



การเก็บเกี่ยวและคุณลักษณะของน้ำมันจากรังไข่ อัณฑะ และเครื่องในของปลาโอแถบ
Recovery and Characterization of Oil from Ovaries, Testes and Viscera of Skipjack Tuna

จริยา พรหมนิมิตร

Jariya Promnimit

วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์ประมง
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

Master of Science Thesis in Fishery Products Technology

Prince of Songkla University

2544

(1)

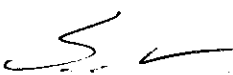
๘

เลขหมู่	TP684.F1 A46 2544 ๗.๑
Bib Key	๔๑๖๙๖๓

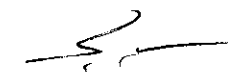
ชื่อวิทยานิพนธ์ การเก็บเกี่ยวและคุณลักษณะของน้ำมันจากรังไข่ อังทะ และเครื่องในของ
ปลาโอแถบ


ผู้เขียน นางสาวจริยา พรหมนิมิต
สาขาวิชา เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์ประมง

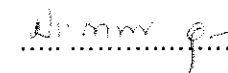
คณะกรรมการที่ปรึกษา
..... 7 พ.ย. 18/15 ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ไพรัตน์ โสภโณดร)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุทธวัฒน์ เบญจกุล)

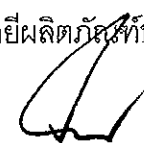
คณะกรรมการสอบ
..... 7 พ.ย. 18/15 ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ไพรัตน์ โสภโณดร)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุทธวัฒน์ เบญจกุล)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรัญ หันพงศ์กิตติกุล)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ประภาพร อูทวารพินธุ์)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษา ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์ประมง


.....
(รองศาสตราจารย์ ดร. ปิติ ทฤษฎีคุณ)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อวิทยานิพนธ์ การเก็บเกี่ยวและคุณสมบัติของน้ำมันจากรังไข่ อังทะ และเครื่องในของ
ปลาโอแถบ

ผู้เขียน นางสาวจริยา พรหมนิมิตร
สาขา เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์ประมง
ปีการศึกษา 2544

บทคัดย่อ

ปลาโอแถบ (*Kastuwonus pelamis*) เป็นปลาขนาดใหญ่ในการผลิตปลาทูน่าบรรจุกระป๋อง ซึ่งทำให้เกิดวัตถุประสงค์หลักได้แก่ รังไข่ อังทะ และเครื่องในเฉลี่ยร้อยละ 2.01, 1.66 และ 5.86 ของน้ำหนักปลาทั้งตัว การเก็บเกี่ยวและศึกษาสมบัติที่สำคัญของน้ำมันจากวัตถุดิบที่จับจาก 2 แหล่งคือ มหาสมุทรแปซิฟิก และมหาสมุทรอินเดียในช่วง 12 เดือน (เมษายน 2542 – เมษายน 2543) พบว่ารังไข่ อังทะ และเครื่องในปลาโอแถบมีปริมาณน้ำมันแตกต่างกันตามช่วงเวลาในการจับ ปริมาณน้ำมันจากรังไข่และอังทะจากมหาสมุทรแปซิฟิกและมหาสมุทรอินเดียเพิ่มขึ้นสูงสุดในเดือนมกราคมและ มีนาคม ตามลำดับ เนื่องจากเป็นช่วงของการวางไข่ แต่ในช่วงดังกล่าวปริมาณน้ำมันจากเครื่องในมีปริมาณต่ำสุด และจะมีปริมาณสูงสุดในช่วงก่อนวางไข่ เนื่องจากเป็นช่วงที่ปลากินอาหารและสะสมน้ำมันไว้มาก ปริมาณฟอสโฟไลปิดของน้ำมันที่สกัดจากรังไข่ อังทะ และเครื่องในปลาโอแถบมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและลดลงเช่นเดียวกับปริมาณน้ำมัน การสกัดน้ำมันโดยการใช้ตัวทำละลายเฮกเซนและไอโซโพรพานอล (HIP) ให้ปริมาณฟอสโฟไลปิดสูงกว่าการสกัดด้วยตัวทำละลายคลอโรฟอร์มและเมทานอล (CM) ซึ่งปริมาณเฉลี่ยจากการสกัดทั้ง 2 วิธีคือ CM (HIP) เท่ากับร้อยละ 56.87 (57.56), 57.02 (59.94) และ 42.81(44.55) จากวัตถุดิบที่มาจากมหาสมุทรแปซิฟิก ส่วนวัตถุดิบจากมหาสมุทรอินเดีย มีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 51.48 (55.23), 53.84 (59.04) และ 38.88 (41.27) ของปริมาณน้ำมันทั้งหมด ชนิดและปริมาณของกรดไขมันในน้ำมันจากรังไข่ อังทะ และเครื่องในปลาโอแถบ ได้แก่ กรดไขมันอิ่มตัว (SFA) เท่ากับร้อยละ 38.2, 43.5 และ 44.4 กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (MUFA) เท่ากับร้อยละ 23.8, 16.5 และ 18.0 และกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (PUFA) เท่ากับร้อยละ 37.4, 35.1 และ 35.2 ของปริมาณกรดไขมันทั้งหมดตามลำดับ คุณลักษณะของน้ำมัน ได้แก่ ปริมาณความชื้น ปริมาณกรดไขมันอิสระ ค่าไอโอดีน และค่าสะปอนิฟิเคชัน มีปริมาณแตกต่างกันตามช่วงเวลาในการจับ และวิธีการในการสกัด

การเก็บรักษาวัตถุดิบที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 เดือน ทำให้ปริมาณ TVB และ TMA เพิ่มขึ้น แต่ยังคงอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ และส่งผลให้ปริมาณกรดไขมันอิสระ ค่าเปอร์ออกไซด์ และค่า TBARS เพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณน้ำมันที่สกัดได้ไม่เปลี่ยนแปลง

การเก็บรักษาน้ำมันที่สกัดจากรังไข่ อังทะ และเครื่องในปลาโอแถบที่อุณหภูมิห้อง 4 และ -20 องศาเซลเซียส พบว่าที่อุณหภูมิห้องปริมาณกรดไขมันอิสระ ค่าเปอร์ออกไซด์ และค่า TBARS มีปริมาณเพิ่มขึ้น ($P < 0.05$) ส่วนที่อุณหภูมิ 4 และ -20 องศาเซลเซียส พบว่าสามารถลดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำมันได้ไม่แตกต่างกัน ดังนั้นอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาน้ำมันจากการศึกษานี้คือ 4 องศาเซลเซียส เนื่องจากเสียค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาต่ำกว่า

Thesis Title Recovery and Characterization of Oil from Ovaries, Testes and
 Viscera of Skipjack Tuna
Author Miss Jariya Promnimit
Major Program Fishery Products Technology
Academic Year 2001

Abstract

Skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) is a specie commonly used for canned tuna production. By-products such as ovaries, testies and viscera are generated at the amount of 2.01, 1.66 and 5.86 %, respectively. Oil from ovaries, testies and viscera of skipjack tuna from Pacific ocean and Indian ocean caught over a year (April 1999 - April 2000) were recovered and characterized. Ovaries, testes and viscera contained different oil content, depending on catching period. The highest oil content in ovaries and testies from Pacific ocean and Indian ocean were observed in January and March, respectively, which was claimed to be spawning period. However, lowest oil content in viscera caught at the same period was obtained. Highest oil content in viscera was found during pre-spawning. This was due to the feeding period, when fat was accumulated. Changes in phospholipid in ovaries, testes and viscera were coincidental with the changes in oil content. Crude oils extracted using hexane and isopropanol (HIP) contained a higher amount of phospholipid than those extracted by chloroform and methanol (CM). Phospholipid content of ovaries, testies and viscera of skipjack tuna from Pacific ocean extracted by CM and HIP were 56.87, 57.56 ; 57.02, 59.94 and 42.81, 44.55 %(w/w) of total lipid, respectively, while those from Indian ocean were 51.48, 55.23 ; 53.84, 59.04 and 38.88, 41.27 %(w/w) of total lipid, respectively. Crude oil from ovaries, testies and viscera had saturated fatty acid of 38.2, 43.5 and 44.4 %, monounsaturated fatty acid of 23.8, 16.5 and 18.0 % and polyunsaturated fatty acid 37.4, 35.1 and 35.2 %(w/w) of total fatty acid, respectively. The characteristics of oils from ovaries, testes and viscera showed different moisture content, free fatty acid, iodine value and saponification value, depending on the catching period as well as the

extraction methods. During frozen storage of ovaries, testes and viscera at -20°C for 4 months, TVB and TMA increased. Free fatty acid content, peroxide value and TBARS value also increased ($P<0.05$). Nevertheless, no changes in oil content were observed. When crude oils were kept at room temperature, 4°C and -20°C for 4 months, it clearly showed that the free fatty acid, peroxide value and TBARS value of samples stored at room temperature significantly increased, whereas the increase in those values of samples stored at 4°C and -20°C were retarded, However, no significant difference were found between both low storage temperatures. Therefore, storage of crude oil at 4°C is recommended.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีโดยความช่วยเหลือจาก รองศาสตราจารย์ ดร. ไพรัตน์ โสภโณดร ประธานกรรมการที่ปรึกษา ที่กรุณาให้คำแนะนำในการวิจัย การค้นคว้าและการเขียนวิทยานิพนธ์ ผู้เขียนกราบขอบพระคุณยิ่ง

ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุทนต์วัฒน์ เบญจกุล กรรมการที่ปรึกษาร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรัญ หันหงส์กิตติกุล กรรมการผู้แทนคณะอุตสาหกรรมเกษตร รองศาสตราจารย์ ดร. ประภาพร อุทาร์พันธุ์ กรรมการผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่ให้คำแนะนำ และแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้ถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ที่ให้ทุนการศึกษาค้นคว้าวิจัย และขอขอบคุณบริษัทสงขลาแคนนิ่ง (มหาชน) ที่ให้ความอนุเคราะห์วัสดุดิบในการวิจัย และขอขอบคุณทุกท่านที่มีส่วนร่วมและให้ความช่วยเหลือด้วยดีในทุก ๆ ด้าน

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ให้กำลังใจในการศึกษา และขอขอบคุณ คุณนาช สุขจันทร์ ที่ให้กำลังใจ ความเข้าใจในการศึกษามาโดยตลอด

จรรยา พรหมนิมิตร

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
Abstract	(5)
กิตติกรรมประกาศ	(7)
สารบัญ	(8)
รายการตาราง	(10)
รายการตารางภาคผนวก	(11)
รายการภาพ	(13)
บทที่	
1. บทนำ	1
บทนำต้นเรื่อง	1
ตรวจเอกสาร	2
1. อุตสาหกรรมปลาทูน่าบรรจุกระป๋องในประเทศไทย	2
2. วัสดุเศษเหลือจากกระบวนการผลิตปลาทูน่าบรรจุกระป๋อง	3
3. องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันปลา	5
4. ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณและองค์ประกอบของน้ำมันปลา	12
5. กระบวนการสกัดน้ำมันปลา	16
6. คุณภาพของน้ำมันปลา	18
7. การเปลี่ยนแปลงของน้ำมัน	21
8. ประโยชน์ของน้ำมันปลาที่มีต่อสุขภาพ	24
วัตถุประสงค์	27
2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ	28
3. ผลและวิจารณ์	34
4. สรุป	85

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
เอกสารอ้างอิง	86
ภาคผนวก	98
ภาคผนวก ก วิธีการวิเคราะห์	98
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ	114
ประวัติผู้เขียน	138
ผลงาน	139

รายการตาราง

ตารางที่	หน้า
1. ชนิดและปริมาณกรดไขมันจากไขปลาชนิดต่าง ๆ	8
2. ปริมาณ EPA และ DHA ในน้ำมันจากปลาชนิดต่าง ๆ	13
3. การกระจายของฟอสโฟไลปิดในเนื้อเยื่อส่วนต่าง ๆ ของปลา Orange roughy	15
4. คุณภาพของน้ำมันปลา	20
5. น้ำหนักปลาทั้งตัว รั้งไข่ อัดนทะเล และเครื่องในของปลาโอแถบ	35
6. องค์ประกอบทางเคมีของรั้งไข่ปลาโอแถบ	37
7. องค์ประกอบทางเคมีของอัดนทะเลปลาโอแถบ	38
8. องค์ประกอบทางเคมีของเครื่องในปลาโอแถบ	39
9. ปริมาณกรดไขมันของน้ำมันจากรั้งไข่ปลาโอแถบจากมหาสมุทรแปซิฟิก	58
10. ปริมาณกรดไขมันของน้ำมันจากรั้งไข่ปลาโอแถบจากมหาสมุทรอินเดีย	59
11. ปริมาณกรดไขมันของน้ำมันจากอัดนทะเลปลาโอแถบจากมหาสมุทรแปซิฟิก	60
12. ปริมาณกรดไขมันของน้ำมันจากอัดนทะเลปลาโอแถบจากมหาสมุทรอินเดีย	61
13. ปริมาณกรดไขมันของน้ำมันจากเครื่องในปลาโอแถบจากมหาสมุทรแปซิฟิก	62
14. ปริมาณกรดไขมันของน้ำมันจากเครื่องในปลาโอแถบจากมหาสมุทรอินเดีย	63
15. ปริมาณน้ำมันของวัตถุดิบที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส	67
16. ปริมาณกรดไขมันอิสระของวัตถุดิบที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส	69
17. ค่าเปอร์ออกไซด์ของวัตถุดิบที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส	70
18. ค่า TBARS ของวัตถุดิบที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส	72

รายการตารางภาคผนวก

ตารางผนวกที่	หน้า
1. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณน้ำมันจากวัตถุดิบ ที่จับจากมหาสมุทรแปซิฟิก	115
2. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณน้ำมันจากวัตถุดิบ ที่จับจากมหาสมุทรอินเดีย	116
3. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณฟอสโฟไลปิดของน้ำมัน จากวัตถุดิบที่จับจากมหาสมุทรแปซิฟิก	117
4. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณฟอสโฟไลปิดของ น้ำมันจากวัตถุดิบที่จับจากมหาสมุทรอินเดีย	118
5. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณความชื้นและสิ่งที่ระเหยได้ ของน้ำมันจากวัตถุดิบที่จับจากมหาสมุทรแปซิฟิก	119
6. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณความชื้นของน้ำมัน จากวัตถุดิบที่จับจากมหาสมุทรอินเดีย	120
7. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าไอโอดีนของน้ำมันจากวัตถุดิบ ที่จับจากมหาสมุทรแปซิฟิก	121
8. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าไอโอดีนของน้ำมันจากวัตถุดิบ ที่จับจากมหาสมุทรอินเดีย	122
9. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสะปอนิฟิเคชันของน้ำมัน จากวัตถุดิบที่จับจากมหาสมุทรแปซิฟิก	123
10. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสะปอนิฟิเคชันของน้ำมัน จากวัตถุดิบที่จับจากมหาสมุทรอินเดีย	124
11. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณกรดไขมันอิสระของ น้ำมันจากวัตถุดิบที่จับจากมหาสมุทรแปซิฟิก	125
12. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณกรดไขมันอิสระของน้ำมัน จากวัตถุดิบที่จับจากมหาสมุทรอินเดีย	126

รายการตารางผนวก (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
13. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณต่างที่ระเหยได้ของวัตถุดิบ ที่เก็บรักษา -20 ⁰ ซ	126
14. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณไตรเมทิลอะมีน ของวัตถุดิบที่เก็บรักษา -20 ⁰ ซ	127
15. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณน้ำมันจากวัตถุดิบ ที่เก็บรักษา -20 ⁰ ซ	128
16. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณกรดไขมันอิสระ ของน้ำมันจากวัตถุดิบที่เก็บรักษา -20 ⁰ ซ	129
17. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเปอร์ออกไซด์ของน้ำมัน จากวัตถุดิบที่เก็บรักษา -20 ⁰ ซ	130
18. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า TBARS ของน้ำมัน จากวัตถุดิบที่เก็บรักษา -20 ⁰ ซ	131
19. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณกรดไขมันอิสระของน้ำมันที่สกัด จากรังไข่และอัลทอะที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง 4 และ -20 ⁰ ซ	132
20. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณกรดไขมันอิสระของน้ำมัน ที่สกัดจากเครื่องในที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง 4 และ -20 ⁰ ซ	133
21. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเปอร์ออกไซด์ของน้ำมันที่สกัด จากรังไข่และอัลทอะที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง 4 และ -20 ⁰ ซ	134
22. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเปอร์ออกไซด์ของน้ำมันที่สกัดจาก เครื่องในที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง 4 และ -20 ⁰ ซ	135
23. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า TBARS ของน้ำมันที่สกัดจาก รังไข่และอัลทอะที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง 4 และ -20 ⁰ ซ	136
24. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า TBARS ของน้ำมัน ที่สกัดจากเครื่องในที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง 4 และ -20 ⁰ ซ	137

รายการภาพ

ภาพที่	หน้า
1. ขั้นตอนการผลิตปลาทุ่นาบรจกระป๋องและของเสียที่เกิดขึ้น	4
2. โครงสร้างทางเคมีของไตรกลีเซอไรด์	6
3. กระบวนการเติมคาร์บอน และการเติมพันธะคู่	7
4. โครงสร้างทางเคมีของฟอสโฟไลปิด	10
5. โครงสร้างทางเคมีของไฮโดรคาร์บอน กลิเซอรอลอีเทอร์ และแวกซ์เอสเทอร์	11
6. การสังเคราะห์ทอรัมไบเซน และพอสตาไซคลิน จากอะราซิโดนิก และ EPA	25
7. กระบวนการอักเสบและหยุดการอักเสบของกรดไขมันกลุ่มโอเมก้า 3	26
8. ตัวอย่างรังไข่ อ้วนทะ และเครื่องในจากปลาโอแถบ	28
9. การสกัดน้ำมันโดยการใช้ตัวทำละลายคลอโรฟอร์มและเมทานอล	31
10. การสกัดน้ำมันโดยการใช้ตัวทำละลายเฮกเซนและไอโซโพรพานอล	32
11. ลักษณะปรากฏของน้ำมันที่สกัดจากรังไข่ อ้วนทะ และเครื่องในของปลาโอแถบ	40
12. ปริมาณน้ำมันที่สกัดจาก : รังไข่ (1), อ้วนทะ (2) และเครื่องใน (3) ปลาโอแถบ	44
13. ปริมาณฟอสโฟไลปิดของน้ำมันที่สกัดจาก: รังไข่ (1), อ้วนทะ (2) และเครื่องใน (3) ปลาโอแถบ	47
14. ปริมาณความชื้นและสิ่งที่จะเหยได้ของน้ำมันที่สกัดจาก : รังไข่ (1), อ้วนทะ (2) และเครื่องใน (3) ปลาโอแถบ	49
15. ค่าไอโอดีนของน้ำมันที่สกัดจาก: รังไข่ (1), อ้วนทะ (2) และเครื่องใน (3) ปลาโอแถบ	51
16. ค่าสะปอนิฟิเคชันของน้ำมันที่สกัดจาก : รังไข่ (1), อ้วนทะ (2) และเครื่องใน (3) ปลาโอแถบ	53
17. ปริมาณกรดไขมันอิสระของน้ำมันที่สกัดจาก : รังไข่ (1), อ้วนทะ (2) และเครื่องใน (3) ปลาโอแถบ	55
18. ปริมาณต่างที่จะเหยได้และปริมาณไตรเมทิลอะมีนของวัตถุดิบ ระหว่างการเก็บรักษาโดยการแช่เยือกแข็ง	65

รายการภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
19. ปริมาณกรดไขมันอิสระของน้ำมันที่สกัดจาก : รังไข่ (1), อัณฑะ (2) และเครื่องใน (3) ปลาโอแถบ	73
20. ค่าเปอร์ออกไซด์ของน้ำมันที่สกัดจาก: รังไข่ (1), อัณฑะ (2) และเครื่องใน (3) ปลาโอแถบ	75
21. ค่า TBARS ของน้ำมันที่สกัดจาก: รังไข่ (1), อัณฑะ (2) และเครื่องใน (3) ปลาโอแถบ	77
22. ปริมาณกรดไขมันของน้ำมันจากรังไข่ปลาโอแถบ	79
23. ปริมาณกรดไขมันของน้ำมันจากอัณฑะปลาโอแถบ	81
24. ปริมาณกรดไขมันของน้ำมันจากเครื่องในปลาโอแถบ	83

บทที่ 1

บทนำ

บทนำต้นเรื่อง

อุตสาหกรรมการผลิตปลาทูน่าบรรจุกระป๋องในประเทศไทยได้เพิ่มจำนวนและกำลังการผลิตสูงขึ้น ส่งผลให้มูลค่าการส่งออกสินค้าเพิ่มสูงขึ้น โดยมูลค่าการส่งออกของปลาทูน่าบรรจุกระป๋องจัดอยู่ลำดับที่ 3 จาก 30 อันดับสินค้าอาหารส่งออกของไทยในช่วงเดือนมกราคม 2542 ถึง กันยายน 2543 (นุชรินทร์ เกตุนิล, 2544) วัตถุดิบส่วนใหญ่ที่นำมาใช้ในการผลิตได้มาจากการนำเข้าจากต่างประเทศ โดยเฉพาะปลาโอแถบเป็นพันธุ์ที่มีปริมาณการนำเข้าและใช้เป็นวัตถุดิบสูงสุด (กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์, 2542) จากกระบวนการผลิตปลาทูน่าบรรจุกระป๋องพบว่ามีส่วนที่เป็นวัสดุเศษเหลือที่สำคัญ ได้แก่ ลำไส้ รังไข่ และเครื่องในปลามากกว่าร้อยละ 30 ของน้ำหนักวัตถุดิบ (อรัญญา กังสุวรรณ และคณะ, 2537) มีการใช้ประโยชน์จากวัสดุเศษเหลือโดยการนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ อาทิ อาหารสัตว์ ปลาป่น อาหารแมว น้ำสกัดเข้มข้นจากปลา เกลาติน และน้ำมันปลา โดยเฉพาะการผลิตเป็นน้ำมันปลามีแนวโน้มได้รับความสนใจสูงเนื่องจากผู้บริโภคมีความรู้และเอาใจใส่เรื่องสุขภาพมากขึ้น และเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าสูงอีกด้วย

วัสดุเศษเหลือจากการผลิตปลาทูน่าบรรจุกระป๋องที่มีการศึกษาเพื่อนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำมันปลา ได้แก่ หัว เครื่องใน และน้ำนิ่งปลาทูน่าซึ่งพบว่าน้ำมันที่สกัดได้มีองค์ประกอบที่เป็นกรดไขมันจำเป็น (essential fatty acid) ได้แก่พวกโอเมก้า 3 หรือ n-3 อยู่สูง โดยเฉพาะ Eicosapentaenoic acid (EPA) และ Docosahexaenoic acid (DHA) (อรัญญา กังสุวรรณ และคณะ, 2537; สมบัติ รุ่งศิลป์, 2541) ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อสุขภาพในการพัฒนาสมอง สามารถป้องกันหรือลดความเสี่ยงในการเป็นโรคหัวใจ โรคเกี่ยวกับการไหลเวียนของเลือด และโรคอื่น ๆ เช่น เนื้องอก เบาหวาน ไชข้ออักเสบ เป็นต้น (รัศมี ศุภศรี, 2536 ; Kinsella, 1986 ; Kinsella, 1988) จากข้อมูลการใช้ประโยชน์จากวัสดุเศษเหลือในปัจจุบันยังไม่มีการศึกษาถึงการนำวัสดุเศษเหลือในส่วนของรังไข่ และอณฑะมาใช้ แต่มีรายงานการศึกษาถึงองค์ประกอบของน้ำมันที่สกัดจากปลา cod, herring และ haddock พบว่าประกอบด้วยพอลิฟอสโฟไลปิดเป็นส่วนใหญ่ (ร้อยละ 69.0 – 71.7) จัดเป็นกรดไขมันชนิด EPA ร้อยละ 11.5 – 15.3 และ DHA ร้อยละ 27.7 – 31.4 (Tocher and Sargent, 1984) จึงเป็นที่น่าสนใจว่ากรดไขมัน EPA และ DHA จะมีอยู่สูงในน้ำมันที่สกัดได้จากรังไข่ปลาทูน่าเช่นเดียวกัน

เนื่องจากปริมาณและองค์ประกอบของน้ำมันปลาที่มีความแปรปรวนค่อนข้างสูง ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ อาทิ ชนิดของปลา ฤดูกาล สภาพทางกายภาพ การวางไข่ หรือแม้แต่แหล่งธรรมชาติหรือการเพาะเลี้ยง (Stansby, 1990) การศึกษาความแปรปรวนของปริมาณองค์ประกอบทางเคมี และองค์ประกอบของกรดไขมันจากไข่ ฉันทะ และเครื่องในของปลาโอแถบในช่วงเวลา 12 เดือน รวมถึงการศึกษาวิธีการสกัดและตรวจสอบคุณลักษณะของน้ำมันจากวัตถุดิบดังกล่าว จึงเป็นแนวทางในการใช้ประโยชน์และเพิ่มมูลค่าของวัสดุเศษเหลืออย่างคุ้มค่ามากที่สุด

ตรวจเอกสาร

1. อุตสาหกรรมปลาทูน่าบรรจุกระป๋องในประเทศไทย

อาหารทะเลบรรจุกระป๋องเป็นสินค้าออกที่สำคัญ 10 อันดับแรกของไทยที่มีมูลค่าการส่งออกปริมาณสูง โดยเฉพาะปลาทูน่าบรรจุกระป๋องมีมูลค่าการส่งออกตั้งแต่ปี พ.ศ. 2539 - 2541 เป็นมูลค่า 34,244.3, 49,309.3 และ 67,953.7 ล้านบาทตามลำดับ มีสัดส่วนเป็นร้อยละ 36.16, 35.16 และ 37.05 ของอาหารทะเลบรรจุกระป๋องทั้งหมด โดยมีตลาดส่งออกที่สำคัญ คือ ประเทศสหรัฐอเมริกา และญี่ปุ่น (กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์, 2542) และในปี 2543 (มกราคม - กันยายน) มีมูลค่าการส่งออกเท่ากับ 13,186.77 ล้านบาท (นุชรินทร์ เกตุนิล, 2544) วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตปลาทูน่าบรรจุกระป๋องมาจาก 2 แหล่งคือ

1. การจับภายในประเทศ ซึ่งได้จากการประมงในน่านน้ำไทยเป็นสำคัญ ปลาทูน่าในน่านน้ำไทยเรียกว่า " ปลาโอ " ได้แก่ ปลาโอดำหรือโอหม้อ ปลาโอลาย ปลาโอแถบหรือโอกล้วย โดยปลาโอหลอดและปลาโอแถบจะพบเฉพาะในเขตทะเลอันดามัน (Chullasom and Martosubroto, 1986)

2. การนำเข้าจากต่างประเทศ ประเทศไทยนำเข้าปลาทูน่าสด แชนเย็น และแช่แข็ง โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตปลาทูน่าบรรจุกระป๋อง โดยในปี พ.ศ. 2539 มีปริมาณการนำเข้าร้อยละ 51.26 (8,910 ล้านบาท) ของมูลค่าสัตว์น้ำสด แช่เย็น และแช่แข็งทั้งหมด (17,381.9 ล้านบาท) และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในปี พ.ศ. 2540 - 2541 เป็นสัดส่วนร้อยละ 53.21 (13,007.6 ล้านบาท) และร้อยละ 55.33 (18,671.8 ล้านบาท) ปลาทูน่าที่มีปริมาณการนำเข้าสูงสุด คือปลาทูน่าพันธุ์โอแถบ (skipjack tuna) เนื่องจากเป็นพันธุ์ที่จับได้ปริมาณสูงสุดถึงร้อยละ 90 (กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์, 2542) แหล่งจับที่ใหญ่ที่สุดคือมหาสมุทรแปซิฟิก อินเดีย และแอตแลนติก เท่ากับร้อยละ 65, 20 และ 15 ของปริมาณที่จับได้ทั้งหมดตามลำดับ

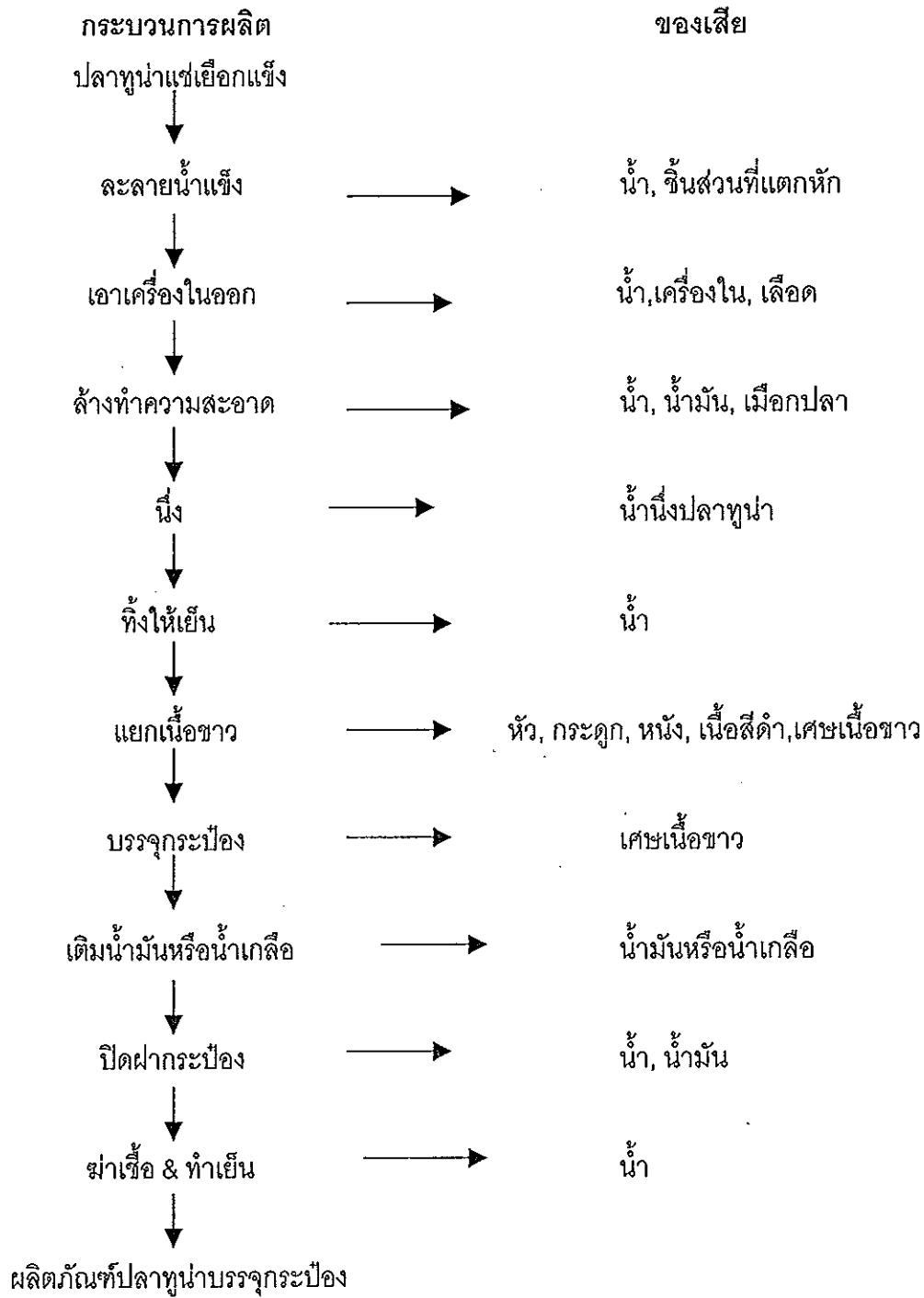
อย่างไรก็ตามแม้ว่าปัจจุบันอุตสาหกรรมผลิตปลาทุ่นำบรรจุกระป๋องมีปริมาณการส่งออก ลดลง (ร้อยละ 16.71) แต่ยังคงเป็นอุตสาหกรรมที่มีมูลค่าการส่งออกสูงเป็นอันดับที่ 3 จาก 30 อันดับแรกของการส่งออกสินค้าอาหารไทยในช่วงเดือนมกราคม 2542 – กันยายน 2543 (นุชรินทร์ เกตุนิล, 2544) และยังคงเป็นอุตสาหกรรมที่สร้างงาน สร้างรายได้ให้กับประชากรของประเทศซึ่งส่งผลให้เกิดการจ้างงานและส่งเสริมเศรษฐกิจภาพรวมของประเทศโดยช่วยลดภาวะการขาดดุลการค้าให้ต่ำลง

2. วัสดุเศษเหลือจากกระบวนการผลิตปลาทุ่นำบรรจุกระป๋อง

จากแนวโน้มการขยายตัวของอุตสาหกรรมการผลิตปลาทุ่นำบรรจุกระป๋องที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้มีปริมาณของวัสดุเศษเหลือมากขึ้นเป็นลำดับ ชนิดของวัสดุเศษเหลือที่พบดังแสดงในภาพที่ 1

การสำรวจวัสดุเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตปลาทุ่นำบรรจุกระป๋องในเขตจังหวัดสงขลา 4 โรงงาน (Prasertsan *et al.*, 1988) พบว่าการผลิตในแต่ละวันต้องใช้วัตถุดิบถึง 135 ตัน และให้ผลผลิตเฉลี่ยร้อยละ 35 ที่เหลือจัดเป็นเศษเหลือจากกระบวนการผลิต แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ

1. วัสดุเศษเหลือที่เป็นของแข็ง ได้แก่ เศษกระดูก หัว หนังปลา และเศษเนื้อที่มีปริมาณร้อยละ 25 - 30 ของวัตถุดิบ และเป็นส่วนของเครื่องในร้อยละ 5 - 7 ของวัตถุดิบ
2. วัสดุเศษเหลือที่เป็นของเหลว ได้แก่ น้ำเลือด และน้ำนิ่งปลา มีปริมาณร้อยละ 30 - 35 ของวัตถุดิบ หรือประกอบด้วยเลือดปลาร้อยละ 10 - 12 และส่วนที่สูญเสียไปในระหว่างการนึ่ง ร้อยละ 20 (สุมาลัย ศรีกำไลทอง และคณะ, 2538)



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการผลิตปลาทูน่าบรรจุกระป๋องและของเสียที่เกิดขึ้น

ที่มา : สุมาลัย ศรีกำไลทอง และคณะ (2538)

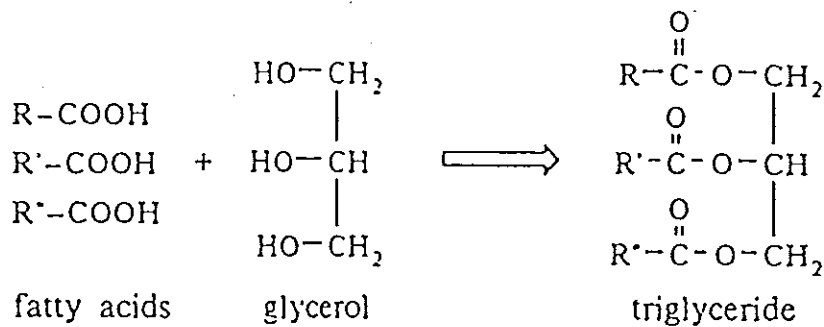
การใช้ประโยชน์จากวัสดุเศษเหลือดังกล่าวได้รับความสนใจสูง นอกจากเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับวัตถุดิบแล้ว ปัจจัยที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือวัสดุเศษเหลือเหล่านี้เป็นแหล่งของสารอาหารที่มีความสำคัญทางโภชนาการสูงไม่น้อยกว่าส่วนของเนื้อปลา อาทิ ส่วนหัวของปลาโอแถบ ประกอบด้วยโปรตีน ไขมัน และเถ้าเท่ากับร้อยละ 16.23, 6.95 และ 7.58 โดยน้ำหนักเปียกตามลำดับ หรือเครื่องในประกอบด้วยส่วนประกอบดังกล่าวเท่ากับร้อยละ 18.31, 2.28 และ 2.77 โดยน้ำหนักเปียกตามลำดับ จึงได้มีการศึกษาการนำไปใช้ประโยชน์อย่างต่อเนื่อง เช่น การนำเศษเนื้อผลิตเป็นอาหารแมวบรรจุกระป๋อง ปลาป่น และอาหารสัตว์ (กองพัฒนาอุตสาหกรรม, 2534) นอกจากนี้ผลิตเป็นแฮมปลาจากเศษเนื้อ (พ่ายพ์ มาศนิยม, 2538) การผลิตโปรตีนปลาสกัดจากหัวปลาทูน่า (จิตรวดี ไตรรกชัฏ, 2540) การผลิตเป็นอาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัดจากหัวปลาทูน่า (อัจฉรา ชนะสิทธิ์, 2541) หรือการสกัดน้ำมันจากตับและหัวปลาทูน่า (ถาวร จันทโชติ, 2540 ; นิสิทธิ์ ศรีวิรัตน์, 2543) และการผลิตน้ำมันปลาจากน้ำนิ่งปลาทูน่า (สมบัติ รุ่งศิลป์, 2541)

การใช้ประโยชน์จากวัสดุเศษเหลือเพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่า และรักษาคุณค่าทางโภชนาการที่คุ้มค่าที่สุดคือการผลิตเป็นน้ำมันปลา ซึ่งเป็นอาหารเสริมเพื่อสุขภาพที่กำลังได้รับความนิยมสูงเนื่องจากน้ำมันปลาประกอบด้วยกรดไขมันที่มีบทบาทและความสำคัญต่อร่างกายมนุษย์ ได้แก่ eicosapentaenoic acid (EPA) และ docosahexaenoic acid (DHA) ซึ่งจะได้กล่าวถึงต่อไป

3. องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันปลา

องค์ประกอบที่สำคัญของน้ำมันปลา ได้แก่ ไตรกลีเซอไรด์ กรดไขมัน พอสฟอไลปิด กลีเซอรอลอีเทอร์ ไฮโดรคาร์บอน และแวกซ์เอสเทอร์ (Stansby, 1990)

ไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) โมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ประกอบด้วยกลีเซอรอล 1 ส่วน และกรดไขมัน 3 ส่วน เนื่องจากโมเลกุลของกลีเซอรอลมีตำแหน่งที่กรดไขมันเข้ามาทำปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันได้ 3 ตำแหน่ง ทำให้ได้กลีเซอไรด์หลายชนิด ถ้าโมเลกุลประกอบด้วยกรดไขมันชนิดเดียวกันทั้ง 3 โมเลกุลเรียกว่า simple triglyceride ถ้าประกอบด้วยกรดไขมันต่างชนิดกันเรียกว่า mixed triglyceride ในธรรมชาติไขมันที่มีโมเลกุลประกอบด้วยกรดไขมันชนิดเดียวกันหมดมีน้อยมาก ส่วนใหญ่ประกอบด้วยกรดไขมันต่างชนิดกันทำให้เกิดไตรกลีเซอไรด์ต่างชนิดกัน (สมพงษ์ สหพงศ์, 2534) ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 โครงสร้างทางเคมีของไตรกลีเซอไรด์

ที่มา : ดัดแปลงจาก Stansby (1990)

ไตรกลีเซอไรด์เป็นชนิดของไขมันซึ่งส่วนใหญ่มีปริมาณสูงสุดในองค์ประกอบของน้ำมันปลา เช่นน้ำมันจากกัลลามเนื้อปลาทูนาอยู่ในช่วงร้อยละ 80 – 92 (Gallardo *et al.*, 1989) น้ำมันจากเนื้อปลาซาร์ดีนเท่ากับร้อยละ 78.75 (Bandarra *et al.*, 1997) น้ำมันจากตับปลา ray fish เท่ากับร้อยละ 92.7 (Pal *et al.*, 1999) น้ำมันจากไข่ปลา white fish เท่ากับร้อยละ 64.9 (Kaitaranta and Ackman, 1981) และน้ำมันจากไข่ปลา sand eel เท่ากับร้อยละ 76.6 ของปริมาณน้ำมันทั้งหมด (Tocher and Sargent, 1984)

กรดไขมัน (fatty acid) เป็น carboxylic acid ที่มีหมู่ $-\text{COOH}$ เพียงหมู่เดียวต่ออยู่กับไฮโดรคาร์บอนสายยาว โดยพันธะที่ต่ออยู่ระหว่างอะตอมของคาร์บอนมีทั้งพันธะเดี่ยว (single bond) และพันธะคู่ (double bond) แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม

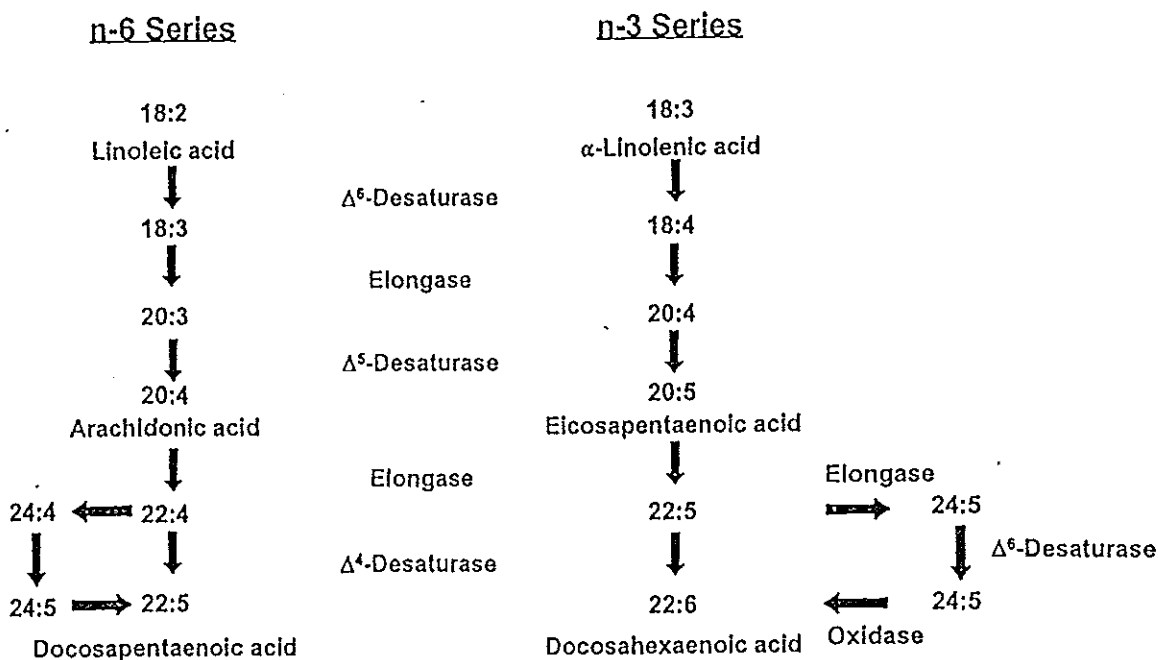
ก. กรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acid : SFA) เป็นกรดไขมันที่ภายในโมเลกุลมีไฮโดรคาร์บอนสั้น และไม่มีพันธะคู่ ส่วนใหญ่มีคาร์บอนตั้งแต่ 12 – 24 อะตอม ได้แก่ lauric acid ($\text{C}_{12}\text{H}_{24}\text{O}_2$), myristic acid ($\text{C}_{14}\text{H}_{28}\text{O}_2$), palmitic acid ($\text{C}_{16}\text{H}_{32}\text{O}_2$), stearic acid ($\text{C}_{18}\text{H}_{36}\text{O}_2$) และ linoleic acid ($\text{C}_{24}\text{H}_{48}\text{O}_2$)

ข. กรดไขมันไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) ได้แก่

1. กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (monounsaturated fatty acid : MUFA) เป็นกรดไขมันที่ภายในโมเลกุลมีไฮโดรคาร์บอนยาว (14 - 22 คาร์บอน) มีพันธะคู่ 1 คู่ ได้แก่ hypogaecic acid ($\text{C}_{16}\text{H}_{30}\text{O}_2$), oleic acid ($\text{C}_{18}\text{H}_{32}\text{O}_2$) และ erucic acid ($\text{C}_{20}\text{H}_{34}\text{O}_2$) เป็นต้น

2. กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (polyunsaturated fatty acid : PUFA) เป็นกรดไขมันที่ภายในโมเลกุลมีไฮโดรคาร์บอนยาว มีพันธะคู่ 2 - 6 คู่ ได้แก่ linolenic acid ($\text{C}_{18}\text{H}_{30}\text{O}_2$), linoleic acid ($\text{C}_{18}\text{H}_{32}\text{O}_2$) เป็นต้น

นอกจากนี้ยังสามารถแบ่งเป็นกลุ่มของกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย (essential fatty acid) ซึ่งเป็นประเภทกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่ร่างกายของมนุษย์ไม่สามารถสังเคราะห์ได้ ต้องได้รับจากภายนอก เพื่อให้ประโยชน์ในการเจริญเติบโต การสืบพันธุ์ และเพื่อพัฒนาการทางด้านสุขภาพ ได้แก่กรดไขมันกลุ่มโอเมก้า-3 หรือ n-3 หรือ linolenic acid และกลุ่ม n-6 หรือ linoleic acid โดยที่กรดไขมันทั้ง 2 กลุ่มจัดเป็นกรดไขมันต้นกำเนิด (parent fatty acid) สามารถสังเคราะห์เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวโดยกระบวนการเติมคาร์บอน (elongation) และเติมพันธะคู่ (desaturation) โดยเอนไซม์ในเมตาบอลิซึมของกรดไขมัน กระบวนการดังกล่าวทำให้เกิดกรดไขมันที่มีความสำคัญต่อสุขภาพ คือ EPA และ DHA ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 กระบวนการเติมคาร์บอน (elongation, E) และการเติมพันธะคู่ (desaturation, D)

ที่มา : Sprecher (2000)

ชนิดและปริมาณของกรดไขมันจากไขปลาชนิดต่าง ๆ (ตารางที่ 1) ประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัว (SFA) กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (MUFA) และกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (PUFA) ในปริมาณเฉลี่ยร้อยละ 26.67, 20.85 และ 42.91 ของปริมาณกรดไขมันทั้งหมด โดยพบกรดไขมันที่มีปริมาณสูงสุดในแต่ละชนิดคือ palmitic acid (C16:0), oleic acid (C18:1,n-9) และ DHA (C22:6, n-3) ตามลำดับ (Tocher and Sargent, 1984)

ตารางที่ 1 ชนิดและปริมาณกรดไขมันจากไขปลาชนิดต่าง ๆ (ร้อยละของปริมาณกรดไขมันทั้งหมด)

กรดไขมัน	cod	herring	saithe	haddock	whiting
C14:0	1.46	2.35	1.58	1.70	1.23
C16:0	21.14	26.52	20.25	18.91	22.64
C16:1,n-7	3.78	2.88	3.31	4.65	2.30
C17:0	0.40	0.38	0.42	0.53	0.42
C18:0	2.29	2.41	3.46	2.35	2.96
C18:1,n-9	13.01	8.98	15.77	9.45	13.10
C18:1,n-7	3.99	5.73	4.32	7.38	4.32
C18:2,n-6	1.34	0.80	1.46	0.80	0.76
C20:4,n-6	1.69	0.87	1.48	3.34	2.39
C20:4,n-3	0.50	0.38	0.80	0.39	0.39
C20:5,n-3	14.05	11.45	10.97	13.14	13.86
C22:1,n-9	0.01	0.15	0.60	40.34	0.26
C22:5,n-3	1.28	0.93	1.08	3.07	1.25
C22:6,n-3	25.02	26.96	23.99	22.51	27.61
Total SFA	25.29	31.66	25.71	23.49	27.25
Total MUFA	20.73	17.74	24.00	21.82	19.98
Total PUFA	43.88	41.39	39.78	43.25	46.26
unknown	10.10	9.21	10.50	11.44	6.51

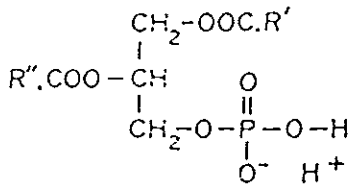
ที่มา : ดัดแปลงจาก Tocher and Sargent (1984)

ฟอสโฟไลปิด (phospholipid) หรือฟอสฟาไทด์ (phosphatides) เป็นไลปิดผสมประกอบด้วยกลีเซอรอล กรดไขมัน ฟอสเฟต และสารประกอบไนโตรเจน โดยกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในตำแหน่ง sn-1 (stereospecifically number) ของกลีเซอรอลส่วนใหญ่ประกอบด้วยกรดไขมันชนิดอิ่มตัว และในตำแหน่ง sn-2 ประกอบด้วยกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (Christie, 1982) จากการศึกษาชนิดและปริมาณของกรดไขมันในฟอสโฟไลปิดจากกล้ามเนื้อปลาทูน่า พบว่าประกอบด้วยกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวในปริมาณสูงถึงร้อยละ 61.1 – 68.1 ของปริมาณกรดไขมันทั้งหมด และกรดไขมันชนิดที่มีปริมาณสูงสุดคือ DHA ร้อยละ 30.7 – 36.0 ของปริมาณกรดไขมันทั้งหมด

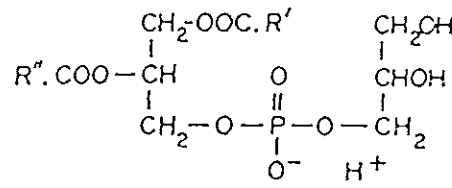
หมด ส่วน EPA มีปริมาณร้อยละ 4.2 – 5.1 ของปริมาณกรดไขมันทั้งหมด (Gallardo *et al.*, 1989) ฟอสโฟไลปิดเป็นส่วนของไขมันที่มีความจำเป็นต่อโครงสร้างของเซลล์ ไม่มีหน้าที่เป็นพลังงานสำรอง แต่บางกรณีเช่นในปลา cod ไม่มีไขมันเก็บไว้ในกล้ามเนื้อ ดังนั้นฟอสโฟไลปิดบางชนิดจึงถูกนำมาใช้ในช่องอดอาหารนาน ๆ (Stansby, 1967)

ฟอสโฟไลปิด สามารถแบ่งออกเป็น 7 ชนิด โดยมีลักษณะโครงสร้างที่แตกต่างกัน (ภาพที่ 4) ดังนี้

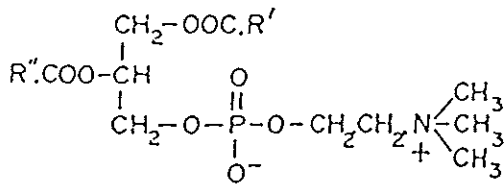
1. กรดฟอสฟาติค (phosphatidic acid) เป็นกลีเซอไรด์ที่กรดไขมัน 1 หน่วยถูกแทนที่ด้วยกรดฟอสฟอริก กล่าวคือเป็นเอสเทอร์ของกรดฟอสฟอริก เป็นสารที่เกิดขึ้นเล็กน้อยในเซลล์ของพืชและสัตว์ ใช้ในการสังเคราะห์ไลปิดผสมอื่น ๆ
2. ฟอสฟาติดีลกลีเซอรอล (phosphatidyl glycerol) หรือเรียกว่า "คาร์ดิโอไลพิน" (cardiolipin) พบมากในผนังเซลล์ของสัตว์ ผนังเซลล์ของจุลินทรีย์ ผนังของไมโทคอนเดรีย (mitochondria) และผนังของคลอโรพลาสต์ (chloroplast)
3. ฟอสฟาติดีลโคลีน (phosphatidyl choline) หรือเรียกว่า "เลซิธิน" (lecithin) เป็นเอสเทอร์ของกรดฟอสฟาติคกับโคลีน (choline) พบปริมาณสูงทั้งในพืชและสัตว์ จัดเป็นชนิดที่มีปริมาณสูงสุด (ร้อยละ 60) ในจำนวนฟอสโฟไลปิดทั้งหมด
4. ฟอสฟาติดีลเอทานอลามีน (phosphatidyl ethanolamine) หรือเรียกว่า "เซฟาลิน" (cephalin) เป็นเอสเทอร์ของกรดฟอสฟาติคกับเอทานอลามีน (ethanolamine) พบปริมาณสูงทั้งในพืชและสัตว์ เป็นชนิดที่มีปริมาณสูงรองจาก ฟอสฟาติดีลโคลีน (ร้อยละ 20)
5. ฟอสฟาติดีลอินซิทอล (phosphatidyl inositol) เป็นเอสเทอร์ของกรดฟอสฟาติคกับอินซิทอล (inositol) อาจมีกลุ่มฟอสเฟต 2 กลุ่มหรือมากกว่า พบมากในผนังเซลล์ของสัตว์ และผนังเซลล์ของจุลินทรีย์
6. ฟอสฟาติดีลซีรีน (phosphatidyl serine) หรือเรียกว่า "เซฟาลิน" เช่นกัน เป็นเอสเทอร์ของกรดฟอสฟาติคกับซีรีน (serine) พบมากในผนังเซลล์ของสัตว์และผนังเซลล์ของจุลินทรีย์
7. ฟอสโฟโนไลปิด (phosphonolipid) หรือ ฟอสโฟนิลเอทานอลามีน (phosphonyl ethanolamine) เป็นเอสเทอร์ของกลีเซอรอลและคาร์บอนฟอสฟอรัส พบมากในสัตว์ทะเลสมบุรณ์เพศ (marine invertebrates) และโปรโตซัว (protozoa)



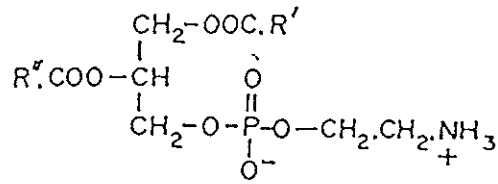
phosphatidic acid



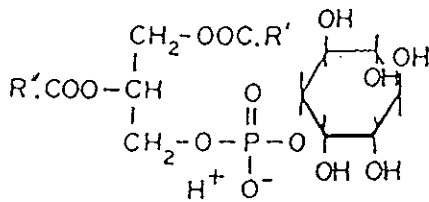
phosphatidylglycerol



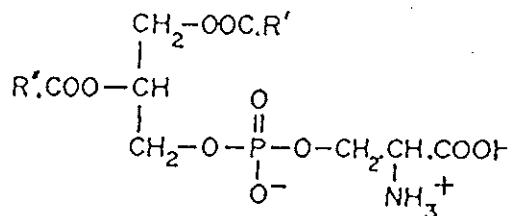
phosphatidylcholine



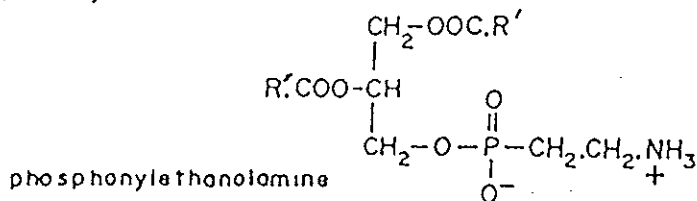
phosphatidylethanolamine



phosphatidylinositol



phosphatidylserine



phosphonyl ethanolamine

ภาพที่ 4 โครงสร้างทางเคมีของฟอสโฟไลปิด

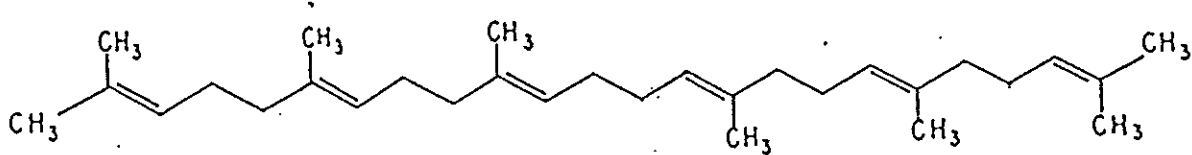
ที่มา : Christie (1982)

ถึงแม้ว่าไตรกลีเซอไรด์จะเป็นองค์ประกอบที่มีปริมาณสูงสุดในน้ำมันปลาทั่วไป แต่พบว่า น้ำมันจากปลาบางชนิดมีองค์ประกอบเป็นฟอสโฟไลปิดในปริมาณสูงเช่นเดียวกัน ตัวอย่างเช่น น้ำมันจากเนื้อปลา ray fish มีปริมาณฟอสโฟไลปิดเท่ากับร้อยละ 59.9 ของปริมาณน้ำมันทั้งหมด ประกอบด้วยฟอสฟาติดีลโคลีนร้อยละ 52.5, ฟอสฟาติดีลเอทานอลามีนร้อยละ 29.3 และฟอสฟาติดีลอิโนซิทอลร้อยละ 12.1 ของปริมาณฟอสโฟไลปิดทั้งหมด (Pal *et al.*, 1999) น้ำมันจากปลา herring และ cod ประกอบด้วยฟอสโฟไลปิดปริมาณสูงเช่นเดียวกันซึ่งอยู่ในช่วงร้อยละ 69.0 - 86.4 และ 71.0 - 76.4 ของปริมาณไขมันทั้งหมดตามลำดับ (Kaitaranta and Ackman, 1981 ; Tocher and Sargent, 1984) โดยที่ปริมาณของฟอสโฟไลปิดจะเพิ่มขึ้นตามการเจริญของไข่ และ

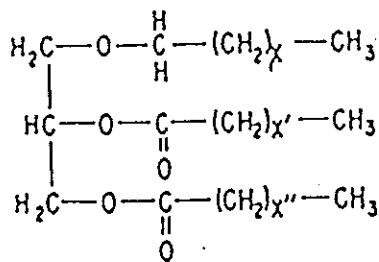
น้ำมันจากปลา roach, haddock, whiting, saite และ capelin มีปริมาณพอสไฟไลปิดเท่ากับร้อยละ 77.8, 71.3, 61.2, 66.5 และ 50.7 ของปริมาณน้ำมันทั้งหมดตามลำดับ (Tocher and Sargent, 1984) ส่วนน้ำมันจากกล้ามเนื้อปลาทูน่ามีปริมาณพอสไฟไลปิดสูงเป็นลำดับที่ 2 รองจากไตรกลีเซอไรด์โดยมีปริมาณร้อยละ 1.83 - 7.68 ของปริมาณน้ำมันทั้งหมด ประกอบด้วย เซฟาลินร้อยละ 23, เลซิธินร้อยละ 25 และพอสฟาติดีลอิโนซิทอลร้อยละ 2 ของปริมาณพอสไฟไลปิดทั้งหมด (Gallardo *et al.*, 1989)

องค์ประกอบอื่น ๆ ได้แก่ ไฮโดรคาร์บอน กลีเซอริลอีเทอร์ และแว็กซ์เอสเทอร์ แสดงดังภาพที่ 5

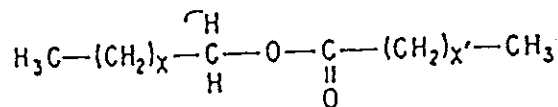
HYDROCARBONS



GLYCERYL ETHERS



WAX ESTERS



ภาพที่ 5 โครงสร้างทางเคมีของไฮโดรคาร์บอน กลีเซอริลอีเทอร์ และแว็กซ์เอสเทอร์
ที่มา : Stansby (1990)

ไฮโดรคาร์บอน (hydrocarbon) โมเลกุลประกอบด้วยคาร์บอน และไฮโดรเจน พบปริมาณน้อยมากในไขมันจากกล้ามเนื้อและเครื่องในของสัตว์น้ำทั่วไป แต่พบปริมาณสูงในน้ำมันจากตับฉลาม ไฮโดรคาร์บอนชนิดที่มีปริมาณมากที่สุดคือ สควอลีน (squalene) ซึ่งมีมากกว่าร้อยละ 90 ของปริมาณไฮโดรคาร์บอนทั้งหมด น้ำมันของปลาจากทะเลบอลติกมีปริมาณของไฮโดรคาร์บอนน้อยกว่าร้อยละ 0.1 ของปริมาณน้ำมันทั้งหมด (Kaitaranta and Ackman, 1981)

กลีเซอริลอีเทอร์ (glyceryl ethers) โมเลกุลประกอบด้วยกลีเซอรอล กรดไขมันและแอลกอฮอล์ ในตำแหน่ง sn- และ sn-2 เอสเทอร์ไฟด์กับกรดไขมัน ตัวอย่างเช่นน้ำมันของปลา

จากทะเลบอลติกมีปริมาณกลีเซอรอลอีเทอร์อยู่ในช่วงร้อยละ 0.1 – 3.7 ของปริมาณไขมันทั้งหมด (Kaitaranta and Ackman, 1981)

แว็กซ์เอสเทอร์ (wax esters) โมเลกุลประกอบด้วยแอลกอฮอล์ (long chain monohydroxylic alcohol) และกรดไขมันทั้งกลุ่มที่อิ่มตัวและไม่อิ่มตัว พบมากในองค์ประกอบของน้ำมันจากปลาวาฬและปลาโลมา และน้ำมันที่มีปริมาณของแว็กซ์เอสเทอร์สูงสุดคือน้ำมันจากไขปลา perch และ burbot เท่ากับร้อยละ 83.7 และ 81.8 ของปริมาณไขมันทั้งหมดตามลำดับ (Kaitaranta and Ackman, 1981)

4. ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณและองค์ประกอบของน้ำมันปลา

สภาวะการเจริญเติบโตโดยธรรมชาติของปลา ส่งผลต่อปริมาณและองค์ประกอบของน้ำมันในตัวปลาที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับปัจจัยดังต่อไปนี้

1. พันธุ์ปลาแต่ละชนิดมีปริมาณน้ำมันแตกต่างกันเนื่องจากโครงสร้างของตัวปลาหรือการดำรงชีวิต มีการศึกษาปริมาณน้ำมันจากปลาชนิดต่าง ๆ เช่นปลาทูน่า พบว่าปลาทูน่าพันธุ์ albacore มีปริมาณน้ำมันในกล้ามเนื้อสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับในกลุ่มของปลาทูน่า (ร้อยละ 7.16) เนื่องจากเป็นพันธุ์ที่ชอบอาศัยในเขตหนาวจึงต้องมีการปรับสภาวะร่างกายให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อม นั่นคือมีการสะสมน้ำมันไว้ในโครงสร้างของร่างกายสูง ส่วนปลาทูน่าพันธุ์อื่น ๆ ได้แก่ bonito, little tunny, bluefin, skipjack, big eye, frigate และ yellowfin มีปริมาณน้ำมันเท่ากับร้อยละ 1.94, 1.11, 0.95, 0.83, 0.76, 0.65 และ 0.57 โดยน้ำหนักเปียกตามลำดับ (Higging, 1988 ; Gallardo *et al.*, 1989) และเนื้อปลา rainbow trout จากประเทศตุรกีที่มีปริมาณน้ำมันร้อยละ 2.4 โดยน้ำหนักเปียก นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณของ EPA และ DHA ในน้ำมันจากปลาพันธุ์ต่าง ๆ (ตารางที่ 2) ซึ่งมีอยู่ระหว่างร้อยละ 4 – 37 ของปริมาณกรดไขมันทั้งหมด โดยน้ำมันจากปลาทูน่า ซึ่งเป็นปลาที่อาศัยอยู่ในเขตร้อนประกอบด้วย EPA ปริมาณน้อยเมื่อเทียบกับปริมาณของ DHA นั่นคือปริมาณ DHA เท่ากับ 2 – 5 เท่าของ EPA ในขณะที่น้ำมันจากปลา menhaden ซึ่งอาศัยในเขตหนาวมีปริมาณ EPA สูงกว่า DHA 2 – 3 เท่า ส่วนปลา salmon ที่อาศัยในเขตร้อนมีปริมาณ EPA และ DHA ใกล้เคียงกัน (Kinsella, 1986)

ตารางที่ 2 ปริมาณ EPA และ DHA ในน้ำมันจากปลาชนิดต่าง ๆ

Oil source	% of the fatty acid	
	20:5 (EPA)	22:6 (DHA)
Anchovy (Mexico)	17.3	18.1
Anchovy (Peru)	22.8	8.0
Cod, Atlantic	17.0	37.0
Cod, Pacific	17.0	29.0
Cod liver	9.0	11.0
Cod (Japan)	14.7	4.1
Cod liver (commercial 1978)	13.1	9.7
Cod liver (Squibb 1982)	9.3	10.5
Dogfish eggs (U.S.)	6.8	18.2
Marinol R (South Africa)	21.3	8.3
Menhaden (U.S.)	17.9	7.6
Menhaden	24.0	8.0
Sardine (Japan)	16.8	12.2
Red salmon (Puget Sound)	8.9	9.8
Red salmon (North Alaska)	9.7	7.5
Shark (U.S.)	6.5	19.7
Tuna (Japan)	8.6	26.9
Tuna (U.S.)	8.6	18.4
Tuna, Yellowfin	5.0	22.0
Tuna, Bluefin	5.0	21.0
Tuna, Albacore	6.0	17.0
Trout, Rainbow	5.0	30.0

ที่มา : Kinsella (1986)

2. ฤดูกาล ปริมาณน้ำมันในปลามีการเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาล และระยะของการเจริญเติบโต นั่นคือปริมาณไขมันในเนื้อปลาค่อย ๆ ลดลงจนมีปริมาณต่ำสุดในช่วงฤดูวางไข่ ในขณะที่ปริมาณน้ำมันในไขค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจนมีปริมาณสูงสุดในฤดูวางไข่ และเมื่อวางไข่แล้ว ปริมาณน้ำมันในไขจะลดต่ำลง (Stansby, 1990) เช่นเดียวกับการเปลี่ยนแปลงปริมาณของฟอสโฟไลปิด และไตรกลีเซอไรด์จากไขปลาตุกในฤดูกาลต่าง ๆ นั่นคือปริมาณฟอสโฟไลปิดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงก่อนวางไข่ ($5 \text{ mg g}^{-1} \text{ tissue}$) และมีปริมาณสูงสุดในช่วงวางไข่ ($10 \text{ mg g}^{-1} \text{ tissue}$) แล้วลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงหลังจากวางไข่ ($< 1 \text{ mg g}^{-1} \text{ tissue}$) และปริมาณของไตรกลีเซอไรด์มีค่าเพิ่มขึ้นในช่วงก่อนวางไข่ ($4.5 \text{ mg g}^{-1} \text{ tissue}$) จนมีปริมาณสูงสุดในช่วงวางไข่ ($7 \text{ mg g}^{-1} \text{ tissue}$) และลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงหลังจากวางไข่ ($< 1 \text{ mg g}^{-1} \text{ tissue}$) (Singh and Singh, 1990)

3. ตำแหน่งทางสรีระวิทยาของปลา การกระจายของไขมันตามส่วนต่าง ๆ ของปลาจากมากไปหาน้อยโดยมีปริมาณสูงสุดในส่วนหัวและค้อย ๆ ลดลงไปยังส่วนหาง และพบไขมันในกล้ามเนื้อสีเข้มปริมาณสูงกว่ากล้ามเนื้อสีอ่อนเนื่องจากมีไขมันที่จำเป็นสำหรับใช้เป็นพลังงานในการว่ายน้ำมากกว่า ปลาที่ว่ายน้ำไกล ๆ หรือปลาผิวน้ำมักพบปริมาณกล้ามเนื้อสีเข้มสูง (Krzynowek *et al.*, 1992) การศึกษาชนิดและปริมาณของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของฟอสโฟไลปิดจากตับกระเพาะอาหาร เหงือก และกล้ามเนื้อของปลา Turbot (Bell *et al.*, 1985) พบว่ากรดไขมันในกลุ่มโอเมก้า 3 มีปริมาณสูงสุดในกระเพาะอาหาร (ร้อยละ 41.3) รองลงมาคือตับ (ร้อยละ 38.9) ตามด้วยเหงือก (ร้อยละ 37.4) และกล้ามเนื้อ (ร้อยละ 37.1) นอกจากนี้มีการศึกษาถึงชนิดและปริมาณของไขมันในกล้ามเนื้อส่วนต่าง ๆ ของปลาทูน่าพันธุ์ Albacore พบว่าปริมาณไขมันทั้งหมดมีค่าสูงสุดในกล้ามเนื้อท้อง (belly flap muscle) เท่ากับร้อยละ 18.54 รองลงมาคือกล้ามเนื้อลำตัวชั้นบน (back muscle) เท่ากับร้อยละ 5.82 และกล้ามเนื้อลำตัวชั้นล่าง (ventral muscle) เท่ากับร้อยละ 4.32 ของน้ำหนักกล้ามเนื้อ (Gallardo *et al.*, 1989) และปลา Orange roughy มีปริมาณของฟอสโฟไลปิดสูงสุดในตับ (ตารางที่ 3) รองลงมาคืออวัยวะและไขตามลำตัว (Ceve, 1983)

ตารางที่ 3 การกระจายของฟอสโฟไลปิดในเนื้อเยื่อส่วนต่างๆ ของปลา Orange roughy

Tissues	Phospholipid (mg / g lipid)
Liver	230
Swim bladder	2.7
Muscle	4.8
Skin	7.0
Roe	187
Testes	199

ที่มา : Ceve (1983)

4. ระดับความเค็มของน้ำ ส่งผลต่อองค์ประกอบของไลปิด โดยเฉพาะฟอสฟาติดีลโคลีน ตัวอย่างเช่นการปรับตัวของปลา guppy เมื่ออพยพไปยังแหล่งที่มีระดับความเค็มสูงขึ้น พบว่าทำให้ปริมาณของกรดไขมัน C22:6, n-3 มีค่าเพิ่มขึ้น โดยการเปลี่ยนมาจากกรดไขมัน C20:4, n-6 เมื่อเปรียบเทียบกับกรดไขมันในน้ำจืด (Daikoku *et al.*, 1982) การเปลี่ยนแปลงของกรดไขมัน C20:4, n-6 ของน้ำมันจากปลา eel ที่อพยพจากแหล่งน้ำจืดไปยังแหล่งที่มีระดับความเค็มสูงกว่าเปลี่ยนไปเป็น C22:6, n-3 (Thomson *et al.*, 1977) และการอพยพของปลา trout จากแหล่งน้ำจืดไปยังน้ำทะเลส่งผลให้มีปริมาณของ C22:6, n-3 ที่สกัดจากลำไส้เพิ่มขึ้น (LeRay *et al.*, 1984)

5. กระบวนการสกัดน้ำมันปลา

ปลาแต่ละชนิดมีปริมาณน้ำมันและองค์ประกอบแตกต่างกัน วิธีการในการสกัดที่เหมาะสมจึงทำให้สามารถสกัดน้ำมันได้ปริมาณสูงสุด โดยคงรักษาองค์ประกอบของไขมันไว้ให้ได้มากที่สุด วิธีการสกัดน้ำมันแบ่งออกเป็น 2 วิธีคือการใช้ไอน้ำและการใช้ตัวทำละลาย (Hall, 1992)

การใช้ไอน้ำ

การสกัดโดยการใช้ไอน้ำที่มีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 70 – 80 องศาเซลเซียส ส่งผลทำให้เกิดการตกตะกอนของโปรตีน และช่วยให้ของเหลวแยกออกจากวัตถุดิบได้ดีขึ้น เซลล์ไขมันถูกทำให้แตกออกแล้วปลดปล่อยน้ำมันออกมาในส่วนที่เป็นของเหลว จากนั้นจึงแยกน้ำมันออกด้วยการหมุนเหวี่ยง น้ำมันที่ได้ในขั้นตอนนี้เรียกว่าน้ำมันดิบ (Bimbo, 1990) ซึ่งมีรายงานการศึกษาการสกัดน้ำมันจากตับปลาฉลามโดยการใช้ไอน้ำที่อุณหภูมิ 70 – 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปหมุนเหวี่ยงแยกน้ำมันที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที นาน 15 นาทีสามารถสกัดน้ำมันได้เท่ากับร้อยละ 22.1 ของน้ำหนักตับสด (Sunarya and Taylor, 1991) แต่เมื่อเพิ่มความเร็วในการหมุนเหวี่ยงเป็น 16000 รอบต่อนาทีในเวลาเท่าเดิม สามารถสกัดน้ำมันได้เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 30.9 ของน้ำหนักตับสด (Benjakul and Taylor, 1994) แต่การสกัดน้ำมันจากตับปลาทูน่าโดยการใช้ไอน้ำ ไม่สามารถสกัดน้ำมันได้อาจเนื่องจากไอน้ำทำให้โปรตีนในตับปลาทูน่าซึ่งมีขนาดโมเลกุลเล็กเสียดสภาพผสมรวมเป็นเนื้อเดียวกันกับน้ำมัน ไม่สามารถแยกได้โดยการหมุนเหวี่ยงที่ความเร็วสูง เนื่องจากปริมาณน้ำมันที่ปะปนอยู่มิมีปริมาณต่ำ (ถาวร จันทโชติ, 2540)

การใช้ตัวทำละลาย

การสกัดน้ำมันโดยวิธีการใช้ตัวทำละลายนี้ใช้คุณสมบัติของความสามารถในการละลายและความเป็นขั้วของสารที่แตกต่างกัน โดยที่น้ำมันสามารถละลายได้ในตัวทำละลายต่างชนิด และละลายได้ดีในตัวทำละลายที่มีความเป็นขั้วใกล้เคียงกัน จึงสามารถแยกเอาตัวทำละลายออกภายหลัง ฉะนั้นการสกัดน้ำมันโดยวิธีนี้จึงต้องเลือกตัวทำละลายที่เหมาะสม โดยยึดหลักว่าน้ำมันสามารถละลายในตัวทำละลายที่เป็นสารอินทรีย์ ซึ่งตัวทำละลายที่เป็นสารอินทรีย์สามารถแบ่งกลุ่มตามความเป็นขั้วได้ 2 กลุ่มคือ

ก. ตัวทำละลายชนิดมีขั้ว (polar solvent) ได้แก่ เอทานอล (ethanol) เมทานอล (methanol) และไอโซโพรพานอล (isopropanol)

ข. ตัวทำละลายชนิดไม่มีขั้ว (nonpolar solvent) ได้แก่ ปีโตรเลียมอีเทอร์ (petroleum ether) ไดเอทิลอีเทอร์ (diethylether) คลอโรฟอร์ม (chloroform) เฮกเซน (hexane) ไสโคลเฮกเซน (cyclohexane) และเบนซีน (benzene)

ตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันจากเนื้อเยื่อควรมีความเป็นขั้วใกล้เคียงกับน้ำมันที่ต้องการแยก จึงสามารถแยกน้ำมันออกจากส่วนที่อยู่ในโครงสร้างเมมเบรนของเซลล์ หรือส่วนที่รวมอยู่กับโปรตีน (lipoprotein) ซึ่งโดยทั่วไปแล้วภายในเนื้อเยื่อประกอบด้วยน้ำมันหลายชนิด ได้แก่ ไตรกลีเซอไรด์ ฟอสโฟไลปิด ไฮโดรคาร์บอน และเวกซ์เอสเทอร์ การเลือกใช้ตัวทำละลายผสมในการสกัดจึงเป็นแนวทางที่จะเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัด มีรายงานการใช้ตัวทำละลายผสมอย่างแพร่หลาย ได้แก่ ตัวทำละลายผสมของคลอโรฟอร์มและเมทานอล (CM : Bligh and Dyer, 1959 และ Folch *et al.*, 1957) การสกัดน้ำมันจากกล้ามเนื้อปลาทูน่าโดยใช้ตัวทำละลายผสมดังกล่าวนี้เป็นวิธีการสกัดที่สะดวกในการปฏิบัติและสามารถสกัดน้ำมันได้ปริมาณสูง (Stansby, 1990) ตัวอย่างเช่นการสกัดน้ำมันจากปลาป่นจากปลา red eye ได้ปริมาณน้ำมันร้อยละ 12.45 โดยน้ำหนักแห้ง (Koning *et al.*, 1985) การสกัดน้ำมันจากตับปลาฉลาม ได้ปริมาณน้ำมันเท่ากับร้อยละ 50.23 โดยน้ำหนักแห้ง (Benjakul and Taylor, 1994) และน้ำมันที่สกัดจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ (โอแถบ ครีบลีง และครีบบยาว) มีค่าเท่ากับร้อยละ 37.86, 23.82 และ 20.67 โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ สมบัติของน้ำมันดิบที่ได้จากการสกัดด้วยตัวทำละลายดังกล่าวมีคุณภาพสูงเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีซอคเลต (AOAC, 1990) ซึ่งเป็นวิธีการสกัดโดยใช้ตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเทอร์ควบคู่กับการให้ความร้อน (ถาวร จันทโชติ, 2540) และการสกัดน้ำมันจากลูกตาหัว เนื้อส่วนหลัง เนื้อส่วนท้อง เนื้อดำ และเครื่องในของปลาทูน่าพันธุ์โอแถบ โอลาย โอดำ และครีบลีง โดยใช้คลอโรฟอร์มและเมทานอล (2:1) พบว่าได้ผลผลิตน้ำมันจากลูกตาและส่วนหัวสูงมากในเกือบทุกพันธุ์เท่ากับร้อยละ 14 – 18 และจากเครื่องในร้อยละ 2.8 – 3.9 โดยน้ำหนักแห้ง (อัยยา กังสุวรรณ และคณะ, 2537)

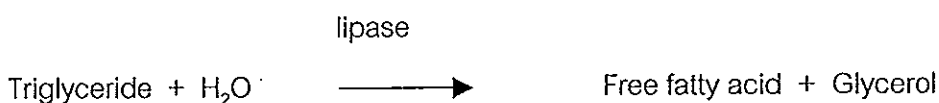
เนื่องจากวิธีการในการสกัดที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายนี้ใช้คลอโรฟอร์มและเมทานอลเป็นตัวทำละลาย ซึ่งคลอโรฟอร์มเป็นสารเคมีที่มีความเป็นพิษสูง เป็นอันตรายต่อตาและสมอง นอกจากนี้ยังเป็นสาเหตุของการเกิดเนื้องอก (Hara and Radin, 1978) ส่วนเมทานอลเป็นสารเคมีที่มีอันตรายต่อระบบหายใจ และระบบการมองเห็น ดังนั้นจึงมีการศึกษาเพื่อหาวิธีการที่สามารถลดความเป็นพิษจากวิธีการสกัดดังกล่าว โดยการใช้สารละลายผสมระหว่างเฮกเซนและไอโซโพรพานอล (HIP) ซึ่งตัวทำละลายผสมดังกล่าวสามารถสกัดน้ำมันออกมาได้อย่างมีประสิทธิภาพเช่นเดียวกัน (Hara and Radin, 1978) มีการศึกษาวิธีการสกัดน้ำมันจากสมองของหนู โดยใช้เฮกเซนและไอโซโพรพานอลในอัตราส่วน 3:2 เปรียบเทียบกับวิธีการสกัดโดยใช้คลอโรฟอร์มและเมทานอล พบว่าน้ำมันที่สกัดโดยใช้ตัวทำละลาย HIP มีปริมาณของสารที่ไม่ใช่ไขมันปะปนอยู่ในปริมาณน้อยเมื่อเทียบกับวิธีที่ใช้ CM และการสกัดโดยใช้ HIP นี้สามารถสกัดไขมันชนิดโพลีไลปิด

(ส่วนใหญ่คือฟอสโฟไลปิด) ได้ปริมาณสูงกว่าอีกด้วย (Hara และ Radin, 1978) และการสกัดน้ำมันจากปลาป่นซึ่งผลิตจากปลา menhaden พบว่าปริมาณน้ำมันที่สกัดได้เท่ากับ 103.8 และ 122.5 กรัมต่อกิโลกรัมปลาป่นจากวิธีการที่สกัดด้วย HIP และ CM ตามลำดับ นอกจากนี้ Kolarovic and Fournier (1986) ศึกษาวิธีการสกัดน้ำมันจากหัวใจหนู โดยเปรียบเทียบวิธีการสกัดที่ต่างกัน วิธีที่ 1 – 3 ใช้คลอโรฟอร์มและเมทานอลในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน และวิธีที่ 4 ใช้ HIP พบว่าวิธีการที่เหมาะสมสามารถแยกฟอสโฟไลปิดจากหัวใจของหนูได้ปริมาณสูง และมีความปลอดภัยในการสกัด คือวิธีการสกัดด้วย HIP สามารถแยกฟอสโฟไลปิดได้ปริมาณสูงกว่าวิธีการสกัดแบบที่ใช้คลอโรฟอร์มและเมทานอล นอกจากนี้ยังพบว่า HIP สามารถแยกน้ำมันออกด้วยการกรองสะดวกกว่าการหมนเหวี่ยง และที่สำคัญการสกัดด้วย HIP ไม่ทำให้เกิดอันตรายต่อร่างกาย จึงได้แนะนำให้ใช้วิธีการนี้ในการสกัดน้ำมันจากเนื้อเยื่อของสัตว์

6. คุณภาพของน้ำมันปลา

คุณภาพของน้ำมันปลาขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของกรดไขมันที่เป็นส่วนประกอบ ดัชนีสำหรับใช้กำหนดคุณภาพของน้ำมันปลามีดังนี้ (Egan *et al.*, 1981)

1. ปริมาณกรดไขมันอิสระ (Free fatty acid : FFA) ใช้เป็นตัวชี้ว่าไตรกลีเซอไรด์ที่มีอยู่ในน้ำมันถูกเปลี่ยนเป็นกรดไขมันอิสระมากน้อยเพียงใด ถ้ามีปริมาณสูงแสดงว่าไตรกลีเซอไรด์เปลี่ยนเป็นกรดไขมันอิสระเนื่องจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสสูง ปริมาณ FFA วัดได้จากจำนวนมิลลิกรัมของโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) ที่ใช้ทำปฏิกิริยาพอกติดกับกรดไขมันอิสระในตัวอย่างน้ำมัน 1 กรัม ดังนั้นน้ำมันที่มีคุณภาพดีควรมีค่า FFA ต่ำ ปัจจัยภายนอกเช่นความร้อน ความชื้น และแสงสว่างมีผลทำให้การเปลี่ยนแปลงได้เร็วขึ้น



2. ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide Value : PV) ใช้เป็นตัวบ่งชี้ว่าน้ำมันเกิดการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันเกิดเป็นสารเปอร์ออกไซด์มากน้อยเพียงใด ถ้ามีค่าสูงแสดงว่าน้ำมันเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นสารเปอร์ออกไซด์มาก วัดได้จากจำนวนมิลลิกรัมของสารโซเดียมไทโอซัลเฟต ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) ที่ใช้ไตเตรตกับน้ำมัน 1 กรัม ค่า PV แสดงถึงจำนวนมิลลิสมมูลย์ของเปอร์ออกไซด์ต่อน้ำมัน 1 กิโลกรัม (milli – equivalents : Meq) ความร้อนและแสงสว่างมีผลในการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันทำให้ค่าเปอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้น ดังนั้นน้ำมันที่มีคุณภาพดีควรมีค่า PV ต่ำ คือค่า

กว่า 10 Meq ต่อตัวอย่าง 1 กิโลกรัม และน้ำมันที่เริ่มสังเกตได้ว่ามีกลิ่นหืนจะมีค่า PV อยู่ในช่วง 20 - 40 Meq ต่อตัวอย่าง 1 กิโลกรัม

3. ค่าไอโอดีน (Iodine Value : IV) เป็นค่าที่บ่งชี้ความไม่อิ่มตัวของกรดไขมันที่เป็นส่วนประกอบอยู่ในโมเลกุลของน้ำมัน ถ้ามีค่าสูงแสดงว่าน้ำมันมีความไม่อิ่มตัวสูง ค่า IV วัดได้จากปริมาณสารละลายไอโอดีนที่เติมลงไปนํ้ามัน ซึ่งไอโอดีนจะรวมตัวกับไขมันตรงส่วนของพันธะคู่ ดังนั้นถ้าน้ำมันชนิดใดมีพันธะคู่จำนวนมาก สามารถดูดซับไอโอดีนได้ปริมาณมาก จึงมีค่า IV สูง

4. ค่าสะaponิฟิเคชัน (Saponification Value : SV) ใช้เป็นตัวบ่งชี้แนวโน้มขนาด หรือน้ำหนักโมเลกุลของกรดไขมันที่เป็นส่วนประกอบอยู่ในโมเลกุลของน้ำมัน น้ำมันที่ประกอบด้วยกรดไขมันที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำหรือโมเลกุลขนาดเล็ก หรือมีจำนวนคาร์บอนในโมเลกุลน้อยจะมีค่า SV สูง แต่ถ้าน้ำมันประกอบด้วยกรดไขมันที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง หรือมีขนาดโมเลกุลใหญ่ หรือมีจำนวนคาร์บอนในโมเลกุลสูงจะมีค่า SV ต่ำ หาได้จากจำนวนมิลลิกรัมของโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) ที่ใช้ในการทำให้กรดไขมันที่เกิดจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสอย่างสมบูรณ์ของน้ำมันจำนวน 1 กรัมให้เป็นกลางพอดี

5. ค่า TBARS (Thiobarbituric acid reactive substances) เป็นตัวบ่งชี้การเปลี่ยนแปลงของน้ำมันจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน หาได้จากการใช้กรดไทโอบาบริก (thiobarbituric acid) ทำปฏิกิริยากับสารที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันซึ่งเป็นสารพวก malonaldehyde ได้เป็นสารสีแดง แล้ววัดการดูดกลืนแสงที่ 532 นาโนเมตร ดังนั้นความเข้มของสีที่เกิดขึ้นจะแปรผันโดยตรงกับการเปลี่ยนแปลงของน้ำมัน (Beuge and Aust, 1978)

รายงานการวิเคราะห์คุณภาพน้ำมันซึ่งสกัดจากวัตถุดิบและวิธีการในการสกัดที่แตกต่างกัน พบว่าตัวอย่างน้ำมันมีค่าแสดงคุณภาพแตกต่างกันตามชนิดของวัตถุดิบ และเมื่อใช้วิธีการในการสกัดที่ต่างกันส่งผลให้ค่าแสดงคุณภาพของน้ำมันเปลี่ยนแปลงไป แม้ว่าจะเป็นตัวอย่างชนิดเดียวกันก็ตาม ค่าแสดงคุณภาพของน้ำมันแต่ละชนิดเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่ากำหนดคุณภาพมาตรฐานของน้ำมันจากเนือปลาคาเปลลิน (capelin) จะได้ว่าน้ำมันส่วนใหญ่มีค่าไอโอดีนอยู่ในช่วงเดียวกัน แต่มีค่ากรดและค่าเปอร์ออกไซด์ต่ำกว่าน้ำมันจากปลาคาเปลลิน ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 คุณภาพของน้ำมันปลา

แหล่งวัตถุดิบ	วิธีการสกัด	ค่ากรด (%)	ค่าเปอร์ออกไซด์ (meq/kg)	ค่าไอโอดีน (g I/mg oil)	ค่าสะปอนิฟิเคชัน (mg KOH/g oil)	ที่มา
ต้นปลาลงลม	CM	0.41	0.84	117.7	-	Sunarya และ Taylor (1981)
	ชอคเลต	0.47	0.66	109.4	-	"
	ไอน้ำ	0.24	0.39	132.7	-	"
ต้นปลาลงลม	CM	1.40	2.20	118.2	215.8	Beniakul และ Taylor (1994)
	ไอน้ำ	0.50	0.90	121.2	160.8	"
	ความร้อน	0.50	2.50	100.0	157.3	"
ต้นปลา						
โอแถบ	ชอคเลต	0.57	0.73	109.8	186.4	ถาวร จันทโชติ (2540)
	CM	0.35	0.50	124.8	193.4	"
ศรีบเทดอง	ชอคเลต	0.50	0.68	109.5	185.5	"
	CM	0.32	0.54	128.3	190.6	"
ศรีบยาว	ชอคเลต	0.56	0.73	103.2	180.6	"
	CM	0.34	0.56	110.9	191.6	"
น้ำนึ่งปลาชุน่า (น้ำมันดิบ)	ไอน้ำ	1.51	16.29	191.6	-	ฉมบติ รุ่งศิริ (2540)
น้ำนึ่งปลาชุน่า (ผ่านการทำให้บริสุทธิ์)	ไอน้ำ	0.90	0.29	187.8	-	"
เนื้อปลาคาเปลิน	ไม่กำหนด	2 - 5	3 - 20	95 - 160	ไม่กำหนด	Bimbo (1990)

CM = Bligh and Dyer (1959), ไอน้ำ = ใช้ไอน้ำอุณหภูมิ 70 - 80 องศาเซลเซียส 30 นาที, ความร้อน = ให้ความร้อนโดยตรง, ชอคเลต = AOAC (1990)

ฝ่ายหอสมุด
ศูนย์หนังสือ อรรถกวีสุนทร

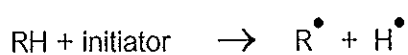
7. การเปลี่ยนแปลงของน้ำมัน

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำมันปลาระหว่างกระบวนการแปรรูป และการเก็บรักษา ส่วนใหญ่มักเกิดจากปฏิกิริยา 2 ปฏิกิริยา คือ ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสและปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Buck, 1990)

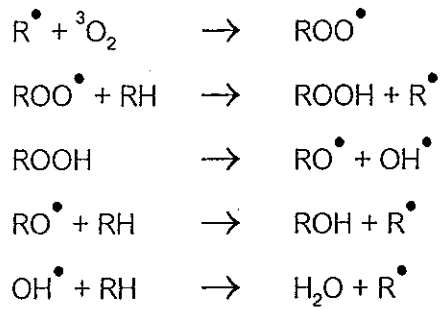
ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (hydrolysis) เป็นปฏิกิริยาการเปลี่ยนไตรกลีเซอไรด์ไปเป็นกลีเซอรอล โมโนกลีเซอไรด์ ไดกลีเซอไรด์ และกรดไขมัน มีเอนไซม์ไลเปสเป็นตัวเร่งให้เกิดปฏิกิริยาเร็วขึ้น ปฏิกิริยาเกิดได้ดีในภาวะที่อุณหภูมิและความชื้นสูง มักเกิดจากผลของการดูแลรักษาคุณภาพของวัตถุดิบที่ไม่ดีก่อนนำมาสกัด ส่งผลให้น้ำมันมีกลิ่นรสผิดปกติ และจุดเกิดควันต่ำทำให้เกิดควันขณะทอด

ปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) เป็นปฏิกิริยาที่เกิดจากน้ำมันทำปฏิกิริยากับออกซิเจนโดยตรง หรือโดยสารที่เติมลงไป ทำให้เกิดสารประกอบหลายชนิด เช่น อัลดีไฮด์ คีโตน และกรดที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ ๆ น้ำมันที่เกิดการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากปฏิกิริยานี้มักเป็นพวกที่มีพันธะคู่อยู่ในโครงสร้าง การออกซิเดชันกรดไขมันไม่อิ่มตัวนี้ทำให้สูญเสียคุณค่าทางโภชนาการ เกิดกลิ่นรสที่ไม่ดีในน้ำมัน หรือเกิดเป็นสารที่เป็นพิษต่อร่างกายอีกด้วย (Mounts and List, 1996) กลไกการเกิดปฏิกิริยามี 3 ระยะดังนี้

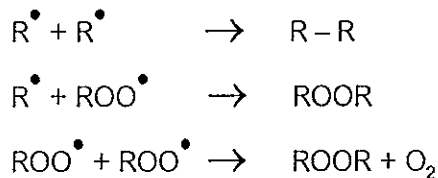
1. ระยะเหนี่ยวนำ (initiation) เป็นระยะที่กรดไขมันเกิดการแตกตัวเป็นอนุมูลอิสระโดยมีแสง อุณหภูมิ หรือโลหะเป็นตัวเร่งดังสมการ



2. ระยะเพิ่มจำนวน (propagation) เป็นระยะที่อนุมูลอิสระทำปฏิกิริยากับออกซิเจนเกิดเป็นอนุมูลเปอร์ออกซี (peroxy radical) ซึ่งสามารถทำปฏิกิริยาต่อกับกรดไขมันเกิดเป็นไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (hydroperoxide) และอนุมูลอิสระ ซึ่งไฮโดรเปอร์ออกไซด์ที่เกิดขึ้นอาจเกิดปฏิกิริยาต่อไปถ้ามีแสง และความร้อนเป็นตัวเร่ง ทำให้เกิดอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น และในทำนองเดียวกันอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นก็สามารถทำปฏิกิริยากับออกซิเจนใหม่ เกิดเป็นอนุมูลเปอร์ออกซีขึ้นอีกเป็นลูกโซ่ต่อเนื่องไปเรื่อย ๆ ดังสมการ



3. ระยะเวลาสิ้นสุด (termination) เป็นระยะที่อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นรวมทั้งอนุมูลเปอร์ออกซีอาจรวมตัวกันในรูปแบบต่าง ๆ แล้วให้ผลผลิตจำนวนมากที่มีน้ำหนักโมเลกุลแตกต่างกันดังสมการ



ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน

1. ชนิดของกรดไขมัน จำนวน และตำแหน่ง ของพันธะคู่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน กรดไขมันที่มีโครงสร้างแบบซิส (cis) เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ง่ายกว่ากรดไขมันที่มีโครงสร้างแบบทรานส์ (trans) ซึ่งโครงสร้างไอโซเมอร์แบบ cis เป็นโครงสร้างของโมเลกุลที่ตำแหน่งของไฮโดรเจนและ CH_3 อยู่ด้านเดียวกัน ในขณะที่โครงสร้างแบบ trans จะอยู่ด้านตรงข้ามกัน โดยทั่วไปการเสื่อมเสียของน้ำมันปลาเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ตำแหน่งพันธะคู่ในโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ ดังนั้นเมื่อมีพันธะคู่มากขึ้นโดยเฉพาะใน EPA และ DHA ก็จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมากขึ้น และพันธะคู่แบบคอนจูเกตสามารถเกิดปฏิกิริยาได้ดีกว่าพันธะคู่ชนิดอื่น (Nawar, 1996)

2. โปรออกซิแดนซ์ (pro-oxidant) โลหะทรานซิชั่นที่มีวาเลนซ์ 2 - 3 มีสมบัติเป็นสารเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน เช่นโคบอลต์ เหล็ก ทองแดง แมงกานีส เป็นต้น กลไกการทำงานของโลหะที่เป็นตัวเร่งมีหลายแบบ เช่น เร่งการแตกตัวของไฮโดรเปอร์ออกไซด์ ทำปฏิกิริยาโดยตรงกับสารตั้งต้น หรือกระตุ้นโมเลกุลของออกซิเจนให้เกิดเป็น singlet oxygen และอนุมูลเปอร์ออกซี (Nawar, 1996)

3. ปัจจัยอื่น ๆ

- ปริมาณออกซิเจน ปฏิกิริยาออกซิเดชันจะเกิดขึ้นเมื่อมีออกซิเจนร่วมอยู่ด้วย
- อุณหภูมิ ปฏิกิริยาออกซิเดชันจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิที่

สูงขึ้นจะเร่งขึ้นตอนการเพิ่มจำนวน และสลายตัวของเปอร์ออกไซด์ ดังนั้นการควบคุมปฏิกิริยาออกซิเดชันจึงสามารถทำได้โดยการเก็บที่อุณหภูมิต่ำ (Nawar, 1996 ; Aurand and Woods, 1973) น้ำมันปลาเกิดออกซิเดชันที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียสเป็น 2.5 เท่า ของอุณหภูมิ 98 องศาเซลเซียส (Nawar, 1996)

- พื้นที่ผิว อัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันจะเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนกับพื้นที่ผิวหน้าของน้ำมันที่สัมผัสอากาศ (Nawar, 1996)

- ความชื้น อัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันขึ้นอยู่กับค่าวอเตอร์แอกทิวิตี (water activity : Aw) ของน้ำมัน เนื่องจากความชื้นที่เพิ่มขึ้นสามารถเพิ่มการเคลื่อนที่ของตัวเร่ง ทำให้ปฏิกิริยาออกซิเดชันเกิดได้เร็วขึ้น

- เปอร์ออกไซด์ (peroxide) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยาออกซิเดชัน ในระยะเหนียวนำของปฏิกิริยามีปริมาณเปอร์ออกไซด์น้อย น้ำมันจึงไม่แสดงการเปลี่ยนแปลง การเติมสารที่มีเปอร์ออกไซด์ สามารถเร่งให้เปอร์ออกไซด์เกิดการแตกตัวมากขึ้น

- แสง ทุกความยาวคลื่นตั้งแต่ไวโอเล็ตถึงอินฟราเรดสามารถเร่งให้เกิดออกซิเดชันของน้ำมัน และแสงจัดเป็นตัวเร่งให้เกิดการแตกตัวของเปอร์ออกไซด์ ดังนั้นน้ำมันที่ปล่อยให้สัมผัสกับออกซิเจนในสถานะที่มีแสงจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงได้เร็วกว่าน้ำมันที่เก็บในที่มืด (Aurand and Woods, 1973)

- ตัวเร่งชีวภาพ เป็นสารเร่งปฏิกิริยาที่มีอยู่ตามธรรมชาติ ได้แก่เอ็นไซม์ไลโปออกซิเดส และสารฮีมิติน โดยทั้งเอ็นไซม์ไลโปออกซิเดส และสารฮีมิตินสามารถออกซิไดซ์กรดไขมันไม่อิ่มตัวได้

การเปลี่ยนแปลงของน้ำมันเนื่องจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสและปฏิกิริยาออกซิเดชันสามารถชดเชยได้โดยการกำจัดออกซิเจน การใช้สารจับโลหะ การเติมสารกันหืน (Niki *et al.*, 1984) องค์การอาหารและยาของสหรัฐอเมริกาได้อนุญาตให้ใช้สารกันหืนในน้ำมันปลา เช่น butylated hydroxyanisole (BHA) butylated hydroxytoluene (BHT) dehydroacetic acid (ethoxyquin) tertiary butylhydroquinone (TBHQ) และ 2, 4, 5 - trihydroxybutyro phenone (THBP) และมีการใช้สารเสริมฤทธิ์ (synergist) เช่น กรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid) แอสคอร์บิกพาล์มิเตท (ascorbic palmitate) เลซิธิน (lecithin) กรดซิตริก (citric acid) ไอโซโพรพิลลิตเรท (isopropylcritrate) และกรดฟอสฟอริก (phosphoric acid) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของสารกันหืน น้ำมันปลาปกติจะมีสารกันหืนตามธรรมชาติอยู่แล้วคือโทโคฟีรอล (tocopherol) (Stansby, 1990) การใช้กรดแอสคอร์บิกและโทโคฟีรอลเพื่อเป็นสารกันหืนในน้ำมันจากปลา

sardine โดยเติมเลซิทินเพื่อช่วยในการละลายของกรดแอสคอร์บิกในน้ำมัน แล้วเก็บรักษาไว้ในที่มีอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส พบว่าการใช้กรดแอสคอร์บิกร้อยละ 0.02 ร่วมกับโทโคฟีรอลร้อยละ 0.4 สามารถชะลอระยะเวลาในการเกิดออกซิเดชันได้ (Han *et al.*, 1991)

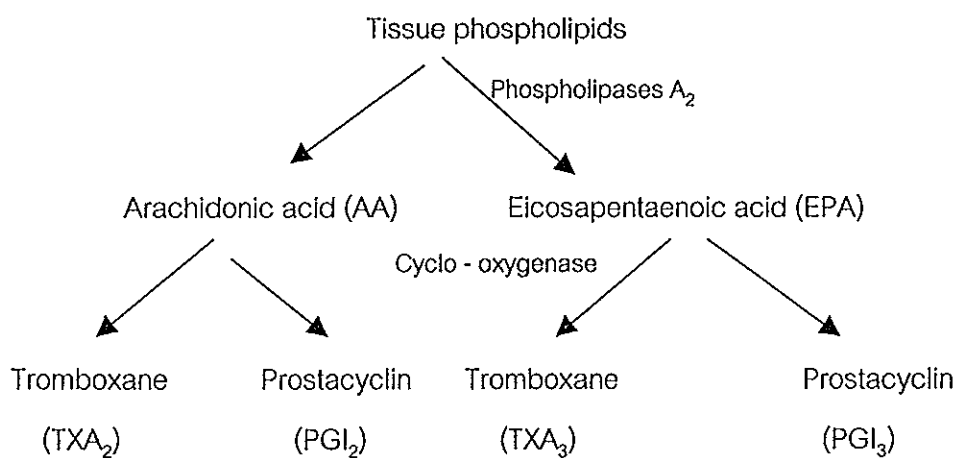
8. ประโยชน์ของน้ำมันปลาที่มีต่อสุขภาพ

น้ำมันปลามีองค์ประกอบของกรดไขมันที่จำเป็น ซึ่งร่างกายมนุษย์ไม่สามารถสังเคราะห์ได้ กลุ่มที่มีความสำคัญคือ กรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงโอเมก้า 3 (n - 3) ได้แก่กรดไขมัน EPA และ DHA ซึ่งถ่ายทอดเป็นห่วงโซ่อาหารมาจากพืชได้น้ำและแพลงก์ตอนพืช โดย DHA เป็นองค์ประกอบสำคัญของเนื้อเยื่อได้แก่ สมอง จอตา สเปิร์ม และกล้ามเนื้อหัวใจ (Connor *et al.*, 1992) กรดไขมันในกลุ่มโอเมก้า 3 มีบทบาทต่อการป้องกันหรือลดความเสี่ยงต่อการเป็นโรคต่าง ๆ ได้แก่ โรคหัวใจ โรคหอบ โรคผิวหนัง โรคไขข้ออักเสบ และโรคมะเร็งเป็นต้น นอกจากนี้ยังเพิ่มประสิทธิภาพในการมองเห็น และเพิ่มความสามารถในการเรียนรู้อีกด้วย (Yongmanitchai and Ward, 1989) จึงสามารถสรุปบทบาทที่สำคัญของกรดไขมันกลุ่มโอเมก้า 3 ได้ดังนี้

บทบาทในการลดปริมาณไขมันในเส้นเลือด ทำให้การอุดตันของเส้นเลือดลดลง สารที่มีบทบาทต่อการเกิดการอุดตันของเส้นเลือดคือสารไอโคซานอยด์ (eicosanoids) ซึ่งเปลี่ยนรูปมาจากกรดไขมันไม่อิ่มตัวกลุ่ม n-3 และ n-6 โดยกระบวนการเติมคาร์บอน และกระบวนการเติมพันธะคู่โดยเอนไซม์ elongase และ desaturase สารไอโคซานอยด์ที่เปลี่ยนรูปมาจากกรดอะราชิโดนิก (arachidonic acid, AA) ได้แก่ทรอมโบเซน (tromboxane 2, TXA₂) และพรอสตาไซคลิน 2 (prostacyclin, PGI₂) TXA₂ มีสมบัติในการเร่งการรวมตัวของหลอดเลือด และการหดตัวของหลอดเลือด ส่วน PGI₂ มีสมบัติตรงกันข้ามคือป้องกันการจับตัวของเกล็ดเลือดและช่วยในการขยายตัวของหลอดเลือด สารไอโคซานอยด์ที่เปลี่ยนรูปมาจาก eicosapentaenoic acid (EPA) ได้แก่ทรอมโบเซน 3 (tromboxane, TXA₃) และพรอสตาไซคลิน 3 (prostacyclin, PGI₃) โดย TXA₃ เกือบจะไม่มีสมบัติในการช่วยเร่งการจับตัวของเกล็ดเลือดและการหดตัวของหลอดเลือดส่วน PGI₃ มีสมบัติทั่วไปเหมือนกับ PGI₂ แสดงดังภาพที่ 6

โดยปกติสารไอโคซานอยด์จะเปลี่ยนรูปมาจากกรดอะราชิโดนิกเป็นส่วนใหญ่ แต่หากได้รับประทาน EPA มาก ๆ จนกระทั่งอัตราส่วนของ EPA ต่อกรดอะราชิโดนิกมากขึ้น EPA จะลดการเปลี่ยนของกรดอะราชิโดนิกไปเป็น TXA₂ และ PGI₂ และเป็นสารตั้งต้น (substrate) ในการสังเคราะห์สารไอโคซานอยด์ที่เป็นอนุพันธ์ของ EPA แทน ดังนั้นเมื่อเราได้รับประทาน EPA มากขึ้น ปริมาณ TXA₂ ลดลงในขณะที่ PGI₂ และ PGI₃ เพิ่มขึ้น อาจกล่าวโดยรวมว่าการจับตัวของเกล็ด

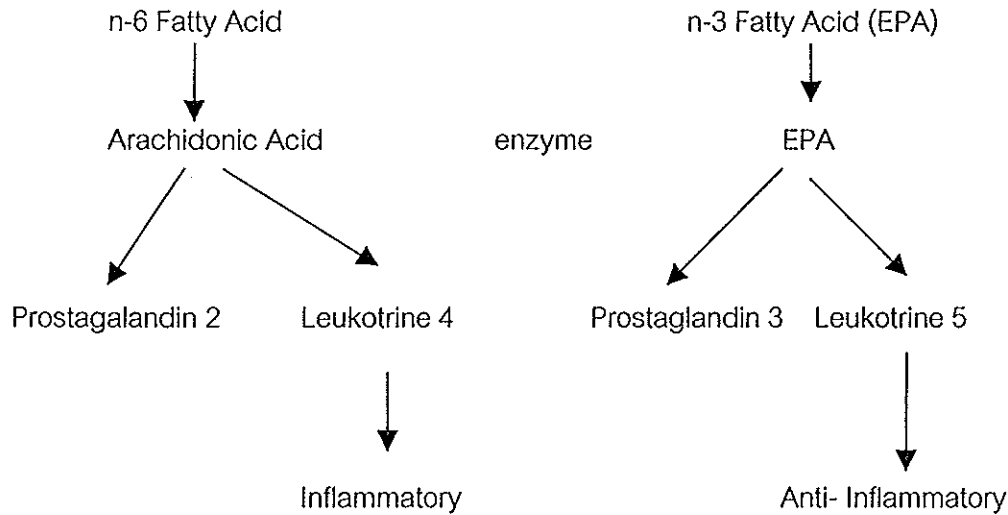
เลือดลดลง แต่การขยายตัวของหลอดเลือดเพิ่มขึ้นทำให้การไหลเวียนของเลือดสะดวกขึ้นช่วยลดความเสี่ยงต่อการตีตันของเส้นเลือด มีผลช่วยลดความดันโลหิตสำหรับผู้ที่มีความเสี่ยงต่อภาวะความดันโลหิตสูง ส่วน DHA ตัวมันเองไม่เกี่ยวข้องกับการสร้างไอโคซานอยด์ แต่ในบางสภาวะ DHA สามารถเปลี่ยนกลับมาเป็นกรดโคโคซาเพนตะอีนิก (docosapentaenoic acid, DPA) และย้อนกลับมาเป็น EPA ได้ (Kinsella, 1986 ; Kinsella, 1988 ; Yongmanitchai and Ward, 1989)



ภาพที่ 6 การสังเคราะห์ทรอมโบแซน และพรอสตาไซคลิน จากอะราชิโดนิก และ EPA
ที่มา : Kinsella (1986)

บทบาทในการลดการอักเสบและบวม

การอักเสบและบวมเกิดเนื่องจากเอนไซม์ไลพอกซีจีเนส (lipoxygenase) ในร่างกายไปเร่งปฏิกิริยาการเปลี่ยนกรดอะราชิโดนิกให้เป็นอนุพันธ์ที่มีชื่อว่า ลิวโคทริน 4 (leukotrine 4) ที่เป็นตัวการทำให้เกิดอาการปวดที่ข้อ การเพิ่มระดับ EPA ในอาหารที่รับประทานอาจส่งผลต่อการขัดขวางกระบวนการสร้างกรดอะราชิโดนิกทำให้ปริมาณการสร้างลิวโคทริน 4 ลดลงด้วย ขณะเดียวกันก็ไปเร่งปฏิกิริยาการสร้างลิวโคทริน 5 แทนซึ่งไม่มีฤทธิ์ก่อให้เกิดการอักเสบและบวม (ภาพที่ 7) EPA สามารถลดความเสี่ยงในการเป็นโรคไขข้ออักเสบและรูมาตอยด์ได้ (Yongmanitchai and Ward, 1989)



ภาพที่ 7 กระบวนการอักเสบและหยุดการอักเสบของกรดไขมันกลุ่มโอเมก้า 3

ที่มา : Kinsella (1988)

บทบาทในการพัฒนาสมองและการมองเห็น

เนื่องจากเยื่อหุ้มเซลล์ประสาทในสมองเป็นสารประกอบพวกฟอสโฟไลปิด ที่มีองค์ประกอบหลักเป็น DHA โดย DHA จะอยู่ในตำแหน่ง sn - 2 ในโมเลกุลของฟอสโฟไลปิด และ DHA เป็นส่วนสำคัญในการเสริมสร้างการเจริญของปลายประสาท ที่เรียกว่าเดนไดรต์ (dendrites) ซึ่งทำหน้าที่ในการถ่ายทอดคำสั่งจากสมองส่วนกลางไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย และพบว่า DHA เป็นองค์ประกอบสำคัญในเซลล์รูปแท่งและรูปกรวย (rods and cones cells) ในเรตินาของตา แสดงให้เห็นว่า DHA มีความสัมพันธ์โดยตรงกับการพัฒนาด้านความจำ การเรียนรู้ และการมองเห็น (Connor, *et al.*, 1990 ; Suzuki, 1993) Connor และคณะ (1992) ได้ศึกษาบทบาทของกรดไขมันกลุ่มโอเมก้า 3 กับการพัฒนาการของลิง พบว่าลูกลิงที่คลอดจากแม่ลิงที่ขาดสารอาหารกลุ่มนี้ในระหว่างการตั้งครรภ์ มีปริมาณ DHA ที่จอตาและสมองส่วนซีรีบรัลคอร์เทกซ์ (cerebral cortex) ต่ำกว่าลูกลิงชุดควบคุมประมาณร้อยละ 50 และ 75 ตามลำดับ เมื่อนำลิงอายุ 4, 8 และ 12 สัปดาห์มาทดสอบความสามารถในการมองเห็น พบว่าการมองเห็นของลิงที่ขาดกรดไขมันกลุ่มโอเมก้า 3 มีประสิทธิภาพต่ำกว่าลิงชุดควบคุมโดยมีผลแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

วัตถุประสงค์

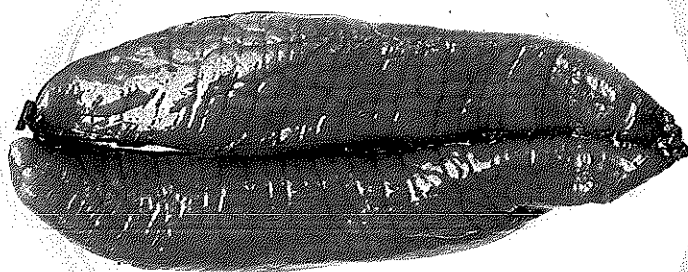
1. ศึกษาปริมาณและองค์ประกอบทางเคมีของรังไข่ อัณฑะ และเครื่องในของปลาโอแถบในรอบเวลาหนึ่งปี
2. เปรียบเทียบวิธีการสกัดน้ำมันจากรังไข่ อัณฑะ และเครื่องในปลาโอแถบ
3. ศึกษาปริมาณและสมบัติของน้ำมันจากรังไข่ อัณฑะ และเครื่องในปลาโอแถบ
4. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำมันจากรังไข่ อัณฑะ และเครื่องในปลาทูลำระหว่างการเก็บรักษา

บทที่ 2

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

วัสดุ

1. วัสดุดิบ ได้แก่ รังไข่ อังทะ และเครื่องในของปลาทูน่าพันธุ์โอแถบ (skipjack tuna) ที่จับจากมหาสมุทรแปซิฟิก และมหาสมุทรอินเดีย จากบริษัทสงขลาแคนนิ่งจำกัด (มหาชน) แสดงดังภาพที่ 8 (ก-ค)



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพที่ 8 ตัวอย่างรังไข่ (ก) อังทะ (ข) และเครื่องใน (ค) จากปลาโอแถบ

2. สารเคมี

- สารเคมีสำหรับวิเคราะห์ห้องค์ประกอบทางเคมี
- สารเคมีสำหรับสกัดน้ำมันและตรวจสอบคุณภาพของน้ำมัน

อุปกรณ์

1. เครื่องไฮโมจีในสียี่ห้อ NISSEI รุ่น AM-8
2. เครื่องหมุนเหวี่ยงแบบควบคุมอุณหภูมิยี่ห้อ HITASHI รุ่น SCR 20 B
3. เครื่องหมุนเหวี่ยงยี่ห้อ HETTICH รุ่น universal 16
4. เครื่อง Gas Chromatography ยี่ห้อ PERKIN ELMER รุ่น Autosystem XL
5. เครื่องกลั่นระเหยภายใต้สุญญากาศยี่ห้อ EYELA รุ่น N-N
6. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่งและ 4 ตำแหน่ง
7. เครื่อง Spectrophotometer ยี่ห้อ SHIMADZU รุ่น UV-1601
8. ชุดเครื่องมือสำหรับวิเคราะห์ห้องค์ประกอบทางเคมี
9. ชุดเครื่องมือสำหรับวิเคราะห์คุณภาพน้ำมัน

วิธีการ

1. การตรวจวัดน้ำหนักตัวปลา รังไข่ อัณฑะ และเครื่องในของปลาโอแถบ

ทำการสุ่มตัวอย่างปลาโอแถบก่อนเข้าสู่กระบวนการผลิต (โดยไม่ระบุเพศ) จำนวน 20 ตัว ต่อเดือนเป็นเวลา 12 เดือน แล้วนำปลาแต่ละตัวมาชั่งน้ำหนักปลาทั้งตัว จากนั้นนำไปผ่าท้องแล้ว นำเอาส่วนของรังไข่ อัณฑะ และเครื่องในส่วนที่เหลือมาชั่งน้ำหนักพร้อมจดบันทึกข้อมูลเพื่อหาแนวโน้มความแปรปรวนของน้ำหนักตัวปลา รังไข่ อัณฑะ และเครื่องใน

ขนส่งตัวอย่างรังไข่ อัณฑะ และเครื่องในของปลาโอแถบที่สุ่มออกมาทุกเดือนมายังห้องปฏิบัติการคณะอุตสาหกรรมเกษตรโดยแช่ในน้ำแข็งภายในกล่องโฟม แล้วนำมาเก็บไว้ที่ห้องเย็น อุณหภูมิ - 20 องศาเซลเซียสก่อนที่จะนำไปศึกษาวิเคราะห์ต่อไป

2. การวิเคราะห์ห้องค์ประกอบทางเคมีของรังไข่ อัณฑะ และเครื่องในปลาโอแถบ

ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างที่เก็บมาทุกเดือนประกอบด้วย โปรตีน ความชื้น ไขมัน (AOAC, 1999) และปริมาณไขมัน (Bligh and Dyer, 1959)

3. การสกัดน้ำมันจากรังไข่ อังทะ และเครื่องในปลาทูน่าโดยกรรมวิธีที่แตกต่างกัน

ทำการสกัดน้ำมันจากตัวอย่างรังไข่ อังทะ และเครื่องในปลาโอแถบที่เก็บมาทุกเดือนด้วยการใช้ตัวทำละลายที่แตกต่างกัน 2 วิธี คือ

3.1 การใช้คลอโรฟอร์มและเมทานอล (CM : Bligh and Dyer, 1959)

3.2 การใช้เฮกเซนและไอโซโพรพานอล (HIP : Hara and Radin, 1979)

รายละเอียดของกระบวนการสกัดดังแสดงในภาพที่ 9 และ 10 ตามลำดับ

4. วิเคราะห์ปริมาณและสมบัติของน้ำมันที่สกัดได้

นำน้ำมันที่ได้จากข้อ 3.1 และ 3.2 ของแต่ละเดือนมาวิเคราะห์ปริมาณและสมบัติของน้ำมันประกอบด้วย

- ปริมาณน้ำมัน (Bligh and Dyer, 1959 : Hara and Radin, 1978)

- ปริมาณฟอสโฟไลปิด (Christie, 1982)

- ความชื้นและสิ่งที่ระเหยได้ (AOCS, 1989)

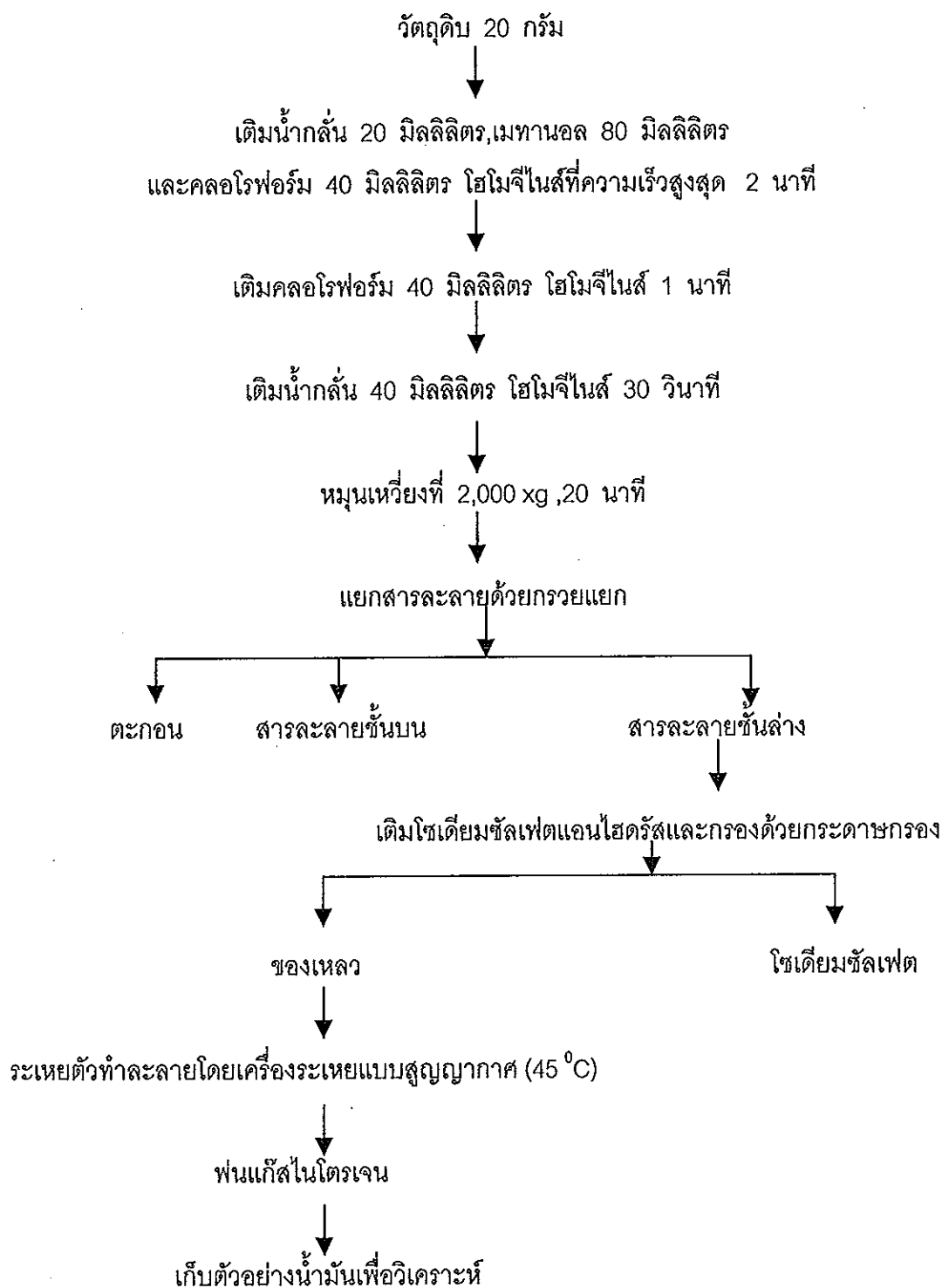
- ค่าไอโอดีนแบบวิจัน (IUPAC, 1979)

- ค่าสaponification (IUPAC, 1979)

- ปริมาณกรดไขมันอิสระ (IUPAC, 1979)

- ชนิดและปริมาณของกรดไขมันโดยใช้ Gas Chromatography (AOCS, 1989)

รายละเอียดวิธีการวิเคราะห์ปรากฏในภาคผนวก หน้า 101 - 109



ภาพที่ 9 การสกัดน้ำมันโดยการใช้ตัวทำละลายคลอโรฟอร์มและเมทานอล
ที่มา : ดัดแปลงจาก Bligh และ Dyer (1959)

5. ศึกษาผลของการเก็บรักษาวัตถุดิบต่อปริมาณและคุณภาพของน้ำมันปลา

นำตัวอย่างวัตถุดิบ (ไข่ อวัยวะเพศผู้ และเครื่องในปลาโอแถบ) มาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 0, 2 และ 4 เดือน โดยทำการศึกษาดังต่อไปนี้

5.1 วิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่

- ปริมาณต่างที่ระเหยได้ทั้งหมด (TVB) (Hasegawa, 1987)
- ปริมาณไตรเมทิลอะมีน (TMA) (Hasegawa, 1987)

รายละเอียดวิธีวิเคราะห์ปรากฏในภาคผนวกหน้า 110 – 113

5.2 สกัดน้ำมันด้วยวิธี Bligh and Dye (1959) และ Hara and Radin (1978) และวิเคราะห์สมบัติของน้ำมัน ดังนี้

- ปริมาณน้ำมัน (Bligh and Dye, 1959 ; Hara and Radin, 1978)
- ปริมาณกรดไขมันอิสระ (IUPAC, 1979)
- ค่าเปอร์ออกไซด์ (IUPAC, 1979)
- ค่า TBARS (Buege and Aust, 1978)

รายละเอียดวิธีวิเคราะห์ปรากฏในภาคผนวกหน้า 104 - 106

6. ศึกษาความคงตัวและการเก็บรักษาน้ำมันปลา

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติของน้ำมันปลาระหว่างการเก็บรักษา โดยนำน้ำมันที่สกัดได้จากไข่ อวัยวะเพศผู้ และเครื่องในของปลาโอแถบโดยวิธีจากข้อ 3.1 และ 3.2 บรรจุในหลอดแก้วใส ปิดฝาด้วยจุพลาสติคจนแน่น หุ้มด้วยฟอยด์เพื่อป้องกันแสง เก็บที่อุณหภูมิ - 20, 4 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 เดือน ทำการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำมันเดือนทุกเดือน ดังนี้

- ปริมาณกรดไขมันอิสระ (IUPAC, 1979)
- ค่าเปอร์ออกไซด์ (IUPAC, 1979)
- ค่า TBARS (Buege and Aust, 1978)
- ชนิดและปริมาณของกรดไขมันโดยใช้ Gas Chromatography (AOCS, 1989)

รายละเอียดวิธีวิเคราะห์ปรากฏในภาคผนวกหน้า 104 - 109

บทที่ 3

ผลและวิจารณ์

ปริมาณรังไข่ อัณฑะ และเครื่องในของปลาโอแถบ

จากการสุ่มตัวอย่างปลาโอแถบระหว่างเดือนเมษายน 2542 – เมษายน 2543 จากแหล่งจับ 2 แหล่ง คือ มหาสมุทรแปซิฟิกและมหาสมุทรอินเดีย ก่อนนำเข้าสู่ขั้นตอนการตัดหัว ควักไส้ พบว่าปลาโอแถบจากมหาสมุทรแปซิฟิก มีน้ำหนักอยู่ในช่วง 2.41 – 5.71 กิโลกรัม มีน้ำหนักรังไข่ อัณฑะ และเครื่องในอยู่ในช่วงร้อยละ 1.49 – 2.89, 1.30 – 2.85 และ 4.69 – 6.73 ของน้ำหนักปลาทั้งตัว ส่วนปลาโอแถบจากมหาสมุทรอินเดียมีน้ำหนักอยู่ในช่วง 2.07 – 5.72 กิโลกรัม มีน้ำหนักรังไข่ อัณฑะ และเครื่องในอยู่ในช่วงร้อยละ 1.30 – 2.58, 1.09 – 2.36 และ 5.85 – 7.64 ของน้ำหนักปลาทั้งตัวตามลำดับ (ตารางที่ 5)

ปริมาณรังไข่ อัณฑะ และเครื่องในของปลาโอแถบมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามน้ำหนักตัวปลา โดยมีความสัมพันธ์กับช่วงเวลาในการฟักตัวของไข่ และระยะการสืบพันธุ์ โดยปลาที่มีน้ำหนักตัวสูงมีน้ำหนักไข่และอัณฑะสูงกว่าปลาที่มีน้ำหนักตัวต่ำ (de Vlaming *et al*, 1992) เช่นเดียวกับไข่ปลา English sole ในระยะคงตัว (spent) มีความยาวลำตัวเฉลี่ย 386.7 มิลลิเมตร มีน้ำหนักไข่ร้อยละ 1.6 ในระยะฟักตัว (resting) ความยาวลำตัวอยู่ในช่วง 393 – 399 มิลลิเมตร มีน้ำหนักไข่ร้อยละ 1.6 – 3.0 ระยะพัฒนาการ (development) ความยาวลำตัวเฉลี่ย 402 มิลลิเมตร น้ำหนักไข่ร้อยละ 8.4 – 25.7 และในระยะที่เจริญเต็มที่ (ripe) ความยาวลำตัว 402 มิลลิเมตร มีน้ำหนักไข่ร้อยละ 30.9 กรัมโดยน้ำหนักแห้ง แสดงให้เห็นว่าเมื่อน้ำหนักตัวของปลาเพิ่มขึ้นส่งผลให้น้ำหนักของไข่ และอัตราการเจริญของไข่เพิ่มขึ้นตามไปด้วย นอกจากนี้ น้ำหนักไข่ปลายังมีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของไข่ อาทิ ไซมัน โปรตีน และเถ้าตามลำดับ (Dygert, 1990)

ข้อมูลที่ได้จากการศึกษานี้จัดเป็นข้อมูลเบื้องต้นที่สามารถบอกได้ว่ากระบวนการผลิตปลาทุ่นอาจบรรจกระป๋องทำให้เกิดวัสดุเศษเหลือส่วนของรังไข่ อัณฑะ และเครื่องในเฉลี่ยร้อยละ 2.01, 1.66 และ 5.86 ของปริมาณวัตถุดิบทั้งหมด ซึ่งเป็นปริมาณที่ค่อนข้างสูง และน่าเสียดายหากไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์ หรือใช้ประโยชน์อย่างไม่คุ้มค่า

ตารางที่ 5 น้ำหนักปลาทั้งตัว รังไข่ อณฑะ และเครื่องในของปลาโอแถบ

ช่วงเวลา การจับปลา	น้ำหนักปลาทั้งตัว ¹ (กก.)	น้ำหนักรังไข่ ² (ร้อยละ)	น้ำหนักอณฑะ ² (ร้อยละ)	น้ำหนักเครื่องใน ² (ร้อยละ)
เม.ย 42 ^a	3.67±0.55	1.64±0.19	1.86±0.85	4.69±0.60
พ.ค 42 ^a	2.41±0.24	1.49±0.69	1.32±0.79	6.73±1.21
มิ.ย 42 ^a	2.65±0.24	1.57±0.56	1.38±0.56	5.32±0.54
ก.ค 42 ^a	3.80±0.51	1.95±0.69	1.69±0.45	4.81±0.45
ส.ค 42 ^a	3.97±0.87	2.34±0.26	1.30±0.40	4.85±0.65
ก.ย 42 ^b	2.90±0.61	1.66±1.32	1.09±0.96	7.50±0.36
ต.ค 42 ^b	5.72±0.20	2.58±1.38	2.36±0.39	7.64±0.65
ธ.ค 42 ^b	2.19±0.34	1.30±0.72	1.09±0.73	6.53±1.63
ม.ค 43 ^a	5.71±0.34	2.88±0.85	2.85±1.13	4.91±2.13
ก.พ 43 ^a	4.56±0.46	2.89±0.83	2.06±0.82	5.01±1.85
มี. ค 43 ^b	3.57±0.47	1.87±0.63	1.71±0.80	5.85±1.56
เม.ย 43 ^b	2.07±0.36	1.91±0.99	1.23±0.34	6.43±1.20

หมายเหตุ ¹ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากปลา 20 ตัว

²เทียบเป็นร้อยละของน้ำหนักปลาทั้งตัว

^aปลาโอแถบจากมหาสมุทรแปซิฟิก, ^bปลาโอแถบจากมหาสมุทรอินเดีย

องค์ประกอบทางเคมีของรังไข่ อณฑะ และเครื่องในปลาโอแถบ

รังไข่ปลาโอแถบ

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของรังไข่ปลาโอแถบที่ได้จากแหล่งจับต่างกันทั้ง 2 แหล่งในช่วงเวลา 12 เดือนมีค่าใกล้เคียงกัน โดยพบว่ามีองค์ประกอบทางเคมีหลักคือความชื้น โปรตีน ไขมัน และไขมันอยู่ในช่วงร้อยละ 70.62 – 74.98, 20.08 – 21.27, 2.11 – 4.18 และ 2.11 – 5.37 โดยน้ำหนักเปียกตามลำดับ (ตารางที่ 6) ปริมาณความชื้นของรังไข่ปลาโอแถบจากการศึกษานี้มีค่าใกล้เคียงกับปริมาณความชื้นจากไข่ปลา cod, herring, saithe, capelin และ sand eel ที่จับจากภาคตะวันตกเฉียงเหนือของยุโรป นั่นคือมีปริมาณความชื้นร้อยละ 74, 74, 72, 70 และ 64 ตามลำดับ แต่มีปริมาณความชื้นต่ำเมื่อเทียบกับไข่ปลา haddock และ whiting ซึ่งมีความชื้นเท่ากับร้อยละ 86 และ 85 ตามลำดับ (Tocher and Sargent, 1984) ปริมาณโปรตีนมี

ค่าใกล้เคียงกับไข่ปลา red drum นั่นคือร้อยละ 19 – 24 โดยน้ำหนักเปียก ปริมาณไขมันของไข่ปลาโอแถบอยู่ในช่วงเดียวกับไข่ปลา Baitic herring, roach และ perch ซึ่งมีปริมาณไขมันร้อยละ 2.4, 3.7 และ 4.1 โดยน้ำหนักเปียกตามลำดับ (Kaitaranta and Ackman, 1981)

องค์ประกอบทางเคมีของรังไข่มีความแปรปรวนตามช่วงเวลาในการจับ หรือช่วงเวลาในการเจริญเติบโต โดยเฉพาะไขมันและโปรตีน นั่นคือปริมาณจะเพิ่มขึ้นในช่วงก่อนวางไข่ จนมีปริมาณสูงสุดในช่วงวางไข่ ซึ่งมีรายงานว่าฤดูกาลวางไข่ของปลาโอแถบที่อาศัยในมหาสมุทรแปซิฟิกอยู่ในช่วงเดือนตุลาคม – มีนาคม (Lajoya and Jolla, 1994) และปลาโอแถบที่อาศัยในมหาสมุทรอินเดียมีฤดูกาลวางไข่อยู่ในช่วงเดือนมกราคม – เมษายน (Jones and Silas, 1963) เนื่องจากโปรตีนและไขมันเป็นองค์ประกอบที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโต กล่าวคือ โปรตีนใช้ในการเจริญของเนื้อเยื่อต่าง ๆ และไขมันถูกเก็บไว้เป็นพลังงานสำรอง สอดคล้องกับการเจริญเติบโตของไข่ปลา English sole ซึ่งมีปริมาณไขมันและโปรตีนเพิ่มขึ้นในช่วงวางไข่ โดยเฉพาะไขมันเพิ่มจากร้อยละ 3 เป็นร้อยละ 5.6 ส่วนปริมาณโปรตีนมีการเปลี่ยนแปลงไม่ชัดเจน (Dyger, 1990)

ตารางที่ 6 องค์ประกอบทางเคมีของรังไข่ปลาโอแถบ¹ (ร้อยละโดยน้ำหนักเปียก)

ช่วงเวลาจับปลา	ความชื้น	โปรตีน	ไขมัน	ไขมัน
เม.ย, 2542 ^a	72.78±0.42	20.12±0.62	2.50±0.17	3.85±0.02
พ.ค, 2542 ^a	73.55±0.58	20.89±0.19	2.82±0.15	2.11±0.05
มิ.ย, 2542 ^a	74.98±0.09	20.84±0.35	2.33±0.04	3.93±0.06
ก.ค, 2542 ^a	72.17±0.28	21.27±0.21	3.63±0.62	2.75±0.02
ส.ค, 2542 ^a	71.53±0.83	20.41±0.62	2.11±0.08	4.82±0.11
ก.ย, 2542 ^b	75.10±0.15	20.67±0.53	2.71±0.09	5.37±0.03
ต.ค, 2542 ^b	70.62±0.09	20.31±0.24	2.13±0.25	3.77±0.04
ธ.ค, 2542 ^b	73.27±0.61	20.88±0.28	3.06±0.08	3.53±0.06
ม.ค, 2543 ^a	72.71±0.26	20.93±0.22	2.63±0.03	5.04±0.18
ก.พ, 2543 ^a	71.18±0.26	20.59±0.12	2.53±0.06	3.93±0.19
มี.ค, 2543 ^b	74.71±0.51	21.01±0.34	4.18±0.22	5.04±0.16
เม.ย, 2543 ^b	72.73±0.36	20.08±0.48	3.77±0.12	3.59±0.12

หมายเหตุ ¹ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

^aปลาโอแถบจากมหาสมุทรแปซิฟิก, ^bปลาโอแถบจากมหาสมุทรอินเดีย

อวัยวะปลาโอแถบ

องค์ประกอบทางเคมีของอวัยวะปลาโอแถบมีองค์ประกอบหลักคือ ความชื้น โปรตีน ไขมัน และไขมันอยู่ในช่วงร้อยละ 78.07 – 81.83, 15.33 – 19.94, 1.97 – 2.98 และ 1.91 – 5.28 โดยน้ำหนักเปียกตามลำดับ (ตารางที่ 7) เมื่อเปรียบเทียบกับองค์ประกอบทางเคมีของรังไข่ พบว่าอวัยวะมีปริมาณของความชื้นสูงกว่า ในขณะที่ปริมาณโปรตีนและไขมันต่ำกว่า แต่การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีตามช่วงเวลาในการเจริญเติบโตของอวัยวะของปลาโอแถบมีแนวโน้มเช่นเดียวกับรังไข่ กล่าวคืออวัยวะเป็นแหล่งสะสมโปรตีนและไขมันเพื่อใช้เป็นพลังงานสำรองสำหรับการเจริญของเนื้อเยื่อ และใช้ในกระบวนการสังเคราะห์สเปิร์ม (spermatogenesis) (Norton and Macfarland, 1999) จึงส่งผลให้ในช่วงเวลาดังกล่าวมีปริมาณของโปรตีนและไขมันสูงขึ้นด้วย

ตารางที่ 7 องค์ประกอบทางเคมีของอัตรทะเลปลาโอแถบ¹ (ร้อยละโดยน้ำหนักเปียก)

ช่วงเวลาจับปลา	ความชื้น	โปรตีน	เถ้า	ไขมัน
เม.ย, 2542 ^a	79.90±0.20	15.33±0.85	2.40±0.04	2.68±0.12
พ.ค, 2542 ^a	78.07±0.04	17.95±0.94	2.81±0.25	1.91±0.04
มิ.ย, 2542 ^a	78.82±0.02	18.46±0.44	2.52±0.03	2.84±0.04
ก.ค, 2542 ^a	80.28±0.26	16.62±0.65	1.97±0.04	2.48±0.05
ส.ค, 2542 ^a	78.19±0.01	19.82±0.16	2.76±0.15	2.62±0.10
ก.ย, 2542 ^b	81.83±1.84	18.56±0.24	1.98±1.02	2.07±0.06
ต.ค, 2542 ^b	78.63±2.14	19.41±0.80	2.65±0.85	2.32±0.04
ธ.ค, 2542 ^b	80.40±1.60	18.48±1.06	2.23±0.06	3.11±0.08
ม.ค, 2543 ^a	80.90±0.21	19.94±0.07	2.50±0.03	4.72±0.03
ก.พ, 2543 ^a	79.45±0.15	17.91±0.33	2.57±0.05	2.64±0.07
มี.ค, 2543 ^b	79.41±0.90	18.56±0.14	2.89±0.04	5.28±0.80
เม.ย, 2543 ^b	78.41±0.90	18.01±2.22	2.98±0.32	4.53±0.90

หมายเหตุ ¹ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

^aปลาโอแถบจากมหาสมุทรแปซิฟิก, ^bปลาโอแถบจากมหาสมุทรอินเดีย

เครื่องในปลาโอแถบ

องค์ประกอบทางเคมีของเครื่องในปลาโอแถบได้แก่ ปริมาณความชื้นและสิ่งที่จะเหยได้ โปรตีน เถ้า และไขมันอยู่ในช่วงร้อยละ 72.31 – 77.35, 16.26 – 19.76, 1.51 – 2.50 และ 1.74 – 2.44 โดยน้ำหนักเปียกตามลำดับ (ตารางที่ 8) ตัวอย่างเครื่องในปลาโอแถบที่จับจากมหาสมุทรแปซิฟิกในเดือนสิงหาคม 2542 มีองค์ประกอบทางเคมีใกล้เคียงกับตัวอย่างชนิดเดียวกันที่จับในช่วงเดือนกันยายน – สิงหาคม 2537 (จิตรวดี ไตรรกพันธุ์, 2540) ยกเว้นปริมาณไขมันเนื่องจากวิธีการวิเคราะห์ที่ต่างกัน โดยใช้วิธีการของ Bligh and Dyer (1959) มีค่าต่ำกว่าการใช้วิธี Soxhlet (AOAC, 1990) และตัวอย่างเครื่องในปลาโอแถบที่มาจากมหาสมุทรอินเดียในช่วงเดือนธันวาคม 2538 ซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมีดังกล่าวร้อยละ 76.12, 18.31, 2.78 และ 2.29 โดยน้ำหนักเปียกตามลำดับ (อัจฉริยา เชื้อชวยชู, 2542) พบว่าให้ผลใกล้เคียงกันกับตัวอย่างที่จับจากแหล่งเดียวกันในช่วงเดือนธันวาคม 2542 ยกเว้นปริมาณเถ้าซึ่งผลจากการศึกษานี้มีค่าต่ำกว่า

สันนิษฐานว่าเนื่องจากการสุ่มตัวอย่างในการวิเคราะห์ที่แตกต่างกัน แต่ทั้งนี้ปริมาณโปรตีนและไขมันของเครื่องในปลาโอแถบมีปริมาณสูงในช่วงก่อนวางไข่ เนื่องจากเวลาดังกล่าวเป็นช่วงที่ปลากินอาหารและเริ่มสะสมอาหารเพื่อไว้ใช้ในการเจริญเติบโต และการสืบพันธุ์ โดยองค์ประกอบหลักคือโปรตีนและไขมันจะถูกเก็บไว้ส่วนนี้ก่อนนำไปใช้ในการเจริญของอวัยวะแสดงเพศต่อไป (Singh and Singh, 1990)

ตารางที่ 8 องค์ประกอบทางเคมีของเครื่องในปลาโอแถบ¹ (ร้อยละโดยน้ำหนักเปียก)

ช่วงเวลาจับปลา	ความชื้น	โปรตีน	เถ้า	ไขมัน
เม.ย, 2542 ^a	76.68±0.35	16.26±0.65	1.61±0.07	2.44±0.09
พ.ค, 2542 ^a	75.68±0.27	17.24±0.83	1.89±0.02	2.02±0.03
มิ.ย, 2542 ^a	77.35±0.39	18.68±0.09	2.50±0.07	1.91±0.01
ก.ค, 2542 ^a	74.77±0.29	17.35±0.59	1.59±0.01	2.09±0.02
ส.ค, 2542 ^a	74.71±0.73	18.97±0.37	1.68±0.02	2.32±0.02
ก.ย, 2542 ^b	74.33±0.05	19.76±1.00	1.58±0.08	2.13±0.08
ต.ค, 2542 ^b	75.90±1.04	18.98±0.80	1.98±0.04	2.18±0.03
ธ.ค, 2542 ^b	75.14±0.26	19.13±0.08	1.51±0.90	2.14±0.65
ม.ค, 2543 ^a	75.59±0.03	19.52±0.19	2.03±0.03	2.02±0.09
ก.พ, 2543 ^a	72.31±0.31	18.40±0.19	2.40±0.08	1.74±0.06
มี.ค, 2543 ^b	75.26±0.90	19.48±1.20	1.89±0.06	1.74±0.25
เม.ย, 2543 ^b	73.56±0.10	18.83±1.10	1.93±0.02	2.05±0.08

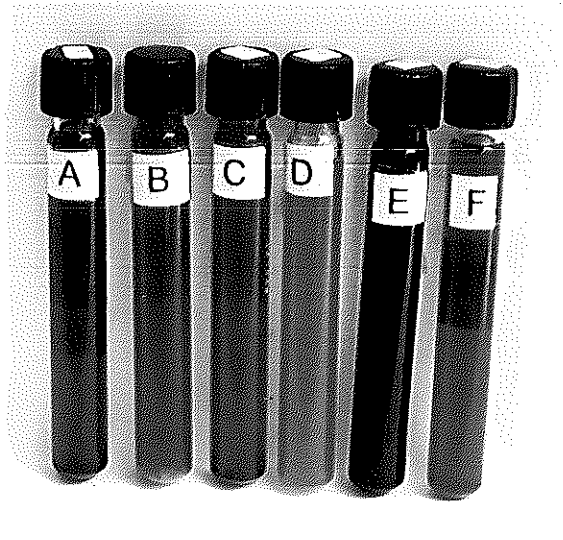
หมายเหตุ ¹ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

^aปลาโอแถบจากมหาสมุทรแปซิฟิก, ^bปลาโอแถบจับจากมหาสมุทรอินเดีย

องค์ประกอบทางเคมีของรังไข่ อังทะ และเครื่องในปลาโอแถบที่จับได้จากแหล่งจับต่างกัน 2 แหล่งพบว่ามีความสำคัญโดยเฉพาะโปรตีนและไขมันสูง เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับส่วนของเนื้อปลาโอแถบซึ่งมีปริมาณใกล้เคียงกัน คือมีโปรตีนร้อยละ 19.32 – 25.57 และไขมันร้อยละ 1.40 – 3.58 โดยน้ำหนักเปียก (Balogun and Talabi, 1986) จึงถือว่าวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการศึกษานี้มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ควรมีการนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์กับสุขภาพร่างกายมนุษย์

การสกัดน้ำมันจากรังไข่ อ้วนตะ และเครื่องในปลาโอแถบ

การสกัดน้ำมันจากรังไข่ อ้วนตะ และเครื่องในของปลาโอแถบที่จับจากแหล่งต่างกัน 2 แหล่งในช่วงเวลา 12 เดือนโดยวิธีการที่แตกต่างกัน คือการใช้ตัวทำละลายคลอโรฟอร์มและเมทานอล (CM : Bligh and Dyer, 1959) และการใช้ตัวทำละลายเฮกเซนและไอโซโพรพานอล (HIP : Hara and Radin, 1978) สังเกตพบว่าตัวอย่างน้ำมันจากเครื่องในมีสีเข้มกว่าตัวอย่างที่สกัดจากรังไข่ และอ้วนตะ (ภาพที่ 11) ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะตัวของวัตถุดิบแต่ละชนิด และพบว่าวิธีการสกัดโดยใช้ CM มีแนวโน้มของสีเข้มกว่าการใช้ HIP เนื่องจาก การสกัดน้ำมันโดยใช้ CM จะสกัดเอาสารที่ไม่ใช่ไลปิด (nonlipid) เช่น โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และเม็ดสี ได้แก่ คาร์โรทีนอยด์ออกมาได้สูงกว่า (Kolarovic and Fournine, 1986 ; Stansby, 1990)



ภาพที่ 11 ลักษณะปรากฏของน้ำมันที่สกัดจากรังไข่ อ้วนตะ และเครื่องในของปลาโอแถบ

- A = น้ำมันจากรังไข่ปลาโอแถบที่สกัดโดยการใช้คลอโรฟอร์มและเมทานอล
- B = น้ำมันจากรังไข่ปลาโอแถบที่สกัดโดยการใช้เฮกเซนและไอโซโพรพานอล
- C = น้ำมันจากอ้วนตะปลาโอแถบที่สกัดโดยการใช้คลอโรฟอร์มและเมทานอล
- D = น้ำมันจากอ้วนตะปลาโอแถบที่สกัดโดยการใช้เฮกเซนและไอโซโพรพานอล
- E = น้ำมันจากเครื่องในปลาโอแถบที่สกัดโดยการใช้คลอโรฟอร์มและเมทานอล
- F = น้ำมันจากเครื่องในปลาโอแถบที่สกัดโดยการใช้เฮกเซนและไอโซโพรพานอล

เมื่อทำการตรวจสอบปริมาณน้ำมัน และปริมาณฟอสโฟไลปิดในน้ำมัน ได้ผลดังนี้คือ

ปริมาณน้ำมัน

การศึกษาปริมาณน้ำมันจากรังไข่ อัณฑะ และเครื่องในของปลาโอแถบที่จับจากมหาสมุทรแปซิฟิก และมหาสมุทรอินเดียในรอบ 12 เดือน โดยวิธีการสกัดต่างกัน 2 วิธีคือวิธีการใช้ CM และวิธีการใช้ HIP ได้ผลดังแสดงในภาพที่ 12 โดยมีรายละเอียดดังนี้

ปริมาณน้ำมันจากรังไข่ปลาโอแถบ

ปริมาณน้ำมันซึ่งสกัดจากรังไข่ของปลาโอแถบจากมหาสมุทรแปซิฟิก (ภาพที่ 12(1) (ก)) มีความแตกต่างตามช่วงเวลาในการจับ ($P < 0.05$) นั่นคือปริมาณน้ำมันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และมีค่าสูงสุดในเดือนมกราคมเท่ากับร้อยละ 5.04 และ 4.07 โดยน้ำหนักเปียกจากการสกัดโดยใช้ CM และ HIP ตามลำดับ ซึ่งในช่วงดังกล่าวเป็นช่วงฤดูการวางไข่ของปลาโอแถบตามรายงานของ Lajoya และ Jolla (1994) และปริมาณน้ำมันลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ซึ่งเป็นช่วงหลังวางไข่ สำหรับวัตถุดิบจากมหาสมุทรอินเดีย มีปริมาณน้ำมันสูงสุดในเดือนมีนาคมเท่ากับร้อยละ 5.04 และ 4.64 โดยน้ำหนักเปียก (ภาพที่ 12(1) (ข)) ซึ่งในช่วงดังกล่าวเป็นฤดูการวางไข่ของปลาโอแถบที่อาศัยในมหาสมุทรอินเดีย ตามรายงานของ Jones และ Silas (1963) จึงทำให้ในช่วงเวลาดังกล่าวมีการสะสมน้ำมันไว้ในส่วนของรังไข่สูง สำหรับใช้เป็นแหล่งพลังงานสำรองในการเจริญเติบโตในช่วงของการสืบพันธุ์ การเจริญของไข่และตัวอ่อน พลังงานสำรองดังกล่าวอยู่ในรูปของไขมัน โปรตีน และคาร์โบไฮเดรต โดยที่ส่วนใหญ่ร้อยละ 70 – 80 เป็นส่วนของไขมัน (Blaxter, 1969 ; Sargent *et al.*, 1989 ; Sargent, 1995) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Singh และ Singh (1990) ที่พบว่าปริมาณน้ำมันของไข่ปลาตุก (*Heteropneustes fossilis*) เพิ่มขึ้นจากช่วงพักตัว (resting) ช่วงเตรียมตัว (preparatory) ช่วงก่อนวางไข่ (prespawning) และมีปริมาณสูงสุดในช่วงวางไข่ (spawning) จากนั้นจึงลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงหลังจากวางไข่ (post-spawning) และเช่นเดียวกับปริมาณไขมันที่เป็นองค์ประกอบของอวัยวะสืบพันธุ์ของปลาตัวแบน (yellowtail rockfish) มีค่าเพิ่มขึ้นจนมีปริมาณสูงสุดในช่วงการวางไข่ (Norton and Macfaland, 1990)

การสกัดน้ำมันที่แตกต่างกัน 2 วิธี ส่งผลให้ปริมาณน้ำมันที่สกัดได้แตกต่างกัน ($P < 0.05$) การสกัดโดยใช้ CM สามารถสกัดน้ำมันได้ปริมาณสูงกว่าการใช้ HIP ประสิทธิภาพในการสกัดที่ต่างกันนี้อาจเนื่องจากสมบัติของตัวทำละลายที่แตกต่างกัน ได้แก่ ความมีขั้วของตัวทำละลาย (polarity) และค่าการละลาย (solubility) กล่าวคือความมีขั้วควรใกล้เคียงกับน้ำมันที่ต้องการสกัดจึงจะสามารถสกัดน้ำมันได้ปริมาณสูง (Christie, 1982) ตัวทำละลายที่ใช้ในการศึกษานี้สามารถเรียงลำดับความมีขั้วจากสูงไปหาต่ำ คือ เมทานอล ไอโซโพรพานอล

คลอโรฟอร์ม และเฮกเซน ส่วนค่าการละลายที่เหมาะสมของตัวทำละลายที่ใช้คู่กัน สารชนิดที่หนึ่งควรมีค่าการละลายสูงกว่าของน้ำมันที่ต้องการสกัด ส่วนสารชนิดที่สองควรมีค่าการละลายต่ำกว่าของน้ำมันที่ต้องการสกัดจึงจะสามารถสกัดน้ำมันได้ปริมาณสูง จากการศึกษาสามารถเรียงลำดับค่าการละลายของตัวทำละลายจากสูงไปหาต่ำ คือเมทานอล คลอโรฟอร์ม เฮกเซน และไอโซโพรพานอล (Reichardt, 1988) นอกจากนี้ Christie (1982) ยังได้กล่าวว่าการสกัดโดยใช้ CM เหมาะกับตัวอย่างเนื้อเยื่อที่ผ่านการเก็บรักษาโดยการแช่เยือกแข็ง จากเหตุผลดังกล่าวจึงทำให้การสกัดโดยใช้ตัวทำละลายคลอโรฟอร์มและเมทานอลสามารถสกัดน้ำมันได้ปริมาณสูงกว่า

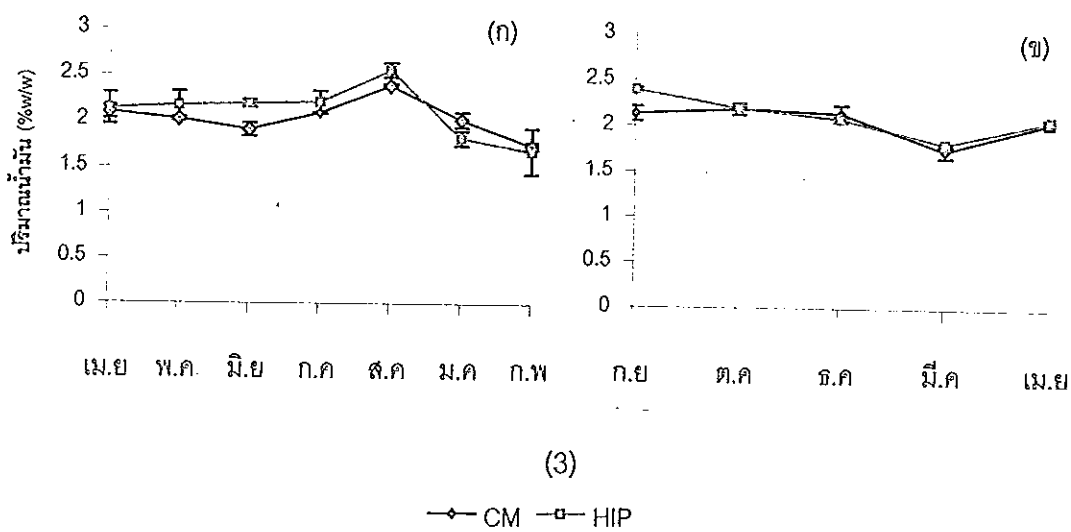
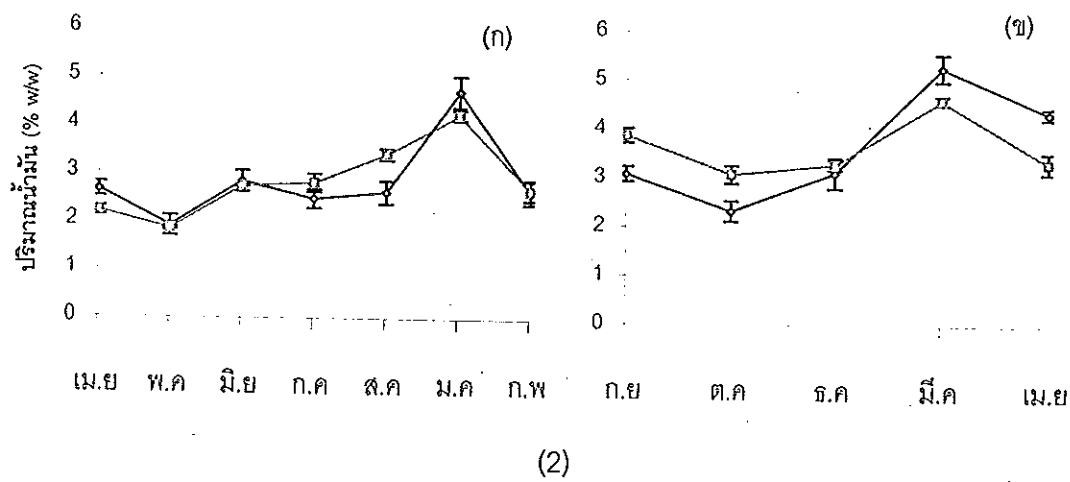
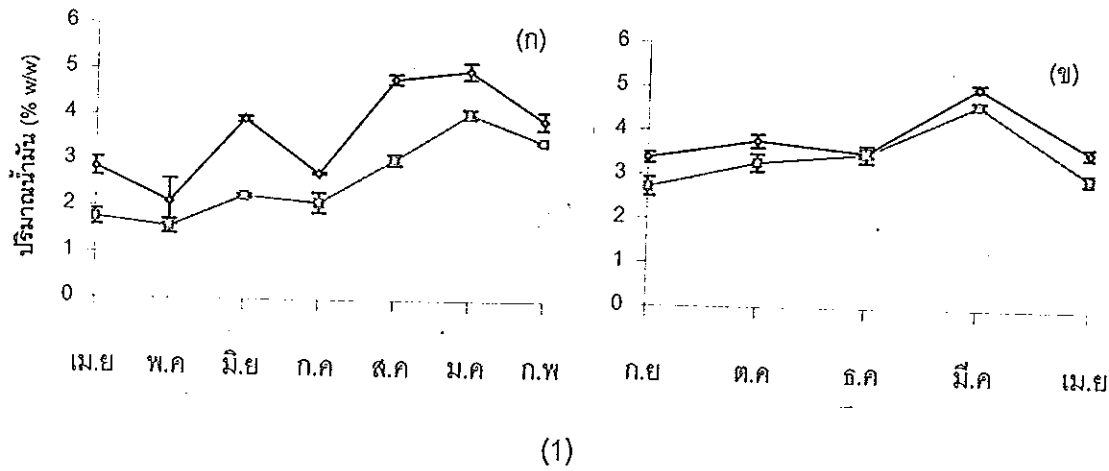
ปริมาณน้ำมันจากอณฑะปลาโอแถบ

ปริมาณน้ำมันที่สกัดจากอณฑะของปลาโอแถบจากมหาสมุทรแปซิฟิก และมหาสมุทรอินเดีย (ภาพที่ 12(2)) มีความแตกต่างกันตามช่วงเวลาในการจับ ($P < 0.05$) โดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และมีปริมาณสูงสุดในเดือนมกราคมเท่ากับร้อยละ 4.72 และ 4.23 โดยน้ำหนักเปียก และมีปริมาณลดลงอย่างชัดเจนในเดือนกุมภาพันธ์ ส่วนวัตถุดิบที่มาจากมหาสมุทรอินเดีย พบว่ามีปริมาณสูงสุดในเดือนมีนาคม เท่ากับร้อยละ 5.28 และ 4.61 โดยน้ำหนักเปียกจากการสกัดโดยใช้ CM และ HIP ตามลำดับ ซึ่งเป็นแนวโน้มที่คล้ายคลึงกันกับปริมาณน้ำมันที่สกัดจากรังไข่เนื่องจากในฤดูกาลวางไข่ ปลามีการสะสมไขมันสูงในบริเวณอวัยวะสืบพันธุ์ (Sikorski *et al.*, 1990) การสกัดน้ำมันโดยวิธีการสกัดที่แตกต่างกันทั้ง 2 วิธีให้ปริมาณน้ำมันไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) ในวัตถุดิบจากมหาสมุทรแปซิฟิก แต่ให้ปริมาณแตกต่างกัน ($P < 0.05$) ในวัตถุดิบจากมหาสมุทรอินเดีย แต่อย่างไรก็ตามการสกัดโดยใช้ HIP มีแนวโน้มให้ประสิทธิภาพในการสกัดสูงกว่า CM เนื่องจากองค์ประกอบของน้ำมันจากอณฑะมีความเป็นขี้สูงกว่านั่นเอง

ปริมาณน้ำมันจากเครื่องในปลาโอแถบ

ปริมาณน้ำมันที่สกัดจากเครื่องในของปลาโอแถบจากมหาสมุทรแปซิฟิก และมหาสมุทรอินเดีย (ภาพที่ 12(3)) มีปริมาณน้ำมันแตกต่างกันตามช่วงเวลาในการจับ ($P < 0.05$) โดยวัตถุดิบจากมหาสมุทรแปซิฟิกมีปริมาณน้ำมันสูงสุดในเดือนสิงหาคม เท่ากับร้อยละ 2.39 และ 2.56 โดยน้ำหนักเปียก ส่วนวัตถุดิบที่มาจากมหาสมุทรอินเดียมีปริมาณน้ำมันลดลงต่ำสุดในเดือนมีนาคม เท่ากับร้อยละ 1.74 และ 1.81 โดยน้ำหนักเปียกจากการสกัดโดยใช้ CM และ HIP ตามลำดับ และการสกัดน้ำมันโดยตัวทำละลายทั้ง 2 กลุ่มให้ประสิทธิภาพในการสกัดแตกต่างกัน ($P < 0.05$) ในวัตถุดิบจากมหาสมุทรแปซิฟิก แต่ปริมาณน้ำมันไม่แตกต่างกันในวัตถุดิบที่มาจากมหาสมุทรอินเดีย ทั้งนี้การสกัดโดยใช้ CM มีแนวโน้มให้ปริมาณน้ำมันสูงกว่าการสกัดโดยใช้ HIP

การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำมันจากเครื่องในปลาทูน่าที่จับจากทั้ง 2 แหล่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและลดลงตามช่วงเวลาในการเจริญเติบโตและการสืบพันธุ์ โดยมีปริมาณสูงสุดในช่วงก่อนวางไข่ และมีปริมาณต่ำสุดในช่วงวางไข่ เนื่องจากช่วงก่อนการวางไข่ ปลาต้องกินอาหารปริมาณสูง เกิดการสะสมอยู่ในเครื่องใน และกล้ามเนื้อ (Bandarra *et al.*, 1997 ; Gallagher *et al.*, 1991) หลังจากนั้นจะถูกนำไปเก็บไว้ในอวัยวะสืบพันธุ์เป็นพลังงานสำรองของตัวอ่อนในช่วงการวางไข่ต่อไป ทั้งนี้ในช่วงวางไข่ ปลาจะกินอาหารน้อยมากทำให้ปริมาณน้ำมันในส่วนเครื่องในลดลงตามลำดับ (Singh and Singh, 1990)



ภาพที่ 12 ปริมาณน้ำมัน : รังไข่ (1), อัณฑะ (2) และเครื่องใน (3) จากปลาโอแถบ

(ก) : วัตถุดิบจากมหาสมุทรแปซิฟิก, (ข) : วัตถุดิบจากมหาสมุทรอินเดีย

—○— CM —□— HIP

ปริมาณฟอสโฟไลปิด

การศึกษาปริมาณฟอสโฟไลปิดของน้ำมันที่สกัดจากรังไข่ อัมตะ และเครื่องในของปลาโอแถบที่มาจากมหาสมุทรแปซิฟิก และมหาสมุทรอินเดียในรอบ 12 เดือน โดยวิธีการสกัดต่างกัน 2 วิธีคือการใช้ CM และ HIP ได้ผลดังแสดงในภาพที่ 13

ปริมาณฟอสโฟไลปิดของน้ำมันจากรังไข่ปลาโอแถบ

ปริมาณฟอสโฟไลปิดของน้ำมันที่สกัดจากรังไข่ของปลาโอแถบจากมหาสมุทรแปซิฟิก (ภาพที่ 13(1) (ก)) มีปริมาณแตกต่างกันตามช่วงเวลาในการจับ ($P < 0.05$) โดยมีปริมาณสูงสุดเดือนมกราคมเท่ากับร้อยละ 65.85 และ 68.79 และมีปริมาณลดลงอย่างรวดเร็วในเดือนกุมภาพันธ์เท่ากับร้อยละ 54.06 และ 53.60 ของปริมาณน้ำมันทั้งหมดจากการสกัดด้วย CM และ HIP ตามลำดับ สำหรับน้ำมันที่สกัดจากวัตถุดิบที่มาจากมหาสมุทรอินเดีย (ภาพที่ 13(1) (ข)) มีปริมาณสูงสุดในเดือนมีนาคมเท่ากับร้อยละ 67.12 และ 70.67 ของปริมาณน้ำมันทั้งหมดจากการสกัด CM และ HIP ตามลำดับ การเพิ่มขึ้นและลดลงของปริมาณฟอสโฟไลปิดในการศึกษานี้ขึ้นอยู่กับช่วงเวลาในการจับ นั่นคือปริมาณฟอสโฟไลปิดเปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลาของการดำรงชีวิตและการสืบพันธุ์ เนื่องจากฟอสโฟไลปิดเป็นองค์ประกอบหลักที่สำคัญของน้ำมันที่สกัดจากไข่ โดยมีปริมาณสูงถึงร้อยละ 71.7, 69.0, 71.3, 61.2 และ 66.5 ของปริมาณน้ำมันทั้งหมดจากน้ำมันของไข่ปลา cod, herring, haddock, whiting และ ปลา saithe ตามลำดับ (Tocher and Sargent, 1984) นอกจากนี้ยังพบว่าฟอสโฟไลปิดเป็นส่วนประกอบหลักของน้ำมันที่สกัดจากไข่ปลา Baltic herring, roach และปลา cod โดยมีปริมาณเท่ากับร้อยละ 86.4, 77.8 และ 76.4 ของปริมาณน้ำมันทั้งหมด (Kaitaranta and Ackman, 1981) จึงสามารถเห็นการเปลี่ยนแปลงได้ชัดเจนเช่นเดียวกับปริมาณน้ำมันทั้งหมด นั่นคือขณะที่ปลาอยู่ในช่วงวางไข่ ปริมาณน้ำมันทั้งหมดมีปริมาณสูงสุด ในช่วงดังกล่าวนี้ปริมาณของฟอสโฟไลปิดจึงมีปริมาณสูงสุดเช่นเดียวกัน Vetter และ Hobson (1983) รายงานว่าพลังงานส่วนใหญ่สำหรับการเจริญของตัวอ่อนของปลา red drum (มากกว่าร้อยละ 98) ได้มาจากส่วนของไขมัน และชนิดของไขมันที่เป็นองค์ประกอบหลักของน้ำมันจากไข่ปลา คือฟอสโฟไลปิดนั่นเอง

ปริมาณฟอสโฟไลปิดของน้ำมันที่สกัดจากอัมตะของปลาโอแถบ

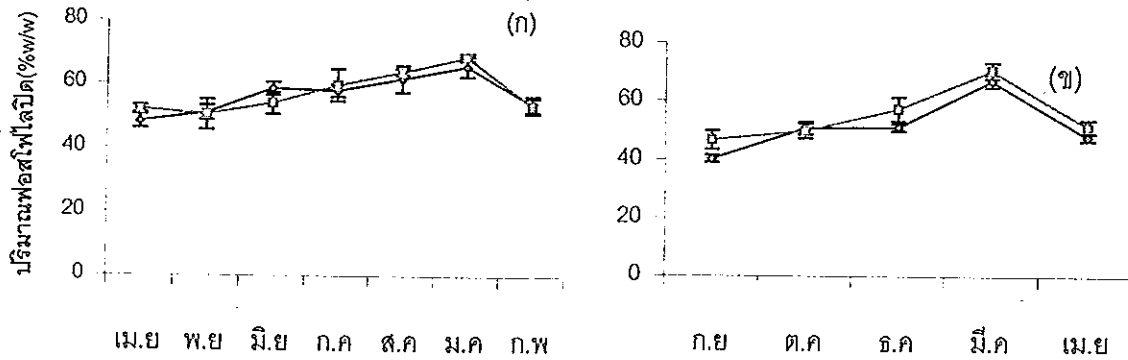
ปริมาณฟอสโฟไลปิดของน้ำมันที่สกัดจากอัมตะของปลาโอแถบจากมหาสมุทรแปซิฟิก (ภาพที่ 13(2) (ก)) มีปริมาณแตกต่างกันตามช่วงเวลาในการจับ ($P < 0.05$) โดยมีปริมาณสูงสุดในเดือนมกราคมเท่ากับร้อยละ 72.27 และ 73.78 และลดลงอย่างรวดเร็วในเดือนกุมภาพันธ์เท่ากับร้อยละ 50.13 และ 56.89 ของปริมาณน้ำมันทั้งหมด สำหรับน้ำมันที่สกัดจากวัตถุดิบจาก

มหาสมุทรอินเดีย (ภาพที่ 13(2) (ข)) พบว่ามีปริมาณสูงสุดในเดือนมีนาคมเท่ากับร้อยละ 75.82 และ 76.26 ของปริมาณน้ำมันทั้งหมด จากการสกัดด้วย CM และ HIP ตามลำดับ แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณฟอสโฟไลปิดของน้ำมันจากอัตรหะของปลาโอแถบคล้ายคลึงกับน้ำมันจากไข่ คือมีปริมาณสูงสุดในช่วงวางไข่ดังได้กล่าวมาแล้ว

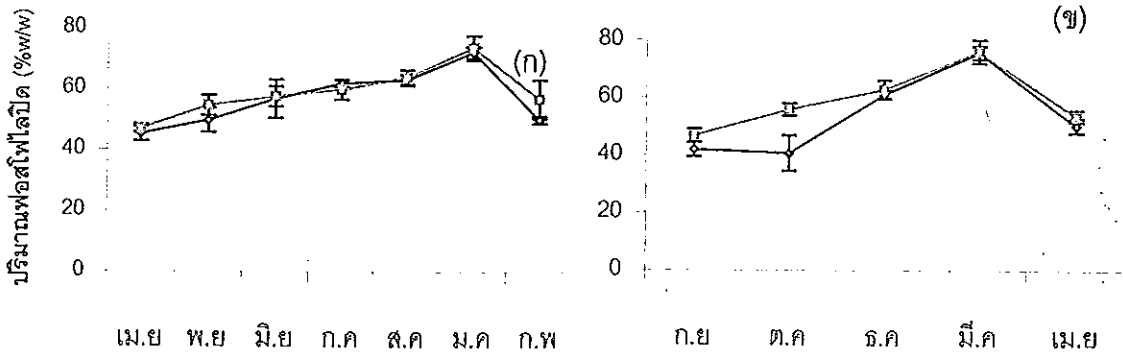
ปริมาณฟอสโฟไลปิดของน้ำมันที่สกัดจากเครื่องในปลาโอแถบ

ปริมาณฟอสโฟไลปิดของน้ำมันที่สกัดจากเครื่องในของปลาโอแถบจากมหาสมุทรแปซิฟิก (ภาพที่ 13(3) (ก)) มีความแตกต่างกันตามช่วงเวลาในการจับ ($P < 0.05$) โดยมีปริมาณสูงสุดในเดือนสิงหาคม เท่ากับร้อยละ 49.66 และ 49.94 ของปริมาณน้ำมันทั้งหมดและลดลงอย่างรวดเร็วในเดือนมกราคม สำหรับน้ำมันที่สกัดจากวัตถุดิบจากมหาสมุทรอินเดีย (ภาพที่ 13(1) (ข)) มีปริมาณฟอสโฟไลปิดสูงสุดในเดือนธันวาคมเท่ากับร้อยละ 47.91 และ 51.15 ของปริมาณน้ำมันทั้งหมดจากการสกัดด้วย CM และ HIP ตามลำดับ จากผลการวิเคราะห์นี้พบว่าปริมาณฟอสโฟไลปิดของเครื่องในปลาโอแถบมีค่าสูงสุดในช่วงก่อนการวางไข่ ซึ่งเป็นช่วงที่ปลากินอาหารและสะสมอาหาร ในช่วงดังกล่าวน้ำมันส่วนใหญ่ถูกสะสมอยู่ในส่วนของเครื่องในมากกว่าส่วนอื่น โดยเฉพาะในส่วนกระเพาะและตับ

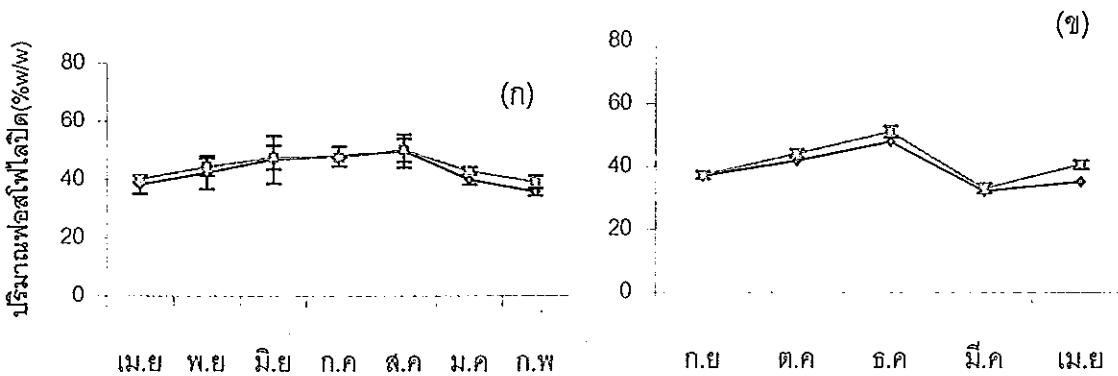
วิธีการในการสกัดน้ำมันที่แตกต่างกัน ทำให้ปริมาณฟอสโฟไลปิดในวัตถุดิบทั้ง 3 ส่วนแตกต่างกัน ($P < 0.05$) โดยน้ำมันที่สกัดโดยใช้ HIP สามารถสกัดฟอสโฟไลปิดได้ปริมาณมากกว่าการใช้ CM เนื่องจากสารผสมของเฮกเซนและไอโซโพรพานอลมีความเป็นขั้วเหมาะสมในการสกัดน้ำมันกลุ่ม polar lipid ซึ่งส่วนใหญ่คือ ฟอสโฟไลปิด (Hara and Radin, 1978 ; Kolarovic and Fournier, 1986)



(1)



(2)



(3)

—○— CM —□— HIP

ภาพที่ 13 ปริมาณฟอสฟอรัสที่ปลดปล่อยของน้ำมันที่สกัดจาก : รังไข่ (1), อังทะ (2) และเครื่องใน (3) ปลาโอแถบ

(ก) : วัตถุดิบจากมหาสมุทรแปซิฟิก, (ข) : วัตถุดิบจากมหาสมุทรอินเดีย

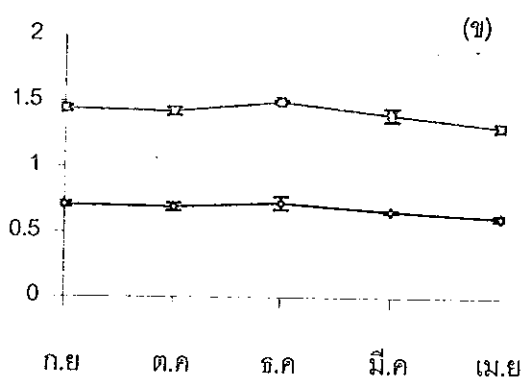
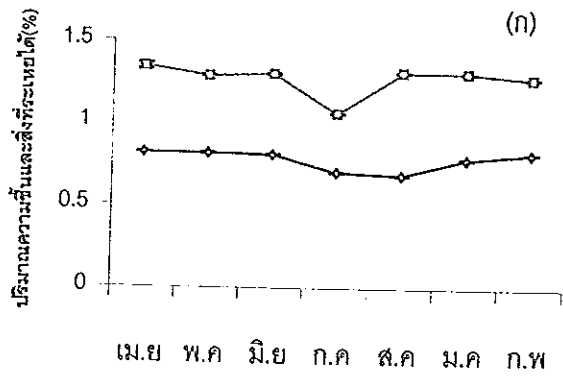
สมบัติของน้ำมันที่สกัดจากรังไข่ อัณฑะ และเครื่องในปลาโอแถบ

ตัวอย่างน้ำมันที่สกัดจากรังไข่ อัณฑะ และเครื่องในของปลาโอแถบที่จับจากแหล่งต่างกัน 2 แหล่ง คือมหาสมุทรแปซิฟิก และมหาสมุทรอินเดียในรอบ 12 เดือน โดยวิธีการสกัดที่แตกต่างกัน 2 วิธีคือการสกัดด้วย CM และ HIP นำมาตรวจสอบสมบัติของน้ำมัน ได้แก่ ปริมาณความชื้นและสิ่งที่จะเหยยได้ ค่าไอโอดีน ค่าสะปอนิฟิเคชัน ปริมาณกรดไขมันอิสระ ชนิดและปริมาณของกรดไขมัน ได้ผลดังนี้คือ

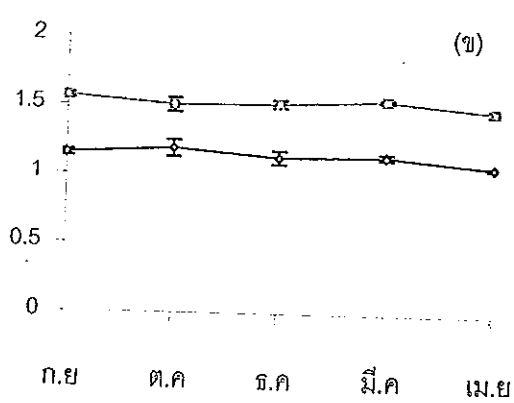
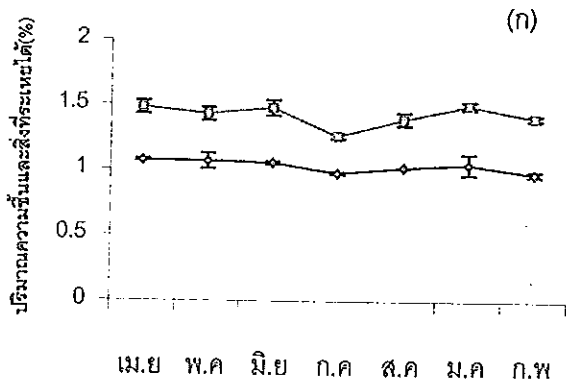
ปริมาณความชื้นและสิ่งที่จะเหยยได้

ปริมาณความชื้นและสิ่งที่จะเหยยได้เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสและออกซิเดชันของน้ำมัน เนื่องจากความชื้นที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้การเคลื่อนที่ของตัวเร่งเพิ่มขึ้น จึงทำให้ปฏิกิริยาเกิดได้ดีขึ้นตามไปด้วย ปริมาณความชื้นและสิ่งที่จะเหยยได้ของน้ำมันจากรังไข่ อัณฑะ และเครื่องในแสดงดังภาพที่ 14

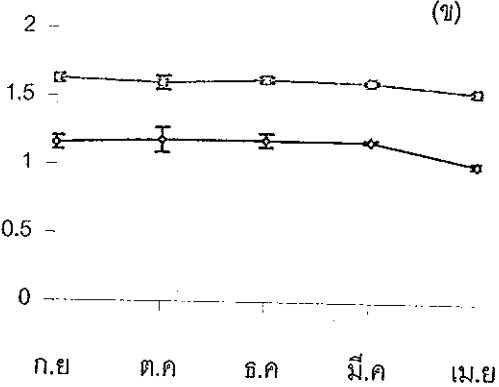
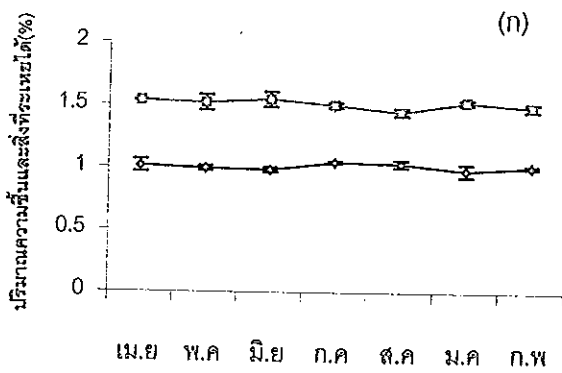
ปริมาณความชื้นและสิ่งที่จะเหยยได้ของน้ำมันซึ่งสกัดจากรังไข่ อัณฑะ และเครื่องในของปลาโอแถบที่จับจากมหาสมุทรแปซิฟิก และมหาสมุทรอินเดีย มีความแตกต่างกัน ($P < 0.05$) ตามวิธีการในการสกัด โดยพบว่าตัวอย่างที่สกัดโดยใช้ CM มีปริมาณต่ำกว่าการใช้ HIP ทั้งนี้เนื่องจากสมบัติของตัวทำละลายที่ต่างกัน กล่าวคือน้ำมันที่สกัดด้วย HIP มีปริมาณความชื้นและสิ่งที่จะเหยยได้สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับอีกวิธี เนื่องจากเป็นการสกัดแบบขั้นเดียว (single phase extraction) การแยกชั้นของเฮกเซนและไอโซโพรพานอลทำโดยการล้างด้วยสารละลายโซเดียมซัลเฟตแอนไฮดรัส ซึ่งไอโซโพรพานอลจะถูกแยกออกไปในขั้นนี้ จากขั้นตอนนี้ทำให้มีความชื้นคงเหลืออยู่ในเฮกเซนสูงถึงร้อยละ 2.5 (Hara and Radin, 1978) ส่วนการสกัดด้วย CM เป็นการสกัดแบบ 2 ชั้น (biphasic extraction) โดยน้ำมันที่ต้องการสกัดจะละลายอยู่ในชั้นของคลอโรฟอร์ม ในขั้นตอนการหมุนเหวี่ยงเพื่อแยกชั้นของคลอโรฟอร์ม เมทานอล และตะกอนแข็ง ทำให้น้ำถูกเหวี่ยงออกมาจากน้ำมันเช่นกัน จึงทำให้ปริมาณความชื้นและสิ่งที่จะเหยยได้ต่ำกว่าการสกัดด้วย HIP ปริมาณความชื้นและสิ่งที่จะเหยยได้ของน้ำมันจากวัตถุดิบทั้ง 3 ชนิดมีค่าต่ำกว่าน้ำมันจากน้ำนิ่งปลาทูน่าที่ได้จากการหมุนเหวี่ยงคือร้อยละ 1.8 (สมบัติ รุ่งศิลป์, 2541) แต่มีปริมาณสูงกว่าน้ำมันจากหัวปลาทูน่าดิบและสุกที่สกัดโดยวิธี wet reduction ซึ่งมีปริมาณความชื้นและสิ่งที่จะเหยยได้เท่ากับร้อยละ 0.06 และ 0.5 ตามลำดับ (นิสิทธิ์ ศรีวิรัตน์, 2543) ความชื้นในน้ำมันอาจส่งผลให้คุณสมบัติอื่น ๆ ของน้ำมันเปลี่ยนแปลงเช่น ค่าสะปอนิฟิเคชันและปริมาณกรดไขมันอิสระ เนื่องจากความชื้นเป็นปัจจัยที่ส่งเสริมปฏิกิริยาออกซิเดชันในน้ำมันนั่นเอง



(1)



(2)



(3)

—◇— CM —□— HIP

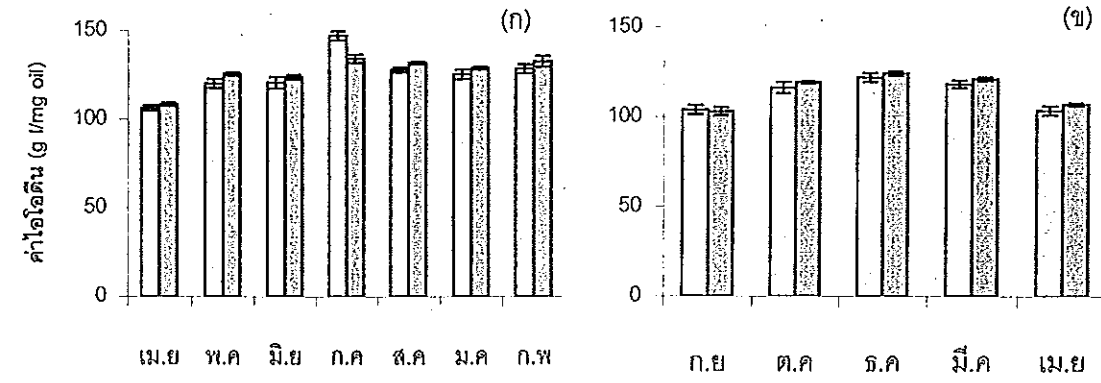
ภาพที่ 14 ปริมาณความชื้นและสิ่งที่จะหอยได้ของน้ำมันที่สกัดจาก : ไร่ (1), อังทะ (2) และเครื่องใน (3) ปลาโอแถบ

(ก) : วัตถุประสงค์มหาสมุทรแปซิฟิก, (ข) : วัตถุประสงค์จากมหาสมุทรอินเดีย

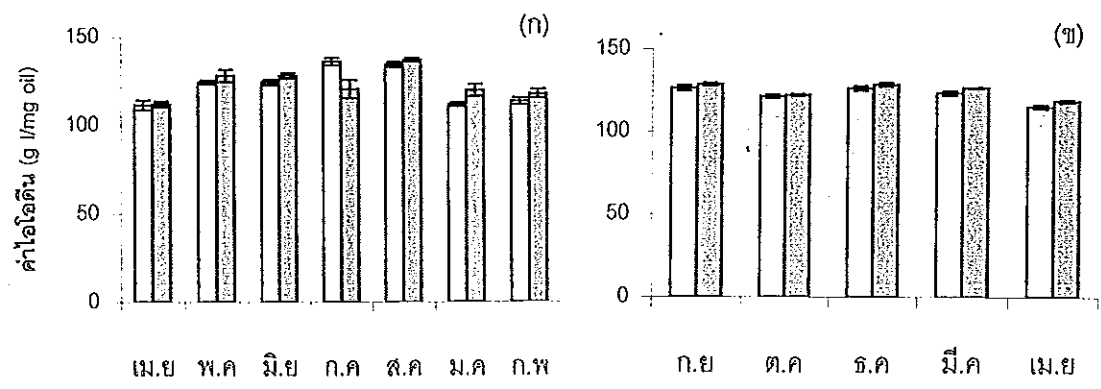
ค่าไอโอดีน

ค่าไอโอดีนเป็นดัชนีบ่งชี้ความไม่อิ่มตัวของกรดไขมันที่มีในน้ำมัน และแสดงค่าเฉพาะพันธะคู่ชนิดไม่คอนจูเกต (unconjugated) โดยโมเลกุลของกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่จำนวนมากจะให้ค่าไอโอดีนสูงกว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่จำนวนน้อย (Egan *et al.*, 1981) ค่าไอโอดีนของน้ำมันจากรังไข่ อ้นทะเล และเครื่องในของปลาโอแถบแสดงดังภาพที่ 15

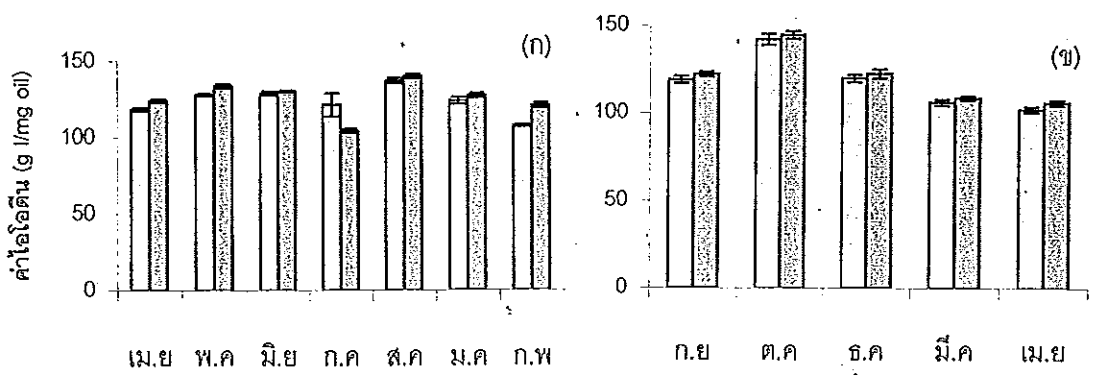
ค่าไอโอดีนของน้ำมันจากรังไข่ อ้นทะเล และเครื่องในของปลาโอแถบจากมหาสมุทรแปซิฟิกและมหาสมุทรอินเดีย แตกต่างกันตามช่วงเวลาในการจับ ($P < 0.05$) ส่วนวิธีการสกัดที่ต่างกัน 2 วิธี ไม่ส่งผลต่อค่าไอโอดีนของน้ำมัน ($P > 0.05$) โดยปัจจัยที่มีผลต่อค่าไอโอดีน ได้แก่ ชนิดของกรดไขมันหรือจำนวนพันธะคู่ของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของน้ำมัน ซึ่งชนิดและปริมาณของกรดไขมันดังกล่าวเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาล และแหล่งที่อยู่อาศัยของปลาเป็นสำคัญ สอดคล้องกับรายงานของ Stansby (1990) ที่กล่าวว่าปัจจัยที่มีผลต่อชนิดของกรดไขมันนอกจากพันธุ์ที่แตกต่างไปแล้ว ปัจจัยที่มีความสำคัญคือการกินอาหารของปลา และอิทธิพลของสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะอุณหภูมิ เนื่องจากอุณหภูมิส่งผลต่อการเจริญเติบโต ความอุดมสมบูรณ์ของพืช น้ำ และไฟโตแพลงตอน ซึ่งเป็นอาหารที่ปลาได้รับในช่วงเวลานั้น กล่าวคือช่วงที่ปลากินอาหารที่มีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวสูงส่งผลให้น้ำมันที่สกัดได้ในช่วงเวลานั้น ๆ มีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวสูงตามไปด้วย และค่าไอโอดีนจากการศึกษานี้แสดงถึงความไม่อิ่มตัวของกรดไขมันใกล้เคียงกับน้ำมันดิบจากปลาคาเบลิน (95 – 160 กรัมไอโอดีนต่อ 100 กรัม น้ำมัน) แต่มีความไม่อิ่มตัวต่ำกว่าน้ำมันดิบจากปลาซาตินซึ่งมีค่าไอโอดีนอยู่ในช่วง 160 – 200 กรัมไอโอดีนต่อ 100 กรัม น้ำมัน (Bimbo, 1990)



(1)



(2)



(3)

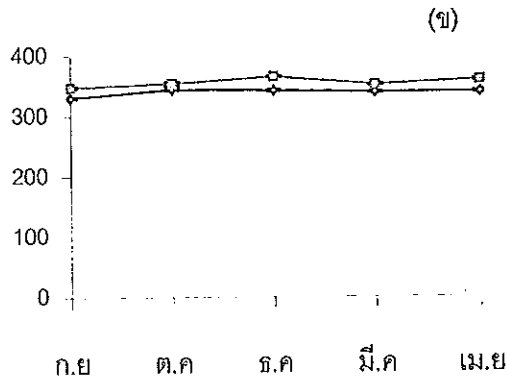
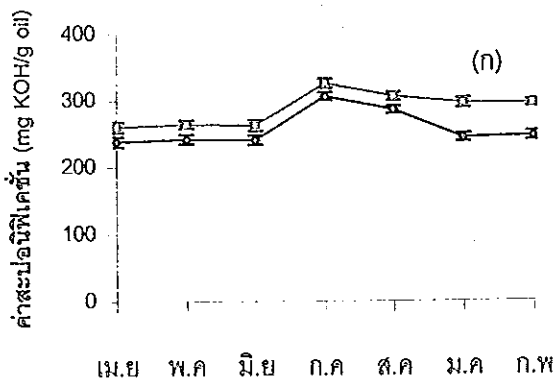
□ CM ▨ HIP

ภาพที่ 15 ค่าไอโอดีนของน้ำมันที่สกัดจาก : รางไผ่ (1), อัญชะ (2) และเครื่องใน (3) ปลาโอแถบ
 (ก) : วัดฤดูบจากมหาสมุทรแปซิฟิก, (ข) : วัดฤดูบจากมหาสมุทรอินเดีย

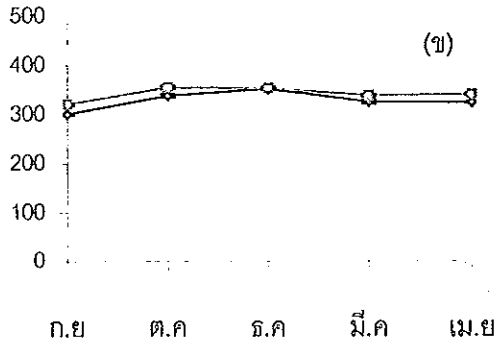
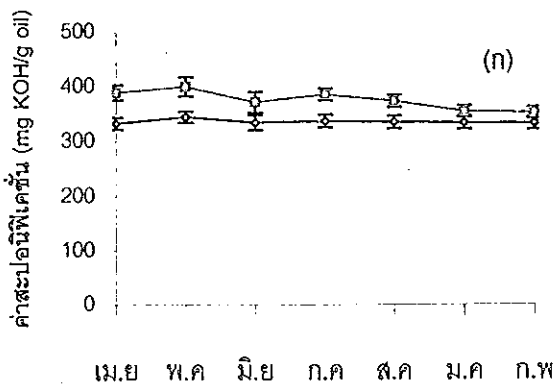
ค่าสะปอนิฟิเคชัน

ค่าสะปอนิฟิเคชันของน้ำมัน เป็นค่าที่บอกแนวโน้มขนาดหรือน้ำหนักโมเลกุลของกรดไขมันที่เป็นส่วนประกอบอยู่ในโมเลกุล น้ำมันที่มีค่าสะปอนิฟิเคชันสูง แสดงถึงกรดไขมันภายในโมเลกุลมีไฮดรอกซิล และมือน้ำหนักโมเลกุลต่ำกว่าน้ำมันที่มีค่าดังกล่าวต่ำ ตรวจวัดจากปริมาณต่างที่ทำปฏิกิริยากับกรดไขมันหรือเอสเทอร์ของกรดไขมัน (Egan *et al.*, 1981) ค่าสะปอนิฟิเคชันของน้ำมันที่สกัดจากรังไข่ อัญทะ และเครื่องในของปลาโอแถบ แสดงดังภาพที่ 16

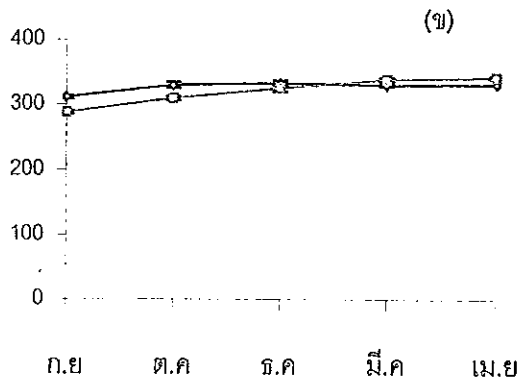
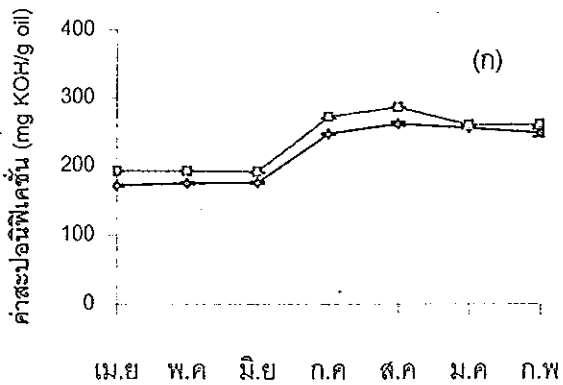
ค่าสะปอนิฟิเคชันของน้ำมันที่สกัดได้จากรังไข่ อัญทะ และเครื่องในปลาโอแถบจากมหาสมุทรแปซิฟิก และมหาสมุทรอินเดีย มีค่าแตกต่างกันตามช่วงเวลาในการจับ และวิธีการในการสกัด ($P < 0.05$) จากการศึกษาที่พบว่าน้ำมันจากรังไข่และอัญทะมีค่าสะปอนิฟิเคชันสูงเมื่อเทียบกับน้ำมันที่สกัดจากเครื่องในของปลาโอแถบ และมีค่าสูงมากเมื่อเทียบกับน้ำมันจากวัตถุดิบชนิดอื่น อาทิ น้ำมันที่สกัดจากหัวปลาทูน่าซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 188 - 223 มิลลิกรัมของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อกรัมไขมัน (สุมาลัย ศรีกำไลทอง และคณะ, 2539) และน้ำมันที่สกัดจากตับปลาทูน่าซึ่งมีค่าเท่ากับ 193.47 มิลลิกรัมของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อกรัมไขมัน (ถาวร จันทโชติ, 2540) แต่มีค่าใกล้เคียงกับน้ำมันที่สกัดจากตับปลาฉลามคือเท่ากับ 310.4 มิลลิกรัมของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อกรัมไขมัน ค่าสะปอนิฟิเคชันที่ค่อนข้างสูงนี้อาจขึ้นอยู่กับปริมาณของฟอสโฟไลปิดที่มีอยู่ในน้ำมัน เนื่องจากฟอสโฟไลปิดเป็นตัวทำปฏิกิริยากับโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (Christie, 1982) ซึ่งหากน้ำมันมีฟอสโฟไลปิดอยู่ปริมาณสูงส่งผลให้มีค่าสะปอนิฟิเคชันสูงตามไปด้วย นอกจากนี้วิธีการในการสกัดที่ต่างกัน คือการใช้ HIP ทำให้ค่าสะปอนิฟิเคชันของน้ำมันสูงกว่าการสกัดด้วย CM เนื่องจากการใช้อุณหภูมิในการระเหยตัวทำละลายที่สูงกว่า ทำให้ความยาวโซ่ของกรดไขมันในโมเลกุลไตรกลีเซอไรด์มีสายสั้นลง ส่งผลให้มีค่าสะปอนิฟิเคชันสูงกว่า (Hadziyev, 1987) และการสกัดโดยใช้ HIP สามารถสกัดฟอสโฟไลปิดออกมาจากเนื้อเยื่อได้ปริมาณสูงกว่าจึงส่งผลให้มีค่าสะปอนิฟิเคชันสูงตามไปด้วย แต่อย่างไรก็ตาม Codex (1981) ไม่ได้กำหนดมาตรฐานของค่าสะปอนิฟิเคชันของน้ำมันดิบไว้ และค่าสะปอนิฟิเคชันของน้ำมันดิบสามารถทำให้ลดลงได้ในขั้นตอนการทำบริสุทธิ์ของน้ำมัน



(1)



(2)



(3)

—◆— CM —□— HIP

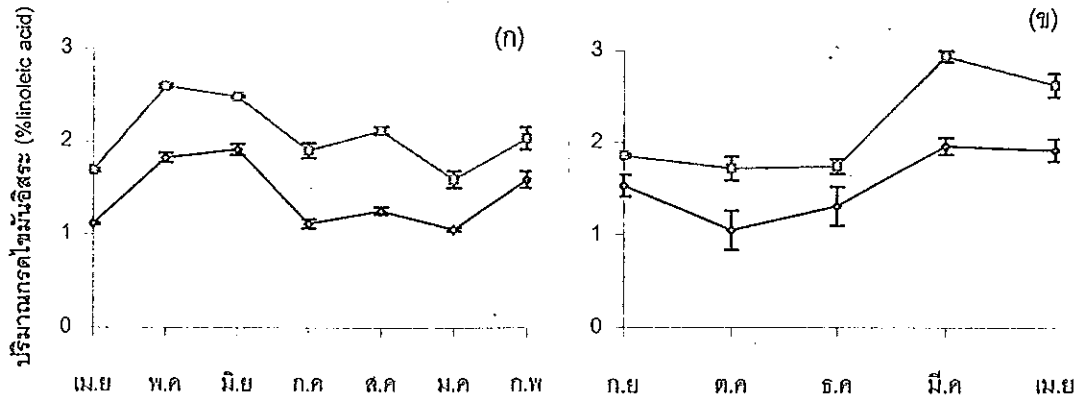
ภาพที่ 16 ค่าสะaponิฟิเคชันของน้ำมันที่สกัดจาก : รั้งไซ (1), อัฒตะ (2) และเครื่องโน (3) ปลาโอแถบ

(ก) : วัตถุดิบจากมหาสมุทรแปซิฟิก, (ข) : วัตถุดิบจากมหาสมุทรอินเดีย

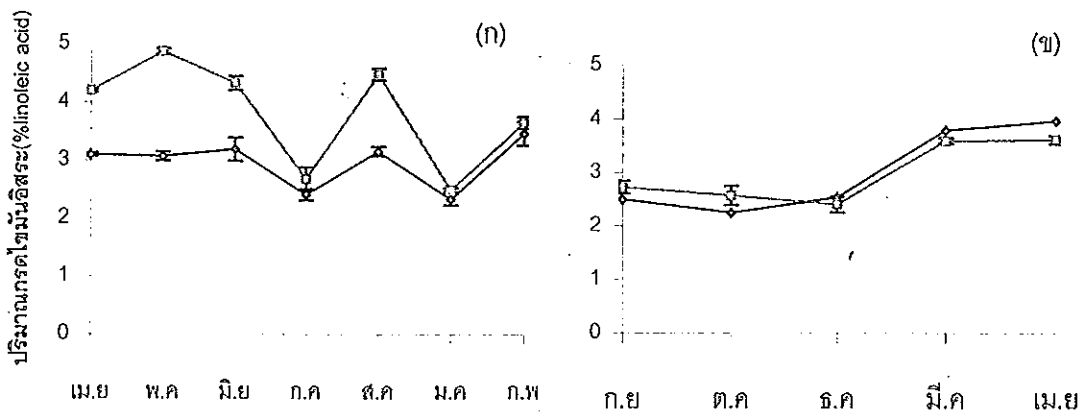
ปริมาณกรดไขมันอิสระ

ปริมาณกรดไขมันอิสระเป็นค่าที่บอกถึงการเปลี่ยนแปลงของไตรกลีเซอไรด์ในน้ำมัน เนื่องจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสและออกซิเดชัน ปริมาณกรดไขมันอิสระของน้ำมันที่สกัดจากรังไข่ อ้วนทะ และเครื่องในของปลาโอแถบแสดงดังภาพที่ 17

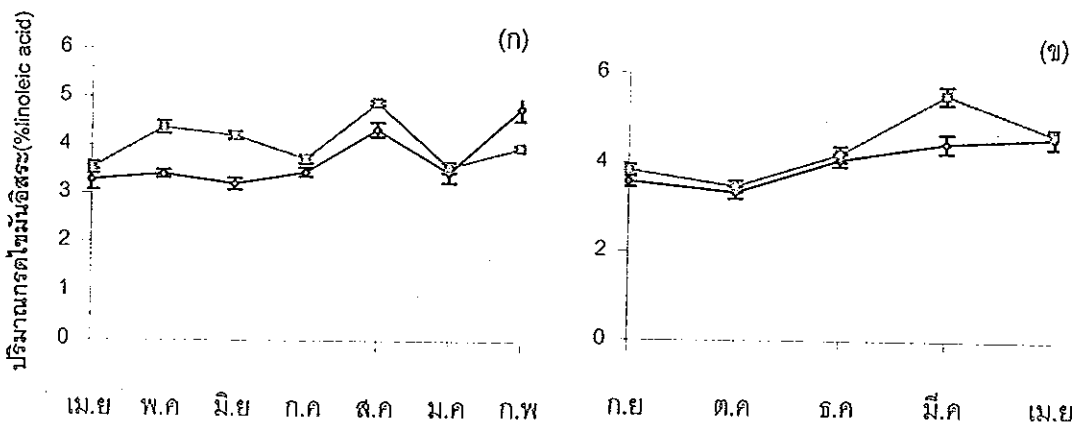
ปริมาณกรดไขมันอิสระของน้ำมันที่สกัดจากรังไข่ อ้วนทะ และเครื่องในปลาโอแถบจาก มหาสมุทรแปซิฟิก และมหาสมุทรอินเดียมีปริมาณแตกต่างกันตามช่วงเวลาในการจับ และวิธีการในการสกัด ($P < 0.05$) จากการศึกษาปริมาณกรดไขมันอิสระของน้ำมันที่สกัดจากตัวอย่างทั้ง 3 ชนิด พบว่าน้ำมันที่สกัดจากเครื่องในมีค่าดังกล่าวสูงสุด รองลงมาคือน้ำมันจากอ้วนทะ และน้ำมันจากรังไข่ตามลำดับ ทั้งนี้สัมพันธ์กับปริมาณความชื้นและสิ่งที่จะเหยได้ของน้ำมัน นั่นคือน้ำมันที่มีปริมาณความชื้นและสิ่งที่จะเหยได้สูงจะมีปริมาณกรดไขมันอิสระสูงตามไปด้วย โดยปัจจัยที่ส่งเสริมให้ไตรกลีเซอไรด์เกิดการสลายตัวคือ ความร้อน แสงสว่าง และความชื้น (Mouts and List, 1996) นอกจากนั้นเอนไซม์ก็เป็นตัวเร่งให้เกิดการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเร็วขึ้นด้วยเช่นกัน (Nawar *et al.*, 1990) โดยเฉพาะเอนไซม์ไลเปส (lipase) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของน้ำมัน (Ockerman, 1992) ปริมาณกรดไขมันอิสระของน้ำมันที่ได้จากการศึกษานี้มีปริมาณสูงเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันจากน้ำนิ่งปลาทูน่า ซึ่งเท่ากับร้อยละ 1.51 (สมบัติ รุ่งศิลป์, 2541) และน้ำมันจากหัวปลาทูน่าที่มีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 2.27 - 2.84 (นิสิทธิ์ ศรีวิรัตน์, 2543) อาจเนื่องจากการเก็บรักษาวัตถุดิบก่อนนำมาวิเคราะห์ นับตั้งแต่หลังจากการจับวัตถุดิบจะผ่านการแช่เยือกแข็งและการละลายมากกว่า 2 ครั้ง จึงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของน้ำมันโดยไตรกลีเซอไรด์ถูกเปลี่ยนไปเป็นกรดไขมันอิสระในปริมาณสูง นอกจากนี้วิธีการในการสกัดน้ำมันส่งผลให้ปริมาณกรดไขมันอิสระแตกต่างกัน น้ำมันที่สกัดโดยใช้ HIP มีปริมาณกรดไขมันอิสระสูงกว่าวิธีการใช้ CM เนื่องจากการใช้อุณหภูมิในการระเหยตัวทำละลาย และปริมาณความชื้นและสิ่งที่จะเหยได้ในน้ำมันที่สูงกว่า ทำให้ไปเร่งการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของน้ำมัน แต่ทั้งนี้ปริมาณกรดไขมันอิสระก็สามารถทำให้ลดลงได้ในขั้นตอนการทำบริสุทธิ์น้ำมันเช่นเดียวกับค่าสะปอนิฟิเคชัน



(1)



(2)



(3)

—○— CM —□— HIP

ภาพที่ 17 ปริมาณกรดไขมันอิสระของน้ำมันที่สกัดจาก : รังไข่ (1), อัณฑะ (2) และเครื่องใน (3) ปลาโอแถบ

(ก) : วัดดูติบจากมหาสมุทรแปซิฟิก, (ข) : วัดดูติบจากมหาสมุทรอินเดีย

ชนิดและปริมาณของกรดไขมัน

ชนิดและปริมาณของกรดไขมันของน้ำมันปลาเป็นข้อมูลที่บอกว่าภายในโมเลกุลของไขมันประกอบด้วยกรดไขมันที่มีโซ่คาร์บอนแบบใด และมีจำนวนพันธะคู่เท่าใด ซึ่งกรดไขมันไม่อิ่มตัวบางชนิดมีความสำคัญสูง เนื่องจากร่างกายมนุษย์ไม่สามารถสังเคราะห์เองได้ จึงสามารถบอกคุณภาพของน้ำมันได้จากชนิดและปริมาณของกรดไขมันนี้

น้ำมันที่สกัดจากรังไข่ปลาโอแถบ

ชนิดและปริมาณของกรดไขมันในน้ำมันที่สกัดจากรังไข่ปลาโอแถบจากมหาสมุทรแปซิฟิก (ตารางที่ 9) พบว่าปริมาณกรดไขมันส่วนใหญ่แตกต่างกันตามช่วงเวลาในการจับ ($P < 0.05$) แต่วิธีการในการสกัดที่ต่างกันได้ปริมาณของกรดไขมันส่วนใหญ่ใกล้เคียงกัน ปริมาณกรดไขมันอิ่มตัว (SFA) อยู่ในช่วงร้อยละ 35.28 – 40.44 และ 36.63 – 42.79 (ส่วนใหญ่ C16:0), กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (MUFA) อยู่ในช่วงร้อยละ 16.41 – 22.04 และ 16.95 – 20.53 (ส่วนใหญ่ C18:1, n-9) และกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (PUFA) อยู่ในช่วงร้อยละ 32.84 – 41.63 และ 32.62 – 39.27 (ส่วนใหญ่ C22:6, n-3) สำหรับน้ำมันที่สกัดจากรังไข่ปลาโอแถบจากมหาสมุทรอินเดีย (ตารางที่ 10) พบว่าปริมาณ SFA อยู่ในช่วงร้อยละ 33.81 – 40.47 และ 34.49 – 38.97, ปริมาณ MUFA อยู่ในช่วงร้อยละ 18.87 – 21.97 และ 17.22 – 20.94 และปริมาณ PUFA อยู่ในช่วงร้อยละ 35.87 – 41.43 และ 35.04 – 41.73 ของปริมาณกรดไขมันทั้งหมดจากการสกัดด้วย CM และสกัดด้วย HIP ตามลำดับจากผลการวิเคราะห์ข้างต้นเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับน้ำมันจากรังไข่ปลาชนิดอื่น ได้แก่ cod herring saithe haddock และ whiting (ตารางที่ 1) พบว่าน้ำมันที่สกัดจากรังไข่ปลาโอแถบมีปริมาณ SFA สูงกว่าน้ำมันจากรังไข่ปลาดังกล่าวและมีปริมาณ PUFA ใกล้เคียงกัน

น้ำมันที่สกัดจากอวัยวะของปลาโอแถบ

ชนิดและปริมาณของกรดไขมันในน้ำมันที่สกัดจากอวัยวะปลาโอแถบจากมหาสมุทรแปซิฟิก (ตารางที่ 11) พบว่าปริมาณ SFA อยู่ในช่วงร้อยละ 41.25 – 50.37 และ 43.53 – 46, ปริมาณ MUFA อยู่ในช่วงร้อยละ 15.06 – 17.19 และ 15.30 – 17.41 และปริมาณ PUFA อยู่ในช่วงร้อยละ 31.17 – 37.79 และ 33.04 – 36.35 สำหรับน้ำมันที่สกัดจากวัตถุดิบจากมหาสมุทรอินเดีย (ตารางที่ 12) พบว่าปริมาณ SFA อยู่ในช่วงร้อยละ 36.40 – 45.38 และ 40.63 – 43.77, ปริมาณ MUFA อยู่ในช่วงร้อยละ 15.27 – 18.27 และ 15.11 – 17.36 และปริมาณ PUFA อยู่ในช่วงร้อยละ 31.77 – 42.75 และ 34.87 – 37.56 ของปริมาณกรดไขมันทั้งหมดจากการสกัดด้วย

CM และ HIP ตามลำดับ เป็นที่สังเกตว่า SFA ของน้ำมันจากอัตรหะนี้มีปริมาณสูงเมื่อเทียบกับน้ำมันจากรังไข่ ในขณะที่กรดไขมันชนิดอื่นไม่เห็นความแตกต่างที่ชัดเจน

น้ำมันที่สกัดจากเครื่องในของปลาโอแถบ

ชนิดและปริมาณของกรดไขมันในน้ำมันที่สกัดจากเครื่องในปลาโอแถบจากมหาสมุทรแปซิฟิก (ดังตารางที่ 13) พบว่าปริมาณ SFA อยู่ในช่วงร้อยละ 39.37 – 50.37 และ 42.97 – 51, ปริมาณ MUFA อยู่ในช่วงร้อยละ 15.48 – 18.63 และ 14.67 – 21.69 และปริมาณ PUFA อยู่ในช่วงร้อยละ 30.43 – 39.57 และ 32.02 – 36.74 สำหรับน้ำมันที่สกัดจากรังไข่ปลาโอแถบจากมหาสมุทรอินเดีย (ตารางที่ 14) พบว่าปริมาณ SFA อยู่ในช่วงร้อยละ 41.31 – 44.47 และ 41.64 – 45.59, ปริมาณ MUFA อยู่ในช่วงร้อยละ 14.17 – 23.44 และ 16.10 – 22.00 และปริมาณ PUFA อยู่ในช่วงร้อยละ 31.21 – 37.64 และ 31.28 – 34.32 ของปริมาณกรดไขมันทั้งหมดจากการสกัดด้วย CM และ HIP ตามลำดับ

จากการศึกษาชนิดและปริมาณของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของน้ำมันจากรังไข่อัตรหะ และเครื่องในปลาโอแถบ พบว่าน้ำมันที่สกัดจากวัตถุดิบส่วนต่าง ๆ มีปริมาณของกรดไขมันแตกต่างกัน โดยน้ำมันที่สกัดจากรังไข่มีปริมาณ PUFA สูงสุดเมื่อเทียบกับน้ำมันจากอัตรหะ และเครื่องในปลาโอแถบ ซึ่งเป็นที่ทราบดีว่ากรดไขมันกลุ่มนี้มีบทบาทสำคัญต่อสุขภาพร่างกายของมนุษย์ สามารถใช้เป็นดัชนีบ่งบอกคุณภาพที่สำคัญของน้ำมันได้ นอกจากนี้แหล่งที่มาของวัตถุดิบยังเป็นปัจจัยที่ทำให้ปริมาณกรดไขมันในแต่ละช่วงเวลาแตกต่างกัน วัตถุดิบจากมหาสมุทรอินเดียมีปริมาณ PUFA สูงกว่าวัตถุดิบที่จับจากมหาสมุทรแปซิฟิก การเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดไขมันนี้ส่วนใหญ่เป็นอิทธิพลของสภาวะแวดล้อม ได้แก่ ฤดูกาล อุณหภูมิ ซึ่งส่งผลกระทบต่อความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งอาหาร ห่วงโซ่อาหาร และการดำรงชีวิต ตลอดจนจนถึงชนิดและปริมาณของกรดไขมันดังกล่าว (Bandarra *et al.*, 1997, Stottrup *et al.*, 1990, Aro *et al.*, 2000, Czesny *et al.*, 2000) สอดคล้องกับการศึกษาอิทธิพลของฤดูกาลต่อองค์ประกอบของน้ำมันจากปลาซาร์ดีน ซึ่งพบว่าปริมาณกรดไขมันเปลี่ยนแปลงขึ้นลงตลอดปี (พฤษภาคม 1994 - เมษายน 1995) โดยปริมาณ SFA, MUFA และ PUFA อยู่ในช่วงร้อยละ 25.6 – 28.8, 18.17 – 24.74 และ 39.82 – 50.17 ของปริมาณกรดไขมันทั้งหมดตามลำดับ โดยฤดูกาลทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของพืชน้ำแตกต่างกัน (Bandarra *et al.*, 1997) และองค์ประกอบของกรดไขมันจากน้ำมันดังกล่าวเปลี่ยนแปลงตามองค์ประกอบของน้ำมันจากพืชน้ำ (Sargent *et al.*, 1999)

ตารางที่ 9 ปริมาณกรดไขมันของน้ำมันจากรังไข่ปลาโอแถบจากมหาสมุทรแปซิฟิก

กรดไขมัน	เม.ย		พ.ค		มิ.ย		ก.ค		ส.ค		ม.ค		ก.พ	
	CM	HIP	CM	HIP	CM	HIP	CM	HIP	CM	HIP	CM	HIP	CM	HIP
C14:0	2.47b	2.50bc	2.22a	2.43ab	3.26d	2.92e	3.20d	2.71d	3.05c	2.85e	3.03c	2.62cd	3.02c	2.37a
C15:0	1.15bc	1.14bc	1.05ab	1.09bc	1.22c	1.19c	0.95a	1.10bc	1.23c	1.15bc	0.98a	0.94ab	0.97a	0.83a
C16:0	23.37a	23.37a	27.40a	26.60bc	27.80a	27.00cd	25.92a	25.53b	29.00a	28.25d	33.06a	29.89e	28.41a	32.05f
C16:1,n-7	2.85a	3.01a	3.74b	3.49c	4.25d	3.39bc	3.87b	3.23b	4.06c	4.09d	4.41e	4.11d	3.00a	4.58e
C17:0	1.49c	1.55d	1.23ab	1.20b	1.19ab	1.24bc	1.15a	1.24bc	1.35bc	1.32c	1.18ab	1.11a	1.25ab	1.05a
C18:0	6.80d	9.04d	8.12e	7.22c	6.03b	6.40b	6.03b	6.05a	5.88a	6.20a	6.48c	6.07a	6.79a	6.49b
C18:1,n-9	9.76c	9.19b	12.22f	9.72c	9.32b	8.92a	10.76d	10.05e	10.17d	10.76e	12.35g	11.22f	8.98a	12.27g
C18:1,n-7	1.51a	1.54bc	1.70b	1.49b	1.39a	1.24a	1.45a	1.30a	1.44a	1.28a	1.66c	1.55bc	1.50b	1.66c
C18:2,n-6	1.01ab	0.87a	1.17bc	1.02ab	1.32c	1.05b	1.08ab	1.07bc	0.89a	0.88a	1.31c	1.21c	1.39c	1.17bc
C20:4,n-6	9.36f	2.42a	1.65a	5.42c	3.13b	7.42d	4.37c	8.81f	8.69e	8.40e	11.86a	10.35e	7.27d	2.60b
C22:1,n-9	3.61d	3.75e	4.38e	5.72f	2.99c	3.40d	3.75d	3.73e	2.07a	2.20b	2.38b	2.31c	2.93c	2.02a
C20:5,n-3	4.83b	5.40c	5.71e	5.38c	6.65g	6.10e	5.48d	5.59d	4.58a	4.58a	5.10c	4.50a	6.06f	4.83b
C22:5,n-3	1.64a	1.92b	2.35d	2.00b	2.13c	1.56a	2.17cd	2.03b	1.58a	1.53a	1.56a	1.58a	1.92b	1.66a
C22:6,n-3	24.82e	22.01e	21.96c	21.07c	23.22d	20.74b	21.25b	21.77d	20.82a	20.49b	22.03c	23.68g	23.16f	22.87f
Total SFA	35.28	37.60	40.02	38.54	39.50	38.75	37.25	36.63	40.51	39.77	34.73	37.63	40.44	42.79
Total MUFA	17.73	17.49	22.04	20.42	17.95	16.95	19.83	18.31	17.74	18.33	20.80	19.19	16.41	20.53
Total PUFA	41.66	32.62	32.84	34.89	36.45	36.87	34.35	39.27	36.54	35.88	38.86	37.32	39.80	33.13
Unknown	5.33	12.29	5.10	6.15	6.10	7.43	3.57	5.79	5.19	6.02	5.61	2.86	3.35	3.55

หมายเหตุ ตัวอักษร a, b, c,... ที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างทางสถิติ ($P < 0.05$) ในกลุ่มตัวอย่างที่สกัดวิธีเดียวกัน

ตารางที่ 10 ปริมาณกรดไขมันของน้ำมันจากรังไข่ปลาโอแถบจากมหาสมุทรอินเดีย

กรดไขมัน	ก.ย		ต.ค		ธ.ค		มี.ค		เม.ย	
	CM	HIP	CM	HIP	CM	HIP	CM	HIP	CM	HIP
C14:0	2.86c	2.89b	1.18a	4.69c	2.36d	3.06b	2.27b	1.89a	3.58b	2.06a
C15:0	0.79ab	0.79a	0.98c	1.06b	0.71d	0.89c	0.85a	0.79a	1.33b	1.30a
C16:0	23.60a	23.33a	28.30d	26.56b	27.11d	27.41b	25.22c	26.40c	28.49b	26.65b
C16:1,n-7	4.11a	3.74a	4.30b	4.19b	4.05c	4.06c	4.34a	4.05b	4.87b	5.39b
C17:0	1.01a	1.05bc	1.23b	1.14c	0.97c	1.10a	0.98a	0.97c	1.40a	0.82b
C18:0	5.55a	6.43c	6.46c	5.52a	5.99d	5.85b	5.92b	6.40c	6.91b	6.63d
C18:1,n-9	10.14b	9.05b	8.16a	8.76a	13.15b	12.09e	12.46d	11.60d	10.02c	13.28c
C18:1,n-7	1.82bc	1.76c	1.74ab	1.61ab	1.57a	1.64b	1.77b	1.59ab	1.96c	1.50a
C18:2,n-6	1.40d	1.41d	0.72a	1.59e	1.17c	1.28c	0.95b	0.93a	1.47d	1.21b
C20:4,n-6	9.54d	8.97c	7.79c	8.20b	9.11c	10.23d	10.32e	10.28d	7.47a	4.35a
C22:1,n-9	3.93d	4.53d	4.27e	2.66b	2.16a	2.81b	3.40c	3.70c	2.50b	0.65a
C20:5,n-3	6.82e	6.94e	5.50c	6.42d	4.60b	5.21b	3.92a	4.33a	6.01d	6.23c
C22:5,n-3	1.07a	1.17b	1.70b	0.91a	1.86b	1.55c	1.77b	1.65c	1.86b	2.53d
C22:6,n-3	22.60b	23.24e	20.16a	18.42a	22.53b	19.89b	22.49b	22.03d	23.31c	20.72c
Total SFA	33.81	34.49	38.15	38.97	37.14	37.31	35.24	36.45	41.71	38.36
Total MUFA	20.00	19.08	18.47	17.22	20.39	20.60	22.45	20.94	21.39	24.82
Total PUFA	41.43	41.73	35.87	35.54	39.27	38.16	39.45	39.22	40.12	35.04
Unknown	4.76	4.70	3.69	8.27	3.20	3.93	2.86	3.39	0.78	6.78

หมายเหตุ ตัวอักษร a, b, c,... ที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างทางสถิติ ($P < 0.05$) ในกลุ่มตัวอย่างที่สกัดวิธีเดียวกัน

ตารางที่ 11 ปริมาณกรดไขมันของน้ำมันของอวัยวะปลาโอแถบจากมหาสมุทรแปซิฟิก

กรดไขมัน	เม.ย		พ.ค		มิ.ย		ก.ค		ส.ค		ม.ค		ก.พ	
	CM	HIP	CM	HIP	CM	HIP	CM	HIP	CM	HIP	CM	HIP	CM	HIP
C14:0	0.82a	1.06bc	1.19bc	0.94ab	1.33cd	1.41d	1.12b	1.11c	1.68e	1.15c	1.17b	0.82a	1.41d	1.38d
C15:0	0.79a	1.11c	1.15cd	0.96ab	1.14cd	1.30e	1.06bc	1.14c	1.21d	0.98b	0.95b	0.90d	1.12cd	1.21d
C16:0	31.22ab	31.50a	32.17c	32.52b	31.49b	32.75b	30.98a	33.88c	38.23f	33.31bc	35.98e	33.75c	34.14d	33.77c
C16:1,n-7	1.14a	1.66bc	1.77c	1.17a	1.77c	1.81cd	1.46b	1.54b	2.36e	1.30a	2.07d	1.87de	2.28d	2.00e
C17:0	1.13a	1.48c	1.36c	1.20 a	1.31bc	1.31abc	1.19bc	1.29ab	1.27abc	1.23a	1.12a	1.25ab	1.26abc	1.42bc
C18:0	7.04a	8.38e	7.85cd	8.12d	7.77c	7.00a	6.90a	7.64bc	7.98d	7.46b	7.00a	7.68c	7.57b	8.35e
C18:1,n-9	9.84e	9.22c	9.53d	9.74d	8.20 a	8.35b	8.10bc	8.53b	8.78b	8.16a	9.87c	9.77d	9.14e	9.28c
C18:1,n-7	1.70ab	2.00d	2.06d	1.56 a	1.61 a	1.60bc	1.52a	1.83bcd	1.81bc	1.74abc	1.96cd	1.98cd	1.88bcd	1.90cd
C18:2,n-6	0.49a	0.50a	0.58a	0.56 a	0.56 a	0.63abc	0.52a	0.57ab	0.52a	0.52a	0.79b	0.80c	0.79b	0.74bc
C20:4,n-6	5.16e	2.22d	3.27c	1.60b	8.15g	7.32f	5.61f	1.84c	3.86d	5.76e	2.57b	1.24a	1.20a	1.38a
C22:1,n-9	3.95c	3.92c	3.83c	4.94f	3.48b	3.54ab	4.40d	4.11d	3.35b	4.27e	3.05a	3.43a	3.47b	3.68b
C20:5,n-3	2.48a	2.99a	3.02b	3.48d	2.42cd	3.43cd	3.58de	3.16b	3.21bc	3.30bc	3.29c	3.53d	3.68e	3.43cd
C22:5,n-3	2.20cd	2.00bc	2.10c	2.39d	1.70a	1.82ab	2.36d	2.30d	1.78a	1.70a	1.86ab	2.06c	2.00bc	2.04c
C22:6,n-3	25.22d	26.82e	25.38d	26.51de	22.46b	23.15a	25.72d	25.17c	21.80a	24.17b	24.03c	26.84e	25.30d	26.17d
Total SFA	42.00	43.53	43.72	43.78	43.04	43.77	41.25	45.06	50.37	44.13	46.22	44.40	45.50	46.13
Total MUFA	16.63	16.8	17.19	17.41	15.06	15.30	15.48	16.01	16.30	15.47	16.95	17.05	16.77	16.86
Total PUFA	35.55	34.53	34.35	34.35	35.23	36.35	37.79	33.04	31.17	35.45	32.54	34.47	32.97	33.78
Unknown	6.82	5.05	4.74	4.27	5.61	4.58	5.48	5.89	2.16	4.99	4.27	4.08	4.76	3.25

หมายเหตุ ตัวอักษร a, b, c,...ที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างทางสถิติ ($P < 0.05$) ในกลุ่มตัวอย่างที่สกัดวิธีเดียวกัน

ตารางที่ 12 ปริมาณกรดไขมันของน้ำมันจากอัลตะปลาโอแถบจากมหาสมุทรอินเดีย

กรดไขมัน	ก.ย		ต.ค		ธ.ค		มี.ค		เม.ย	
	CM	HIP	CM	HIP	CM	HIP	CM	HIP	CM	HIP
C14:0	3.02e	0.97ab	1.19b	1.17c	1.63c	1.12bc	1.96d	1.09abc	0.88a	0.94a
C15:0	0.97b	0.75a	0.99b	0.97bc	1.42c	1.06c	1.00b	0.89ab	0.80a	0.95bc
C16:0	25.38a	30.49a	31.75c	32.17b	32.15c	30.65a	33.65d	33.55c	33.26b	31.84b
C16:1,n-7	3.00e	1.52b	1.26a	1.26a	1.99c	1.90d	2.47d	1.92d	1.62b	1.75c
C17:0	1.25d	1.05a	1.15b	1.19b	1.61c	1.41c	1.22b	1.10ab	1.02a	1.15ab
C18:0	5.78a	7.37b	6.90b	7.11a	7.86d	8.08d	7.55c	7.14a	7.57cd	7.73c
C18:1,n-9	8.97c	8.70c	7.86a	7.80a	8.64b	8.36b	10.43e	10.24e	9.52d	9.08d
C18:1,n-7	1.50a	1.90b	1.78b	1.73a	2.49d	2.19c	2.04c	1.93b	1.90bc	2.03d
C18:2,n-6	1.39d	0.71bc	0.54a	0.52e	1.16c	0.79c	0.91b	0.72bc	0.57a	0.61ab
C20:4,n-6	7.26e	2.48b	6.93d	5.48b	1.54b	2.76c	1.86c	4.95d	0.61a	0.29a
C22:1,n-9	2.92a	4.51c	4.37c	4.32a	4.53d	4.34b	3.75b	3.27a	4.32c	4.35b
C20:5,n-3	6.05d	4.24c	3.44a	3.38b	4.06c	4.12c	3.83b	3.17a	3.41a	3.35b
C22:5,n-3	1.92b	1.59c	1.78a	1.86b	1.99c	2.07c	1.82a	1.90b	2.83d	2.62d
C22:6,n-3	26.13c	28.54a	24.56b	25.96b	23.62a	26.43c	23.35a	24.13a	27.09d	28.21d
Total SFA	36.40	40.63	41.98	42.61	44.67	42.32	45.38	43.77	43.53	42.61
Total MUFA	16.39	16.63	15.27	15.11	17.65	16.79	18.69	17.36	17.36	16.21
Total PUFA	42.75	37.56	37.25	37.20	32.37	36.17	31.77	34.87	34.51	35.08
Unknown	2.67	5.18	4.77	5.08	5.31	4.72	4.16	4.00	4.60	6.10

หมายเหตุ ตัวอักษร a, b, c,...ที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างทางสถิติ ($P < 0.05$) ในกลุ่มตัวอย่างที่สกัดวิธีเดียวกัน

ตารางที่ 13 ปริมาณกรดไขมันของน้ำมันจากเครื่องในปลาโอแถบจากมหาสมุทรแปซิฟิก

กรดไขมัน	เม.ย		พ.ค		มิ.ย		ก.ค		ส.ค		ม.ค		ก.พ	
	CM	HIP	CM	HIP	CM	HIP	CM	HIP	CM	HIP	CM	HIP	CM	HIP
C14:0	1.64a	1.25a	1.99c	2.57d	1.83b	1.72b	2.24d	1.92c	2.34d	1.13a	2.67e	2.03c	2.76e	2.01c
C15:0	0.96ab	0.97a	0.97ab	1.25b	1.08b	1.15ab	1.28c	1.10ab	1.30cd	1.56c	0.81a	1.01a	1.45d	1.02a
C16:0	27.41b	27.72a	25.55a	28.22b	25.18a	30.10c	25.82a	28.28b	34.38d	28.85b	34.06d	31.99e	31.56c	31.13d
C16:1,n-7	1.57a	1.57a	1.58a	2.51d	2.42c	1.96b	1.92b	2.25c	2.46c	5.86f	5.14e	2.32c	2.84d	2.84e
C17:0	1.62d	1.63c	1.45c	1.65c	1.27b	1.52bc	1.64d	1.42ab	1.96e	1.54bc	0.91a	1.42ab	1.85e	1.28a
C18:0	11.93d	12.94e	12.75e	11.61d	10.01b	11.35d	10.37c	10.25b	10.36c	10.22b	7.43a	9.68a	10.22c	10.63c
C18:1,n-9	6.08bc	5.56a	5.87b	6.12ab	6.17c	6.02b	5.60a	7.82c	7.07d	10.68e	6.07bc	11.22f	8.30e	9.49d
C18:1,n-7	1.56a	1.41b	1.49a	1.70cd	1.44a	1.20a	1.39a	1.53bc	1.51a	1.99e	1.60a	1.76d	1.86b	1.57bc
C18:2,n-6	0.68a	0.59a	0.86a	0.85bc	0.84a	0.77b	0.71a	0.77b	0.77a	0.98cd	0.81a	0.97cd	1.27b	1.02d
C20:4,n-6	6.10f	2.81c	5.76e	3.29d	4.81d	3.95e	4.89d	2.17b	4.52c	2.17b	2.72b	3.97e	1.80a	2.11b
C22:1,n-9	6.42d	6.46e	6.96f	5.33c	5.45b	5.49c	6.63e	5.73d	4.75a	3.16a	5.64c	5.39c	5.63c	3.73b
C20:5,n-3	4.98b	5.73d	5.58bc	5.66cd	6.59c	5.75d	7.00d	5.49c	5.33bc	5.27b	4.05a	4.65a	7.42d	6.73f
C22:5,n-3	2.48c	2.66d	2.49c	2.57d	2.73d	2.28c	2.80d	2.85e	1.87b	2.44c	1.35a	1.92b	3.08e	2.31c
C22:6,n-3	21.78c	24.95f	22.42c	22.37d	24.46d	21.86c	24.17d	23.97e	18.11a	23.97e	21.50b	20.51b	18.54a	20.08b
Total SFA	43.56	44.51	42.71	45.30	39.37	45.84	41.35	42.97	50.34	51.30	45.88	46.13	47.84	46.07
Total MUFA	15.63	15.00	15.90	15.66	15.48	14.67	15.54	17.33	15.79	21.69	18.45	20.69	19.63	17.63
Total PUFA	36.02	36.74	37.11	34.74	39.43	34.61	39.57	35.25	30.60	34.83	30.43	32.02	32.11	32.25
Unknown	4.79	3.75	4.28	4.30	5.72	4.88	3.54	4.45	3.27	3.98	5.24	1.16	1.42	4.05

หมายเหตุ ตัวอักษร a, b, c,... ที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างทางสถิติ ($P < 0.05$) ในกลุ่มตัวอย่างที่สกัดวิธีเดียวกัน

ตารางที่ 14 ปริมาณกรดไขมันของน้ำมันจากเครื่องในปลาโอแถบจากมหาสมุทรอินเดีย

กรดไขมัน	ก.ย		ต.ค		ธ.ค		มี.ค		เม.ย	
	CM	HIP	CM	HIP	CM	HIP	CM	HIP	CM	HIP
C14:0	3.58d	3.60d	2.02a	1.99a	2.68c	1.94a	2.16ab	2.43b	2.36b	3.18c
C15:0	0.99a	0.85a	0.98a	1.07b	1.32c	1.06b	1.05a	0.97ab	0.99a	1.29c
C16:0	27.82a	27.87a	27.76a	28.92b	26.24a	30.48d	31.81b	30.80e	30.44b	29.79c
C16:1,n-7	3.28c	3.56d	1.83a	1.85a	2.73b	2.64b	3.41d	2.83c	3.95e	4.22e
C17:0	1.35ab	1.12a	1.49c	1.41c	1.91d	1.59e	1.40bc	1.32b	1.26a	1.51d
C18:0	9.75c	9.20c	9.85c	10.76e	9.16b	10.52d	8.05a	8.05a	9.14b	8.64b
C18:1,n-9	7.92c	8.93c	5.35b	6.25a	5.08a	7.57b	13.27e	10.81d	12.36d	12.75e
C18:1,n-7	1.76b	2.03cd	1.49a	1.89bc	1.64b	1.76ab	1.70b	1.65a	1.90c	2.07d
C18:2,n-6	1.22b	1.29d	0.85a	0.77a	1.17b	0.89b	1.09b	1.06c	0.75a	0.89b
C20:4,n-6	5.48e	0.98a	4.38d	1.11c	4.12c	1.02b	1.38b	3.95d	2.82a	1.38d
C22:1,n-9	6.48d	5.17d	6.60d	6.11e	4.72b	4.64c	3.17a	4.38b	5.23c	2.96a
C20:5,n-3	6.74e	7.41d	6.37d	5.67b	6.22c	6.81c	4.99b	5.70b	4.23a	4.76a
C22:5,n-3	1.44a	1.40a	2.17c	2.01c	2.23c	1.96b	1.69b	2.00c	2.04c	1.99c
C22:6,n-3	21.53a	22.55b	23.87c	23.42c	21.70a	22.66b	22.97b	21.61a	21.37a	22.26b
Total SFA	43.49	41.64	42.10	44.15	41.31	45.59	44.47	43.57	44.19	44.41
Total MUFA	19.44	19.69	15.45	16.10	14.17	16.61	21.55	19.67	23.44	22.00
Total PUFA	36.41	33.63	37.64	32.98	35.44	33.34	32.12	34.32	31.21	31.28
Unknown	0.66	4.04	4.99	8.65	9.08	4.46	1.54	2.44	1.16	2.31

หมายเหตุ ตัวอักษร a, b, c,... ที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างทางสถิติ ($P < 0.05$) ในกลุ่มตัวอย่างที่สกัดวิธีเดียวกัน

ผลของการเก็บรักษาวัตถุดิบต่อปริมาณและคุณภาพของน้ำมัน

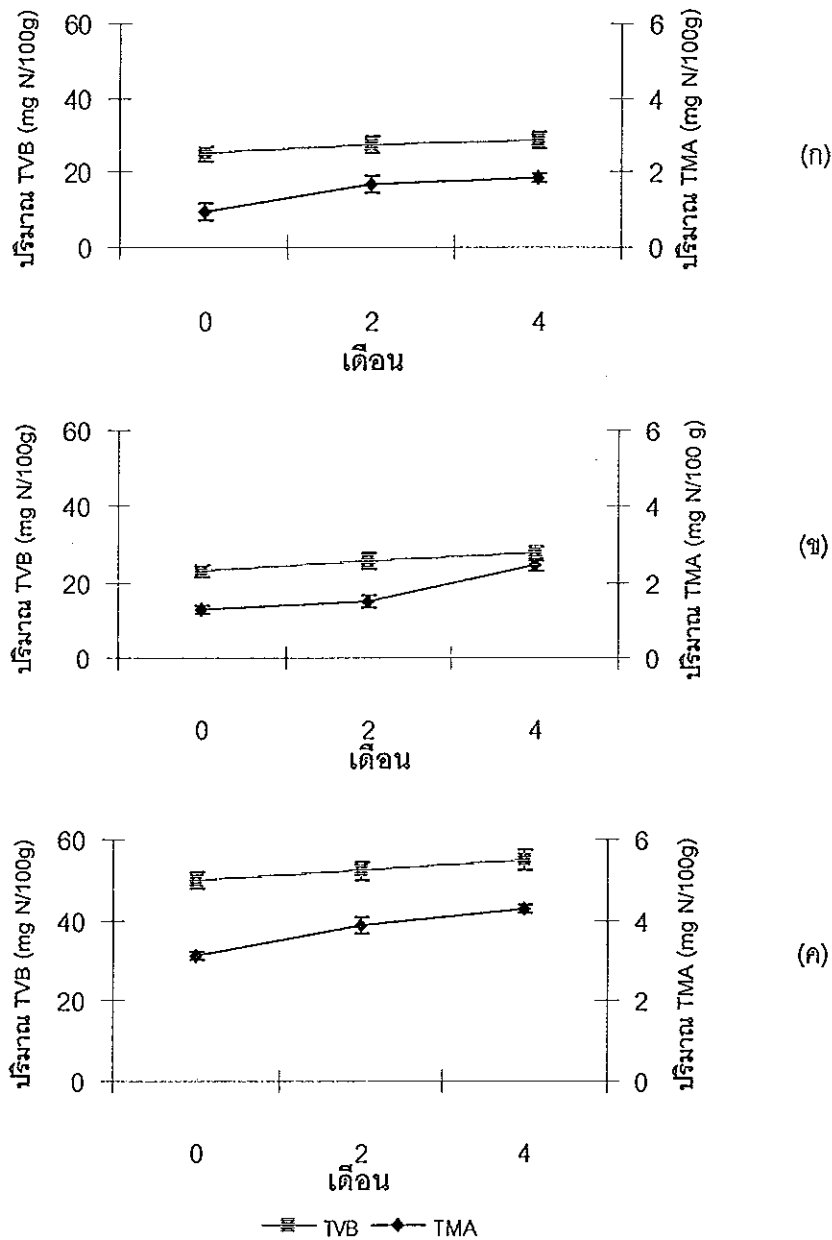
การเปลี่ยนแปลงคุณภาพวัตถุดิบระหว่างการเก็บรักษา

การเก็บรักษารังไข่ อัดตะ และเครื่องในปลาโอแถบที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 4 เดือน (ทำการทดลองในช่วงเดือนมกราคม 2543 - พฤษภาคม 2543) โดยตัวอย่างที่นำมาทดลองผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียสในเรือประมงเป็นเวลา 1 เดือน ตรวจสอบคุณภาพโดยการวิเคราะห์หาปริมาณต่างที่ระเหยได้ (TVB) และปริมาณไตรเมทิลอะมีน (TMA) ทุก 2 เดือน ได้ผลดังแสดงในภาพที่ 18

ปริมาณ TVB และปริมาณ TMA ของวัตถุดิบ มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ($P < 0.05$) นั่นคือปริมาณ TVB ของรังไข่ อัดตะ และเครื่องในปลาโอแถบที่ผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือนมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 25.08, 23.11 และ 49.70 เป็น 28.79, 37.77 และ 54.81 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อ 100 กรัมตัวอย่าง เช่นเดียวกับปริมาณ TMA ซึ่งมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 0.95, 1.28 และ 3.13 เป็น 1.86, 2.46 และ 4.28 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อ 100 กรัมตัวอย่างตามลำดับ

ปริมาณ TVB เป็นค่าที่ใช้พิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีหลังจากปลาตาย โดยมีสาเหตุจากเอ็นไซม์ในตัวปลาและการปนเปื้อนทางจุลินทรีย์ เป็นดัชนีชี้วัดความสดและการเน่าเสียของเนื้อปลาปลา (Hesegawa, 1987) แต่ทั้งนี้ค่า TVB ที่ใช้ตัดสินคุณภาพที่เหมาะสมสำหรับสัตว์น้ำแต่ละชนิดอาจมีระดับที่แตกต่างกัน และปริมาณ TMA เป็นดัชนีบ่งบอกการเสื่อมคุณภาพของสัตว์น้ำที่เกิดจากการแตกตัวของไตรเมทิลอะมีนออกไซด์ (TMAO) โดยมีสาเหตุจากเอ็นไซม์ในเนื้อเยื่อของสัตว์น้ำเองและจากแบคทีเรีย (Perez-Villareal and Pozo, 1990) ค่า TMA ไม่เกิน 10 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อ 100 กรัมตัวอย่างเป็นค่าที่ยอมรับกันว่ายังไม่เน่าเสีย (Ng, 1987) จากการศึกษาช่วงของการเก็บรักษา 2 เดือนแรกมีอัตราการเพิ่มขึ้นของปริมาณ TVB และ TMA สูงกว่าการเก็บในช่วง 2 เดือนหลัง ทั้งนี้เมื่อเก็บรักษาวัตถุดิบเป็นเวลา 4 เดือน พบว่ารังไข่และอัดตะยังมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับ ส่วนเครื่องในแม้ว่าจะมีค่า TVB ค่อนข้างสูงก็ยังคงจัดว่าวัตถุดิบเป็นที่ยอมรับได้เช่นกัน เมื่อพิจารณาร่วมกับคุณภาพทางประสาทสัมผัสได้แก่ลักษณะปรากฏและกลิ่น พบว่ายังคงมีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ที่ระบุได้ว่ายังไม่มีการเน่าเสีย เนื่องจากเครื่องในเป็นแหล่งที่มีเอนไซม์และจุลินทรีย์เริ่มต้นปริมาณสูงกว่าส่วนอื่น ทั้งนี้คุณภาพของวัตถุดิบดังกล่าวส่งผลต่อคุณภาพของน้ำมัน ตัวอย่างเช่นปลาซาร์ดีนที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 วัน ปริมาณ TMA เพิ่มขึ้นจาก 0.81 เป็น 1.62 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ในขณะที่ค่าเปอร์ออกไซด์มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 15.0 เป็น 26.1 meq/น้ำมัน 1 กิโลกรัม และปริมาณกรดไขมันอิสระในรูปกรดโอเลอิกเพิ่มจากร้อยละ 5.5 เป็น 13.7 (Sikorski, 1990) ซึ่งทั้งค่าเปอร์

ออกไซด์ และปริมาณกรดไขมันอิสระเป็นดัชนีสำหรับกำหนดคุณภาพของน้ำมัน หากค่าดังกล่าว สูงแสดงถึงคุณภาพที่ด้อยลงของน้ำมัน



ภาพที่ 18 ปริมาณต่างที่ระเหยได้และปริมาณไตรเมทิลอะมีนของวัตถุดิบระหว่างการเก็บรักษา โดยการแช่เยือกแข็ง

(ก) : รังไข่ปลาโอแถบ, (ข) : ฉันทะปลาโอแถบ, (ค) : เครื่องในปลาโอแถบ

ผลของการเก็บรักษาวัตถุดิบต่อปริมาณและคุณภาพของน้ำมันปลา

ปริมาณน้ำมัน

นำวัตถุดิบที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 2 และ 4 เดือน มาสกัดน้ำมันด้วย CM และ HIP ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 15 โดยมีรายละเอียดดังนี้

ปริมาณน้ำมันจากรังไข่ปลาโอแถบ ซึ่งสกัดด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน พบว่าปริมาณน้ำมันที่สกัดได้ไม่เปลี่ยนแปลง ($P>0.05$) เมื่อเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับปริมาณน้ำมันของอัตรหะ ในขณะที่ปริมาณน้ำมันที่สกัดจากเครื่องในปลาโอแถบมีปริมาณน้ำมันลดลงเล็กน้อยเมื่อผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือน แต่จะคงที่เมื่อเก็บรักษาต่อไปจนถึงเดือนที่ 4 สอดคล้องกับรายงานของ Ben-Gigirey และคณะ (1999) ซึ่งศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาปลาทูน่าพันธุ์ albacore โดยการแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 12 เดือน พบว่าปริมาณน้ำมันไม่เปลี่ยนแปลง ($P>0.05$) เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน แต่จะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนเมื่อเก็บรักษาเดือนที่ 12 ทั้งนี้สัมพันธ์กับปริมาณความชื้นและสิ่งที่จะระเหยได้ในวัตถุดิบ นั่นคือหากปริมาณความชื้นและสิ่งที่จะระเหยได้ลดลงส่งผลให้ปริมาณน้ำมันเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ Hanne และคณะ (2000) รายงานว่า การเก็บรักษาปลา salmon ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน ชนิดของไขมันที่มีการเปลี่ยนแปลงคือ neutral lipids (ส่วนใหญ่คือไตรกลีเซอไรด์) โดยมีปริมาณเพิ่มจาก 109 เป็น 124 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง ส่วนปริมาณพอสฟอไลปิดพบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน นั่นคือน้ำมันที่ประกอบด้วยพอสฟอไลปิดปริมาณสูงกว่าจะเกิดการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส (Shewfelt, 1981)

ตารางที่ 15 ปริมาณน้ำมันของวัตถุดิบที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

ตัวอย่าง	เวลา (เดือน)	ปริมาณน้ำมัน (% น้ำหนักเปียก)	
		CM	HIP
รังไข่	0	3.53±0.92a	3.49±0.37a
	2	3.27±0.04a	3.08±0.28a
	4	3.09±0.04a	2.95±0.01a
อวัยวะ	0	2.14±0.05a	2.09±0.03a
	2	2.21±0.02a	1.88±0.01a
	4	2.03±0.14a	1.72±0.06a
เครื่องใน	0	3.11±0.19a	3.28±0.39a
	2	2.22±0.16b	1.52±0.28b
	4	2.01±0.04b	2.23±0.15b

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 2 ซ้ำ

ค่าเฉลี่ยของตัวอย่างชนิดเดียวกันที่มีอักษรต่างกันในสดมภ์เดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

สมบัติของน้ำมันที่สกัดจากรังไข่ อวัยวะ และเครื่องในปลาโอแถบ

นำวัตถุดิบที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 2 และ 4 เดือน มาสกัดน้ำมันด้วยวิธีที่แตกต่างกัน 2 วิธี คือการสกัดด้วย CM และ HIP และตรวจสอบสมบัติของน้ำมัน ได้แก่ ปริมาณกรดไขมันอิสระ ค่าเปอร์ออกไซด์ และค่า TBARS ได้ผลดังนี้คือ

ปริมาณกรดไขมันอิสระ

ปริมาณกรดไขมันอิสระของน้ำมันที่สกัดจากรังไข่ อวัยวะ และเครื่องในปลาโอแถบ (ตารางที่ 16) มีค่าเพิ่มขึ้นตามเวลาในการเก็บรักษา และมีค่าแตกต่างกันตามวิธีการในการสกัด ($P < 0.05$) โดยปริมาณกรดไขมันอิสระของน้ำมันที่สกัดจากวัตถุดิบทั้ง 3 ชนิดมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาในการเก็บรักษานานขึ้นซึ่งช่วงการเก็บรักษา 2 เดือนแรกมีอัตราการเพิ่มขึ้นสูงกว่าการเก็บรักษาในช่วง 2 เดือนหลัง สอดคล้องกับการเก็บรักษาปลาทูน่าพันธุ์ albacore ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 เดือน พบว่าปริมาณกรดไขมันอิสระมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น จากปริมาณเริ่มต้นเท่ากับร้อยละ 4.2 จนมีค่าสูงสุดร้อยละ 11 เมื่อเก็บรักษานาน 9 เดือน และลดลงอีกครั้งเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน (ร้อยละ 4.2) ในขณะที่การเก็บรักษาที่

อุณหภูมิ -25 องศาเซลเซียส ปริมาณกรดไขมันอิสระเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น (Ben-Gigirey *et al.*, 1999) ปริมาณกรดไขมันอิสระในรูปกรดโอเลอิกที่เพิ่มขึ้นเป็นผลจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (hydrolysis) แม้ว่าปริมาณกรดไขมันอิสระจะไม่ใช่อัตราที่บ่งบอกการเสื่อมคุณภาพโดยตรง แต่ก็สามารถบอกได้ว่าเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในทางลดลง (Shewfelt, 1981) รายงานการเก็บรักษาปลาแมคคอเรลสดที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส พบว่าปริมาณกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้นตามเวลาในการเก็บรักษา เช่นเดียวกันโดยเพิ่มจากร้อยละ 3.5 เป็น 5.3 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 200 วัน (Brake and Fennema, 1999) และปลา salmon ที่เก็บรักษาอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 6 เดือน พบว่าปริมาณกรดไขมันอิสระในรูปกรดโอเลอิกเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 1.1 เป็น 2.8 แสดงว่าการเก็บรักษาโดยการแช่เยือกแข็งยังคงเกิดการเปลี่ยนแปลงจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสเนื่องจากเอนไซม์ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวมีบทบาทต่อการเสื่อมเสียคุณภาพทางประสาทสัมผัสของปลา salmon ระหว่างการเก็บรักษาด้วยเช่นกัน (Hanne *et al.*, 2000) นอกจากนี้วิธีการในการสกัดที่แตกต่างกันส่งผลให้ปริมาณกรดไขมันอิสระแตกต่างกัน กล่าวคือน้ำมันที่สกัดด้วย HIP มีปริมาณของกรดไขมันอิสระสูงกว่าการสกัดด้วย CM เนื่องจากในขั้นตอนของการระเหยตัวทำละลายใช้อุณหภูมิในการระเหยต่างกัน นั่นคือการสกัดด้วย CM ใช้อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ส่วนวิธีที่สกัดด้วย HIP ใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นนี้ทำให้ไตรกลีเซอไรด์ถูกเปลี่ยนไปเป็นกรดไขมันอิสระสูงขึ้น โดยเฉพาะการสกัดน้ำมันจากเนื้อเยื่อที่ผ่านการแช่เยือกแข็งเป็นเวลานาน ก็ยิ่งทำให้ปริมาณกรดไขมันอิสระเพิ่มสูงขึ้น (Hardy *et al.*, 1979)

ตารางที่ 16 ปริมาณกรดไขมันอิสระของวัตถุดิบที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

ตัวอย่าง	เวลา (เดือน)	ปริมาณกรดไขมันอิสระ (ร้อยละกรดคลิโนเลอิก)	
		CM	HIP
รังไข่	0	1.30±0.88c	1.74±0.33c
	2	1.69±0.04b	2.84±0.43b
	4	1.88±0.75a	3.10±0.74a
อัตรหะ	0	2.53±0.07c	2.40±0.14c
	2	2.99±0.18b	3.23±0.48b
	4	3.33±1.38a	3.62±0.55a
เครื่องใน	0	4.07±1.59c	4.20±0.21c
	2	4.49±1.14b	4.56±0.10b
	4	4.89±0.77a	4.81±0.17a

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 2 ซ้ำ

ค่าเฉลี่ยของตัวอย่างชนิดเดียวกันที่มีอักษรต่างกันในสดมภ์เดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ค่าเปอร์ออกไซด์

น้ำมันจากรังไข่ อัตรหะ และเครื่องในปลาโอแถบที่สกัดโดยวิธีที่สกัดด้วย CM และ HIP มีค่าเปอร์ออกไซด์แตกต่างกัน ($P < 0.05$) และการเก็บรักษาวัตถุดิบเป็นเวลา 0, 2 และ 4 เดือนส่งผลให้ค่าเปอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 17) ตามเวลาในการเก็บรักษา สอดคล้องกับค่าเปอร์ออกไซด์ของน้ำมันที่สกัดจากเนื้อปลาทูน่าพันธุ์ albacore ที่ผ่านการเก็บรักษาอุณหภูมิ -18 และ -25 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 12 เดือน มีค่าเปอร์ออกไซด์สูงขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น นั่นคือที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส ค่าเปอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้นจาก 7.23 เป็น 38.0 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ส่วนที่อุณหภูมิ -25 องศาเซลเซียสค่าเปอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้นสูงสุดเมื่อเก็บรักษาเดือนที่ 3 เท่ากับ 20.0 meq ต่อตัวอย่างน้ำมัน 1 กิโลกรัม (Ben-Gigirey *et al.*, 1999) นั่นคือในขณะที่เก็บรักษาเนื้อปลาโดยการแช่เยือกแข็งองค์ประกอบส่วนที่เป็นไขมันเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ทำให้เกิดการปลดปล่อยโปรออกซิเดนท์เพิ่มมากขึ้นได้เป็นสารประกอบไฮโดรเปอร์ออกไซด์ ซึ่งเป็นสารที่ไม่อยู่ตัวจะสลายตัวให้สารประกอบที่มีจำนวนคาร์บอนน้อยลง รวมไปถึงสารจำพวกกรด อัลดีไฮด์ และคีโตน สารเหล่านี้ระเหยได้ทำให้เกิดกลิ่นหืนและเกิดการเสื่อมเสีย

สามารถวัดได้จากค่าเปอร์ออกไซด์ที่เพิ่มขึ้น (Beltran and Moral, 1990) และเนื้อปลาแมคคอเรลสดที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 200 วัน พบว่าค่าเปอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บรักษา (Brake and Fennema, 1999)

ตารางที่ 17 ค่าเปอร์ออกไซด์ของวัตถุดิบที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

ตัวอย่าง	เวลา (เดือน)	ค่าเปอร์ออกไซด์ (meq /น้ำมัน 1 กิโลกรัม)	
		CM	HIP
รังไข่	0	36.62±0.50c	39.06±0.62c
	2	43.02±0.04b	44.04±0.22b
	4	50.79±0.11a	50.60±0.17a
อ้วนทะ	0	38.85±0.41c	41.35±0.56c
	2	45.94±0.52b	46.98±0.89b
	4	52.02±0.75a	53.80±0.89a
เครื่องใน	0	32.82±0.33c	36.96±1.52c
	2	37.27±1.85b	41.65±0.53b
	4	47.96±0.72a	46.75±2.39a

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 2 ซ้ำ

ค่าเฉลี่ยของตัวอย่างชนิดเดียวกันที่มีอักษรต่างกันในสดมภ์เดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ค่า TBARS

น้ำมันจากรังไข่ อ้วนทะ และเครื่องในปลาโอแถบที่สกัดด้วย CM และ HIP มีค่า TBARS ต่างกัน ($P < 0.05$) ช่วงการเก็บรักษา 2 เดือนแรกค่า TBARS เพิ่มขึ้นชัดเจน ในขณะที่การเก็บรักษาเดือนที่ 4 ค่า TBARS เปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น (ตารางที่ 18) นั่นคือการเก็บวัตถุดิบเดือนที่ 4 ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของค่า TBARS โดยที่ค่า TBARS เป็นค่าที่ใช้บ่งชี้การเปลี่ยนแปลงของน้ำมันเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่น การวิเคราะห์นี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Brake และ Fennema (1999) ซึ่งศึกษาการเก็บรักษาเนื้อปลาแมคคอเรลสดที่อุณหภูมิ -5, -15 และ -20 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 6 เดือน พบว่าไม่เห็นการเปลี่ยนแปลงจากค่า TBARS เนื่องจากค่า

TBARS จะแสดงถึงปริมาณผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน แต่ไม่สามารถแสดงคุณภาพทั้งหมดของน้ำมันได้

ตารางที่ 18 ค่า TBARS ของวัตถุดิบที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

ตัวอย่าง	เวลา (เดือน)	ค่า TBARS(มิลลิกรัมของมาโลนดีไฮด์/กิโลกรัมน้ำมัน)	
		CM	HIP
รังไข่	0	2.23±0.06b	1.43±0.07b
	2	3.72±0.13a	3.26±0.12a
	4	3.88±0.06a	3.37±0.08a
อ้นทะ	0	1.86±0.01b	2.10±0.07b
	2	4.39±0.01a	5.69±0.06a
	4	4.50±0.02a	5.78±0.07a
เครื่องใน	0	1.01±0.08c	1.24±0.09b
	2	2.28±0.32b	3.50±0.12a
	4	2.45±0.07a	4.54±0.08a

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

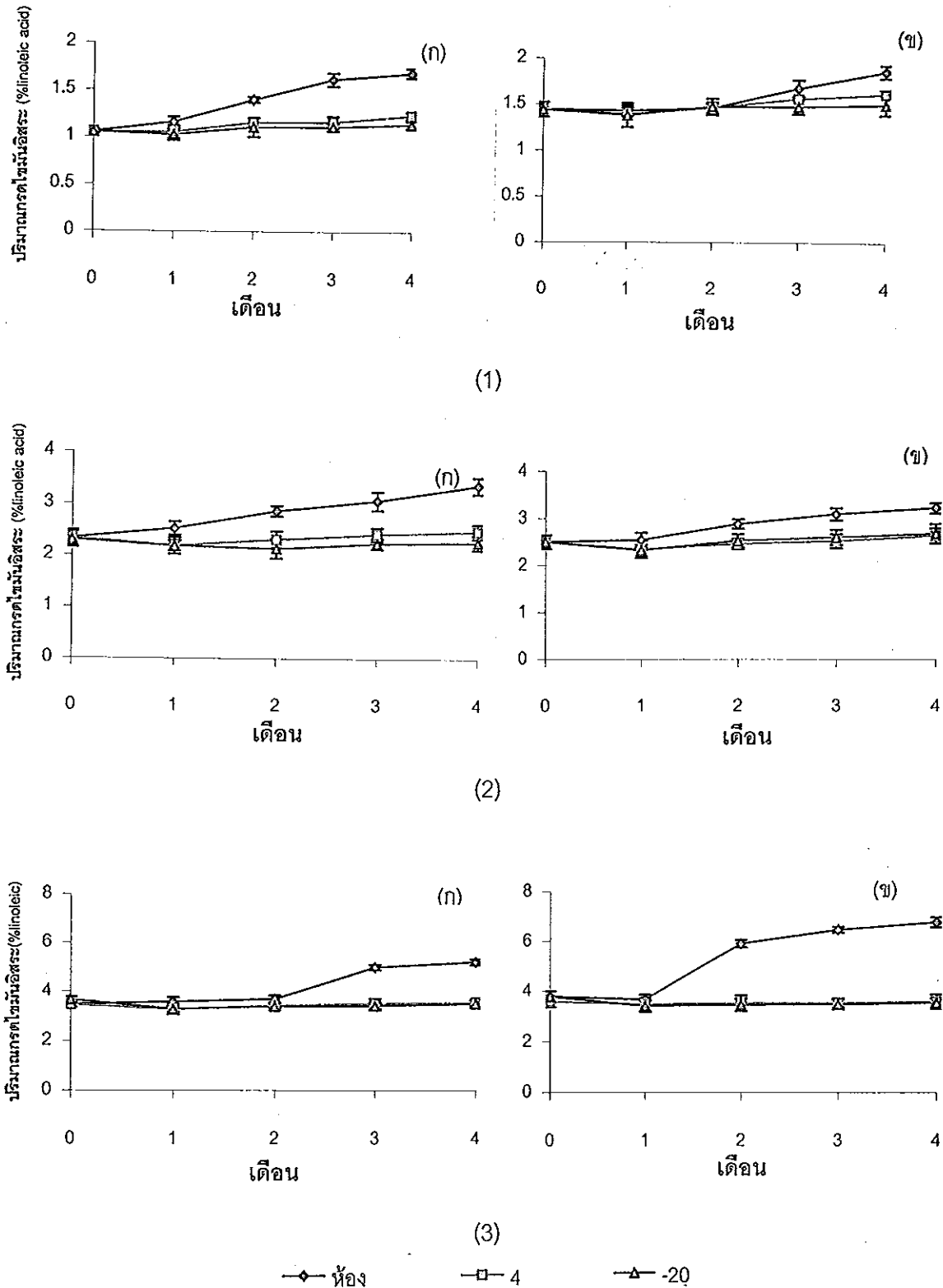
ค่าเฉลี่ยของตัวอย่างชนิดเดียวกันที่มีอักษรต่างกันในสดมภ์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

การเก็บรักษาน้ำมันปลา

สกัดน้ำมันจากรังไข่ อ้วนตะ และเครื่องในปลาโอแถบด้วย CM และ HIP บรรจุในขวดแก้วปิดสนิทและหุ้มด้วยฟอยด์เพื่อป้องกันแสง (ทำการศึกษาเดือนกุมภาพันธ์ 2543 – มิถุนายน 2543) ปัจจัยที่ศึกษาคืออุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษา มี 3 ระดับคือ อุณหภูมิห้อง 4 และ -20 องศาเซลเซียส โดยทำการวิเคราะห์สมบัติของน้ำมัน ได้แก่ ปริมาณกรดไขมันอิสระ ค่าเปอร์ออกไซด์ ค่า TBARS และชนิดและปริมาณของกรดไขมัน ทำการวิเคราะห์ทุกเดือนเป็นเวลา 4 เดือน

ปริมาณกรดไขมันอิสระ

ปริมาณกรดไขมันอิสระของน้ำมันที่สกัดจากรังไข่ อ้วนตะ และเครื่องในปลาโอแถบแสดงดังภาพที่ 19 น้ำมันที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ -20 องศาเซลเซียสมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น โดยน้ำมันเริ่มต้นมีปริมาณกรดไขมันอิสระในรูปกรดโอเลอิกร้อยละ 1.00 และ 1.43, 2.33 และ 2.49 และ 3.46 และ 3.77 เมื่อผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือน พบว่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสมีปริมาณกรดไขมันอิสระเท่ากับร้อยละ 1.23 และ 1.46, 24.71 และ 2.62 และ 3.53 และ 3.58 ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียสมีปริมาณกรดไขมันอิสระเท่ากับร้อยละ 1.11 และ 1.47, 2.25 และ 2.67 และ 3.48 และ 3.54 จากการสกัดด้วย CM และ HIP ตามลำดับ ในขณะที่เก็บที่อุณหภูมิห้องปริมาณกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้น ($P < 0.05$) เป็น 1.68 และ 1.45, 3.35 และ 3.21 และ 5.18 และ 6.77 จากการสกัดด้วย CM และ HIP ตามลำดับ จากผลการศึกษานี้พบว่าปริมาณกรดไขมันอิสระของน้ำมันที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ -20 องศาเซลเซียสมีค่าใกล้เคียงกันในแต่ละเดือนของการเก็บรักษา เมื่อเปรียบเทียบกับผลของการเก็บรักษาน้ำมันบริสุทธิ์จากน้ำนิ่งปลาทูนที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 4 เดือน พบว่าปริมาณกรดไขมันอิสระของน้ำมันดังกล่าวมีค่าใกล้เคียงกันในแต่ละเดือนของการเก็บรักษา (สมบัติ รุ่งศิลป์, 2541) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษานี้ และเช่นเดียวกับการเก็บรักษาน้ำมันดิบจากหัวปลาดิบและหัวปลาสุกของปลาโอแถบที่อุณหภูมิห้องและ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 เดือน พบว่าที่อุณหภูมิห้องปริมาณกรดไขมันอิสระของน้ำมันจากหัวปลาดิบและหัวปลาสุกเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 2.83 และ 2.30 เป็น 2.96 และ 3.30 ในขณะที่การเก็บที่ 4 องศาเซลเซียสปริมาณกรดไขมันอิสระเท่ากับ 2.88 และ 2.50 ตามลำดับ (นิสิทธิ ศรีวิรัตน์, 2543) จึงสามารถกล่าวได้ว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาน้ำมันคือ 4 องศาเซลเซียสโดยพิจารณาจากปริมาณกรดไขมันอิสระ



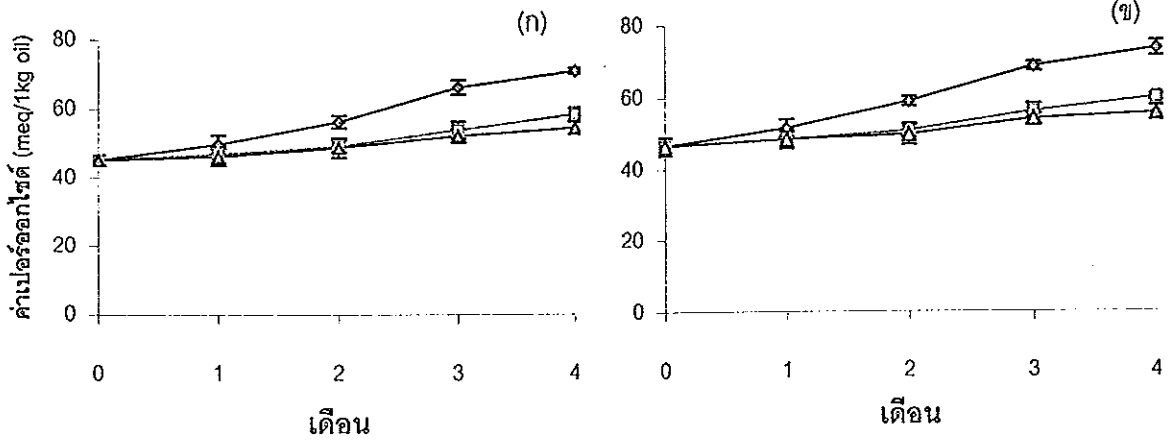
ภาพที่ 19 ปริมาณกรดไขมันอิสระของน้ำมันที่สกัดจาก : รังไข่ (1), อังทะ (2) และเครื่องใน (3) ปลาโอแถบ

(ก) : สกัดโดยการใช้คลอโรฟอร์มและเมทานอล,

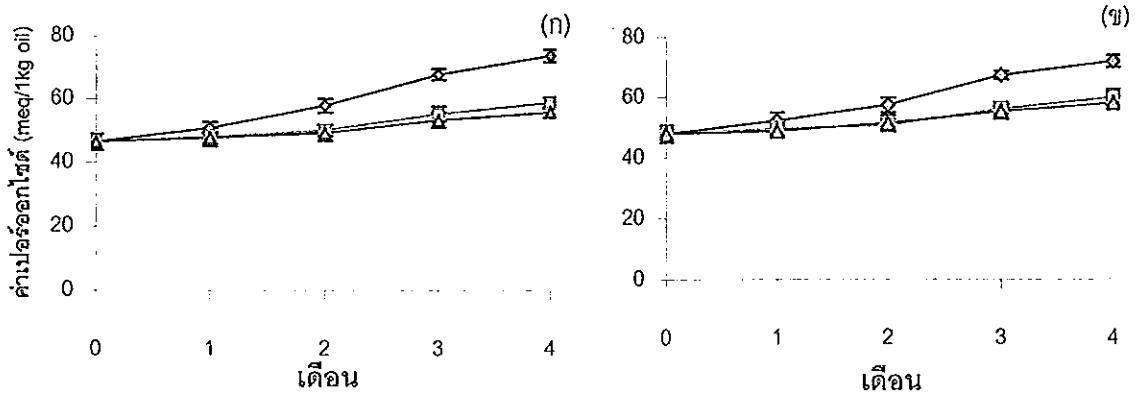
(ข) : สกัดโดยการใช้เฮกเซนและไอโซโพรพานอล

ค่าเปอร์ออกไซด์

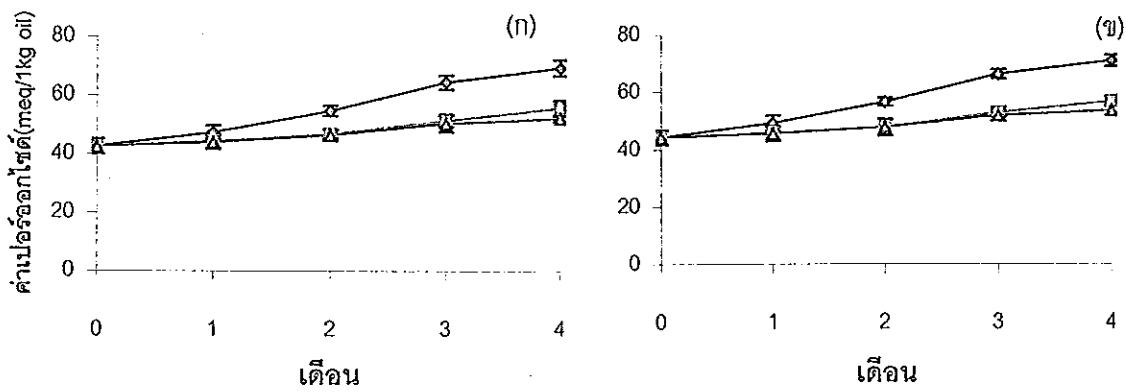
ค่าเปอร์ออกไซด์ของน้ำมันที่สกัดจากรังไข่ อังทะ และเครื่องในปลาโอแถบที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ -20 องศาเซลเซียสค่าเปอร์ออกไซด์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น โดยน้ำมันเริ่มต้นมีค่าเปอร์ออกไซด์เท่ากับ 45.14 และ 46.4, 46.38 และ 47.79 และ 42.59 และ 42.21 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือน พบว่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสมีค่าเปอร์ออกไซด์เท่ากับ 58.36 และ 50.73, 58.76 และ 50.52 และ 55.53 และ 47.70 ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียสมีค่าเปอร์ออกไซด์เท่ากับ 54.39 และ 49.61, 55.77 และ 51.21 และ 51.99 และ 47.62 ในขณะที่เก็บที่อุณหภูมิห้องค่าเปอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้น ($P < 0.05$) เป็น 70.81 และ 58.81, 73.72 และ 57.19 และ 69.27 และ 56.42 meq ต่อตัวอย่างน้ำมัน 1 กิโลกรัม จากการสกัดด้วย CM และ HIP ตามลำดับ สอดคล้องกับการศึกษาของนิลธิ์ ศรีวิรัตน์ (2543) กล่าวคือน้ำมันจากหัวปลาดิบของปลาโอแถบซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องมีค่าเปอร์ออกไซด์สูงสุดในทุก ๆ เดือน ในขณะที่เก็บที่ 4 องศาเซลเซียสทำให้ค่าเปอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้นได้เช่นกันจาก 37 เป็น 48 meq ต่อตัวอย่างน้ำมัน 1 กิโลกรัม ซึ่งค่าเปอร์ออกไซด์ที่ได้นี้สูงกว่าข้อกำหนดมาตรฐานของน้ำมันปลาดิบ (3 - 20 meq ต่อตัวอย่างน้ำมัน 1 กิโลกรัม) จึงต้องมีการใช้สารกันหืนเติมลงในน้ำมันเพื่อป้องกันปฏิกิริยาออกซิเดชัน



(1)



(2)



(3)

◆ ห้อง □ 4 ▲ -20

ภาพที่ 20 ค่าเปอร์ออกไซด์ของน้ำมันที่สกัดจาก : รังไข่ (1), อังทะ (2) และเครื่องใน (3) ปลาโอ
แถบ

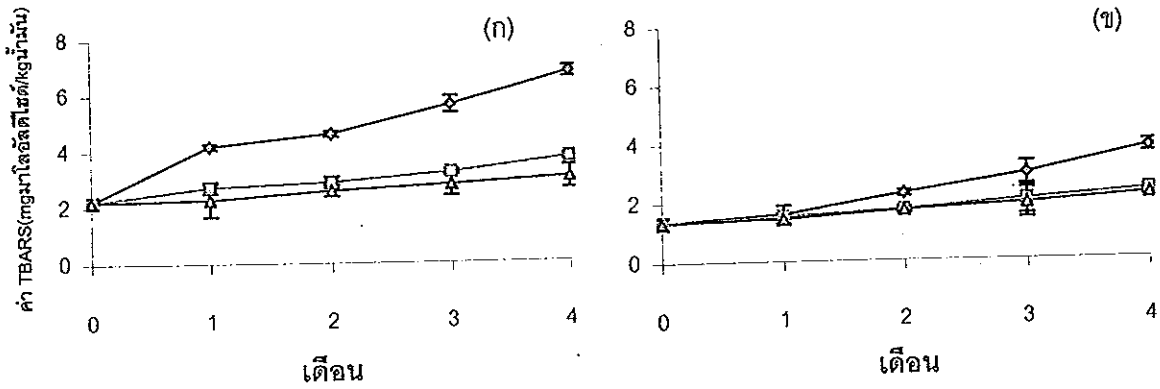
(ก) : สกัดโดยการใช้คลอโรฟอร์มและเมทานอล,

(ข) : สกัดโดยการใช้เฮกเซนและไอโซโพรพานอล

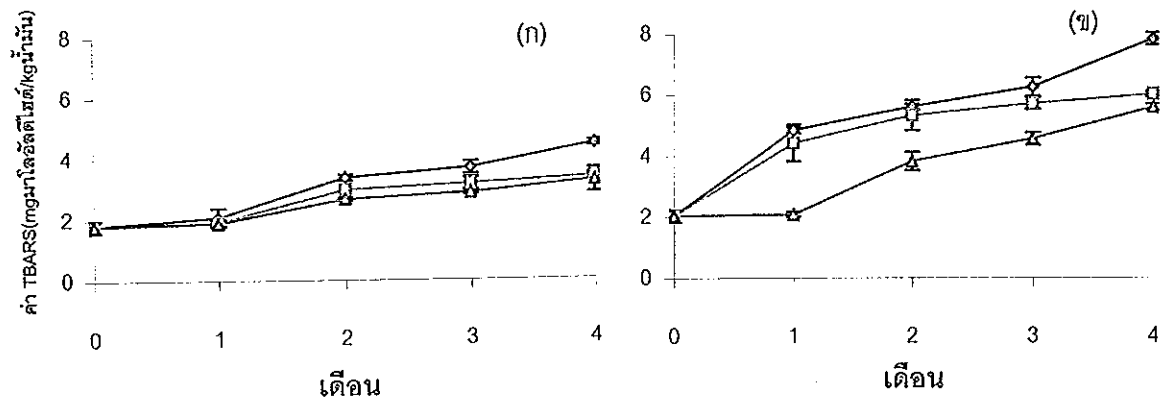
ค่า TBARS

ค่า TBARS ของน้ำมันที่สกัดจากรังไข่ อังทะ และเครื่องในของปลาโอแถบ แสดงดังภาพที่ 21 พบว่าน้ำมันที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ -20 องศาเซลเซียส มีค่า TBARS เพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น โดยน้ำมันเริ่มต้นมีค่า TBARS เท่ากับ 2.18 และ 1.33, 1.79 และ 2.03 และ 1.90 และ 1.24 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือน ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีค่าเท่ากับ 3.68 และ 2.29, 3.36 และ 6.01 และ 2.82 และ 2.38 ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส มีค่าเท่ากับ 2.98 และ 2.15, 3.23 และ 5.58 และ 2.59 และ 2.14 ในขณะที่เก็บที่อุณหภูมิห้องค่า TBARS เพิ่มขึ้น ($P < 0.05$) เป็น 6.74 และ 3.74, 4.43 และ 7.82 และ 3.47 และ 3.54 มิลลิกรัมของมาโลอัลดีไฮด์ต่อน้ำมัน 1 กิโลกรัม จากการสกัดด้วย CM และ HIP ตามลำดับ สอดคล้องกับการเก็บรักษาน้ำมันจากหัวปลาโอแถบ ซึ่งน้ำมันเริ่มต้นมีค่า TBARS เท่ากับ 2.0 เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 4 เดือนมีค่าเท่ากับ 2.4 ในขณะที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 2.6 มิลลิกรัมของมาโลอัลดีไฮด์ต่อน้ำมัน 1 กิโลกรัม ค่า TBARS ของน้ำมันจากการศึกษาี้แสดงถึงปริมาณผลผลิตจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมัน โดยที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ -20 องศาเซลเซียสทำให้ค่าดังกล่าวแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ดังนั้นการเลือกอุณหภูมิที่เหมาะสมจึงควรเก็บที่ 4 องศาเซลเซียสเนื่องจากประหยัดค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา

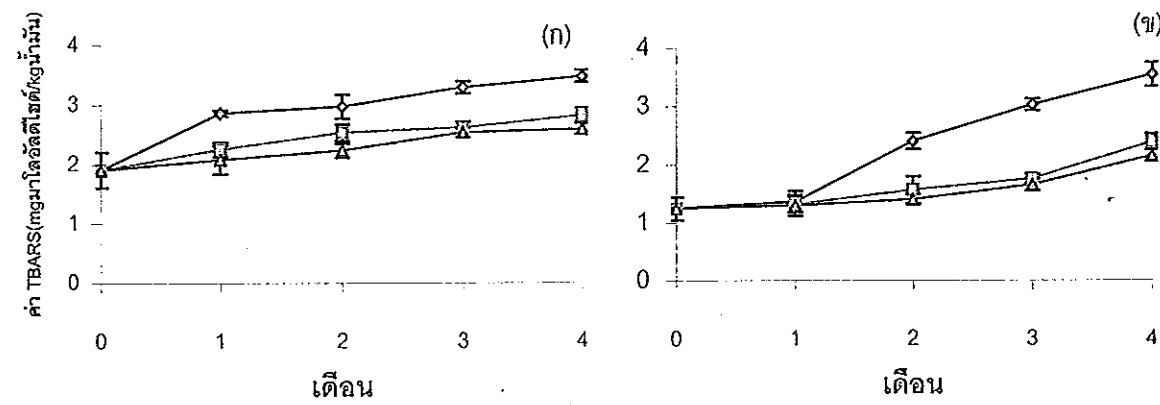
ดังนั้นการเก็บรักษาน้ำมันดิบที่เหมาะสมจากการศึกษาี้คือ ควรเก็บภายในภาชนะปิดสนิท และที่บดแสง มีปริมาณออกซิเจนเหลืออยู่ในภาชนะต่ำสุด (แทนที่ด้วยแก๊สไนโตรเจน) ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส



(1)



(2)



(3)

◆ ห้อง □ 4 ▲ -20

ภาพที่ 21 ค่า TBARS ของน้ำมันที่สกัดจาก : รังไข่ (1), อัณฑะ (2) และเครื่องใน (3) ปลาโอแถบ

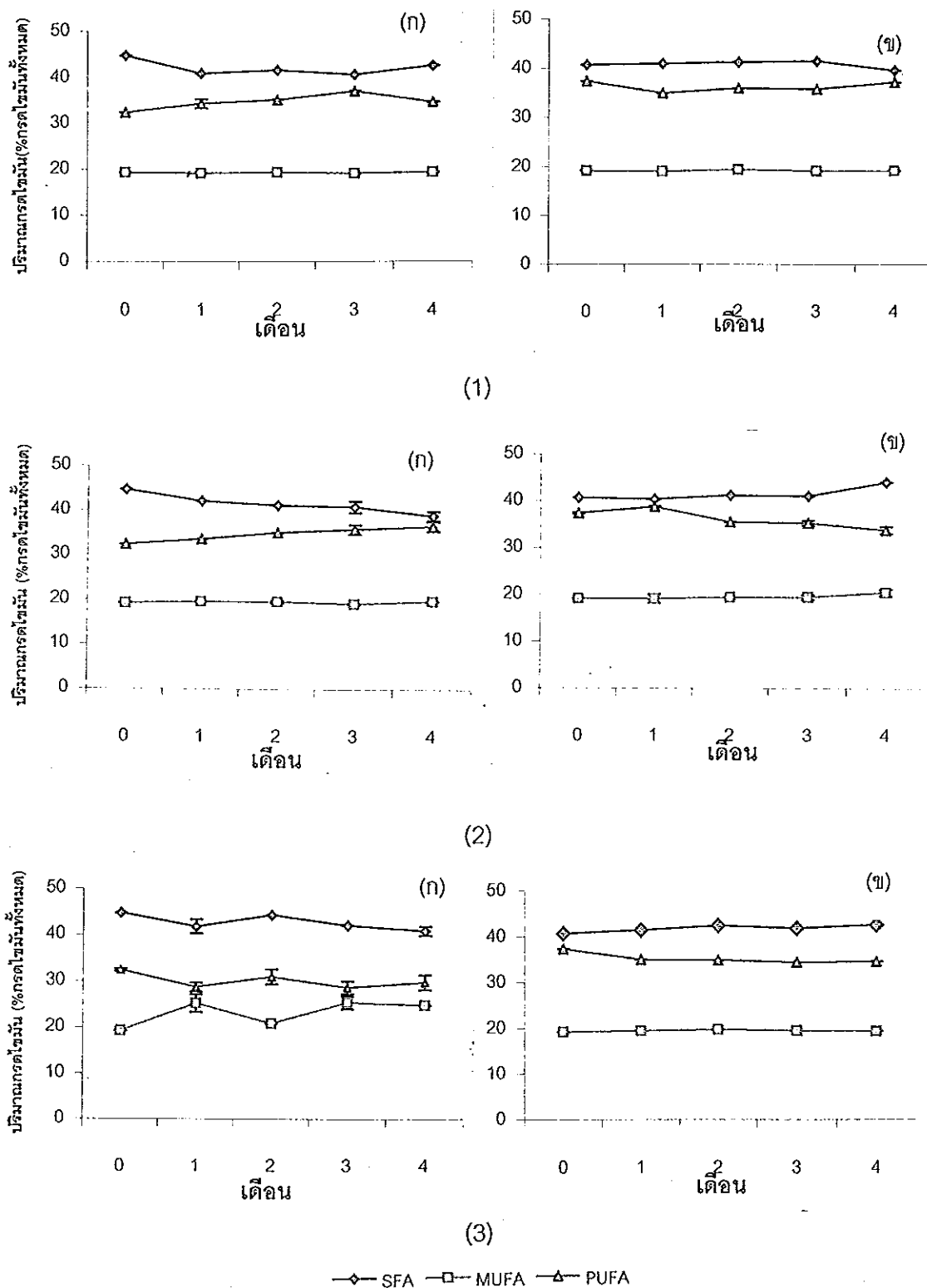
(ก) : สกัดโดยใช้คลอโรฟอร์มและเมทานอล,
 (ข) : สกัดโดยใช้เฮกเซนและไอโซโพรพานอล

ชนิดและปริมาณของกรดไขมัน

การวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของกรดไขมันในตัวอยางน้ำมันที่ทำการเก็บรักษาในอุณหภูมิแตกต่างกัน 3 ระดับ คืออุณหภูมิห้อง 4 และ -20 องศาเซลเซียส โดยทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทุก 1 เดือนเป็นเวลา 4 เดือน

น้ำมันที่สกัดจากรังไข่ปลาโอแถบ

ชนิดและปริมาณกรดไขมันของน้ำมันจากรังไข่ปลาโอแถบมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน (ภาพที่ 22) โดยปริมาณของกรดไขมันมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงไม่คงที่เมื่อเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น เมื่อเก็บรักษาน้ำมันเป็นเวลา 4 เดือน พบว่าที่อุณหภูมิห้องมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัว (SFA) อยู่ในช่วงร้อยละ 41.58 – 44.73 และ 39.59 – 41.48 กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (MUFA) อยู่ในช่วงร้อยละ 19.11 – 19.39 และ 19.05 – 19.36 และกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (PUFA) อยู่ในช่วงร้อยละ 32.38 – 35.14 และ 34.89 – 37.32 ของปริมาณกรดไขมันทั้งหมด จากน้ำมันที่สกัดด้วย CM และ HIP ตามลำดับ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสปริมาณ SFA อยู่ในช่วงร้อยละ 39.10 – 44.73 และ 40.34 – 44.05 ปริมาณ MUFA อยู่ในช่วงร้อยละ 19.28 – 19.85 และ 19.14 – 20.51 และ ปริมาณ PUFA อยู่ในช่วงร้อยละ 32.38 – 36.73 และ 33.86 – 38.75 ของปริมาณกรดไขมันทั้งหมดจากน้ำมันที่สกัดด้วย CM และ HIP ตามลำดับ และที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ปริมาณ SFA อยู่ในช่วงร้อยละ 40.90 – 44.73 และ 40.63 – 42.40 ปริมาณ MUFA อยู่ในช่วงร้อยละ 19.28 – 25.42 และ 19.19 – 19.73 และ ปริมาณ PUFA อยู่ในช่วงร้อยละ 28.68 – 32.38 และ 34.42 – 37.32 ของปริมาณกรดไขมันทั้งหมดจากน้ำมันที่สกัดด้วย CM และ HIP ตามลำดับ



ภาพที่ 22 ปริมาณกรดไขมันของน้ำมันจากรังไข่ปลาโอแถบที่เก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือน

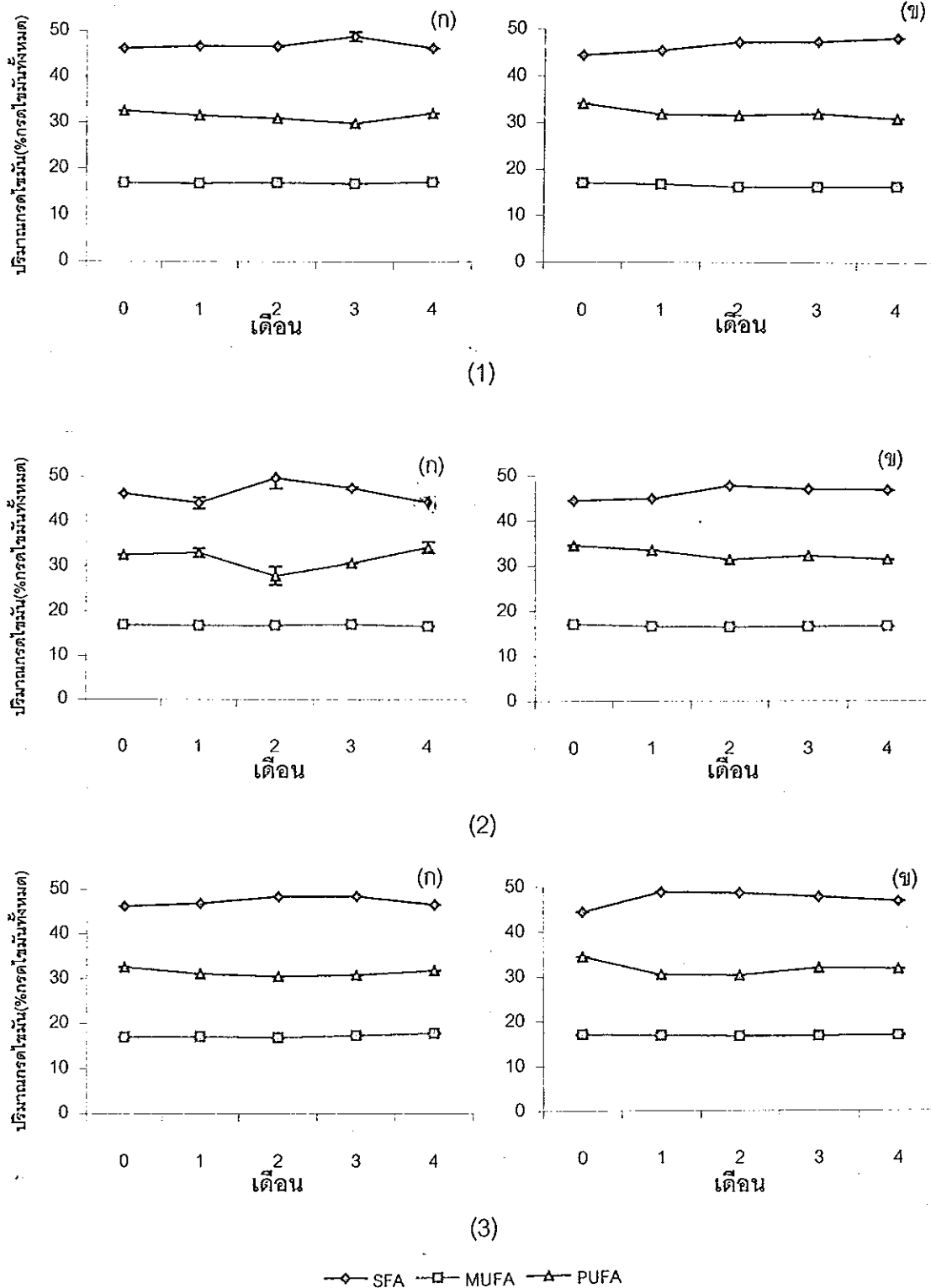
(1) : อุณหภูมิห้อง, (2) : อุณหภูมิ 4 °ซ และ (3) : อุณหภูมิ -20 °ซ

(n) : สกัดโดยการใช้คลอโรฟอร์มและเมทานอล,

(ข) : สกัดโดยการใช้เฮกเซนและไอโซโพรพานอล

น้ำมันที่สกัดจากอัลทอะปลาโอแถบ

ชนิดและปริมาณกรดไขมันของน้ำมันจากอัลทอะปลาโอแถบมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน (ภาพที่ 23) โดยปริมาณของกรดไขมันมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงไม่คงที่เมื่อเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น เมื่อเก็บรักษาน้ำมันเป็นเวลา 4 เดือน พบว่าที่อุณหภูมิห้องมีปริมาณ SFA อยู่ในช่วงร้อยละ 46.22 – 48.22 และ 44.40 – 48.26 ปริมาณ MUFA อยู่ในช่วงร้อยละ 16.77 – 17.08 และ 16.21 – 17.05 และปริมาณ PUFA อยู่ในช่วงร้อยละ 27.95 – 34.29 และ 31.27 – 34.47 ของปริมาณกรดไขมันทั้งหมด จากน้ำมันที่สกัดด้วย CM และ HIP ตามลำดับ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ปริมาณ SFA อยู่ในช่วงร้อยละ 44.15 – 49.76 และ 44.40 – 47.68 ปริมาณ MUFA อยู่ในช่วงร้อยละ 16.69 – 17.13 และ 16.60 – 17.05 และปริมาณ PUFA อยู่ในช่วงร้อยละ 27.95 – 34.29 และ 31.27 – 34.47 ของปริมาณกรดไขมันทั้งหมด จากน้ำมันที่สกัดด้วย CM และ HIP ตามลำดับ และที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียสมีปริมาณ SFA อยู่ในช่วงร้อยละ 46.22 – 48.48 และ 44.40 – 48.73 ปริมาณ MUFA อยู่ในช่วงร้อยละ 16.87 – 17.82 และ 16.67 – 17.05 และปริมาณ PUFA อยู่ในช่วงร้อยละ 30.51 – 32.54 และ 30.16 – 34.47 ของปริมาณกรดไขมันทั้งหมด จากน้ำมันที่สกัดด้วย CM และ HIP ตามลำดับ



ภาพที่ 23 ปริมาณกรดไขมันของน้ำมันจากอัลตะปลาโอแถบที่เก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือน

(1) : อุณหภูมิห้อง, (2) : อุณหภูมิ 4 °ซ และ (3) : อุณหภูมิ -20 °ซ

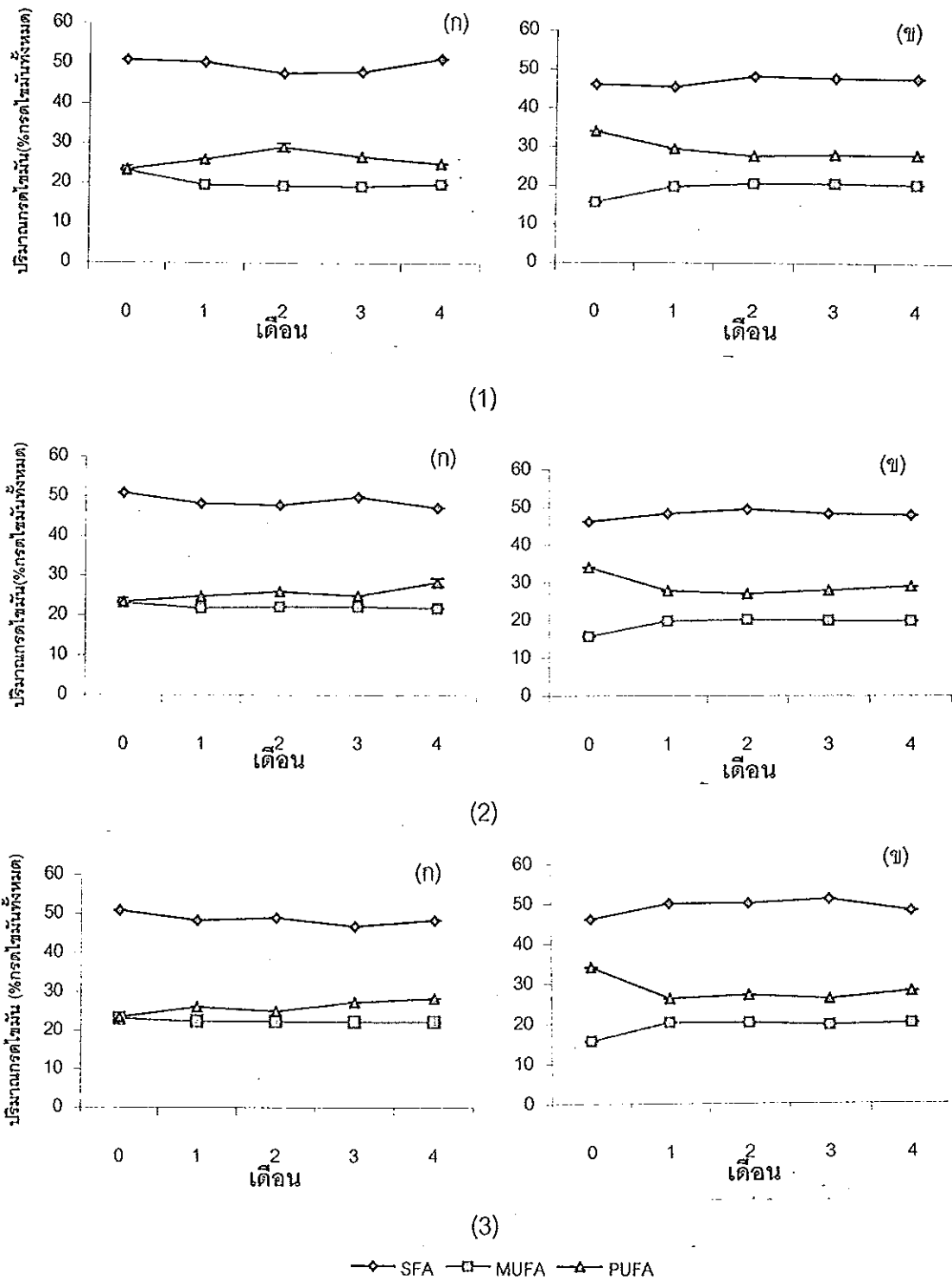
(ก) : สกัดโดยใช้คลอโรฟอร์มและเมทานอล,

(ข) : สกัดโดยใช้เฮกเซนและไอโซโพรพานอล

น้ำมันจากเครื่องในปลาโอแถบ

ชนิดและปริมาณกรดไขมันของน้ำมันจากเครื่องในปลาโอแถบมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน (ภาพที่ 24) โดยปริมาณของกรดไขมันมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงไม่คงที่เมื่อเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น เมื่อเก็บรักษาน้ำมันเป็นเวลา 4 เดือน พบว่า ที่อุณหภูมิห้องมีปริมาณ SFA อยู่ในช่วงร้อยละ 47.62 – 51.36 และ 45.54 – 48.31 ปริมาณ MUFA อยู่ในช่วงร้อยละ 19.23 – 23.09 และ 15.69 – 20.64 และปริมาณ PUFA อยู่ในช่วงร้อยละ 23.43 – 29.13 และ 27.73 – 34.02 ของปริมาณกรดไขมันทั้งหมด จากน้ำมันที่สกัดด้วย CM และ HIP ตามลำดับ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ปริมาณ SFA อยู่ในช่วงร้อยละ 47.08 – 50.85 และ 46.13 – 49.34 ปริมาณ MUFA อยู่ในช่วงร้อยละ 19.23 – 23.09 และ 15.69 – 20.64 และ ปริมาณ PUFA อยู่ในช่วงร้อยละ 23.43 – 29.13 และ 27.73 – 34.02 ของปริมาณกรดไขมันทั้งหมด จากน้ำมันที่สกัดด้วย CM และ HIP ตามลำดับ และที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ปริมาณ SFA อยู่ในช่วงร้อยละ 46.81 – 50.88 และ 46.13 – 50.97 ปริมาณ MUFA อยู่ในช่วงร้อยละ 22.15 – 23.09 และ 15.69 – 20.24 และปริมาณ PUFA อยู่ในช่วงร้อยละ 23.43 – 28.24 และ 26.01 – 34.02 ของปริมาณกรดไขมันทั้งหมด จากน้ำมันที่สกัดด้วย CM และ HIP ตามลำดับ

จากผลการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของกรดไขมันนี้ พบว่าน้ำมันที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่าง ๆ มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณของกรดไขมันเพียงเล็กน้อย และสอดคล้องกับปริมาณกรดไขมันของเนื้อปลา salmon ซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 6 เดือน โดยที่กรดไขมัน SFA, MUFA และ PUFA เริ่มต้นเท่ากับ 23.31, 42.97 และ 35.93 มิลลิกรัมของกรดไขมันต่อกรัมของเนื้อปลา เมื่อเก็บรักษา 6 เดือนพบว่ากรดไขมันดังกล่าวเท่ากับ 22.38, 42.61 และ 36.75 มิลลิกรัมของกรดไขมันต่อกรัมของเนื้อปลาตามลำดับ สรุปว่าปริมาณกรดไขมันของการศึกษานี้ไม่แตกต่างกันเมื่อเก็บรักษา 6 เดือน (Hanne *et al.*, 2000) นอกจากนี้ปริมาณกรดไขมันของเนื้อปลา sea bass ที่ผ่านการเก็บรักษาโดยการแช่เย็น (1 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 12 วัน พบว่ากรดไขมัน SFA, MUFA และ PUFA เปลี่ยนแปลงจากร้อยละ 28.0 เป็น 27.4, 26.2 เป็น 26.7 และ 45.9 เป็น 46.3 ของปริมาณกรดไขมันทั้งหมดตามลำดับ แสดงว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดไขมันในระหว่างการเก็บรักษาโดยการแช่เย็น (Pirini *et al.*, 2000) และน้ำมันที่บรรจุอยู่ในแคปซูลเจลลาตินเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ปรากฏแสงเป็นเวลา 4 ปี พบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลง (Ackman , 1998)



ภาพที่ 24 ปริมาณกรดไขมันของน้ำมันจากเครื่องในปลาโอแถบที่เก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือน

(1) : อุณหภูมิห้อง, (2) : อุณหภูมิ 4⁰ซ และ (3) : อุณหภูมิ -20⁰ซ

(ก) : สกัดโดยใช้คลอโรฟอร์มและเมทานอล,

(ข) : สกัดโดยใช้เฮกเซนและไอโซโพรพานอล

บทที่ 4

สรุป

รังไข่ อัณฑะ และเครื่องในปลาโอแถบที่จับจากมหาสมุทรแปซิฟิกและมหาสมุทรอินเดีย และจับในช่วงเวลาแตกต่างกัน มีองค์ประกอบทางเคมีได้แก่ ปริมาณความชื้น โปรตีน และไขมันแตกต่างกันมาก ยกเว้นปริมาณน้ำมันซึ่งมีปริมาณแตกต่างกันตามช่วงเวลาในการจับ โดยวัตถุดิบจากมหาสมุทรแปซิฟิกมีปริมาณน้ำมันจากการสกัดด้วย CM และ HIP เฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 3.63 (2.61), 2.83 (2.84) และ 2.04 (2.10) ส่วนวัตถุดิบจากมหาสมุทรอินเดียมีปริมาณน้ำมันเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 3.86 (3.42), 3.62 (3.36) และ 2.05 (2.11) ปริมาณฟอสโฟไลปิดของน้ำมันที่สกัดจากรังไข่ อัณฑะ และเครื่องในปลาโอแถบจากมหาสมุทรแปซิฟิกมีปริมาณฟอสโฟไลปิดในน้ำมันที่สกัดด้วย CM และ HIP เฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 56.87 (57.56), 57.02 (59.94) และ 42.81 (44.55) ส่วนวัตถุดิบจากมหาสมุทรอินเดียมีปริมาณฟอสโฟไลปิดเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 51.48 (55.23), 53.84 (59.04) และ 38.88 (41.27) ของปริมาณน้ำมันทั้งหมด คุณลักษณะของน้ำมัน ได้แก่ ปริมาณไอโอดีน ค่าสะปอนิฟิเคชัน และปริมาณกรดไขมันอิสระมีปริมาณแตกต่างกันตามช่วงเวลาในการจับ และวิธีการในการสกัดน้ำมัน ชนิดและองค์ประกอบของน้ำมันในวัตถุดิบจากมหาสมุทรแปซิฟิกได้แก่ SFA, MUFA และ PUFA มีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 38.9, 18.9 และ 36.3, 44.7, 16.2 และ 34.3 และ 45.0, 17.26 และ 34.7 ของปริมาณกรดไขมันทั้งหมด ส่วนน้ำมันในวัตถุดิบจากมหาสมุทรอินเดียมีปริมาณ SFA, MUFA และ PUFA เฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 37.4, 28.8 และ 38.58, 42.37, 16.74 และ 35.9 และ 43.8, 18.8 และ 33.1 ของปริมาณกรดไขมันทั้งหมดในน้ำมันจากรังไข่ อัณฑะ และเครื่องในตามลำดับ

การเก็บรักษาวัตถุดิบที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 เดือน ทำให้ปริมาณ TVB และ TMA เพิ่มขึ้น แต่ยังคงอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ และส่งผลให้ปริมาณกรดไขมันอิสระ ค่าเปอร์ออกไซด์ และค่า TBARS เพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณน้ำมันที่สกัดได้ไม่เปลี่ยนแปลง

การเก็บรักษาน้ำมันที่สกัดจากรังไข่ อัณฑะ และเครื่องในปลาโอแถบที่อุณหภูมิ 4 และ -20 องศาเซลเซียส พบว่าสามารถลดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำมันได้ไม่แตกต่างกัน ดังนั้นอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาน้ำมันจากการศึกษานี้คือ 4 องศาเซลเซียส เนื่องจากเสียค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาต่ำกว่า

เอกสารอ้างอิง

- กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์. 2542. สถิติการค้าระหว่างประเทศ (มกราคม – มีนาคม). ศูนย์สาร
สนเทศเศรษฐกิจการค้า. กระทรวงอุตสาหกรรม.
- กองพัฒนาอุตสาหกรรม. 2534. อุตสาหกรรมเกษตรสินค้าเศษเหลือ (by product) จากโรงงาน
ปลาทูน่ากระป๋อง. เอกสารเผยแพร่กองพัฒนาอุตสาหกรรม กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม
กระทรวงอุตสาหกรรม.
- จิตรวดี ไตรเรกพันธุ์. 2450. การผลิตโปรตีนปลาสกัดจากหัวและเครื่องในปลา. วิทยานิพนธ์วิทยา
ศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- ถาวร จันทโชติ. 2540. การสกัดและสมบัติของน้ำมันจากตับปลาทูน่า. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร
มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- นิตินท์ ศรีวิวัฒน์. 2543. การศึกษาคุณลักษณะของน้ำมันจากหัวปลาดิบและหัวปลาสุกจากปลา
ทูน่าพันธุ์โอแถบ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- นุชจรินทร์ เกตุนิล. 2544. ภาวะการส่งออกอาหารของไทยในช่วง 9 เดือนแรก ปี 2543. ว. การส่ง
ออก. 3(15) : 47 – 50.
- พ่ายพ มาศนิยม. 2538. การใช้ประโยชน์เศษเนื้อปลาทูน่าในการผลิตแฮมปลา. วิทยานิพนธ์วิทยา
ศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- รัศมี ศุภศรี. 2536. ไขมันและบทบาทของ Omega – 3 fatty acid กับการดูดตันของหลอดเลือด.
ว.อาหาร. 23(4) : 242 – 254.

- สมบัติ รุ่งศิลป์. 2541. การผลิตน้ำมันปลาที่มีสารโอเมก้า 3 พูฟาจากน้ำนิ่งปลาทูน่า. วิทยานิพนธ์
วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- สมพงศ์ สหพงศ์. 2534. ความรู้ดั้งเดิมเรื่องไขมัน. บริษัท 21 เซนจูรี่จำกัด : รวมทรรศ. 13 –19.
- สุมาลัย ศรีกำไลทอง, เหวดี นาคดี, จีระวัฒน์ เอี่ยมวัฒน์ และสมนึก อาษา. 2538. การพัฒนาเพื่อ
เพิ่มมูลค่าของเหลือใช้ในอุตสาหกรรมปลาทูน่ากระป๋อง : การผลิต PUFA จากวัสดุเศษ
เหลือจากอุตสาหกรรมปลากระป๋อง. รายงานฉบับที่ 1 กรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดโอเมก้า – 3
จากน้ำนิ่งปลาทูน่าของอุตสาหกรรมปลาทูน่าบรรจุกระป๋อง. กรุงเทพฯ : สถาบันวิทยา
ศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.
- อัจฉรา ชนะสิทธิ์. 2541. การผลิตอาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัดจากหัวปลาโอแถบ. วิทยา
นิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- อัจฉริยา เชื้อชวยชู. 2542. การผลิตโปรตีนปลาไฮโดรไลเสตจากหัวและเครื่องในปลาทูน่าพันธุ์โอ
แถบ (*Katsuwonus pelamis*). วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยี
อาหาร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- อศยา กังสุวรรณ, บดินทร์ อธิพิงษ์ และมนูน พรหมเดช. 2537. การสกัดน้ำมันจากหัวและไส้ของ
ปลาทูน่า. สถาบันวิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ. ว.การประมง. 10(3) : 171 – 179.
- Aro, T., Tahvonen, R., Mattila, T., Nurmi, J., Sivonen, T. and Kallio, H. 2000. Effects of
season and processing on oil content and fatty acids of Baltic herring (*Clupea
harengus membras*). J. Agric. Food Chem. 48 : 6085 – 6093.
- Ackman, R. G., Macpherson, E. and Timmins, A. 1998. Anomalous high iodine value of
squalene and the impact on iodine values of shark liver oils. JAOCS. 75 (9) :
1223 – 1225.

- AOAC. 1999. Official Method of Analysis of the Official Analytical Chemists 15th
Ed. The Association of Official Analytical Chemists, Inc. Virginia.
- AOCS. 1989. Official and Tentative Methods of the American Oil Chemist's Society. Vol
1. Champaign. Illinois.
- Aurand, L. W. and Woods, A. E. 1973. Lipid. *In* Food Chemistry. (Woods, A. E., ed.). p.
121 – 125. The AVI Publishing Company, Inc. United State of America.
- Balogun, A. M. and Talabi, S.O. 1986. Studies on size distribution of skipjack tuna
(*Katsuwonus pelamis*) : effect on chemical composition and implications for its
utilization. *J. Food Technol.* 21 : 443 – 449.
- Bandarra, N. M., Batista, I., Nunes, M. L., Empis, J. M. and Christie, W. W. 1997.
Seasonal changes in lipid composition of sardine (*Sardina pilchardus*). *J. Food
Sci.* 62 : 40 – 42.
- Bell, M. V., Henderson, R. J. and Sargent, J. R. 1985. Changes in the fatty acid
composition of phospholipids from Turbot (*Scophthalmus maximus*) in dietary
polyunsaturated fatty acid deficiencies. *Comp. Biochem. Physiol.* 18B (1) : 193 –
198.
- Beltran, A. and Moral, A. 1990. Estabilidad de los lípidos de la sardine de diferente
contenido graso, Durante su conservación a –12 °C. *Anal. Bromatol.* 42 : 167 –
175.
- Benjakul, S. and Taylor, K.D. A. 1994. Lipids and fatty acid of dogfish (*Squalus
acanthias*) liver oil extracted by different methods. *Songklanakarin. J. Sci.
Technol.* 16(1) : 31 – 36.

- Ben – Gigirey, B., Vieites Baptista De Sousa, J. M., Villa, T. G. and Barros – Velazquez, J. 1999. Chemical changes and visual appearance of albacore tuna as related to frozen storage. *J. Food Sci.* 64 : 20 – 24.
- Bimbo, A. P. 1990. Production of Fish Oil. *In Fish Oil in Nutrition.* (Standby, M. E., ed.). p. 141 – 180. Reinhold Publishing Co., Ltd. New York
- Blaxter, J. H. S. 1969. Development : Egg and Larvae. *In Fish Physiology.* (Hoar, W., ed.). p. 177 – 252. Academic Press. New York.
- Bligh, E. G. and Dyer, W. J. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Physiol.* 37 : 911 – 917.
- Brake, N. C. and Fennema, O. R. 1999. Lipolysis and lipid oxidation in frozen minced mackerel as related to Tg', molecular diffusion, and presence of gelatin. *J. Food Sci.* 64 (1) : 25 –32.
- Buck, D. F. 1990. Antioxidants. *In Ingredient Technology.* (Rice, J., ed.). p. 73 – 98. Inaheim Convention Center. New York.
- Buege, J. A. and Aust, S. D. 1978. Microsomal lipid peroxidation. *Methods Enzymol.* 52 : 302 – 310.
- Ceve, G. 1983. Occurrence and response to environmental stresses in nonmammalian organisms. *In Phospholipids Handbook.* (Neidleman, S., ed.). p. 23 – 38. Marcel Dekker, Inc. New York.
- Christie, W.W. 1982. The Structure, Chemistry and Occurrence of Lipids. *In Lipid Analysis.* (Christie, W. W., ed.). p. 1 – 16. Pergamon Press. New York.

Chullasom, S. and Martosubroto, P. 1986. Geographic Distribution of Habitat, Spawning and Fishing Groups of Major Species Groups. Food and Agriculture Organization of the Nations. Rome.

Codex Alimentarius Commission. 1981. Codex General Standard for Edible Fats and Oils . Joint FAO/WHO Codex Alimentarius.

Connor, W. E., Neuringer, M. and Lin, D. S. 1990. Dietary effects on brain of fatty acid composition : the reversibility of n – 3 fatty acid deficiency and turnover of docosahexaenoic acid in the brain, erythrocytes and plasma of rhesus monkeys. J. Lipid Res. 31 : 237 – 247.

Connor, W. E., Neuringer, M. and Reisbick, S. 1992. Essential fatty acids : the importance of n – 3 fatty acids in the retina and brain. Nutr. Rev. 50 (4) : 21 – 29.

Czesny, S., Dabrowski, K., Christensen, J. E., Eenennaam, J. V. and Doroshov, S. 2000. Discrimination of wild and domestic origin of sturgeon ova based on lipids and fatty acid analysis. J. Aquaculture. 189 : 145 – 153.

Daikoku, T., Yano, I., and Masui, M. 1982. Lipid and fatty acid compositions and their changes in the different organs and tissue of guppy, *Poecilia reticulata* on sea water adaptation. Comp. Biochem. Physiol. 73A : 197 – 174.

de Vlaming, V. L., Fitz, G. R., Delahunty, G., Ceeh, J., Silman, K. and Barkley, M. 1984. Dynamics of oocyte development and related changes in serum estradiol-17 β , yolk precursor and lipid levels in the teleostean fish. Comp. Biochem. Physiol. 77 (A) : 599 – 610.

- Dygert, P. H. 1990. Seasonal change in energy content and proximate composition association with somatic growth and reproduction in a representative age – class of female English sole. *Transaction American Fisheries Society*. 119 : 791 – 801.
- Egan, H., Rick, R. S. and Sawyer, R. 1981. *Pearson's Chemical Analytical of Food* 8th Ed. Churchill livingstone Edinburgh. New York.
- Folch, J., Lees, M. and Sloane, G. H. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissue. *J. Biol. Chem.* 226 : 497 – 509.
- Gallagher, M. L., Harrell, M. L. and Rulifson, R. A. 1991. Variation in lipid and fatty acid contents of Atlantic choakers, striped mullet, and summer flounder. *J. Transactions American Fisheries Society*. 120 : 614 – 619.
- Gallardo, J., Aubourg, S. and Perez-Martin, R. 1989. Lipid classes and their fatty acid at different loci of albacore (*Thunnus alalunga*) : effect of precooking. *J. Agric. Food Chem.* 37 : 1060 – 1064.
- Hadziyev, D. 1987. *Food Chemistry*. Springer – Verlag. Berlin.
- Hall, G. M. 1992. *Fish Processing Technology*. Blackie Academic & Professional. London.
- Han, D., Yi, O. S. and Shin, H. K. 1991. Antioxidative effect of ascorbic acid solubilized in oils via reverse micelles. *J. Food Sci.* 55 : 247 – 249.

- Hanne, H. F., Brockhoff, M. B. and Jensen, B. 2000. Free polyunsaturated fatty acids cause taste deterioration of salmon during frozen storage. *J. Agric. Food Chem.* 48 : 3280 – 3285.
- Hara, A. and Radin, N. S. 1978. Lipid extraction of tissues with a low toxicity solvent. *Anal. Biochem.* 90 : 420 – 426.
- Hardy, R., Keay, J. N. and Tumlinson, J. H. 1979. The isolation of the polyunsaturated fatty acid of the fish oil as their methyl esters by preparative scale gas chromatography. *J. Chromatograp.* 27 : 474 – 479.
- Hasegawa, H. 1987. Laboratory Manual on Analytical Method and Procedure for Fish Products. Southeast Asian Fisheries Development Center. Singapore.
- Higging, B. E. 1988. The distribution of juveniles of four species of tuna in the Pacific ocean. *Proc. Indo-Pac. Fish. Coun.* 12 (2) : 77 – 99.
- IUPAC. 1979. Standard Methods for the Analysis of Oil, Fat and Derivative, 6th Ed. Part I. Pergamon Press. Paris.
- Jones, E. and Silas, P. S. 1963. Biological Aspects. *In Tropical Tuna – Surface Fisheries in the Indian ocean.* (Jones, E., ed.). p. 3 – 7. FAO. Fisheries technical paper.
- Kaitaranta, J. K. and Ackman, P. G. 1981. Total lipids and lipid classes of fish roe. *Comp. Biochem. Physiol.* 69(B) : 725 – 729.
- Kaitaranta, J. K. 1992. Control of lipid oxidation in fish oil with various antioxidative compounds. *JAOCS.* 69 : 810 – 813.

- Kinsella, J. E. 1986. Food components with potential therapeutic benefits : The n – 3 polyunsaturated fatty acid of fish oils. *Food Technol.* 40 : 89 – 120.
- Kinsella, J. E. 1988. Food lipids and fatty acids importance in food quality, nutrition and health. *Food Technol.* 42 (10) : 124 – 145.
- Kolarovic, L. and Fournier, N. C. 1986. A comparison of extraction method for the isolation of phospholipids from biological sources. *Anal. Biol.* 156 : 244 – 250.
- Koning, A.J., Evans, A. A., Heydenrych, C., Purcell, C. J. V. and Wessels, J. P. H. 1985. A Critical investigation of a number of different methods of lipid determination in fish meal, with particular emphasis on correction required in these determinations. *J. Sci. Food Agric.* 36 : 177 – 185.
- Krzymowek, J., Uljua, D. S., Panunzio, L. J. and Maney, R. S. 1992. Factors affecting fat, cholesterol, and omega – 3 fatty acid in maine sardines. *57 (1)* : 63 – 65.
- Lajoya, A. and Jolla, D. 1994. A review of the biology and fisheries for skipjack tuna in the Pacific ocean. *FAO Fisheries.* 2 : 1 – 51.
- LeRay, C., Chapll, S., Duportail, G. and Plorentz, A. 1984. Change in fluidity and 22 : 6 (n–3) content in phospholipids of trout intestinal brush – border membranes related to enviromental salinity. *Biochem. Biophys. Acta.* 778 : 233 – 238.
- Mounts, T. L. and List, G. R. 1996. Stroage, Stability and Transport of Fats and Oils. *In* Bailey' s Industral Oil and Fat Product.. Vol. 4. (Hui, Y. H., ed.). p. 411 – 452. John Wiley & Sons, Inc. New York.

- Nawar, W., Hultin, H., Li, Y. and Xing, Y. 1990. Lipid oxidation in seafoods under conventional conditions. *Food Rev. Int.* 6 : 647 – 660.
- Nawar, W. W. 1996. Lipid. *In Food Chemistry.* (Fennema, O. R., ed.). p. 210 – 243. Marcel Dekker. New York.
- Ng, C. S. 1987. Determination of Trimethylamine Oxide (TMAO – N), Trimethylamine (TMA – N), Total Volatile Basic Nitrogen (TVB – N) by Conway's Method. *In Laboratory Manual on Analytical Methods and Procedures for Fish and Fish Products.* Marine Fisheries Research Dep. Singapore.
- Niki, E., Saito, T., Kawakami, A. and Valenzuela, A. 1984. Inhibition of oxidation of methyl linoleate in solution by vitamin E and vitamin C. *J. Biol. Chem.* 259 : 1477 – 1480.
- Norton, E. C. and Macfarlane, R. B. 1999. Lipid class composition of the viviparous yellowtail rockfish over a reproductive cycle. *J. Fish Biology.* 54 : 1287 – 1299.
- Ockerman, H. W. 1992. Fishery by – Product. *In Fish Processing Technology.* (Hall, G. M., ed.). p. 155 – 192. VCH Publishers, Inc. New York.
- Perez – Villarreal, B. and Pozo, R. 1990. Chemical composition and ice spoilage of albacore (*Thunnus alalunga*). *J. Food Sci.* 55 (3) : 678 – 682.
- Pirini, M., Gatta, P. P., Testi, S., Trigari, G. and Monetti, P. G. 2000. Effect of refrigerated storage on muscle lipid quality of sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fed on diets containing different levels of vitamin E. *J. Food Chem.* 68 : 289 – 293.

- Prasertsan, P., Wuttijumnong, P., Sophanodora, P. and Choorit, W. 1988. Seafood processing industries within Songkla - Hatyai region :The survey of basic data emphasis on wastes. *Songklanakarinn. J. Sci. Technol.* 10 : 447 – 451.
- Rao, V. K., Kowale, B. N., Babu, N. P. and Bisht, G. S. 1999. Lipid oxidation and development of cholesterol oxides in Pork during cooking and storage. *J. Food Sci. Technol.* 36 : 24 –27.
- Reichardt, C. 1988. *Solvent Effects in Organic Chemistry. Vol. II. 2nd Ed. Completely revised and enlarged.* New York.
- Sargent, J. R. 1995. Origins and Functions of Egg Lipids : Nutrition Implications. *In* Broodstock Management and Egg and Larval Quality. (Bromage, N. R. and Roberts, R. J., ed.). p. 353 – 372. Blackwell Science. London.
- Sargent, J. R. and Henderson, R. J. 1995. Marine (n – 3) Polyunsaturated Fatty Acid. *In* Developments in Oil and Fats. (Hamilton, R. J., ed.). p. Blackie Academic & Professional. New York.
- Sargent, J. R., Henderson, R. J. and Tocher, D. R. 1989. The Lipids. *In* Fish Nutrition. Vol 2nd ed. (Halver, J. E., ed.). p. 154 – 218. CA : Academic Press. San Diego.
- Sargent, J., Mcevoy, L., Estevez, A., Bell, G., Bell, M., Henderson, J. and Tocher, D. 1999. Lipid nutrition of marine fish during early development : current status and future directions. *J. Aquaculture.* 179 : 217 – 229.
- Shewfelt, R. L., McDonald, R.E. and Hultin, H. O. 1981. Effect of phospholipid hydrolysis on lipid oxidation in flounder muscle microsomes. *J. Food Sci.* 46 : 1297 – 1301.

- Sikorski, Z. E. 1990. Resources, Nutritional Composition and Preservation. CRC Press, Inc. New York.
- Singh, P. B. and Singh, T. P. 1990. Season correlative changes between sex steroides and lipid levels freshwater female catfish, *Heteropneustes fossilis*. J. Fish Biology. 37 : 793 – 802.
- Sprecher, H. 2000. Metabolism of highly unsaturated n-3 and n-6 fatty acids. Biochimica Biophysica Acta. 1486 : 219 – 321.
- Stansby, M. E. 1990. Fatty acid composition of fish. In Fish Oils in Nutrition. (Standsby, M. E., ed.) p. 6 – 34. Van Nostrand Reinhold. New York.
- Stottrup, J. G., Bell, J. G. and Sargent, J. R. 1999. The fate of lipids during development and cold – storage of eggs in the laboratory – reared calanoid copepod, *Acartia tonsa* dana, and in response to different algal diets. J. Aquaculture. 176 : 257 – 269.
- Sunarya, H. M. and Taylor, K. D. A. 1991. Extraction and composition of dogfish liver oil. Indo – Pacific Fishery Commission Working Party on Fish Technology and Marketing. Yogiakarta, Indonesia, 24 – 27 September 1991. p. 326 –332.
- Suzuki, H. 1993. Eat fish for good brain. Infofish International. 4 : 23 – 26.
- Thomson, A. J., Sargent, J. R. and Ower, J. M. 1977. Influence of acclimatization temperature and salinity on fatty acid composition in the gills of the eel (*anguilla anguilla*). Comp. Biochem. Physiol. 563 : 223 – 228.

Tocher, B. R. and Sargent, J. R. 1984. Analyses of lipids and fatty acid in ripe roes of some northwest European marine fish. *Lipids*. 7 : 492 – 499.

Vetter, R. D. and Hobson, R. E. 1983. Energy metabolism in a rapidly developing marine fish egg, the red drum (*Sciaenops ocellata*). *J. Fish. Aquat. Sci.* 40 : 627 – 634.

Yongmanitchai, W. and Ward, O. P. 1989. Omega – 3 fatty acid : alternative sources of production. *Process Biochem.* (Aug.) : 117 – 125.

ภาคผนวก

ก. การวิเคราะห์ทางเคมี

1. การวิเคราะห์ความชื้น โดยวิธีอบในตู้อบไฟฟ้า (AOAC, 1999 : No. 985.14)

อุปกรณ์

1. ภาชนะอลูมิเนียมสำหรับหาความชื้น
2. ตู้อบไฟฟ้า
3. โถดูดความชื้น
4. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง

วิธีการ

1. อบภาชนะสำหรับหาความชื้นในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 2-3 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบใส่ในโถดูดความชื้น หลังจากนั้นชั่งน้ำหนัก
2. กระทำเช่นข้อ 1 จนได้ผลต่างน้ำหนักที่แน่นอนอย่างละเอียดประมาณ 1-3 มิลลิกรัม
3. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนอย่างละเอียดประมาณ 1-2 กรัม ใส่ลงในภาชนะหาความชื้นซึ่งทราบน้ำหนักแล้ว
4. นำไปอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 5-6 ชั่วโมง แล้วนำออกจากตู้อบใส่ในโถดูดความชื้น และชั่งหาน้ำหนัก
5. อบซ้ำอีกครั้งประมาณ 30 นาที และกระทำเช่นเดิมจนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้ง 2 ครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม
6. คำนวณหาปริมาณความชื้นจากสูตร

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

2. การวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า (AOAC, 1999 : No. 920.153)

อุปกรณ์

1. เตาเผา
2. ถ้วยกระเบื้องเคลือบ
3. โถดูดความชื้น
4. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง

วิธีการ

1. เมาถ้วยกระเบื้องเคลือบในเตาเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ปิดสวิทช์เตาเผาแล้วรอประมาณ 30-45 นาที เพื่อให้อุณหภูมิภายในเตาเผาตกลงก่อน แล้วนำออกมาใส่ในโถดูดความชื้น ปล่อยให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้องแล้วชั่งน้ำหนัก

2. เมาซ้ำอีกครั้งประมาณ 30 นาที และกระทำเช่นเดียวกับข้อ 1 จนได้ผลต่าง น้ำหนัก ทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

3. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักแน่นอนประมาณ 1-2 กรัม ใส่ในถ้วยกระเบื้องเคลือบ ซึ่งทราบ น้ำหนักแล้วนำไปเผาในตู้วันจนหมดควัน แล้วจึงนำเข้าเตาเผาตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 600 องศาเซลเซียส และทำเช่นเดียวกับข้อ 1-2

4. คำนวณหาปริมาณเถ้าจากสูตร

$$\text{ปริมาณเถ้าคิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก} = \frac{100 \times \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}}$$

3. การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน ใช้วิธีเจลดาล (AOAC, 1999 : No. 928.08)

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์ย่อยโปรตีน ประกอบด้วยเตาย่อย และเครื่องดักจับไอกรด
2. อุปกรณ์กลั่นโปรตีน
3. ขวดรูปหมขุนขนาด 125 มิลลิลิตร และขวดปรับปริมาณขนาด 100 มิลลิลิตร
4. ปิเปตขนาด 5 และ 10 มิลลิลิตร
5. บิวเรตขนาด 25 มิลลิลิตร

6. ลูกแก้ว
7. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง
8. กระดาษกรอง

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่าง (ของแข็ง) ให้ได้น้ำหนักประมาณ 0.5-1.0 กรัม (ตัวอย่างของเหลวใช้ ปริมาตร 10-15 มิลลิลิตร) ใส่ในหลอดย่อยโปรตีนและทำแบลงค์ด้วย
2. ใส่สารผสม CuSO_4 และ K_2SO_4 ปริมาณ 5 กรัม
3. เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้นปริมาณ 20 มิลลิลิตร
4. วางหลอดย่อยในเตาย่อยแล้วประกอบสายยางระหว่างฝาครอบขวดต่างและเครื่องดักจับไอกรดให้เรียบร้อย
5. เปิดสวิตช์เครื่องดักจับไอกรดและเตาย่อย แล้วตั้งอุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที จากนั้นปรับอุณหภูมิเป็น 350 องศาเซลเซียส ย่อยต่ออีก 60 นาทีจนได้สารละลายใส
6. ปลดยंत्रให้เย็น
7. นำมาถ่ายลงในขวดปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร แล้วใช้น้ำกลั่นล้างหลอดย่อยให้หมดสารละลายตัวอย่าง ปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตรเก็บไว้กลั่นต่อไป

ขั้นตอนการกลั่นและไตเตรต

1. จัดอุปกรณ์กลั่น แล้วเปิดสวิตช์ให้ความร้อน และเปิดน้ำหล่อเย็นเครื่องควบแน่นด้วย
2. นำขวดรูปชมพู่ขนาด 125 มิลลิลิตรซึ่งบรรจุกรดบอริก (เข้มข้นร้อยละ 4) ปริมาณ 5 มิลลิลิตร ซึ่งเติมอินดิเคเตอร์เรียบร้อยแล้วไปรองรับของเหลวที่กลั่นได้ โดยให้ส่วนปลายของอุปกรณ์ควบแน่นจุ่มในสารละลายกรดบอริก
3. ดูดสารละลายตัวอย่างโดยปิเปตแบบกระเปาะขนาดความจุ 10 มิลลิลิตร ใส่ลงในช่องใส่ตัวอย่าง แล้วเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ลงไป 20 มิลลิลิตร
4. กลั่นประมาณ 10 นาที ล้างปลายอุปกรณ์ควบแน่นด้วยน้ำกลั่นลงในขวดรองรับ
5. ไตเตรตสารละลายที่กลั่นได้ด้วยกรดเกลือที่มีความเข้มข้น 0.02 นอร์มัลจนสีของสารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีม่วง
6. คำนวณปริมาณโปรตีนจากสูตร

$$\text{ปริมาณโปรตีนคิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก} = \frac{(A - B) \times N \times 12.007 \times F}{W}$$

A = ปริมาณกรดที่ใช้ในการไตเตรตกับตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

B = ปริมาณกรดที่ใช้ไตเตรตกับแบลนด์ (มิลลิลิตร)

N = ความเข้มข้นของกรด (นอร์มัล)

F = แฟกเตอร์ (6.25)

W = น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น (กรัม)

4. ปริมาณความชื้นและสิ่งที่ระเหยได้ (AOCS, 1989)

อุปกรณ์

1. ภาชนะอลูมิเนียม
2. โถดูดความชื้นที่มีสารดูดความชื้น
3. ตู้อบความร้อนไฟฟ้าสูญญากาศปรับอุณหภูมิ

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่าง 5 กรัม ใส่ในภาชนะอลูมิเนียมสำหรับหาความชื้นที่ทราบน้ำหนักแล้ว
2. นำไปอบที่อุณหภูมิ 120 – 125 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วนำออกจากตู้อบใส่ในโถดูดความชื้น และชั่งหาน้ำหนัก
3. อบซ้ำอีกครั้งประมาณ 30 นาที และกระทำเช่นเดิมจนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่ง 2 ครั้งติดกันไม่เกิน 0.05
4. คำนวณหาปริมาณความชื้นและสิ่งที่ระเหยได้จากสูตร

$$\text{ปริมาณความชื้นและสิ่งที่ระเหยได้ (ร้อยละ)} = \frac{100 \times \text{น้ำหนักตัวอย่างที่หายไป}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้}}$$

5. ค่าไอโอดีนแบบวิจส์ (IUPAC, 1979)

อุปกรณ์

1. ขวดรูปชมพู่ที่มีจุกปิด ขนาด 500 มิลลิลิตร
2. บีเปตขนาด 20 และ 25 มิลลิลิตร
3. บิวเรตขนาด 50 มิลลิลิตร

สารเคมี

1. สารละลายวิจส์ (Wij' s solution)

วิธีเตรียม ชั่งสารไอโอดีนคลอไรด์หนัก 9 กรัมละลายในสารละลายผสมของกรดอะซิติก 70

มิลลิลิตรกับคาร์บอนเตตราคลอไรด์ 300 มิลลิลิตร

2. โพแทสเซียมไอโอไดด์ เข้มข้นร้อยละ 10
3. คาร์บอนเตตราคลอไรด์ (CCl_4)
4. น้ำแข็งเข้มข้นร้อยละ 1

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักแน่นอน (ดูจากตารางภาคผนวกที่ 1) ใส่ในขวดขนาด 500 มิลลิลิตรที่สะอาดและแห้ง (ในกรณีที่ตัวอย่างเป็นของแข็งให้หลอมและกรองตัวอย่างก่อนชั่ง)
2. เติมคาร์บอนเตตราคลอไรด์ปริมาตร 15 มิลลิลิตร
3. เติมสารละลายวิจส์ปริมาณ 25 มิลลิลิตร โดยใช้ปิเปตและให้ปลายปิเปตจรดข้างขวด ด้วยจำนวนครั้งที่แน่นอนและเท่ากันทุกครั้งที่ทำการศึกษาทดลอง
4. เขย่าขวดแล้วตั้งไว้ในที่มีด 1 – 2 ชั่วโมง

ตารางภาคผนวกที่ 1 ปริมาณตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ค่าไอโอดีน

ค่าไอโอดีนที่คาดคะเน	น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)
< 5	3.00
5 – 20	1.00
21 – 50	0.40
51 – 100	0.20
101 – 150	0.13
151 - 200	0.10

ที่มา : IUPAC (1979)

5. เติมสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ เข้มข้นร้อยละ 10 ปริมาตร 20 มิลลิลิตร และน้ำต้มใหม่ซึ่งเย็นแล้ว 150 มิลลิลิตร

6. ไตรเตรตด้วยสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตเข้มข้น 0.1 นอร์มอล เขย่าอย่างสม่ำเสมอ ขณะไตรเตรตจนได้สารละลายสีเหลืองอ่อน เติมน้ำแข็ง 2 – 3 หยด จนกลายเป็นสีน้ำเงินแล้วไต

เตรตต่อไปจนสีน้ำเงินหมดไป ก่อนปฏิกิริยาจะสิ้นสุดถึงจุดยุติให้ปิดขวดด้วยจุกยางเขย่าอย่างแรง เพื่อให้ไอโอดีนที่เหลืออยู่ในชั้นของคาร์บอนเตตราคลอไรด์ถูกดึงออกมาทั้งหมด

7. เตรียมและไตเตรต blank เช่นเดียวกับตัวอย่าง

การคำนวณ

$$\text{ค่าไอโอดีน (กรัมไอโอดีนต่อ 100 กรัมน้ำมัน)} = \frac{(a - b) \times N \times 12.69}{W}$$

b = ปริมาตรโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ไตเตรตกับ blank (มล.)

a = ปริมาตรโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ไตเตรตกับตัวอย่าง (มล.)

N = ความเข้มข้นโซเดียมไทโอซัลเฟต (นอร์มอล)

W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

6. การวิเคราะห์ค่าสะปอนิฟิเคชัน (IUPAC, 1979)

อุปกรณ์

1. ชุดกลั่นแบบรีฟลักซ์ (reflux) ซึ่งประกอบด้วยขวดกลั่นขนาด 250 มล.ต่อกับเครื่องควบแน่น ตั้งบนเตา (heating mantle)
2. ลูกแก้วหรือเศษกระเบื้องสำหรับใส่กัมกระแทก

สารเคมี

1. โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ในเอทิลแอลกอฮอล์ เข้มข้น 0.5 นอร์มอลซึ่งเตรียมไว้อย่างน้อย 5 วันก่อนใช้และสารละลายที่ได้ควรไม่มีสีหรือมีสีเหลืองฟาง
2. กรดเกลือ เข้มข้น 0.5 นอร์มอล
3. ฟีนอล์ฟทาลีน ร้อยละ 1

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน 1 – 2 กรัมใส่ในขวดที่สะอาดและแห้ง
2. เติมสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 25 มล. โดยใช้ปิเปตและใส่ลูกแก้วด้วย
3. จัดเครื่องกลั่นพร้อมเปิดน้ำหล่อชุดควบแน่นและเปิดสวิทช์ไฟรีฟลักซ์ ให้สารละลายเดือด (เดือดเบา ๆ) นาน 60 นาที

4. นำขวดใส่สารละลายออกจากอุปกรณ์ควมแน่นชุดกลั่น
5. เติมฟีนอล์ฟทาลีน 5 หยดแล้วไตเตรตด้วย กรดเกลือเข้มข้น 0.5 นอร์มอล
6. เตรียมและไตเตรต blank เช่นเดียวกับตัวอย่าง

การคำนวณ

$$\text{ค่าสะปอนิฟิเคชัน (มิลลิกรัมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อกรัมน้ำมัน)} = \frac{(b - a) \times N \times 56.1}{W}$$

b = ปริมาณกรดเกลือที่ใช้ไตเตรตกับ blank (มล.)

a = ปริมาณกรดเกลือที่ใช้ไตเตรตกับตัวอย่าง (มล.)

N = ความเข้มข้นของกรดเกลือ

W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

7. การวิเคราะห์ค่ากรดไขมันอิสระ (IUPAC, 1979)

อุปกรณ์

1. ขวดแก้วรูปชมพู่
2. กระจกตวง
3. บิวเรตต์

สารเคมี

1. เอทิลแอลกอฮอล์ เข้มข้นร้อยละ 95
2. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (ละลายในเอทิลแอลกอฮอล์) ที่มีความเข้มข้น 0.1

นอร์มอล

3. ฟีนอล์ฟทาลีน เข้มข้นร้อยละ 1 (ละลายในเอทิลแอลกอฮอล์)

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักแน่นอน 1 – 10 กรัม ในขวดขนาด 250 มล.
2. เตรียมสารละลายเอทิลแอลกอฮอล์ให้เป็นกลาง โดยการเติมฟีนอล์ฟทาลีน 5 หยดและปรับให้เป็นกลางด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1 นอร์มอล หยดต่างที่ละหยดพร้อมทั้งเขย่าหรือกวนจนได้สารละลายแอลกอฮอล์ที่เป็นสีชมพูถาวร

3. เติมน้ำเกลือแอลกอฮอล์ที่เป็นกลาง 50 มล. ลงในตัวอย่าง เขย่าอย่างแรงให้ตัวอย่างละลายในแอลกอฮอล์ ถ้าละลายได้ไม่ดีให้อุ่นที่อุณหภูมิ 60 – 65 องศาเซลเซียส
4. ไตเตรตสารละลายตัวอย่างด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1 นอร์มอล ขณะไตเตรตต้องเขย่าอย่างแรงจนกระทั่งได้สารละลายสีชมพูคงที่อยู่ประมาณ 1 นาที
5. คำนวณค่ากรดและปริมาณกรดไขมันอิสระจากสูตร

การคำนวณ

กรดไขมันอิสระ (คิดเป็นร้อยละในรูปกรดโอเลอิก)

$$= \frac{\text{ปริมาณต่างที่ใช้ (มล.)} \times \text{ความเข้มข้นต่างที่ใช้ (มล.)} \times 28.2}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}} \\ (\text{น้ำหนักโมเลกุลของกรดโอเลอิก} = 28.2)$$

8. การวิเคราะห์ค่าเปอร์ออกไซด์ (IUPAC, 1979)

อุปกรณ์

1. ขวดแก้วรูปชมพู่ขนาด 250 มล.
2. บิวเรตขนาด 25 มล.
3. ปิเปตขนาด 10 มล.

สารเคมี

1. สารละลายผสมกรดอะซิติกกับคลอโรฟอร์ม อัตราส่วน 3 : 2
2. สารละลายอิมัลชันโพแทสเซียมไอโอไดด์ (KI)
3. สารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) เข้มข้น 0.01 นอร์มอล
4. น้ำแป้ง (soluble starch) เข้มข้นร้อยละ 1

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักแน่นอน ใส่ขวดขนาด 250 มล.

ค่าเปอร์ออกไซด์ที่คาดคะเนไว้ (มิลลิกรัมสมมูลย์)	น้ำหนักตัวอย่างที่ต้องชั่ง (กรัม)
0 – 12	5.0 – 2.0
12 – 20	2.0 – 1.2
20 – 30	1.2 – 0.8
30 – 50	0.8 – 0.5
50 – 90	0.5 – 0.3

2. เติมสารละลายอะซิติก – คลอโรฟอร์ม 25 มล. เขย่าให้ตัวอย่างละลาย
3. เติมสารละลายอิมตัวโพแทสเซียมไฮโดรไดด์ 1 มล. ปิดจุกพร้อมเขย่านาน 1 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ในที่มืด 5 นาที
4. เติมน้ำกลั่น 75 มล.
5. ไตเตรตกับสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต พร้อมเขย่าอย่างแรงจนได้สารละลายสีเหลืองอ่อน เติมน้ำแข็ง 0.5 มล. แล้วไตเตรตต่อไปจนสีน้ำเงินหมดไป
6. เตรียมและไตเตรต blank เช่นเดียวกับตัวอย่าง
7. คำนวณค่าเปอร์ออกไซด์จากสูตร

การคำนวณ

$$\text{ค่าเปอร์ออกไซด์ (มิลลิกรัมสมมูลย์ต่อกิโลกรัมน้ำมัน)} = \frac{(a - b) \times N \times 1000}{W}$$

b = ปริมาตร (มล.) ของโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ไตเตรตกับ blank

a = ปริมาตร (มล.) ของโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ไตเตรตกับตัวอย่าง

N = ความเข้มข้นของโซเดียมไทโอซัลเฟต (นอร์มอล)

W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

9. การวิเคราะห์ปริมาณฟอสโฟไลปิด (ดัดแปลงจาก Christie, 1982)

อุปกรณ์

1. เต้าเผา
2. ไมโครปิเปต
3. Spectrophotometer
4. ข่างควบคุมอุณหภูมิ

สารเคมี

1. สารละลาย 1 (solution 1)

วิธีเตรียม ชั่งแอมโมเนียมโมลิบเดต (Ammoniummolybdate) 1.76 กรัม ละลายในน้ำ 150 มล. และเติมกรดซัลฟูริก (H_2SO_4) 0.8 กรัม แล้วปรับปริมาตรเป็น 400 มล. ด้วยน้ำกลั่น เก็บไว้ในขวดสีชาและเก็บในตู้เย็น

2. สารละลาย 2 (solution 2)

วิธีเตรียม ละลายสารโซเดียมซัลไฟด์ (Na_2SO_3) 0.8 กรัม, 1 - amino - 2 naphtho - 4 - sulphonic acid 0.0672 กรัม และโซเดียมไบซัลไฟด์ ($NaHSO_3$) ด้วยน้ำกลั่นและปรับปริมาตรเป็น 400 มล. กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ก่อนเก็บในขวดสีชาและเก็บในตู้เย็น (ใช้ได้ 1 เดือน)

3. สารละลายมาตรฐานของฟอสเฟต (NaH_2PO_4 0.2 mM)

4. กรดเปอร์คลอริกเข้มข้นร้อยละ 70

วิธีการ

1. ตูดตัวอย่างน้ำมันที่ละลายอยู่ในคลอโรฟอร์ม 100 - 1000 ไมโครลิตรใส่ในหลอดขนาด 10 มล. ระเหยเอาคลอโรฟอร์มออกที่ 50 องศาเซลเซียส ภายใต้แก๊สไนโตรเจน

2. เติมกรดเปอร์คลอริกหลอดละ 2 มิลลิลิตร

3. ย่อยในเต้าเผาอุณหภูมิ $200^{\circ}C$ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จะได้สารละลายใส

4. ทำเย็นโดยแช่ในน้ำเย็น และเติมน้ำ 2 มิลลิลิตร

5. ตูดสารละลายจากข้อ 4 ใส่หลอดทดลองขนาด 10 มิลลิลิตร 4 หลอด เท่ากับ 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 มิลลิลิตรตามลำดับ

6. เติมกรดเปอร์คลอริกในหลอด 1-4 เท่ากับ 0.3, 0.2, 0.1 และ 0 มิลลิลิตรตามลำดับ

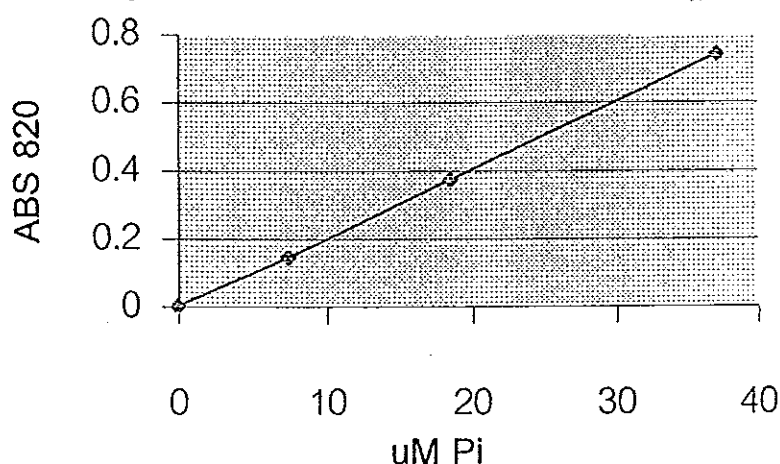
7. เติมน้ำกลั่นในหลอดที่ 1-4 เท่ากับ 0.9, 0.8, 0.7 และ 0.6 มิลลิลิตรตามลำดับ

8. เติม solution 1 หลอดละ 2 มิลลิลิตรทั้ง 4 หลอด

9. เติม solution 2 หลอดละ 2 มิลลิลิตรทั้ง 4 หลอด
10. ต้มในน้ำอุณหภูมิ 100 °ซ 10 นาที
11. วางให้เย็นแล้วนำไปวัดการดูดกลืนแสงที่ 820 นาโนเมตร
12. การคำนวณปริมาณฟอสโฟไลปิดโดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของฟอสเฟต

การเตรียมกราฟมาตรฐาน

ใช้สารละลายมาตรฐานฟอสเฟต (NaH_2PO_4 0.2 nM) ปริมาณ 0.2, 0.5 และ 1 มิลลิลิตรใส่ในหลอดทดลองแทนตัวอย่างน้ำมัน และปฏิบัติตามข้อ 6-11 นำข้อมูลที่ได้ไปเขียนกราฟมาตรฐานระหว่างค่าการดูดกลืนแสง และความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน



ภาพภาคผนวกที่ 1 กราฟมาตรฐานฟอสเฟต

การคำนวณ

ปริมาณฟอสโฟไลปิด (mg/ml) = mM ฟอสโฟไลปิด ($\mu\text{mole/ml}$) \times 782/1000 (mg / μmole)

ปริมาณฟอสโฟไลปิด (mg) = mg/ml \times ปริมาณน้ำมัน

10. การวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของกรดไขมัน (AOCS, 1989)

การวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของกรดไขมันในการทดลองนี้ใช้การหาค่าเชิงคุณภาพ (Qualitative Standard) โดยใช้น้ำมันปลาและค่ามาตรฐานขององค์ประกอบกรดไขมันในน้ำมันปลาของ Petter และ Stroem (personal communication) ทำการทดลองโดยเตรียมน้ำมันให้อยู่ในรูปของเมทิลเอสเทอร์ แล้ววิเคราะห์ด้วย GC / FID analyzer ที่มีคอลัมน์แบบ Fused silica capillary DF 0.25 ไมโครเมตร ชนิด PERMABOND – FFAP ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.25 มิลลิเมตร ความยาว 25 เมตร ให้มีสภาวะการทำงานดังนี้ อุณหภูมิของ injector เท่ากับ 245 °ซ

อุณหภูมิของคอลัมน์เริ่มจาก 60 °ซ เป็นเวลา 1 นาที เพิ่มขึ้นเป็น 200 °ซ ด้วยอัตรา 20 °ซ ต่อนาที เป็นเวลา 8 นาที และเพิ่มเป็น 220 °ซ ด้วยอัตรา 10 °ซ ต่อนาที เป็นเวลา 12 นาที และอุณหภูมิของ detector เท่ากับ 250 °ซ ภายใต้สภาวะการไหลของแก๊สฮีเลียม 25 เซ็นติเมตรต่อนาที เมื่อ GC / FID analyzer พร้อมสำหรับการวิเคราะห์ คีตสารละลายเมทิลเอสเทอร์ปริมาตร 1 ไมโครลิตร ที่ injector port โดย GC / FID analyzer มีระบบสแกนโดยอัตโนมัติ ผลการทดลองคำนวณได้จากพื้นที่ของ peak ซึ่งเปรียบเทียบในรูปเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ของแต่ละ peak

การเตรียมน้ำมันในรูปสารประกอบเมทิลเอสเทอร์ (FAME : Fatty Acid Methyl Ester)

อุปกรณ์

1. หลอดทดลองขนาด 10 มิลลิลิตร
2. อ่างควบคุมอุณหภูมิ
3. ไมโครปิเปต

สารเคมี

1. เมทานอล
2. เบนซีน
3. อะซิติกคลอไรด์
4. เฮกเซน

วิธีการ

1. ตัวอย่างน้ำมัน 10 มิลลิกรัม (ที่ละลายอยู่ในคลอโรฟอร์มและเมทานอล 1 : 1) ใส่ใน

หลอด

2. ระเหยตัวทำละลายออกโดยใช้แก๊สไนโตรเจน
3. เติมสารละลายผสมระหว่างเมทานอลและเบนซีน (3 : 2) 1 มิลลิลิตร
4. เติมสารละลายอะซิติกคลอไรด์ที่ละลายอยู่ในเมทานอล (5 : 100) ซึ่งเตรียมเสร็จใหม่ ๆ
5. ฟันด้วยแก๊สไนโตรเจนแล้วปิดฝา นำไปให้ความร้อนในอ่างควบคุมอุณหภูมิ (100 °ซ)

1 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาแล้ววางไว้ให้เย็น

6. เติมน้ำ 1 มิลลิลิตร และ เฮกเซน 1 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน และวางให้แยกชั้น
7. คูดสารละลายชั้นบน (hexane – phase) ใส่ในขวดสีชาที่มีฝาปิด
8. ฟันแก๊สไนโตรเจน ปิดฝา และเก็บในสภาพแช่เยือกแข็งก่อนนำไปวิเคราะห์

11. การตรวจสอบค่าต่างที่ระเหยได้ทั้งหมด (Hasegawa, 1987)

อุปกรณ์

1. จาน conway unit
2. Volumetric pipette
3. เครื่องไฮโมจีเนส
4. กระดาษกรอง
5. กรวยกรอง

สารเคมี

1. สารละลาย Mixed indicator
2. สารละลาย Inner ring
3. สารละลาย HCl 0.02 นอร์มอล
4. สารละลายโพแทสเซียมคาร์บอเนตอิ่มตัว
5. กรดไตรคลอโรอะซีติกเข้มข้นร้อยละ 4
6. วาสลีน

การเตรียมตัวอย่าง

ซึ่งตัวอย่าง 2 กรัม บดผสมกับ กรดไตรคลอโรอะซีติกเข้มข้นร้อยละ 4 8 มิลลิลิตร ที่ไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที แล้วกรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 41 ปริมาณให้ได้ 10 มิลลิลิตร หากไม่ได้วิเคราะห์เลยในวันนั้นควรเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

วิธีการ

1. ทาวาสลีนที่ขอบฝาจาน conway
2. ดูดสารละลาย Inner ring 1 มิลลิลิตรลงในจานชั้นในของจาน conway
3. เชียงจาน conway ในขณะที่มีฝาปิด
4. ดูดสารละลายโพแทสเซียมคาร์บอเนตอิ่มตัว 1 มิลลิลิตร ใส่ชั้นนอก
5. ดูดสารตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร ใส่ในชั้นนอกของจานโดยให้อยู่คนละด้านกับสารละลายในข้อที่ 4

6. ปิดฝาจาน conway ให้สนิท

7. ค่อย ๆ เอียงจานให้สารละลายโพแทสเซียมคาร์บอเนตอิมด้วมกับสารละลายตัวอย่างระวังอย่าให้เกิดการผสมกันของสารละลายที่อยู่ในวงกลมกับสารชั้นนอกเป็นอันขาด

8. ปั่นที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 60 นาที

9. เปิดฝาจาน conway แล้วไตเตรตสารในวงกลมชั้นในด้วยสารละลาย 0.02 นอร์มอล HCl ที่ใช้เพื่อใช้ในการคำนวณ

10. ทำ Blank โดยใช้ กรดไตรคลอโรอะซิติกเข้มข้นร้อยละ 4 จำนวน 1 มิลลิลิตร แทนที่ตัวอย่างแล้วดำเนินการตั้งแต่ข้อ 2-9

คำนวณ TVB-N

$$\text{TVB-N (มิลลิกรัมไนโตรเจน/100 กรัมตัวอย่าง)} = \frac{(N) (14) (A-B) (V) 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

เมื่อ N คือ ความเข้มข้นของ HCl ที่ใช้ไตเตรต

A คือ มิลลิลิตรของ HCl ที่ใช้ไตเตรตตัวอย่าง

B คือ มิลลิลิตรของ HCl ที่ใช้ไตเตรต

V คือ ปริมาตรของตัวอย่างและ TCA ที่ใช้ในการเตรียมตัวอย่าง

12. การตรวจสอบค่า TMA-N (Hasegawa, 1987)

อุปกรณ์

1. จาน conway unit
2. Volumetric pipette
3. Micro burette
4. ไฮโมจีเนส
5. กระดาษกรอง
6. กรวยกรอง

สารเคมี

1. สารละลาย Mixed indicator
2. สารละลาย Innerring
3. สารละลาย HCl 0.02 นอร์มอล
4. สารละลายโพแทสเซียมคาร์บอเนตอิ่มตัว
5. กรดไตรคลอโรอะซิติกเข้มข้นร้อยละ 4
6. ฟอर्मัลดีไฮด์เข้มข้นร้อยละ 10
7. วาสลิน

การเตรียมตัวอย่าง

ทำเช่นเดียวกับ TVB-N

วิธีการ

1. ทำเช่นเดียวกับการหา TVB-N ตั้งแต่ข้อ 1-4
2. เติม 10% ฟอर्मัลดีไฮด์ 1 มิลลิลิตรผสมกับตัวอย่าง
3. ปิดฝาจาน conway ให้สนิทและค่อยๆ เอียงจนให้สารละลายชั้นนอกผสมกันระว่างอย่างให้เกิดการผสมกันของสารละลายที่อยู่ในวงกลมกับสารชั้นนอกเป็นอันขาด
4. บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที
5. เปิดฝาจาน conway แล้วไตเตรตสารในวงกลมชั้นในด้วยสารละลาย 0.02 นอร์มอล HCl จนกระทั่งสีเขียวจางหายไป บันทึกปริมาณ HCl ที่ใช้เพื่อใช้ในการคำนวณ
6. ทำ Blank โดยใช้ 4% ไตรคลอโรอะซิติก จำนวน 1 มิลลิลิตร แทนที่ตัวอย่างแล้วดำเนินการตั้งแต่ข้อ 2-5 ต่อไป

การคำนวณ TMA-N

$$\text{TMA-N (มิลลิกรัมไนโตรเจน/100 กรัมตัวอย่าง)} = \frac{(\text{N}) (14) (\text{C-B}) (\text{V}) 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

เมื่อ

N คือ ความเข้มข้นของ HCl ที่ใช้ไตเตรต

C คือ มิลลิลิตรของ HCl ที่ใช้ไตเตรตตัวอย่าง

B คือ มิลลิลิตรของ HCl ที่ใช้ไตเตรต blank

V คือ ปริมาตรของตัวอย่างและไตรคโลโรอะซิติก

ข. การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณน้ำมันจากวัตถุดิบที่จับจากภาค
มหาสมุทรแปซิฟิก

SV	DF	SS	MS	F
รังไข่				
Treatment	13	32.393	2.492	562.66**
Method (M)	1	7.324	7.324	1653.729**
Time(T)	6	23.400	3.900	880.651**
M x T	46	1.669	0.278	62.825**
Error	14	6.200E-02	4.429E-03	
Total	27	32.455		
อัตรากะ				
Treatment	13	16.599	1.277	376.727**
Method (M)	1	2.893E-04	2.893E-04	0.085ns
Time(T)	6	15.416	2.569	758.058**
M x T	46	1.183	0.197	58.170**
Error	14	4.745E-02	3.389E-03	
Total	27	16.646		
เครื่องใน				
Treatment	13	1.514	0.116	13.429**
Method (M)	1	4.321E-02	4.321E-02	4.984**
Time(T)	6	1.307	0.218	25.120**
M x T	46	0.164	2.728E-02	3.146**
Error	14	0.121	8.671E-03	
Total	27	1.635		

** = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P < 0.01)

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณน้ำมันจากวัตถุดิบที่จับจาก
มหาสมุทรอินเดีย

SV	DF	SS	MS	F
รังไข่				
Treatment	9	9.002	1.000	129.561**
Method (M)	1	0.950	0.950	123.12**
Time(T)	4	7.805	1.951	252.76**
M x T	4	0.246	6.153	7.97**
Error	10	7.720	7.720	
Total	19	9.079	0.478	
อัญหะ				
Treatment	9	18.193	2.021	334.671**
Method (M)	1	0.208	0.208	34.450**
Time(T)	4	12.908	3.227	534.268**
M x T	4	5.077	1.269	210.129**
Error	10	6.040	6.040	
Total	19	18.253		
เครื่องใน				
Treatment	9	0.628	6.972	8.587**
Method (M)	1	1.800	1.800	2.217ns
Time(T)	4	0.551	0.138	16.962**
M x T	4	5.860	1.465	1.804ns
Error	10	8.120	8.120	
Total	19	0.709		

** = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.01$)

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณฟอสโฟไลปิดของน้ำมันจากวัตถุดิบ
ที่จับจากมหาสมุทรแปซิฟิก

SV	DF	SS	MS	F
รังไข่				
Treatment	13	1529.520	117.655	162.28**
Method (M)	1	4.916	4.916	6.78*
Time(T)	6	1447.224	241.204	332.68**
M x T	6	77.379	12.896	17.79**
Error	28	20.300	0.725	
Tatal	41	1549.821		
อ้วนทะเล				
Treatment	13	2903.130	223.317	390.81**
Method (M)	1	45.177	45.177	79.06**
Time(T)	6	2782.203	463.700	811.48**
M x T	6	75.749	12.624	22.09**
Error	28	16.000	0.571	
Tatal	41	2919.130		
เครื่องใน				
Treatment	13	843.842	42.699	82.24**
Method (M)	1	31.842	10.958	40.83**
Time(T)	6	791.637	0.729	169.20**
M x T	6	20.363	81.434	4.35**
Error	28	21.833	0.163	
Tatal	41	557.377		

** = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.01$)

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณฟอสฟอไรต์ของน้ำมันจากวัตถุดิบ
ที่จับจากมหาสมุทรอินเดีย

SV	DF	SS	MS	F
รังไข่				
Treatment	9	1550.860	172.317	4508.58**
Method (M)	1	439.253	109.813	2873.19**
Time(T)	4	627.424	627.424	16416.12**
M x T	4	484.183	121.045	3167.08**
Error	10	0.382	0.038	
Total	19	1551.242		
อัญชะ				
Treatment	9	2895.944	321.771	26636.72**
Method (M)	1	228.896	57.224	4737.10**
Time(T)	4	1078.099	1078.099	89246.63**
M x T	4	1588.948	397.237	32883.86**
Error	10	0.120	0.012	
Total	19	2896.065		
เครื่องไน				
Treatment	9	708.837	78.759	3206.83**
Method (M)	1	276.215	69.053	2811.64**
Time(T)	4	49.549	49.549	2017.49**
M x T	4	383.072	95.768	3899.36**
Error	10	0.245	0.0245	
Total	19	709.083		

** = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P < 0.01)

* = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P < 0.05)

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณความชื้นและสิ่งที่ระเหยได้ของน้ำมัน
จากวัตถุดิบที่จับจากมหาสมุทรแปซิฟิก

SV	DF	SS	MS	F
รังไข่				
Treatment	13	185.916	14.301	834.59**
Method (M)	1	171.022	171.022	9980.49**
Time(T)	6	10.880	1.813	105.83**
M x T	46	4.013	0.668	39.04**
Error	14	0.239	0.017	
Tatal	27	186.156		
อัตรหะ				
Treatment	13	117.481	9.037	226.57**
Method (M)	1	107.564	107.564	2696.83**
Time(T)	6	7.975	1.329	33.33**
M x T	46	1.941	0.323	8.11**
Error	14	0.558	0.039	
Tatal	27	118.039		
เครื่องใน				
Treatment	13	175.718	13.516	583.88**
Method (M)	1	157.557	157.557	6805.95**
Time(T)	6	11.485	1.914	82.69**
M x T	46	6.675	1.112	48.06**
Error	14	0.324	0.023	
Tatal	27	176.042		

** = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.01$)

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณความชื้นและสิ่งที่ระเหยของน้ำมัน
จากวัตถุดิบที่จับจากมหาสมุทรอินเดีย

SV	DF	SS	MS	F
รังไข่				
Treatment	9	232.759	25.862	1313.47**
Method (M)	1	227.812	227.812	11569.96**
Time(T)	4	0.467	0.116	5.94**
M x T	4	4.479	1.119	56.88**
Error	10	0.196	0.196	
Total	19	232.956		
อัญชะ				
Treatment	9	78.081	8.675	699.37**
Method (M)	1	76.323	76.323	6152.62**
Time(T)	4	1.472	0.368	29.69**
M x T	4	0.285	0.071	5.75*
Error	10	0.124	0.012	
Total	19	78.205		
เครื่องใน				
Treatment	9	110.808	12.312	826.87**
Method (M)	1	105.248	105.248	7068.42**
Time(T)	4	4.769	1.192	80.08**
M x T	4	0.790	0.197	13.27**
Error	10	0.148	0.014	
Total	19	110.957		

** = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P < 0.01)

* = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P < 0.05)

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าไอโอดีนของน้ำมันจากวัตถุดิบที่จับจากมหาสมุทรแปซิฟิก

SV	DF	SS	MS	F
รังไข่				
Treatment	13	2139.229	164.556	43.41**
Method (M)	1	7.344	7.344	1.94ns
Time(T)	6	1779.596	296.599	78.25**
M x T	46	352.288	58.714	15.49**
Error	14	53.068	3.790	
Total	27	2192.298		
อ้วนๆ				
Treatment	13	2618.653	201.434	13.55**
Method (M)	1	33.836	33.836	2.28ns
Time(T)	6	2068.062	344.677	23.18**
M x T	46	516.755	86.125	5.79**
Error	14	208.173	14.869	
Total	27	2826.827		
เครื่องใน				
Treatment	13	2779.013	213.770	39.71**
Method (M)	1	12.104	12.104	2.25ns
Time(T)	6	2519.758	419.959	78.01**
M x T	46	247.150	41.191	7.65**
Error	14	75.371	5.383	
Total	27	2854.384		

** = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.01$)

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าไอโอดีนของน้ำมันจากวัตถุดิบที่จับจาก
มหาสมุทรอินเดีย

SV	DF	SS	MS	F
รังไข่				
Treatment	9	1484.859	164.984	90.31*
Method (M)	1	86.154	86.154	47.16**
Time(T)	4	1356.966	339.241	185.70**
M x T	4	41.738	10.434	5.71*
Error	10	18.268	1.826	
Total	19	1503.128		
อังกะ				
Treatment	9	708.963	78.773	8.67**
Method (M)	1	154.957	154.957	17.05**
Time(T)	4	493.337	123.334	13.57**
M x T	4	60.668	15.167	1.67ns
Error	10	90.906	9.090	
Total	19	799.870		
เครื่องใน				
Treatment	9	3927.349	436.372	39.00**
Method (M)	1	103.694	103.694	9.27*
Time(T)	4	3810.560	952.640	85.1**4
M x T	4	13.093	3.273	<1
Error	10	111.897	11.189	
Total	19	4039.246		

** = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.01$)

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสะท้อนนิฟิเคชั่นของน้ำมันจากวัตถุดิบที่
จับจากมหาสมุทรแปซิฟิก

SV	DF	SS	MS	F
รังไข่				
Treatment	13	156159.880	12012.298	3255.08**
Method (M)	1	148289.251	148289.251	40183.25**
Time(T)	6	3635.664	605.944	164.20**
M x T	46	4234.965	705.827	191.26**
Error	14	51.664	3.690	
Tatal	27	156211.545		
อ้วนตะ				
Treatment	13	359126.227	27625.094	2166.23**
Method (M)	1	345305.533	345305.533	27077.23**
Time(T)	6	4361.126	726.854	57.00**
M x T	46	9459.567	1576.594	123.63**
Error	14	178.536	12.752	
Tatal	27	359304.763		
เครื่องใน				
Treatment	13	82714.764	6362.674	756.43**
Method (M)	1	60256.898	60256.898	7163.69**
Time(T)	6	10568.222	1761.370	209.40**
M x T	46	11889.643	1981.411	235.58**
Error	14	117.760		
Tatal	27	82832.524		

** = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P < 0.01)

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 10 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสะท้อนฟิเคชั่นของน้ำมันจากวัตถุดิบที่
จับจากมหาสมุทรอินเดีย

SV	DF	SS	MS	F
รังไข่				
Treatment	9	1874.050	208.228	7.168**
Method (M)	1	1328.450	1328.450	45.730**
Time(T)	4	434.800	108.700	3.742**
M x T	4	110.800	27.700	0.954ns
Error	10	290.500	29.050	
Total	19	2164.550		
อ้นทะเล				
Treatment	9	5267.807	585.312	13.946**
Method (M)	1	953.166	953.166	22.711**
Time(T)	4	4111.694	1027.924	24.492**
M x T	4	202.947	50.737	1.209ns
Error	10	419.700	41.970	
Total	19	5687.507		
เครื่องใน				
Treatment	9	4935.021	548.336	16.067**
Method (M)	1	196.690	196.690	5.763**
Time(T)	4	3737.789	934.447	27.38**
M x T	4	1000.542	250.135	7.329**
Error	10	341.290	34.129	
Total	19	5276.310		

** = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P < 0.01)

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 11 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณกรดไขมันอิสระของน้ำมันจากวัตถุดิบที่จับจากมหาสมุทรแปซิฟิก

SV	DF	SS	MS	F
รังไข่				
Treatment	13	630.937	48.533	43.46**
Method (M)	1	246.985	246.985	221.19**
Time(T)	6	339.031	56.505	50.60**
M x T	46	44.920	7.486	6.70**
Error	14	15.632	1.116	
Total	27	646.569		
อวัยวะ				
Treatment	13	1807.994	139.076	836.82**
Method (M)	1	354.362	354.362	2132.19**
Time(T)	6	984.379	164.063	987.16**
M x T	46	469.252	78.208	470.58**
Error	14	2.326	0.166	
Total	27	1810.320		
เครื่องใน				
Treatment	13	1248.623	96.047	38.76**
Method (M)	1	6.355	6.355	2.56ns
Time(T)	6	379.133	63.188	25.50**
M x T	46	863.134	143.855	58.06**
Error	14	34.690	2.477	
Total	27	1283.313		

** = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P < 0.01)

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 12 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณกรดไขมันอิสระของน้ำมันจากวัตถุดิบที่จับจากมหาสมุทรอินเดีย

SV	DF	SS	MS	F
รังไข่				
Treatment	9	603.067	67.007	224.56**
Method (M)	1	247.526	247.526	829.54**
Time(T)	4	237.784	59.446	199.22**
M x T	4	117.756	29.439	98.66**
Error	10	2.983	0.29	
Total	19	606.051		
อวัยวะ				
Treatment	9	790.085	87.787	176.69**
Method (M)	1	0.290	0.290	<1
Time(T)	4	756.512	189.128	380.65**
M x T	4	33.281	8.320	16.75**
Error	10	4.968	0.496	
Total	19	795.053		
เครื่องใน				
Treatment	9	808.399	89.822	21801.480**
Method (M)	1	56.113	56.113	13619.539**
Time(T)	4	681.456	170.364	41350.505**
M x T	4	70.830	17.708	4297.940**
Error	10	4.120	4.120	
Total	19	808.440		

** = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P < 0.01)

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 13 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณต่างที่ระเหยได้ของวัตถุ
ดินที่เก็บรักษาที่ -20°C

SV	DF	SS	MS	F
รังไข่				
Time(T)	2	3218.474	1609.237	472.45**
Error	6	20.436	3.406	
Tatal	8	3238.911		
อับทะ				
Time(T)	2	2921.096	1460.548	707.95**
Error	6	12.378	2.063	
Tatal	8	2933.474		
เครื่องใน				
Time(T)	2	3079.578	1539.789	187.54**
Error	6	49.263	8.210	
Tatal	8	3128.841		

** = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.01$)

* = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 14 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณไตรเมทิลอะมีนของวัตถุ
ดินที่เก็บรักษาที่ -20°C

SV	DF	SS	MS	F
รังไข่				
Time(T)	2	52.435	26.217	361.24**
Error	6	0.435	0.072	
Total	8	52.871		
อ้วนทะ				
Time(T)	2	43.990	21.995	199.01**
Error	6	0.663	0.110	
Total	8	44.653		
เครื่องใน				
Time(T)	2	72.354	36.177	62.28**
Error	6	3.485	0.580	
Total	8	75.485		

** = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.01$)

* = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 15 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณน้ำมันจากวัตถุดิบที่เก็บรักษาที่
-20 °ซ

SV	DF	SS	MS	F
รังไข่				
Treatment	5	0.567	0.113	<1
Method (M)	1	0.044	0.044	<1
Time(T)	2	0.511	0.255	1.42ns
M x T	2	0.011	0.005	<1
Error	6	1.078	0.179	
Total	11	1.645		
อับทะ				
Treatment	5	0.309	0.061	13.40**
Method (M)	1	0.003	0.003	<1
Time(T)	2	0.304	0.152	32.95**
M x T	2	0.001	0.000	<1
Error	6	0.027	0.004	
Total	11	0.337		
เครื่องใน				
Treatment	5	2.591	0.518	11.40**
Method (M)	1	0.143	0.143	3.15ns
Time(T)	2	2.437	1.218	26.81**
M x T	2	0.011	0.005	<1
Error	6	0.272	0.045	
Total	11	2.864		

** = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P <0.01)

* = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P <0.05)

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 16 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณกรดไขมันอิสระของวัตถุดิบที่เก็บ
รักษาที่ -20°C

SV	DF	SS	MS	F
รังไข่				
Treatment	5	511.224	102.244	282.41**
Method (M)	1	263.297	263.297	727.26**
Time(T)	2	209.289	104.644	289.04**
M x T	2	38.638	19.319	53.36**
Error	6	2.172		
Total	11	513.396		
อัลมอนด์				
Treatment	5	224.813	44.962	108.86**
Method (M)	1	5.333	5.333	12.91*
Time(T)	2	208.456	104.228	152.36**
M x T	2	11.023	5.511	13.35**
Error	6	2.478	0.413	
Total	11	227.291		
เครื่องใน				
Treatment	5	106.240	21.248	27.95**
Method (M)	1	0.516	0.516	<1
Time(T)	2	103.181	51.590	67.86**
M x T	2	2.542	1.271	1.67ns
Error	6	4.561	0.760	
Total	11	110.802		

** = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.01$)

* = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 17 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเปอร์ออกไซด์ของวัตถุดิบที่เก็บรักษาที่
-20 °ซ

SV	DF	SS	MS	F
รังไข่				
Treatment	5	338.966	67.793	576.88**
Method (M)	1	3.564	3.564	30.33**
Time(T)	2	331.962	165.981	1412.41**
M x T	2	3.439	1.719	14.63**
Error	6	0.705	0.117	
Tatal	11	339.671		
อึนทะ				
Treatment	5	338.665	67.733	138.20**
Method (M)	1	9.416	9.416	19.21**
Time(T)	2	328.197	164.098	334.83**
M x T	2	1.051	0.525	1.07ns
Error	6	2.940	0.490	
Tatal	11	341.605		
เครื่องไน				
Treatment	5	355.889	71.177	34.46**
Method (M)	1	17.787	17.787	8.61*
Time(T)	2	318.145	159.072	77.01**
M x T	2	19.956	9.978	4.83ns
Error	6	12.393	2.065	
Tatal	11	368.282		

** = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P < 0.01)

* = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P < 0.05)

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 18 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า TBARS ของวัตถุดิบที่เก็บรักษาที่
-20 °ซ

SV	DF	SS	MS	F
รังไข่				
Treatment	5	9.180	1.836	211.74**
Method (M)	1	1.046	1.046	120.64**
Time(T)	2	8.066	4.033	465.15**
M x T	2	0.067	0.033	3.88ns
Error	6	0.052	0.008	
Total	11	9.232		
อ้วนทะ				
Treatment	5	33.582	6.716	2407.81**
Method (M)	1	15.495	15.495	5554.77**
Time(T)	2	11.890	5.945	2131.23**
M x T	2	6.197	3.098	1110.91**
Error	6	0.016	0.002	
Total	11	33.599		
เครื่องใน				
Treatment	5	18.716	3.743	985.97**
Method (M)	1	4.192	4.192	1104.30**
Time(T)	2	8.824	4.412	1162.20**
M x T	2	5.699	2.849	750.57**
Error	6	0.022	0.003	
Total	11	18.739		

** = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P < 0.01)

* = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P < 0.05)

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 19 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณกรดไขมันอิสระของน้ำมันที่ผ่านการ
เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง, 4⁰ซ และ -20⁰ซ

SV	DF	SS	MS	F
รังไข่				
Treatment	29	307.923	10.618	76.39**
Method (M)	1	143.902	143.902	1035.29**
Storage (S)	4	66.511	16.627	119.63**
Temp(T)	1	47.597	23.798	171.22**
M x S	2	3.356	0.839	6.04**
M x T	4	10.154	5.077	36.53**
S x T	2	31.336	3.917	28.18**
M x S x T	8	5.064	0.633	4.55**
Error	30	4.169	0.138	
Total	59	312.092		
อัตรหะ				
Treatment	29	557.254	19.215	22.72**
Method (M)	1	31.930	31.930	37.75**
Storage (S)	4	140.503	35.125	41.53**
Temp(T)	1	254.560	127.280	150.48**
M x S	2	0.818	0.204	<1
M x T	4	18.080	9.040	10.69**
S x T	2	100.911	12.613	14.91**
M x S x T	8	10.449	1.306	1.54ns
Error	30	25.375	0.845	
Total	59	582.629		

** = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P < 0.01)

* = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P < 0.05)

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 20 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณกรดไขมันอิสระของน้ำมันที่ผ่านการ
เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง, 4^oซ และ -20^oซ

SV	DF	SS	MS	F
เครื่องใน				
Treatment	29	4854.408	167.393	24.23**
Method (M)	1	409.248	409.248	59.24**
Storage (S)	4	589.760	147.440	21.34**
Temp(T)	1	1818.512	909.256	131.63**
M x S	2	131.402	32.850	4.76**
M x T	4	502.134	251.067	36.34**
S x T	2	1030.065	128.758	18.64**
M x S x T	8	373.284	46.660	6.75**
Error	30	207.237	6.907	
Total	59	5061.646		

** = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P < 0.01)

* = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P < 0.05)

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 21 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเปอร์ออกไซด์ของน้ำมันที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง, 4^oซ และ -20^oซ

SV	DF	SS	MS	F
รังไข่				
Treatment	29	3601.684	124.196	214.16**
Method (M)	1	45.518	45.518	78.49**
Storage (S)	4	2233.772	558.443	962.98**
Temp(T)	1	856.263	428.131	738.27**
M x S	2	1.198	0.299	<1
M x T	4	0.989	0.494	<1
S x T	2	462.108	57.763	99.61**
M x S x T	8	1.832	0.229	<1
Error	30	17.397	0.579	
Total	59	3619.081		
อัลตะ				
Treatment	29	3322.314	114.562	194.39**
Method (M)	1	9.963	9.963	16.91**
Storage (S)	4	2111.799	527.949	895.81**
Temp(T)	1	763.230	381.615	647.52**
M x S	2	2.604	0.651	1.10ns
M x T	4	7.660	3.830	6.50**
S x T	2	419.744	52.468	89.03**
M x S x T	8	7.322	0.913	1.55ท
Error	30	17.680	0.589	
Total	59	3339.995		

** = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P < 0.01)

* = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P < 0.05)

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 22 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเปอร์ออกไซด์ของน้ำมันที่ผ่านการ เก็บ
รักษาที่อุณหภูมิห้อง, 4^oซ และ -20^oซ

SV	DF	SS	MS	F
เครื่องใน				
Treatment	29	3644.886	125.685	204.29**
Method (M)	1	32.354	32.354	52.59**
Storage (S)	4	2215.614	553.903	900.30**
Temp(T)	1	910.747	455.373	740.15**
M x S	2	0.238	0.059	<1
M x T	4	0.372	0.186	<1
S x T	2	485.335	60.666	98.61**
M x S x T	8	0.224	0.028	<1
Error	30	18.457	0.615	
Total	59	3663.344		

** = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P <0.01)

* = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P <0.05)

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 23 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า TBARS ของน้ำมันที่ผ่านการเก็บ
รักษาที่อุณหภูมิห้อง, 4^oC และ -20^oC

SV	DF	SS	MS	F
รังไข่				
Treatment	29	95.153	3.281	430.67**
Method (M)	1	30.693	30.693	4028.67**
Storage (S)	4	24.123	6.030	791.58**
Temp(T)	1	22.134	11.067	1452.65**
M x S	2	1.397	0.349	45.85**
M x T	4	5.814	2.907	381.59**
S x T	2	9.397	1.174	154.19**
M x S x T	8	1.592	0.199	26.13**
Error	30	0.228	0.007	
Total	59	95.382		
อ้วนทะ				
Treatment	29	159.577	5.052	105.47**
Method (M)	1	49.175	49.175	942.54**
Storage (S)	4	75.318	18.859	360.90**
Temp(T)	1	13.001	6.500	124.60**
M x S	2	10.945	2.736	52.45**
M x T	4	3.559	1.779	34.11**
S x T	2	5.193	0.649	12.44**
M x S x T	8	2.383	0.297	5.71**
Error	30	1.565	0.052	
Total	59	161.142		

** = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P < 0.01)

* = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P < 0.05)

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 24 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า TBARS ของน้ำมันที่ผ่านการเก็บ
รักษาที่อุณหภูมิห้อง, 4⁰ซ และ -20⁰ซ

SV	DF	SS	MS	F
เครื่องใน				
Treatment	29	28.522	0.983	96.30**
Method (M)	1	7.305	7.305	715.27**
Storage (S)	4	11.751	2.937	287.66**
Temp(T)	1	5.515	2.957	270.02**
M x S	2	1.009	2.757	24.70**
M x T	4	0.097	0.252	4.76*
S x T	2	2.151	0.048	26.33**
M x S x T	8	0.691	0.268	8.47**
Error	30	0.306	0.086	
Total	59	28.828		

** = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P < 0.01)

* = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P < 0.05)

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นางสาวจรรยา พรหมนิมิตร

วัน เดือน ปีเกิด 3 เมษายน 2515

วุฒิการศึกษา

วุฒิ

ชื่อสถาบัน

ปีที่สำเร็จการศึกษา

วิทยาศาสตรบัณฑิต

สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้

2537

(เทคโนโลยีอาหาร)

ผลงาน

การนำเสนอผลงานวิจัยภาคโปสเตอร์ในการประชุมวิชาการอุตสาหกรรมเกษตร ครั้งที่ 3 ระหว่างวันที่ 30 พฤษภาคม – 1 มิถุนายน 2544 ณ ศูนย์แสดงสินค้า BITEC กรุงเทพฯ

Recovery and Characterization of Lipids from Roe, Milt and Viscera of Skipjack Tuna (*Katsuwonus pelamis*)

Jariya Promnimit, Pairat Sophanodora, Sottawat Benjakul

Department of Food Technology, Faculty of Agro-Industry, Prince of Songkla University

Abstract

Skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) is dominant species being processed in the tuna canning industry, which resulted in by-product such as roe, milt and viscera. These materials are considered to be very good source of lipid beneficial to health. Lipids from roe, milt and viscera of Skipjack tuna from Pacific ocean at different catching times were recovered and analysed for main constituents such as total lipid, phospholipid and fatty acid compositions as well as free fatty acid, iodine value and saponification value. The results showed that during 7 months of catching (April 1999 - February 2000), the total lipid content of roe, milt and viscera varied from 2.11 - 5.04, 1.74 - 2.44 and 1.91 - 5.28 % (w/w), respectively. It was also observed that the increased lipid content occurred during October to March which was claimed to be spawning period. Phospholipid contents of those samples varied from 48.3 - 65.9, 45.1 - 72.3 and 38.2 - 49.7 % (w/w) of total lipid, respectively. The maximum phospholipid contents were observed in roe and milt caught in January, whereas in viscera caught

in August. Fatty acid compositions consisted of saturated fatty acid 39, 45 and 44 % (w/w) of total fatty acid, monounsaturated fatty acid 19, 16 and 17 % (w/w) of total fatty acid and polyunsaturated fatty acid 37, 34 and 35 % (w/w) of total fatty acid for lipid from roe, milt and viscera, respectively. The major fatty acids of PUFA were found to be n-3 fatty acid at 30.45, 30.10 and 28.81% (w/w) of total fatty acid in roe, milt and viscera. The characteristics of lipids from roe, milt and viscera contained free fatty acid of 14.06, 29.62 and 37.02 %, iodine value of 122, 124 and 125 g iodine/100 g oil and saponification value of 287, 365 and 236 mg KOH/g oil, respectively. It was also shown that storage of raw materials at -20°C for 4 months resulted in nonsignificant changes in total lipid, but free fatty acid content increased significantly.
