROR	45	3.489*	1.834	5.034

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ค.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าสี (L a b)ของกระดูกปลาทูน่าผงที่อุณหภูมิและเวลาในการอบแตกต่างกัน

Source	df	MS		
		L	a	b
A (อุณหภูมิ)	2	86.251*	6.722*	3.783*
B (เวลา)	4	22.019*	2.148*	10.286*
AB	8	13.278*	0.914*	6.837*
ERROR	45	0.533	0.059	0.396

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนทางประสาทสัมผัสทางด้านสีและกลิ่นของชิ้นกระดูกปลาทูน่าอบแห้งที่อุณหภูมิและเวลาต่างกัน

Source	df	MS	
		สี	กลิ่น
Block	14	14.998*	7.626*
A (อุณหภูมิ)	2	28.506*	0.000*
B (เวลา)	4	23.778*	5.875*
AB	8	7.561*	2.625*
ERROR	196	1.832	1.204

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ค.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนทางประสาทสัมผัสทางด้านสีและกลิ่นของกระดูกปลาทูน่าผงอบแห้งที่อุณหภูมิและเวลาต่างกัน

Source	df	MS	
		สี	กลิ่น
Block	14	7.637*	8.406*
A (อุณหภูมิ)	2	160.751*	18.938*
B (เวลา)	4	14.562*	2.367*
AB	8	3.962*	1.543*
ERROR	196	0.695*	0.538*

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความชื้นของชิ้นกระดูกปลาทูน่าและกระดูกปลาทูน่าผง

Source	df	MS ความชื้น	
		ชิ้นกระดูกปลาทูน่า	กระดูกปลาทูน่าผง
A (อุณหภูมิ)	2	86.589*	89.616*
B (เวลา)	4	26.843*	27.332*
AB	8	2.950*	8.857*
ERROR	30	0.050	0.038

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ค.8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการพัฒนาสูตรคุกกี้ต้นแบบ

Source	df	MS				
		รูปร่าง	สี	กลิ่นรสพริกไทย	รสชาติ	เนื้อสัมผัส
Block	14	59.232*	31.439*	191.794*	41.893*	118.967
Treatment	8	29.141	113.662*	377.182*	55.891*	165.833
ERROR	111	15.820	3.422	25.654	12.552	57.106

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ค.9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าสีของคุกกี้ที่เสริมกระดูกปลาทูน่าผง

Source	df	MS		
		L	a	b
Treatment	6	93.49*	4.35*	97.00*
ERROR	42	1.25	0.48	1.06

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ค.10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของแรงต้าน การแผ่ตัว และความหนาแน่นของคุกกี้ที่เสริมกระดูกปลาทูน่าผง

Source	df	MS		
		แรงต้าน	การแผ่ตัว	ความหนาแน่น
Treatment	6	196242.44	0.98*	0.02*
ERROR	14	2467.77	0.12	0.00

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.11 การวิเคราห์ความแปรปรวนของคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของคุกกี้ที่เสริมกระดูกปลาทูน่าผง

Source	df	MS					
		รูปร่าง	สี	เนื้อสัมผัส	รสชาติ	กลิ่น	ความชอบรวม
Block	14	55.834*	74.773*	50.377*	60.507*	29.397*	55.854*
Tretment	6	29.254	101.641*	36.987	25.419*	93.997*	29.254*
ERROR	84	5.951	8.947	22.283	7.960	4.313	5.951

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ค.12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าสี (L a b) ของกรอบเค็มที่เสริมกระดูกปลาทูน่าผง

Source	df	MS		
		L	a	b
Treatment	6	8.91*	4.00	4.23*
ERROR	45	1.88	1.73	1.79

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.13 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของกรอบเค็มที่เสริมกระดูกปลาทูน่าผงก่อนเคลือบน้ำตาล

Source	df	MS					
		ลักษณะปรากฏ	สี	เนื้อสัมผัส	รสชาติ	กลิ่นคาวปลา	ความชอบรวม
Block	14	45.813*	59.163*	43.504*	85.060*	39.548*	10.130*
Tretment	6	29.254	101.641*	36.987	25.419*	93.997*	29.254*
ERROR	84	5.951	8.947	22.283	7.960	4.313	5.951

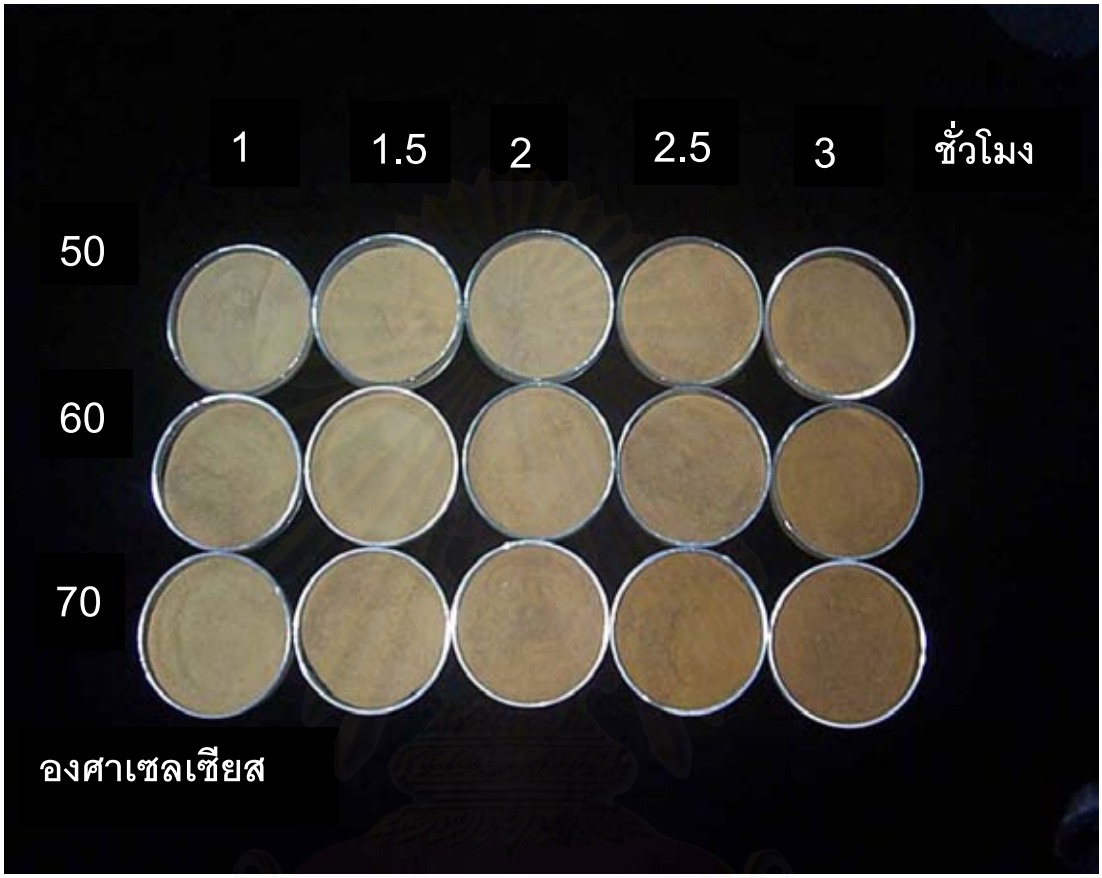
*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ค.14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของกรอบเค็มที่เสริมกระดูกปลาทูน่าผงหลังเคลือบน้ำตาล

Source	df	MS					
		ลักษณะปรากฏ	สี	เนื้อสัมผัส	รสชาติ	กลิ่นคาวปลา	ความชอบรวม
Block	12	63.30*	51.800*	33.652*	86.914*	62.084	3.931*
Tretment	6	28.689*	104.253*	42.230*	17.524*	95.044	21.517*
ERROR	72	7.792	5.995	6.987	3.563	10.520	1.636

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ภาคผนวก ง

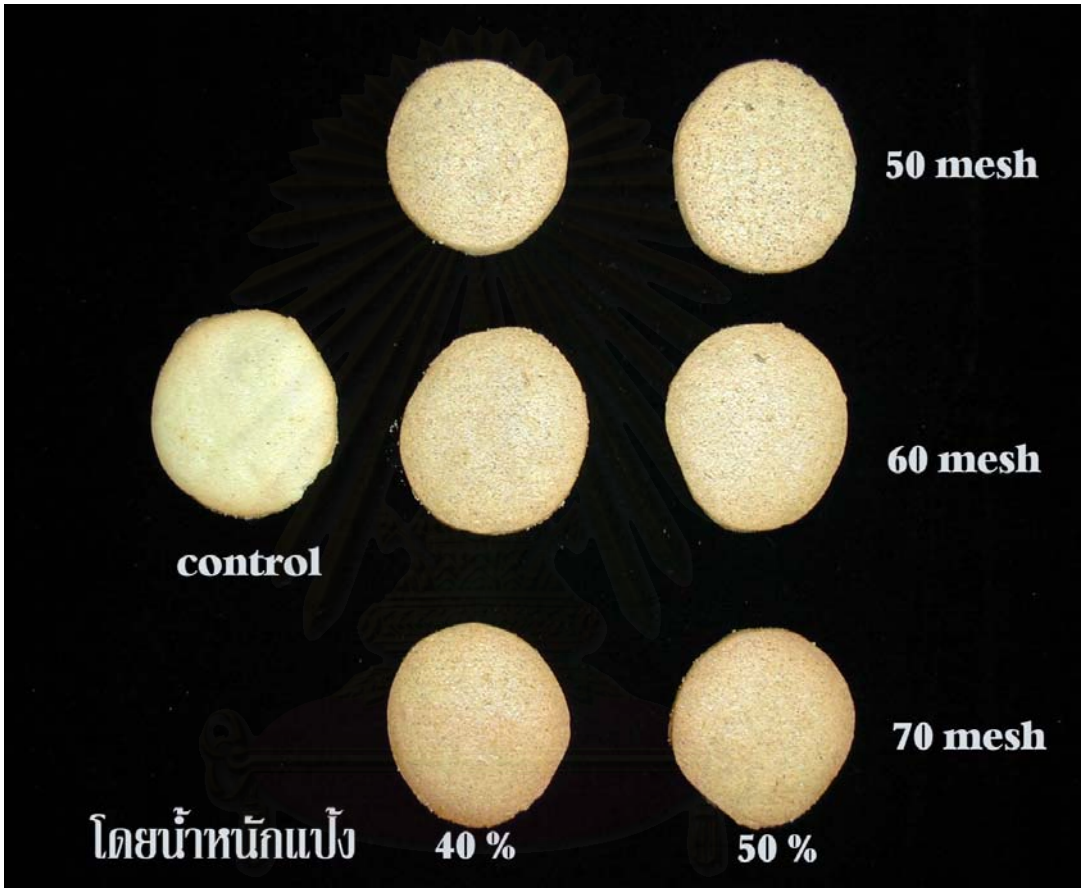


รูปที่ ง.1 กระดูกปลาทูน่าผงอบที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆกัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

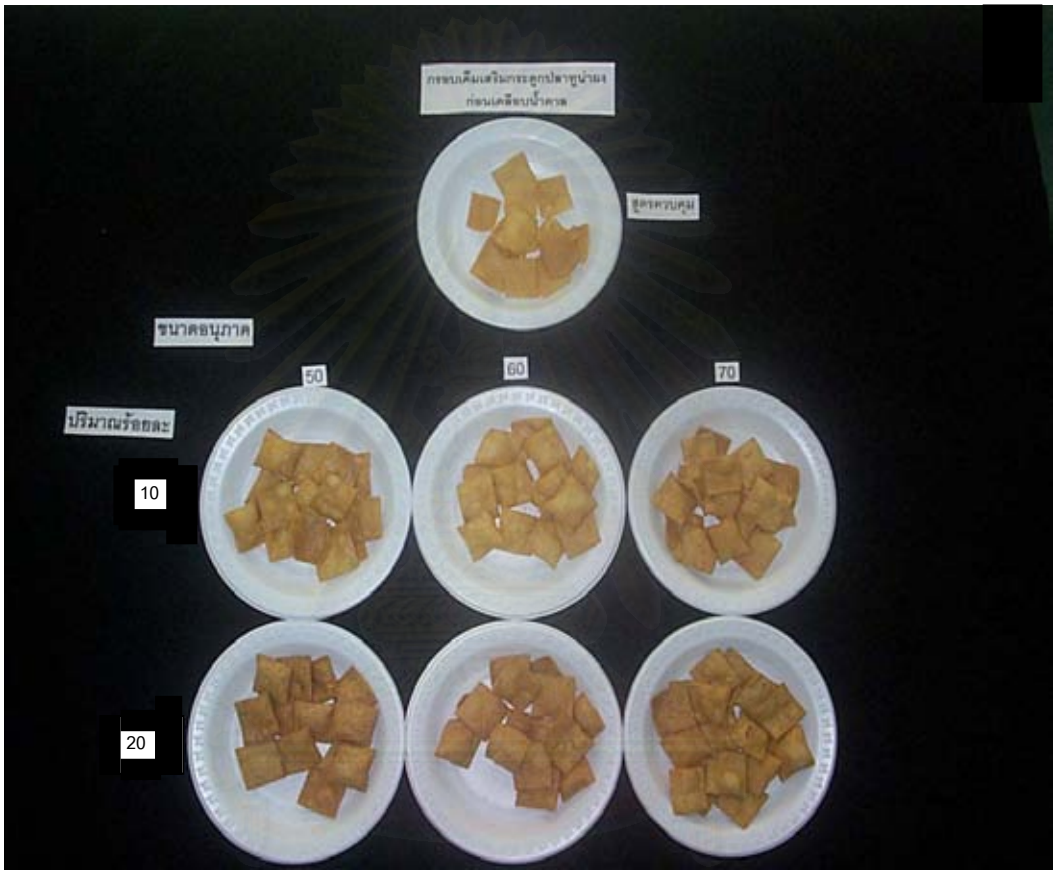
รูปที่ ง.2 กระดูกปลาทูน่าผงอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 1.5 ชั่วโมง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



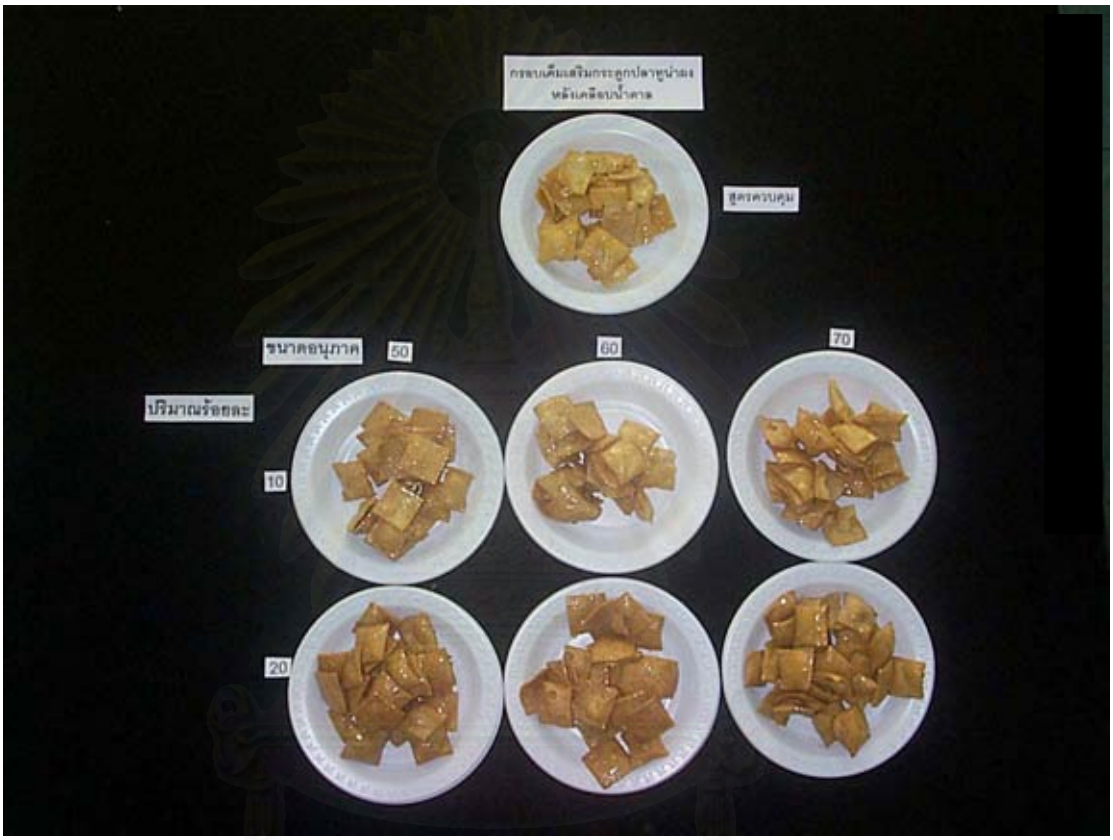
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ ง.3 คุกกี้เสริมกระดูกปลาทูน่าผงที่ขนาดอนุภาคและปริมาณแตกต่างกัน



รูปที่ ง.4 กรอบเค็มเสริมกระดูกปลาผงทูน่าก่อนเคลือบน้ำตาลที่ขนาดอนุภาค 50 60 และ 70 mesh ปริมาณร้อยละ 10 20 โดยน้ำหนักแป้ง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ง.5 กรอบเค็มเสริมกระดูกปลาผงทูน่าหลังเคลือบน้ำตาลที่ขนาดอนุภาค 50 60 และ 70 mesh ปริมาณร้อยละ 10 และ 20 โดยน้ำหนักแป้ง

ภาคผนวก จ
วิธีการฝึกฝนผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัส

1. คัดเลือกผู้ทดสอบ โดยคัดเลือกผู้ทดสอบที่ไม่มีโรคประจำตัวซึ่งมีผลต่อการทดสอบทางประสาทสัมผัส และมีเวลาว่างตลอดการฝึกฝน

2. สร้างความคุ้นเคยกับลักษณะของสีและกลิ่นของชิ้นกระดูกปลาทูน่าอบ และกระดูกปลาทูน่าผง โดยการระดมความคิดและประชุมกลุ่มเพื่อสร้างความเข้าใจที่ตรงกันเกี่ยวกับลักษณะที่ทดสอบ

3. แปรลักษณะทางด้านสีและกลิ่นของชิ้นกระดูกปลาทูน่าและกระดูกปลาทูน่าผง โดยใช้แบบทดสอบชนิด triangle test จำนวน 15 ครั้ง คัดเลือกผู้ทดสอบที่อธิบายลักษณะได้ถูกต้องจำนวน 9 ครั้ง เป็นผู้ทดสอบตลอดการทดลอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียน

นายเอกชัย จารุเนตรวิลาส เกิดเมื่อวันที่ 4 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2519 อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี สำเร็จปริญญาตรี วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย กรุงเทพมหานคร ปีการศึกษา 2539 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2540

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย