สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาเพื่อตรวจวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันสายยาวชนิดไม่อิ่มตัว ในผลิตภัณฑ์ปลาทะเลตากแห้ง

นายธรรมรัตน์ รุ่งสังข์
นายไพจักขณ์ บุญทอง
นายเอกชัย ตันสุคตานนท์

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2542

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 35860
วัน, เดือน, ปี 27 มิ.ย. 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A Study for Determination of Long – Chain Unsaturated Fatty Acid in Some of Dried Marine Fish Products

Mr. Tammaraht Rungsung

Mr. Paichak Boontong

Mr. Ekkachai Tunsukatanon

A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the

Requirement for the Degree of Bachelor of Science

Department of Applied Biology

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

1999

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การศึกษาเพื่อตรวจวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันสายยาว ชนิดไม่อิ่มตัวในผลิตภัณฑ์ปลาทะเลตากแห้ง
โดย	นายธรรมรัตน์ รุ่งสังข์
	นายไพจักขณ์ บุญทอง
	นายเอกชัย ตันสุคตานนท์
ภาควิชา	ชีววิทยาประยุกต์
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ สุขใจ ชูจันทร์

ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้นับโครงงานพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... หัวหน้าภาควิชาชีววิทยาประยุกต์
(รองศาสตราจารย์ ดร.พรรณี ฐิตาภิชิต)

คณะกรรมการสอบโครงงานพิเศษ

..... ประธานกรรมการ
(อาจารย์ กุลวดี ทองภูเบศร์)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ลินจง สุขลำภู)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ สุขใจ ชูจันทร์)

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การศึกษาเพื่อตรวจวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันสายยาว ชนิดไม่อิ่มตัวในผลิตภัณฑ์ปลาทะเลตากแห้ง
โดย	นายธรรมรัตน์ รุ่งสังข์
	นายไพจักขณ์ บุญทอง
	นายเอกชัย ตันสุคตานนท์
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ สุขใจ ชูจันทร์
ภาควิชา	ชีววิทยาประยุกต์
ปีการศึกษา	2542

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของโครงงานพิเศษนี้เพื่อศึกษาข้อมูลและวิเคราะห์หาปริมาณกรดไขมันสายยาวชนิดไม่อิ่มตัวโดยใช้เครื่องแก๊สโครมาโตกราฟฟี จากผลิตภัณฑ์ปลาทะเลตากแห้ง 12 ชนิด ซึ่งได้สุ่มเก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์จากตลาดในจังหวัดชลบุรี เพื่อเป็นตัวแทนของแหล่งปลาจากฝั่งอ่าวไทย และตลาดในจังหวัดภูเก็ต เพื่อเป็นตัวแทนของแหล่งปลาจากฝั่งทะเลอันดามัน แสดงผลการศึกษาในหน่วยกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง พบว่า ผลิตภัณฑ์ปลาทะเลตากแห้งที่ศึกษาทั้งหมดมีกรดโอเลอิค 0.01 กรัม (ปลาลิ้นหมา) ถึง 0.74 กรัมต่อ 100 กรัม (ปลาช่อนทะเล) และมีกรดลิโนเลอิค 0.01 กรัม (ปลากะตักใต้) ถึง 0.54 กรัมต่อ 100 กรัม (ปลาจวดเทียน) ซึ่งเป็นช่วงที่กว้างมาก ผลิตภัณฑ์ทั้งหมดมีกรดลิโนเลนิคน้อยกว่า 0.1 กรัมต่อ100กรัม ปลาข้าวสารตะวันออกและปลาช่อนทะเล มีกรดไอโคซะเพนตะอิโนอิค (eicosapentaenoic acid; EPA) สูงถึง 0.52 และ 0.37 กรัมต่อ100กรัม ตามลำดับ ปลากระบอกและปลาช่อนทะเล มีกรดโดโคซะเฮกซะอิโนอิค (docosahexaenoic acid; DHA) สูงถึง 1.16 และ 0.75 กรัมต่อ100กรัม ตามลำดับ นอกจากนี้พบว่า ปลากระบอกยังมีปริมาณไขมันสูงสุด (10.0 กรัมต่อ100กรัม) แต่มี EPA ต่ำ (0.05 กรัมต่อ100กรัม) โดยสรุป คุณลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ปลาทะเลตากแห้งส่วนใหญ่คือ มีกรดไขมันกลุ่มโอเมกา-3 ทั้งหมด (ผลรวมของกรดลิโนเลนิค, EPA และ DHA) ในปริมาณที่สูง โดยเฉพาะปลากระบอก ปลาข้าวสาร ปลาช่อนทะเล และปลาจวดเทียน (1.21, 1.17, 1.15 และ 0.71 กรัมต่อ100กรัม ตามลำดับ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title	A Study for Determination of Long – Chain Unsaturated Fatty Acid in Some of Dried Marine Fish Products
Name	Mr. Tammaraht Rungsung
	Mr. Paichak Boontong
	Mr. Ekkachai Tunsukatanon
Special Project Advisor	Associate Professor Sukjai Choojan
Department	Applied Biology
Academic Year	1999

Abstract

The objective of this special project was to determine long-chain unsaturated fatty acid contents in twelve kinds of dried marine fish products by gas chromatograph. Most of fish in Thailand are harvested from the Gulf of Thailand and the Andaman Sea. So in this study, dried marine fish products were sampled from one market in Chonburi and one market in Phuket province.The values were expressed as grams per 100 grams of the edible portion.The results were found that oleic acid in dried marine fish products ranged from 0.01 g/100g (Largescaled tongue sole) to 0.74 g/100g (Cobia) whereas linoleic acid in these products ranged from 0.01 g/100g (Sharp-head anchovy) to 0.54 g/100g (Jewfish). All the products analysed had linolenic acid less than 0.1 g/100g. Long-jawed anchovy and Cobia contained high levels of eicosapentaenoic acid (EPA) (0.52 and 0.37 g/100g respectively). Mullet and Cobia contained high levels of docosahexaenoic acid (DHA) (1.16 and 0.75 g/100g respectively). In addition, Mullet also had the highest lipid content (10.0 g/100g) but its oil was low in EPA (0.05 g/100g). In conclusion, the main characteristic of most of dried marine fish products was high contents of total n-3 fatty acids (sum of C18:3, C20:5 and C22:6) especially Mullet, Long-jawed anchovy, Cobia, and Jewfish (1.21, 1.17, 1.15 and 0.71 g/100g respectively).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ ด้วยความช่วยเหลือและดูแลเอาใจใส่อย่างดียิ่งของรองศาสตราจารย์สุขใจ ชูจันทร์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษ อาจารย์กุลวดี ทองภูเบศร์ และอาจารย์ลินจง สุขลำภู ที่ได้สละเวลาอันมีค่าให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ มาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.นงนุช รักสกุลไทย ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ได้กรุณาให้ข้อมูลเกี่ยวกับชนิดของปลาทะเลและกรรมวิธีแปรรูปสัตว์น้ำอย่างดียิ่ง

ขอขอบพระคุณ คุณบุเบรอด หนูประสิทธิ์ ที่ได้อำนวยความสะดวกในการเดินทางไปสุ่มเก็บตัวอย่างจากตลาดอ่างศิลา จังหวัดชลบุรี และคุณพิศมัย ต้นสุคตานนท์ ที่ได้อำนวยความสะดวกในการเดินทางไปสุ่มเก็บตัวอย่างจากตลาดสาธารณะ1 เทศบาลเมืองภูเก็ต จังหวัดภูเก็ต

ขอขอบพระคุณ คุณพยอม เกียรติกำจร ที่เป็นธุระในเรื่องของการสั่งซื้อสารเคมีและอุปกรณ์ต่างๆ รวมทั้งเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ และเจ้าหน้าที่ฝ่ายธุรการ ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกท่านที่อำนวยความสะดวกในทุกๆด้านเป็นอย่างดี

สุดท้ายนี้ คณะผู้จัดทำใคร่ขอกราบขอบพระคุณบิดามารดา ซึ่งสนับสนุนในด้านการเงินและให้กำลังใจแก่คณะผู้จัดทำเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

คณะผู้จัดทำ
มีนาคม 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อปัญหาพิเศษภาษาไทย	ก
บทคัดย่อปัญหาพิเศษภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 วัตถุประสงค์ของโครงงานพิเศษ	2
1.2 ขอบเขตโครงงานพิเศษ	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎี	4
2.1 ลิปิด	4
2.2 การจำแนกชนิดของลิปิด	5
2.3 กรดไขมัน	12
- การเรียกชื่อกรดไขมัน	13
- กรดไขมันในธรรมชาติ	18
- กรดไขมันจำเป็น	23
- การสังเคราะห์กรดไขมัน	23
2.4 แหล่งของ EPA และ DHA	26
- สัตว์ทะเล	28
- จุลินทรีย์	46
2.5 บทบาทของ EPA และ DHAกับการอุดตันของหลอดเลือด	52
- ไขมันในเลือด	52
- บทบาทของสาร eicosanoids ต่อการแข็งตัวของเลือด	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันและรักษาโรคของ EPA และ DHA	64
- คอเลสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์	64
- โรคหลอดเลือดหัวใจ	66
- ความดันเลือด	68
- โรคข้ออักเสบและลูปัสอีรีมาโตซัส	68
- โรคปวดศีรษะไมเกรน	69
- โรคมะเร็ง	70
- โรคเบาหวาน	71
- อัลไซเมอร์	71
- ผลของกรดไขมันในกลุ่มโอเมกา-3 ต่อการตั้งครรภ์	71
บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน	74
3.1 วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี	74
3.2 วิธีการทดลอง	76
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	83
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	108
5.1 บทสรุป	108
5.2 ข้อเสนอแนะ	110
เอกสารอ้างอิง	113
ภาคผนวก ก.	120
ภาคผนวก ข.	131
ภาคผนวก ค	134
ภาคผนวก ง.	139

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2-1	แสดงการเรียกชื่อของกรดไขมันตั้งแต่ C-1 ถึง C-30 ของจุดเดือดและจุดหลอมเหลว	14
2-2	ตัวอย่างกรดไขมันที่พบในธรรมชาติ	22
2-3	ปริมาณไขมันทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ส่วนที่บริโภคได้) ปริมาณ n-6,18 : 3 n-3 ปริมาณกรดไขมันสายยาวชนิด n-3 และปริมาณ n-3 ทั้งหมดในปลาสด	29
2-4	ปริมาณกรดไขมันชนิดอิ่มตัวและกรดไขมันกลุ่ม n-6 และn-3 ในปลาน้ำจืด	37
2-5	ปริมาณกรดไขมันชนิดอิ่มตัวและกรดไขมันกลุ่ม n-6 และn-3 ในปลาทะเล	40
2-6	การศึกษาปริมาณ DHA และ EPA ในสัตว์ทะเลบางชนิดในไทย	43
2-7	ปริมาณไขมันและกรดไขมันในปลาน้ำจืดและปลาทะเลบางชนิด	45
2-8	ความหนาแน่นและองค์ประกอบของไลโปโปรตีน	56
4-1	แสดงปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์ปลาทะเลตากแห้ง	83
4-2	แสดงผลเปรียบเทียบปริมาณไขมันของผลิตภัณฑ์ปลาทะเลตากแห้งกับเนื้อปลาสด	84
4-3	เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันสายยาวชนิดไม่อิ่มตัวในผลิตภัณฑ์ปลาทะเลตากแห้ง	86
4-4	แสดงน้ำหนักกรดไขมันสายยาวชนิดไม่อิ่มตัวแต่ละชนิดต่อน้ำหนักแห้งของผลิตภัณฑ์ปลาตากแห้ง 100 กรัม	102
4-5	แสดงผลเปรียบเทียบปริมาณกรดไขมันแต่ละชนิดของเนื้อปลาสดกับผลิตภัณฑ์ปลาทะเลตากแห้ง	104
4-6	เปรียบปริมาณกรดไขมันสายยาวชนิดไม่อิ่มตัวระหว่างผลิตภัณฑ์ปลาตากแห้งจากภาคใต้และภาคตะวันออก	106
4-7	เปรียบเทียบปริมาณกรดไขมันระหว่างปลากะตักแก้ว(สีขาว)และปลากะตักตากแห้ง (สีดำ)จากภาคตะวันออก	107

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2-1	โครงสร้างของกลีเซอไรด์ชนิดต่างๆ	5
2-2	การรวมตัวของกลีเซอไรด์ 1 โมเลกุลกับกรดไขมัน 3 โมเลกุล ได้เป็นไตรกลีเซอไรด์และน้ำ	6
2-3	สูตรโครงสร้างของกรดไขมันชนิดต่างๆ	16
2-4	แสดงการสังเคราะห์กรดไขมันทางชีวภาพ	17
2-5	แสดงการเกิดพันธะคู่จากปฏิกิริยา ดีไฮเดชั่น	18
2-6	การเติมคาร์บอน(elongation,E)และตำแหน่งของการเติมพันธะคู่(desaturation ระบุด้วย Δ)ของกรดไขมันในเมตาโบลิซึมของไขมัน	20
2-7	ปฏิกิริยาการเกิดลิปิดออกซิเดชั่น	21
2-8	ปฏิกิริยา desaturation ในพืชและสัตว์	24
2-9	วิถีการสังเคราะห์กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน	25
2-10	แสดงโครงสร้างทางเคมีของ EPA	26
2-11	แสดงโครงสร้างทางเคมีของ DHA	26
2-12	แสดงโซ่อาหาร (food chain) ของกรดไขมัน EPA และ DHA ในธรรมชาติ	28
2-13	การสังเคราะห์กรดไขมันไม่อิ่มตัวในจุลินทรีย์	47
2-14	แสดงวิถีเมตาโบลิซึมในการสังเคราะห์สารกลุ่ม eicosanoids จากกรดอะแรคคิโดนิค โดยวิถีของเอนไซม์ cyclooxygenase	53
2-15	โครงสร้างแบบต่างๆ ของลิปิดในน้ำ	54
2-16	แสดงพลาสมาไลโปโปรตีน	55
2-17	แสดงองค์ประกอบของไลโปโปรตีนในน้ำเลือด	56
2-18	โครงสร้างของไลโปโปรตีน	57
2-19	การควบคุมการสังเคราะห์คลอเลสเตอรอลในตับโดยปริมาณคลอเลสเตอรอลที่ได้รับจากอาหาร (ผ่านลำไส้เล็ก) และการกระจายคลอเลสเตอรอลจากตับไปยังเนื้อเยื่ออื่น	57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
2-20	การจับกันอย่างจำเพาะของ apoprotein B-100 ของ LDL-receptor ของเยื่อเซลล์	58
3-1	ลักษณะของ see sand, ทรายชายทะเลและ celite 545	75
3-2	การเตรียม frits	77
3-3	การย่อยตัวอย่าง (hydrolysis)	78
3-4	การสกัดไขมันโดย Buchi 810 Soxhlet apparatus	79
3-5	แผนภาพแสดงขั้นตอนการหาปริมาณไขมันในตัวอย่าง	80
4-1	ปลากระบอกตากแห้ง	87
4-2	ปลาหลังเขียวตากแห้ง	88
4-3	ปลากะตักตากแห้ง (ภาคใต้)	89
4-4	ปลาข้าวสารตากแห้ง (ภาคใต้)	90
4-5	ปลาจวดเทียนตากแห้ง	91
4-6	ปลาข้างเหลืองตากแห้ง (ภาคใต้)	92
4-7	ปลากะตักตากแห้ง (ภาคตะวันออก)	93
4-8	ปลาข้าวสารตากแห้ง (ภาคตะวันออก)	94
4-9	ปลากะตักแก้ว	95
4-10	ปลากะเบนตากแห้ง	96
4-11	ปลาลิ้นหมาตากแห้ง	97
4-12	ปลาข้างเหลืองตากแห้ง (ภาคตะวันออก)	98
4-13	ปลาแก้วตากแห้ง	99
4-14	ปลาช่อนทะเลตากแห้ง	100
4-15	ปลานวลจันทร์ทะเล	101
ก-1	ปลากะเบนยี่สน	120
ก-2	ปลานวลจันทร์ทะเล	121
ก-3	ปลาหลังเขียว	122
ก-4	ปลาข้าวสาร	123

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
ก-5	ปลากะตัก (จิ้งจั้ง)	124
ก-6	ปลากะตักเกล็ด	125
ก-7	ปลาลิ้นหมา	126
ก-8	ปลากระบอก	127
ก-9	ปลาข้างเหลือง	128
ก-10	ปลาช่อนทะเล	129
ก-11	ปลาจวดเทียน	130
ค-1	โครมาโตแกรมของกรดไขมันมาตรฐาน	134
ค-2	โครมาโตแกรมของกรดไขมันต่างๆ ของปลาแก้วตากแห้ง	135
ค-3	โครมาโตแกรมของกรดไขมันต่างๆ ของปลาข้างเหลืองตากแห้งภาคตะวันออก	136
ค-4	โครมาโตแกรมของกรดไขมันต่างๆ ของปลาช่อนทะเลตากแห้ง	137
ค-5	โครมาโตแกรมของกรดไขมันต่างๆ ของปลาข้าวสารตากแห้งภาคตะวันออก	138

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

โรคหัวใจ เป็นสาเหตุการเสียชีวิตอันดับหนึ่งของประเทศที่พัฒนาแล้วและประเทศกำลังพัฒนาหลายประเทศ รวมทั้งประเทศไทย นักโภชนาการได้แนะนำให้ประชาชนบริโภคปลา เพราะเป็นแหล่งของสารอาหารที่ดี โดยปลามีองค์ประกอบทั่วไปคือ มีน้ำ 55-80 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 17-22 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรตปริมาณน้อย แร่ธาตุ 0.8-2.0 เปอร์เซ็นต์ และไขมัน 0.6-15.0 เปอร์เซ็นต์ [8] ไขมันในปลาส่วนใหญ่ประกอบด้วยกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัว ซึ่งกรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดสายยาวในกลุ่มโอเมกา-3 โดยเฉพาะ EPA (Eicosapentaenoic acid ; C20:5) และ DHA (Docosahexaenoic acid ; C22:6) จัดเป็นกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย เนื่องจากร่างกายไม่สามารถสังเคราะห์ขึ้นเองได้ [37] เรามักจะพบ EPA และ DHA เป็นส่วนประกอบของ structural lipid ในเซลล์สมองส่วนสีเทาซึ่งเป็นส่วนที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับระบบความจำ และพบในส่วน outer rod segment ในเรตินาของดวงตา นอกจากนี้ยังเป็นส่วนประกอบของเส้นใยประสาทบริเวณกระดูกสันหลังของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ยิ่งไปกว่านั้น DHA ยังมีบทบาทสำคัญต่อพัฒนาการของทารกในวัยแรกเกิดเกี่ยวกับระบบประสาทและสมองอีกด้วย [42]

มีรายงานว่ากรดไขมันทั้งสองชนิดนี้ สามารถป้องกันและรักษาโรคหลอดเลือดหัวใจตีบตัน หัวใจวาย ไมเกรน เบาหวาน ลดอาการปวดตามข้อของโรคไขข้ออักเสบและลูปัส ลดการอักเสบ ป้องกันและรักษาโรคมะเร็งได้ [24] เนื่องจากโรคดังกล่าวนี้ได้คร่าชีวิตผู้คนปีละเป็นจำนวนมาก จึงมีการรณรงค์ให้มีการบริโภคไขมันอิ่มตัวจากสัตว์ลดลง ซึ่งคาดว่ากรดไขมันอิ่มตัวจากสัตว์ เป็นตัวการที่ทำให้เกิดคอเลสเตอรอลที่มากเกินพอเกาะตามผนังหลอดเลือด อันเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดหลอดเลือดอุดตันความดันโลหิตสูง ซึ่งก่อให้เกิดโรคอื่นตามมาเช่น ไมเกรน หัวใจวาย และอัมพาต เป็นต้น ดังนั้นจึงได้มีการแนะนำให้คนทั่วไปหันมาบริโภคกรดไขมันไม่อิ่มตัวจากพืชมากขึ้น อย่างไรก็ตาม ได้มีรายงานการวิจัยว่า การบริโภคน้ำมันจากพืชเพียงอย่างเดียว อาจก่อให้เกิดผลร้ายต่อร่างกายได้ เพราะว่าปัญหาการจับตัวของไขมันในร่างกายเกิดจากการขาดสมดุลของไขมันชนิดต่างๆ มิได้เกิดจากการบริโภคไขมันอิ่มตัวแต่เพียงอย่างเดียว การบริโภคกรดไขมันในกลุ่มโอเมกา-3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นประจำสม่ำเสมอนั้น จะก่อให้เกิดความสมดุลของไขมันในร่างกาย เนื่องจากกรดไขมัน EPA และ DHA มีส่วนเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนไขมันเป็นพรอสตาแกลนดิน (Prostaglandin) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการหดตัวและคลายตัวของกล้ามเนื้อเรียบ การขับน้ำย่อยที่เป็นกรด การควบคุมอุณหภูมิของร่างกาย การรวมตัวของแผ่นเลือด [24,18] พรอสตาแกลนดินเป็นสารคล้ายฮอร์โมน จะถูกสร้างขึ้นใช้ และทำลายไปภายในเซลล์นั้นๆโดยเอนไซม์ ไม่มีการสะสมไว้ในร่างกาย เนื้อเยื่อแต่ละชนิดจะสร้างพรอสตาแกลนดินในปริมาณที่ต้องการใช้เท่านั้น โดยต้องมีกรดไขมันต้นกำเนิดในปริมาณที่เหมาะสมเพียงพอ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนรูปของคอเลสเตอรอลไปเป็นน้ำดีในตับ เพื่อความสมดุลของระบบหมุนเวียนเลือดในร่างกาย [24]

สำหรับกรดไขมันไม่อิ่มตัวกลุ่มโอเมกา-3นี้จะพบได้จากแหล่งสำคัญคือ ในน้ำมันปลา (fish oil) โดยเฉพาะจากพวกปลาทะเล ในปัจจุบันมีการผลิตอาหารเสริมสุขภาพที่ทำจากน้ำมันปลา และเน้นความสำคัญไปที่ปริมาณกรดไขมันกลุ่มโอเมกา-3 มากขึ้น เพราะกำลังอยู่ในความสนใจของผู้คนทั่วไปที่ได้ให้ความสำคัญกับการบริโภคอาหาร โดยเฉพาะอาหารเสริมสุขภาพต่างๆ

ที่สามารถสร้างความสมดุลให้แก่ระบบการทำงานของร่างกาย สามารถป้องกันและรักษาโรคได้ ซึ่งอาหารเสริมดังกล่าวมีราคาแพงและการใช้ยังอยู่ในวงจำกัด ในขณะที่ยังมีผลิตภัณฑ์แปรรูปจากปลาทะเล ซึ่งเป็นการถนอมอาหารโดยกรรมวิธีต่างๆ ที่มีราคาต่ำกว่าและประชาชนก็รู้จักและบริโภคกันมาช้านาน ทั้งยังมีให้เลือกบริโภคได้มากมายหลายชนิดเช่น ปลาหวาน ปลารมควัน ปลาเค็ม และปลาตากแห้ง เป็นต้น การศึกษาการหาปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวสายยาวที่มีในผลิตภัณฑ์แปรรูปจากปลาทะเล จะช่วยให้ผู้บริโภคทุกเพศ ทุกวัย และทุกฐานะมีทางเลือกในการบริโภคผลิตภัณฑ์ที่มีราคาถูก มีความปลอดภัย และมีคุณค่าทางโภชนาการด้วย

1.1 วัตถุประสงค์ของโครงงานพิเศษ

1.1.1 เพื่อศึกษาวิธีการสกัดน้ำมัน โดยใช้วิธี การสกัดด้วยตัวทำละลาย

1.1.2 เพื่อศึกษาวิธีการวิเคราะห์ปริมาณของกรดไขมันสายยาวชนิดไม่อิ่มตัวที่มีในองค์ประกอบของปลาชนิดนั้นๆ โดยใช้เครื่องมือ Gas Chromatograph

1.1.3 เพื่อส่งเสริมการบริโภคผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแปรรูปปลาทะเล

1.2 ขอบเขตของโครงงานพิเศษ

เป็นการศึกษาถึงกระบวนการเพื่อตรวจวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันสายยาวชนิดไม่อิ่มตัวในผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแปรรูปปลาทะเล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ขอบเขตของโครงงานพิเศษ

เป็นการศึกษาถึงกระบวนการเพื่อตรวจวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันสายยาวชนิดไม่อิ่มตัวในผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแปรรูปปลาทะเล

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 ประชาชนหันมาบริโภคผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแปรรูปปลามากยิ่งขึ้น

1.3.2 เพิ่มทางเลือกใหม่สำหรับผู้บริโภคในการบริโภคกรดไขมันสายยาวชนิดไม่อิ่มตัว โดยเฉพาะกรดไขมันกลุ่มโอเมกา-3

1.3.3 อุตสาหกรรมการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากการประมง ได้รับการส่งเสริมและพัฒนาให้เจริญก้าวหน้ามากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎี

2.1 ลิปิด

"ลิปิด" (lipid) หมายถึง สารประกอบอินทรีย์ที่ได้จากสิ่งมีชีวิต มีลักษณะเป็นมัน น้ำมัน และไข (fats,oils,waxes) นอกจากนี้ยังรวมถึงสารประกอบอื่นๆที่มีความลื่น (greasy) และไม่รวมกันเป็นเนื้อเดียวกันกับน้ำ ประกอบด้วยธาตุที่สำคัญ 3 ชนิด ได้แก่ คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน บางครั้งก็มีไนโตรเจนและฟอสฟอรัสด้วย และเนื่องจากลิปิดมีโครงสร้างแตกต่างกันหลายแบบ จึงมีคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีที่แตกต่างกัน [22]

ลิปิดมีคุณสมบัติไม่ละลายน้ำ ละลายได้เล็กน้อยในแอลกอฮอล์ แต่จะละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ (organic solvent) ชนิดไม่มีขั้ว (non-polar) เช่น คลอโรฟอร์ม อีเทอร์ ปิโตรเลียมอีเทอร์ เบนซิน เฮกเซน และคาร์บอนเตตระคลอไรด์ เป็นต้น [22] บางครั้งจึงเรียกสาระละลายเหล่านี้ว่า เป็นตัวทำละลายไขมัน (fat solvent) [18,12]

โครงสร้างทางเคมีของลิปิดที่พบในธรรมชาติค่อนข้างหลากหลาย ขึ้นอยู่กับหน้าที่ทางชีวภาพ ลิปิดทุกชนิดจะมีส่วนของโมเลกุลที่เป็นไฮโดรคาร์บอนมีลักษณะไม่มีขั้ว (non-polar) ซึ่งแสดงคุณสมบัติที่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) อยู่ในโครงสร้าง บางชนิดจะมีหมู่ที่มีขั้ว (polar) ทำให้มีคุณสมบัติชอบน้ำ (hydrophilic) ต่ออยู่กับส่วนที่ไม่มีขั้วด้วย ซึ่งทำให้ลิปิดชนิดนั้นมีคุณสมบัติเป็น amphipathic molecule หรือที่เรียกว่า แอมฟิไฟล์ (amphiphile) ที่สามารถรวมตัวกับน้ำ และขณะเดียวกันก็สามารถรวมตัวกับลิปิดที่ไม่มีขั้วอื่น ๆ ได้ตัวอย่างของลิปิดกลุ่มนี้ ได้แก่ พวกฟอสโฟกลีเซอไรด์ สฟิงโกลิปิด (sphingolipid) เป็นต้น ลิปิดที่มีโครงสร้างส่วนใหญ่เป็นไฮโดรคาร์บอนสายตรงหรือวงแหวน เช่น ไตรกลีเซอไรด์ เทอร์ปีนอยด์ และสเตอรอยด์ จะมีคุณสมบัติเป็นกลางไม่มีประจุ (neutral lipid) ไม่มีขั้ว และมีความไม่ชอบน้ำสูง จึงมักอยู่รวมกันเป็นก้อน (มีแรงดึงดูดซึ่งกันและกันเรียก hydrophobic interaction คอยยึดโครงสร้างเหล่านี้ให้อยู่ด้วยกัน) เมื่อกระจายตัวอยู่ในสารละลายที่มีน้ำเป็นตัวทำละลาย จึงจำเป็นต้องอาศัยพวกแอมฟิไฟล์เป็นตัวแยกไขมันเหล่านี้ออกจากกัน และช่วยให้กระจายตัวอยู่ในน้ำได้ [5]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลิปิดทำหน้าที่ต่างๆ ที่สำคัญในสิ่งมีชีวิต เช่น เป็นสารที่ร่างกายสะสมไว้เป็นแหล่งพลังงาน (1 กรัมให้พลังงาน 9 แคลอรี ซึ่งสูงกว่าโปรตีนและคาร์โบไฮเดรต ที่ให้พลังงานเท่ากันเพียง 4 แคลอรี) เป็นฉนวน (insulating material) ใน subcutaneous tissue ทำให้ร่างกายอบอุ่นและไม่สูญเสียความร้อน [12] ช่วยป้องกันอวัยวะต่างๆ ภายในร่างกาย เช่น ไตรกลีเซอไรด์ เป็นสารในโครงสร้างของเยื่อเซลล์ พวกฟอสโฟลิปิด เป็นองค์ประกอบของผิวหนังระบบประสาทและเลือด ฟอสโฟลิปิด ไกลโคลิปิด และคอเลสเตอรอล เป็นฮอร์โมนและสารประกอบในน้ำดี และช่วยละลายวิตามินบางชนิด ได้แก่ วิตามินเอ ดี อี และเค นอกจากนั้นยังให้กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว ซึ่งเป็นกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย ได้แก่ กรดลิโนเลอิค กรดลิโนเลนิค และกรดอะแรคคิโดนิค เป็นต้น [22]

2.2 การจำแนกชนิดของลิปิด

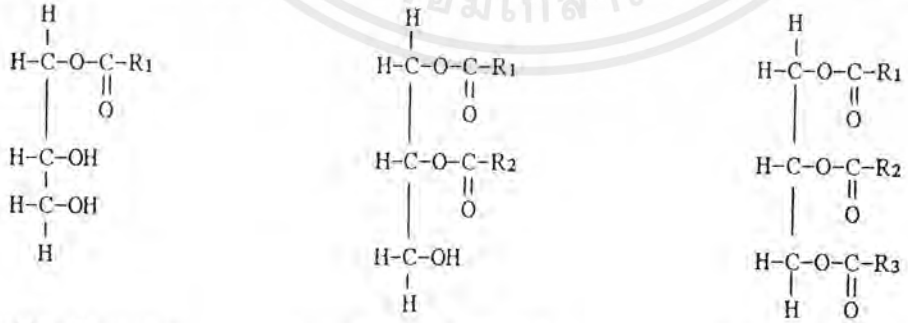
ลิปิดที่พบอยู่ในธรรมชาติ แบ่งออกเป็น 5 ประเภท ตามลักษณะโครงสร้างทางเคมีดังนี้คือ

2.2.1 อนุพันธ์ของกลีเซอรอล

2.2.1.1 เอซิลกลีเซอรอล (acyl glycerol) หรือกลีเซอไรด์ (glyceride) [23]

ลิปิดประเภทนี้เป็นเอสเทอร์ระหว่างกรดไขมัน (fatty acid) กับแอลกอฮอล์ชนิดกลีเซอรอล (glycerol) ซึ่งเป็นแอลกอฮอล์ที่มีหมู่ไฮดรอกซิล (OH^-) 3 หมู่ ชื่อทางเคมีคือ เอซิลกลีเซอรอล หรือกลีเซอไรด์ มีทั้งโมโน (mono), ได (di) และไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) ดังรูปที่ 2-1 ที่พบส่วนใหญ่ในไขมัน (fat) หรือน้ำมัน (oil) ที่ใช้บริโภคคือ ไตรกลีเซอไรด์

ไขมัน จะเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง เช่น ไขมันพืช, เนย, เนยเทียม, ไขมันหมู ส่วน น้ำมันจะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง เช่น น้ำมันถั่วเหลือง, น้ำมันดอกทานตะวัน, น้ำมันข้าวโพด [22]



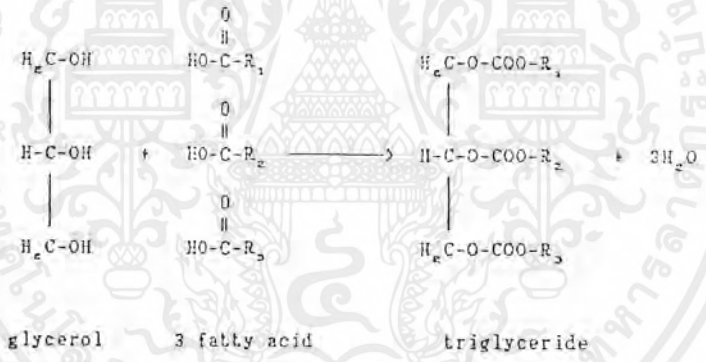
1-มอโนเอซิลกลีเซอรอล 1, 2-ไดเอซิลกลีเซอรอล ไตรเอซิลกลีเซอรอล

รูปที่ 2-1 โครงสร้างของกลีเซอไรด์ชนิดต่างๆ [27]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไตรเอซิลกลีเซอรอล (triacylglycerol)

ไตรเอซิลกลีเซอรอล หรือไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) หรือไขมัน (neutral fat) เป็นเอสเทอร์ของกลีเซอรอลกับกรดไขมัน 3 โมเลกุล เนื่องจากโมเลกุลของกลีเซอรอลมีตำแหน่งที่กรดไขมันจะเข้าไปเกิดปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันได้ถึง 3 ตำแหน่ง ดังรูปที่ 2-2 ทำให้ได้ไตรเอซิล-กลีเซอรอลหลายชนิด ไตรเอซิลกลีเซอรอลที่โมเลกุลประกอบไปด้วยกรดไขมันชนิดเดียวกันทั้ง 3 โมเลกุล (R_1=R_2=R_3) เรียกว่า ไตรกลีเซอไรด์อย่างง่าย (simple triglyceride) ถ้าประกอบด้วยกรดไขมันต่างชนิดกันเรียกว่า ไตรกลีเซอไรด์ผสม (mix triglyceride) ในธรรมชาติไขมันที่โมเลกุลประกอบด้วยกรดไขมันชนิดเดียวกันทั้งหมดมีน้อยมาก ส่วนใหญ่จะประกอบด้วยกรดไขมันต่างชนิดกัน ทำให้มีไขมันต่างชนิดกันด้วย ซึ่งไขมันแต่ละชนิดจะแตกต่างกันและแปรผันไปตามชนิดของกรดไขมันที่เป็นส่วนประกอบในโมเลกุล [22]



รูปที่ 2-2 การรวมตัวของกลีเซอไรด์ 1 โมเลกุลกับกรดไขมัน 3 โมเลกุล ได้เป็นไตรกลีเซอไรด์และน้ำ [5]

2.2.1.2 เอซิลกลีเซอรอลฟอสเฟต (acyl glycerol phosphate) หรือฟอสโฟ-กลีเซอไรด์ (phosphoglyceride)

ลิปิดในกลุ่มนี้มีหมู่ฟอสเฟต และแอลกอฮอล์ ต่ออยู่กับไดกลีเซอไรด์ด้วยพันธะฟอสเฟตเอสเทอร์ หมู่ฟอสเฟตและหมู่แอลกอฮอล์มีคุณสมบัติมีขั้ว และชอบน้ำ ดังนั้น ฟอสโฟกลี-เซอไรด์ จึงมีคุณสมบัติเป็นแอมฟิพาติกโมเลกุล (amphipathic molecule) หรือแอมฟิไฟล์ (amphiphile) เมื่ออยู่จะสามารถรวมตัวกันเป็นแบบไมเซลล์ (micelle) เช่น ที่พบอยู่ในโครงสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของไลโปโปรตีนในเลือด หรือเรียงตัวกันเป็นแบบสองชั้น (bilayer) เช่น ที่โครงสร้างของเยื่อเซลล์หรือลิโปโซม (liposome) [19]

คุณสมบัติของฟอสโฟลิปิด [23]

1. ฟอสโฟลิปิดบริสุทธิ์มีลักษณะเป็นของแข็งที่เป็นไข (waxy solid) มีสีขาว แต่เมื่อถูกกับอากาศ กรดไขมันอิ่มตัวจะถูกเปอร์ออกซิไดซ์โดยออกซิเจน เปลี่ยนไปเป็นสารเชิงซ้อนสีดำ

2. ฟอสโฟลิปิด ละลายได้ในตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีน้ำอยู่บ้าง การใช้สารผสมของคลอโรฟอร์ม-เมทานอล สามารถที่จะสกัดฟอสโฟลิปิดออกจากเนื้อเยื่อหรือเซลล์ได้ ฟอสโฟลิปิดสามารถสร้างไมเซลล์ในสารละลายที่มีน้ำได้

3. ที่พีเอช 7 ฟอสโฟลิปิดทุกตัวมีหมู่ฟอสเฟตที่มีประจุลบ ดังนั้นจึงทำให้หัวที่มีขั้วที่มีหมู่แอลกอฮอล์มีประจุมากกว่า1 การที่ฟอสโฟลิปิดมีความแตกต่างของหัวที่มีขั้วทั้งขนาด รูปร่างและประจุ จึงทำให้เกิดการสร้างไมเซลล์ เป็นแบบชั้นเดียวและสองชั้นของไขมัน

4. เมื่อไฮโดรไลซ์ฟอสโฟลิปิดด้วยด่างจะได้สบู่ของกรดไขมันและ กลีเซอรอล , กรดฟอสฟอริค , แอลกอฮอล์

5. การใช้เทคนิคโครมาโตกราฟีแบบเยื่อบาง (Thin - Layer Chromatography) และโครมาโตกราฟีแบบคอลัมน์โดยใช้กรดซิลิซิค (Silicic acid column chromatography) สามารถแยกและวิเคราะห์ฟอสโฟลิปิดได้

2.2.1.3 ไกลโคซิลกลีเซอไรด์ (glycosyl glyceride) หรือไกลโคลิปิด (glycolipid)

เป็นลิปิดที่มีคุณสมบัติแอมฟิพาติก มีหมู่ที่มีขั้วเป็นโมโน หรือไดแซคคาไรด์ต่อด้วยพันธะไกลโคซิดิค (glycosidic bond) พบมากที่เมมเบรนของสิ่งมีชีวิตที่มีการสังเคราะห์แสง (photosynthesis) เช่น ในสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (blue-green algae) หรือไซยาโน-แบคทีเรีย (cyanobacteria) คลอโรพลาสต์ของพืช ตัวที่พบมากคือ โมโนกาแลคโตซิล ไดเอซิล-กลีเซอรอล (monogalactosyl diacylglycerol) และไดกาแลคโตซิล ไดเอซิลกลีเซอรอล (digalactosyl diacylglycerol) ซึ่งจะมีประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้งของเยื่อคลอโร-พลาสต์ กรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของไกลโคลิปิด พวกนี้มักจะเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน ตัวอย่างเช่น โมโนกาแลคโตซิล ไดเอซิลกลีเซอรอล ของคลอโรพลาสต์ของผักโขม จะมีกรดไขมัน (16:3) 25 เปอร์เซ็นต์และกรดลิโนเลอิค (18:3) 72 เปอร์เซ็นต์ [23]

2.2.1.4 อีเทอร์ลิปิด (ether lipids)

กลีเซอไรด์และฟอสโฟกลีเซอไรด์บางชนิด นอกจากจะมีไฮโดรคาร์บอนต่ออยู่กับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลีเซอรอลด้วยพันธะเอสเทอร์แล้ว ยังพบชนิดที่ต่ออยู่กับกลีเซอรอลด้วยพันธะอีเทอร์อีกด้วย กลีเซอไรด์ที่มีพันธะอีเทอร์อยู่ด้วยพบมากในน้ำมันตับปลาฉลาม และที่ระบบประสาทส่วนกลาง พบค่อนข้างน้อยในพืช ในกรณีของฟอสโฟกลีเซอไรด์ พบชนิดที่มีพันธะอีเทอร์อยู่ด้วยเช่น ในโครงสร้างของพลาสมาโลเจน (plasmalogen) ที่พบมากที่เยื่อหุ้มเซลล์ของสมองและประสาทอื่นๆ นอกจากนี้ในสัตว์ชั้นต่ำพวกโปรโตซัว และหอยบางชนิด พบอีเทอร์ลิปิดที่เรียกว่า ฟอสโฟโนลิปิด (phosphonolipids) เช่น ฟอสฟาโนเอทิลลามีน (phosphonoethylamine) [23]

2.2.2 อนุพันธ์ของสฟิงโกซีน (sphingosine)[23]

สฟิงโกซีน (sphingosine) เป็นอะมิโนแอลกอฮอล์ที่มีไฮโดรคาร์บอนสายยาว สฟิงโกลิปิด (sphingolipid) ที่เป็นอนุพันธ์ของสฟิงโกซีนจะมีกรดไขมันต่ออยู่กับหมู่ $-NH_2$ ของสฟิงโกซีนด้วยพันธะเอไมด์ [9] สารประกอบที่ได้เรียกว่า เซราไมด์ (ceramide) แบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มตามชนิดของหมู่โพลาร์ที่มาต่อกับหมู่ $-CH_2-OH$ ของสฟิงโกซีนคือ

2.2.2.1 สฟิงโกไมอีลิน (sphingomyelin)

เป็นชนิดของสฟิงโกลิปิด (sphingolipid) ที่มีอยู่มากที่สุด เป็นลิปิดที่มีขั้วและหมู่ที่มีขั้วเป็นฟอสโฟโคลีน (phosphocholine) หรือฟอสโฟเอทาโนลามีน (phosphoethanolamine) มีคุณสมบัติเป็นแอมฟิพาติกโมเลกุล พบมากในเนื้อเยื่อสมองและประสาท พบบ้างเล็กน้อยในเลือด ไม่พบในพืชและเชื้อจุลินทรีย์ รูปร่างโดยรวมของสฟิงโกไมอีลินจะคล้ายคลึงกับฟอสฟาติดิลโคลีน (phosphatidyl choline) และฟอสฟาติดิลเอทาโนลามีน (phosphatidyl ethanolamine) และยังมีคุณสมบัติบางประการที่คล้ายคลึงกันคือ มีประจุเท่ากัน ดังนั้นจึงมักพบปะปนอยู่ด้วยกันที่ lipid bilayer ของเยื่อเซลล์ทั่ว ๆ ไปและที่แผ่น myelin sheath ซึ่งห่อหุ้มเซลล์ประสาท โมเลกุลของสฟิงโกไมอีลินไม่มีกลีเซอรอลแต่ประกอบด้วย กรดไขมัน โคลีน กรดฟอสฟอริค และอะมิโนแอลกอฮอล์(amino-alcohol)

2.2.2.2 เซเรโบรไซด์ (cerebroside)

เซเรโบรไซด์(cerebroside) มีหลายชนิด แต่ละชนิดจะแตกต่างกันที่ชนิดของกรดไขมันที่เป็นส่วนประกอบในโมเลกุล ตัวอย่างเช่น

เคราซิน (kerasin)	กรดไขมันเป็นกรดลิกโนเซอริค
เซรีบรอน (cerebron)	กรดไขมันเป็น กรดเซรีโบรนิค
เนอวอน (nervon)	กรดไขมันเป็นกรดเนอโวนิค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกซีเนอวอน (oxynervon) กรดไขมันเป็นอนุพันธ์ไฮดรอกซีของกรดเนอโวนิค [22]

เซเรโบรไซด์มีหมู่โพลาร์เป็นโมโน (mono) หรือ โอลิโกแซคคาไรด์ (oligosaccharide) ที่มีคุณสมบัติเป็นกลางและไม่มีประจุ ตัวอย่างเช่น โมโนกาแลคโตซิลเซราไมด์ (monogalactosyl ceramide;(cer-gal)) พบมากที่เซลล์สมองโดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ไมอีลินซีต (myelin sheath) ของระบบประสาท ลิปิดประเภทนี้มักจะมีกรดไขมันเป็นชนิดแอลฟา-ไฮดรอกซี-ปาลมิเตต (α-hydroxypalmitate) กรดไขมันอื่น ๆ ที่พบในลิปิดชนิดนี้ ได้แก่ กรดไขมันที่มีคาร์บอนสายยาว เช่น C22:0 (behenic),C24:0 (lignoceric),C24:1 (nervonic),α-OH-24:0(cerebronic) เซเรโบรไซด์ที่มีส่วนประจุเป็นโอลิโกแซคคาไรด์ เช่น D-glucose, D-galactose หรือ N-acetyl-D-galactosamine เป็นองค์ประกอบ [5]

ลิปิดในกลุ่มนี้อาจจะมีบางตัวที่มีหมู่ซัลเฟต ($-SO_4$) ต่ออยู่กับกาแลคโตสที่หมู่ไฮดรอกซิลตรงตำแหน่งที่ 3 สารประกอบนี้เรียกว่า ซัลฟาไทด์ (sulphatide) หรือเซเรโบรไซด์-ซัลเฟต (cerebroside sulfate) ซึ่งจะมีโครงสร้างต่างกับซัลโฟลิปิดที่พบในพืช

เซเรโบรไซด์บางชนิดมีหมู่โพลาร์ที่มีน้ำตาลต่อกัน 2-4 หน่วย ตัวอย่างเช่น

a. lactosyl ceramide : Cer-glc-(4←1)-gal

b. digalactosyl ceramide : Cer-gal-(4←1)-gal

c. tetraglycosyl ceramide : Cer-glc-(4←1)-gal(4←1)-gal(3←1)

β-N-acetyl galactosamine

2.2.2.3 แกงกลิโอไซด์ (ganglioside)

แกงกลิโอไซด์ เป็นสฟิงโกลิปิดที่เป็นไกลโคลิปิด มีส่วนประจุเป็นโอลิโก-แซคคาไรด์ ต่างจากเซเรโบรไซด์ตรงที่ มีกรดไซอะลิค (sialic acid) หรือกรดอะซิทิลนิวรามินิก (N-acetylneuraminic acid; NANA) อย่างน้อย 1 หมู่ อยู่ในส่วนที่โพลาร์ของเซเรโบรไซด์ การมีกรดอะซิทิลนิวรามินิกทำให้แกงกลิโอไซด์มีประจุลบที่พีเอช 7 (จำนวนกรดไซอะลิคอาจจะมี 1-3 หน่วย) และมักจะละลายได้ดีในน้ำโดยจะรวมตัวกันเป็นไมเซลล์ ความสามารถของการละลายในตัวทำละลายอินทรีย์จะน้อยกว่าลิปิดชนิดอื่น ๆ แกงกลิโอไซด์จะพบเฉพาะในสัตว์ ไม่พบในพืช และมักพบมากที่เซลล์ของระบบประสาท ลิปิดที่พบอยู่ในส่วนของสมองจะมีแกงกลิโอไซด์อยู่ประมาณ 6 เปอร์เซ็นต์ แกงกลิโอไซด์เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของผิวเซลล์ที่บริเวณตัวรับ (receptor site)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำเพาะสำหรับสารใดสารหนึ่งเช่น ฮอร์โมน สารพิษ(toxin) และส่งสัญญาณประสาท (neurotransmitter) เป็นต้น

ส่วนในเซลล์ของพืชและแบคทีเรียจะพบไกลโคลิปิดอีกชนิดหนึ่ง ซึ่งเป็นอนุพันธ์ของไดกลีเซอไรด์ โดยมีโมโนแซคคาไรด์ต่ออยู่กับหมู่ –OH ที่ตำแหน่งที่ 3 ของไดกลีเซอไรด์ด้วยพันธะไกลโคซิดิก(glycosidic linkage) ไกลโคลิปิดชนิดนี้ยังไม่เคยพบในเซลล์สัตว์ชั้นสูง [16,18]

2.2.3 สเตอรอยด์ (steroid)

การสกัดลิปิดออกจากเนื้อเยื่อต่าง ๆ ด้วยตัวทำละลายไขมัน แล้วนำไปต้มกับด่าง (saponified) จะมีบางส่วนของลิปิดไม่ถูก saponified และเหลืออยู่ เรียกว่า nonsaponifiable fraction ซึ่งพบว่า เป็นสารพิษพวกสเตอรอยด์ [22]

สเตอรอยด์ เป็นกลุ่มของสารประกอบที่พบทั้งในพืช สัตว์ และเชื้อจุลินทรีย์ สเตอรอยด์อาจอยู่ในรูปอิสระหรือรวมเป็นเอสเทอร์กับกรดไขมัน โครงสร้างของสเตอรอยด์ทุกชนิดจะมีนิวเคลียสเป็นวงแหวนที่เรียกว่า perhydrocyclopentanophenanthrene สเตอรอยด์ส่วนใหญ่มีคุณสมบัติไม่มีขั้ว ไม่ชอบน้ำ แต่ละลายได้ในไขมันและตัวทำละลายอินทรีย์ ถ้าถูกแทนที่ด้วยหมู่ที่มีขั้ว เช่น กรดโคลิก (cholic acid) จะทำให้สเตอรอยด์นั้นมีคุณสมบัติเป็นแอมฟิพาติก-โมเลกุล สามารถทำหน้าที่กระจายไขมันในทางเดินอาหารได้ ตัวอย่างของลิปิดที่เป็นสเตอรอยด์ได้แก่ ฮอร์โมนเพศหญิง (estradiol) ฮอร์โมนเพศชาย (testosterone) เป็นต้น สเตอรอยด์แม้จะมีอยู่ปริมาณเพียงเล็กน้อยในร่างกาย แต่ก็มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของสัตว์ชั้นสูงเป็นอย่างมาก [16,18]

สารจำพวกสเตอรอล (sterol) เป็นอนุพันธ์แอลกอฮอล์ของสเตียรอยด์ ตัวที่พบมากในเซลล์สัตว์ได้แก่ คอเลสเตอรอล พบมากที่สมอง เนื้อเยื่อประสาท เนื้อเยื่อของต่อมต่าง ๆ และพบว่าเป็นส่วนประกอบของก้อนนิ่ว (gallstone) คอเลสเตอรอลมีอยู่ในอาหารที่มาจากสัตว์เท่านั้น มีมากในไข่แดง เนยแข็ง น้ำนม สมอง กุ้งและหอย เป็นต้น เลือดของคนปกติมีระดับของคอเลสเตอรอลประมาณ 200 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ซึ่งจะพบในรูปอิสระและรูปเอสเทอร์ โดยหมู่ไฮดรอกซิลที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 3 จะถูกเอสเทอริไฟด์กับกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่มีคาร์บอน 16 ถึง 20 อะตอม ตัวอย่างของคอเลสเตอรอลเอสเทอร์เช่น คอเลสเตอริลโอลิเอท และคอเลสเตอริล-ลิโนลิเอท เป็นต้น คอเลสเตอรอลรูปอิสระ จะพบที่เยื่อเซลล์ ส่วนรูปเอสเทอร์มักพบในรูปไลโป-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรตีนของน้ำเลือด (plasma lipoprotein) การมีคอเลสเตอรอลที่เยื่อเซลล์จะช่วยปรับของเหลว (fluid) ของเยื่อเซลล์ให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสมต่อการทำงานของเยื่อเซลล์

แบคทีเรียในลำไส้เล็กจะรีดิวส์คอเลสเตอรอลที่พันธะคู่ระหว่างคาร์บอนตำแหน่งที่ 5 และ6 ได้เป็นโคโปรสเตอรอล (corprosterol) ซึ่งพบในอุจจาระ ส่วนสเตอรอลที่พบในพืชเรียกว่า ไฟโตสเตอรอล (phytosterol) มีหลายชนิดได้แก่ สติกมาสเตอรอล (stigmasterol) และ เบตาสิโตสเตอรอล (β-sitosterol) พวกเชื้อราและยีสต์ก็มี เออร์โกสเตอรอล (ergosterol) ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์วิตามินดีเมื่อถูกแสงแดด [16,18]

2.2.4 เทอร์ปีนอยด์ (terpinoid)

ได้แก่ ลิปิดที่มีส่วนของเทอร์ปีนอยู่ในโครงสร้าง เทอร์ปีน (terpene) เป็นโพลีเมอร์ของไอโซปรีน (isoprene) ซึ่งเป็นสารที่มีคาบอน 5 อะตอม ตัวอย่างของลิปิดประเภทนี้ได้แก่ วิตามินเอ อี และเค ซึ่งเป็นวิตามินที่ละลายได้ในไขมัน โดลิโคลฟอสเฟต (dolichol phosphate) ซึ่งจำเป็นในการสังเคราะห์ไกลโคโปรตีน คือ ทำหน้าที่ส่งคาร์โบไฮเดรตในรูปโมโนแซคคาไรด์หรือโอลิโกแซคคาไรด์ให้กับโปรตีน เทอร์ปีนที่พบในพืช ได้แก่ ไฟทอล (phytol) เป็นส่วนประกอบของคลอโรฟิลล์ในกระบวนการสังเคราะห์แสง (photosynthesis) และเบตา-แคโรทีน (β-carotene) ซึ่งเป็นสารต้นกำเนิดหรือ precursor ของวิตามินเอ เป็นต้น [5]

2.2.5 ไข (wax)

เป็นลิปิดชนิดหนึ่งที่เป็นเอสเทอร์ของกรดไขมันที่อิ่มตัว และ ไม่อิ่มตัวซึ่งมีคาร์บอนอยู่ระหว่าง 14-36 อะตอม กับแอลกอฮอล์ที่มีคาร์บอนอยู่ระหว่าง 16-30 อะตอม [18] ไขที่พบในธรรมชาติประกอบด้วยเอสเทอร์ของกรดไขมันกับแอลกอฮอล์หลายๆชนิดผสมกัน นอกจากนี้ยังมีแอลกอฮอล์ที่ไม่ถูกเอสเทอริไฟด์ คีโตน และไฮโดรคาร์บอนที่มีจำนวนคาร์บอนในโมเลกุลเป็นเลขคี่รวมอยู่ด้วย ไฮโดรคาร์บอนเหล่านี้เกิดจากการที่กรดไขมันอิสระที่มีอยู่ในไขถูกตัดหมู่คาร์บอกซิลออก (decarboxylation) ตัวอย่างของสารประกอบเหล่านี้ได้แก่

n-Hexacosanol ($C_{26}H_{53}OH$) พบใน หนังกำพร้า,เปลือกแอปเปิ้ล

n-Nonacosane ($C_{29}H_{60}$) พบใน หนังกำพร้า, แอปเปิ้ล,เปลือกของผลไม้จำพวกส้ม

n-Triacontanol ($C_{30}H_{61}OH$) พบใน ขี้ผึ้ง, หนังกำพร้า , alfafla, น้ำตาลจากอ้อยเป็นต้น ที่รู้จักกันดีคือ ขี้ผึ้ง ส่วนมากเป็นเอสเทอร์ของไมริซิลแอลกอฮอล์ (myricyl alcohol) กับกรดปาล-มิติคและเซอโรติค (cerotic acid) [6] ไขทุกชนิดมีคุณสมบัติ ไม่รวมตัวกับน้ำ เนื่องจากไม่มีหมู่ที่-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีขั้ว ไขสัตว์มักจะถูกสร้างจากต่อมใต้ผิวหนังเพื่อทำหน้าที่หล่อลื่น หรือป้องกันไม่ให้ผิวหนังหรือขนของสัตว์เปียกน้ำ (water-proof agent) ในคน ต่อมสร้างไขมัน (sabaceous gland) จะสร้างไขมันซึ่งประกอบด้วยไตรกลีเซอไรด์ สควอลีน (squalene) และไข ซึ่งไขที่ต่อมไขมันสร้างขึ้นมาจะช่วยป้องกันการสูญเสียน้ำจากผิวหนัง ไขที่เคลือบผิวของใบไม้หรือผลไม้เรียกว่า คิวติน (cutin) เป็นโพลีเมอร์ของกรดไขมันไฮดรอกซี (hydroxy fatty acid) ไขพวกนี้จะปะปนอยู่กับพวกไข ซึ่งเป็นเอสเทอร์ระหว่างแอลกอฮอล์กับกรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนระหว่าง 15-30 อะตอม ทำหน้าที่ป้องกันการสูญเสียน้ำและป้องกันการติดเชื้อ พืชบางชนิดเช่น ต้นโจโจบา (jojoba) มีเมล็ดที่สะสมไขมันในรูปไข เพื่อเป็นแหล่งพลังงาน ดังนั้น น้ำมันโจโจบา จึงเป็นน้ำมันที่มีไขเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ มีคุณสมบัติที่คล้ายคลึงกับไขที่ได้จากน้ำมันที่สกัดจากเชื้ออสุจิของปลาวาฬ (sperm-whale oil) ซึ่งปัจจุบันเป็นที่ต้องการของอุตสาหกรรมเครื่องสำอางเป็นอย่างมาก [19] สิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในทะเลเช่น แพลงตอน (plankton) จะใช้ไขเป็นแหล่งให้พลังงานและสะสมพลังงานเก็บไว้ พวกปลาทะเลและสัตว์ทะเลอื่นๆที่กินแพลงตอนเป็นอาหารจะใช้ไขจากแพลงตอนเป็นแหล่งพลังงาน [5,18]

2.3 กรดไขมัน (fatty acid) [5]

ปกติจะไม่พบกรดไขมันอิสระ (free fatty acid) อยู่ในธรรมชาติ ส่วนใหญ่จะประกอบเป็นไตรกลีเซอไรด์หรือลิปิดอื่น ๆ [22] เป็นพวกกรดคาร์บอกซิลิก (carboxylic acid) ซึ่งมีหมู่ R เป็นสายไฮโดรคาร์บอนที่มีจำนวนคาร์บอนเป็นเลขคู่อยู่ระหว่าง 2-30 ตัว (หรือยาวกว่า) โดยทั่วไปกรดไขมันที่มีความสำคัญจะอยู่ในช่วง C12 ถึง C 22 [9] มีสูตรทั่วไปเป็น RCOOH และมีอยู่มากกว่า 70 ชนิดในสิ่งมีชีวิต ซึ่งมีทั้งชนิดที่ต่อกันเป็นพันธะเดี่ยวล้วน ๆ เรียกว่ากรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acid) และชนิดที่มีพันธะคู่อยู่ในสายของโมเลกุล เรียกว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) ทำให้ไขมันมีสมบัติแตกต่างกันทั้งทางกายภาพและทางเคมี โดยจะขึ้นอยู่กับชนิดของกรดไขมันที่เป็นส่วนประกอบ

ในกลุ่มของกรดไขมันอิ่มตัว จุดหลอมเหลวของกรดไขมันจะเพิ่มขึ้นตามจำนวนคาร์บอนที่เพิ่มขึ้น ไตรกลีเซอไรด์ที่มีกรดไขมันชนิดนี้อยู่ในปริมาณมาก จะมีสภาพเป็นของแข็ง(fat) ที่อุณหภูมิห้อง การมีพันธะคู่ในกรดไขมันจะมีผลทำให้จุดหลอมเหลวของกรดไขมันลดต่ำลง ดังตารางที่ 2-1 และรูปที่ 2-2 ลิปิดที่พบในสัตว์มักจะมีลักษณะของแข็งหรือกึ่งเหลวกึ่งแข็งที่อุณหภูมิห้อง เนื่องจากประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัวในปริมาณที่สูง แต่ลิปิดที่ได้จากพืชจะมี

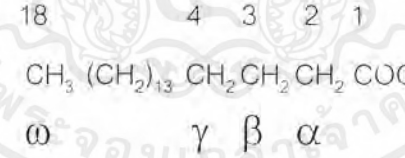
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะเหลวเป็นน้ำมันเพราะมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวอยู่สูง ทำให้ไม่เป็นไขหรือตกตะกอนในสภาวะอุณหภูมิปกติ

การเรียกชื่อกรดไขมัน (nomenclature)

มีการตั้งชื่อกรดไขมัน ซึ่งนิยมใช้ Systemic Nomenclature โดยใช้ระบบ Geneva System of Nomenclature มีหลักการคือ เรียกชื่อกรดไขมันตามจำนวนคาร์บอนอะตอมที่มีอยู่ในโซ่ไฮโดรคาร์บอนนั้น และตัดตัว-e ที่อยู่ท้ายชื่อไฮโดรคาร์บอนนั้นออก แล้วเติมคำว่า –oic ต่อท้าย เช่น ไฮโดรคาร์บอนที่มีคาร์บอน 8 อะตอมเรียกว่า octane เมื่อเป็นกรดไขมันที่มีคาร์บอน 8 อะตอม เรียกว่า octanoic acid ถ้าเป็นกรดไขมันอิ่มตัว จะลงท้ายด้วย -anoic เช่น hexadecanoic acid ($CH_3(CH_2)_{14}COOH$) ส่วนกรดไขมันไม่อิ่มตัว ซึ่งมีพันธะคู่ ให้ต่อท้ายชื่อไฮโดรคาร์บอนนั้นด้วย –enoic เช่น hexadecenoic acid ($CH_3(CH_2)_5CH=CH(CH_2)_7COOH$) เป็นต้น [12]

การนับจำนวนคาร์บอนอะตอมในกรดไขมัน นิยมใช้ตัวเลขบอกตำแหน่งของหมู่คาร์บอกซิลิก (-COOH) เป็นคาร์บอนตำแหน่งที่ 1 ส่วนหมู่ CH_3 เป็นตำแหน่งสุดท้าย หรือใช้อักษรกรีกระบุตำแหน่งคาร์บอนตัวแรกที่ติดอยู่กับหมู่ –COOH เป็นตำแหน่งแอลฟา (α) คาร์บอนตัวถัดไปเป็นเบตา (β) แกมมา (γ) และ methyl carbon ซึ่งเป็นคาร์บอนตำแหน่งสุดท้ายเป็นโอเมกา (ω หรือ n) เช่น กรดสเตียริค (stearic acid , $C_{18}H_{36}O_2$) หรือ $CH_3(CH_2)_{16}COOH$



กรดสเตียริค (stearic acid, $C_{18}H_{36}O_2$) [22]

ในการใช้สัญลักษณ์ย่อสำหรับกรดไขมันแต่ละชนิด จะระบุจำนวนคาร์บอนที่มีทั้งหมด พร้อมทั้งจำนวนและตำแหน่งพันธะคู่ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเอาไว้ด้วย เช่น กรดสเตียริค ซึ่งมีจำนวนคาร์บอน 18 อะตอม จะใช้สัญลักษณ์ย่อ C18 ส่วนกรดปาลมิโตเลอิค มีจำนวนคาร์บอน 16 อะตอม แต่เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่อยู่ระหว่างคาร์บอนตัวที่ 9 และตัวที่ 10 จะใช้สัญลักษณ์ C16 $\Delta 9$ หรือถ้าไม่ต้องการระบุตำแหน่งพันธะคู่ อาจบอกให้ทราบว่า มีจำนวนพันธะคู่ 1 พันธะ จะใช้สัญลักษณ์ C16:1 ส่วนกรดลิโนเลอิค (linoleic acid) ซึ่งมีพันธะคู่ 2 พันธะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระหว่างคาร์บอนตัวที่ 9 กับ 10 และคาร์บอนตัวที่ 12 กับ 13 จะใช้สัญลักษณ์ย่อเป็น C18 Δ9,12 หรือ C18:2 เมื่อไม่ต้องการระบุตำแหน่งพันธะคู่

การนับตำแหน่งคาร์บอนเพื่อบอกตำแหน่งพันธะคู่ในสายไฮโดรคาร์บอนของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว มี 2 วิธีคือ

1. นับจากปลาย –COOH และนับทุกตำแหน่งของคาร์บอนตัวแรกที่มีพันธะคู่ ใช้สัญลักษณ์การนับเป็น Δ(delta) เช่น กรดลิโนเลอิค C18:2 Δ9,12
2. นับจากปลาย $-CH_3$ โดยใช้สัญลักษณ์เป็น n หรือ ω (omega) และนิยมนับตำแหน่งคาร์บอนของพันธะคู่แรกเพียงตำแหน่งเดียวเท่านั้น เนื่องจากพันธะคู่ถัด ๆ ไปจะต่างกัน 3 คาร์บอนเสมอ เช่น กรดลิโนเลอิค C18:2 ω-6 [22]

ตัวอย่างกรดไขมันแสดงในตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 แสดงการเรียกชื่อกรดไขมันตั้งแต่ C1-C30 พร้อมจุดเดือดและจุดหลอมเหลว [37]

จำนวนอะตอมคาร์บอน	ชื่อตามระบบ	ชื่อสามัญ	คุณสมบัติ	
			จุดหลอมเหลว(°C)	จุดเดือด (°C)*
1	Methanoic	Formic	8.4	101
2	Ethanoic	Acetic	1606	118
3	Propanoic	Propionic	-20.8	141
4	Butanoic	Butyric	-5.3	164
5	Pentanoic	Valeric	-34.5	186
6	Hexanoic	Caproic	-3.2	206
7	Heptanoic	Enanthic	7.5	223
8	Octanoic	Caprylic	16.5	240
9	Nonanoic	Pelargonic	12.5	256
10	Decanoic	Capric	31.5	271
11	Undecanoic	-	29.3	284

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2-1 (ต่อ) แสดงการเรียกชื่อกรดไขมันตั้งแต่ C1-C30 พร้อมจุดเดือดและจุดหลอมเหลว

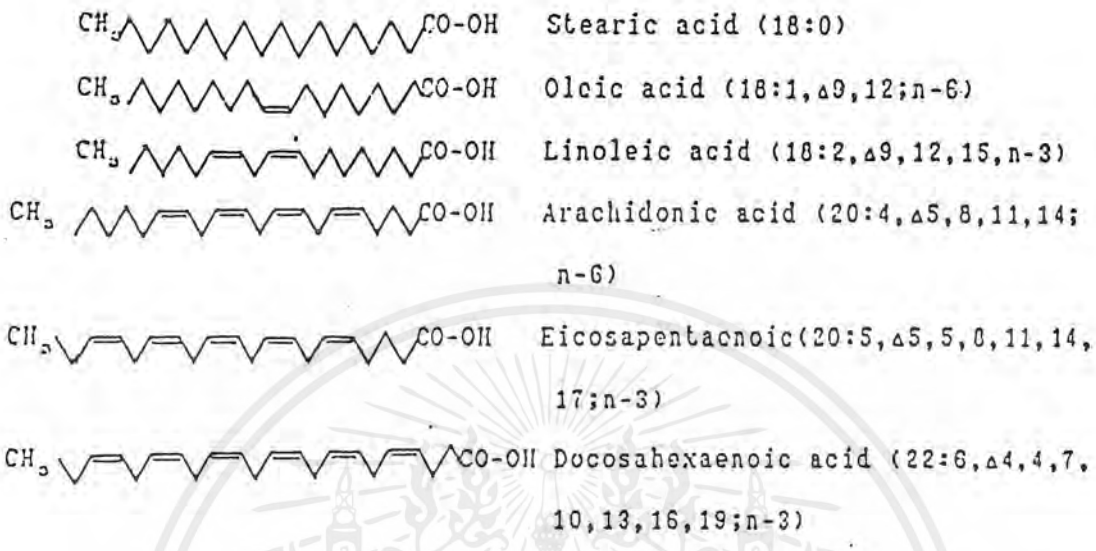
จำนวนอะตอมคาร์บอน	ชื่อตามระบบ	ชื่อสามัญ	คุณสมบัติ	
			จุดหลอมเหลว(°C)	จุดเดือด (°C)[a]
12	Dodecanoic	Lauric	44.8	130*
13	Tridecanoic	-	41.8	140*
14	Tetradecanoic	Myristic	54.4	149*
15	Pentadecanoic	-	52.5	158*
16	Hexadecanoic	Palmitic	62.9	167*
17	Heptadecanoic	Margaric	61.3	175*
18	Octadecanoic	Stearic	70.1	184*
19	Nonadecanoic	-	69.4	-
20	Eicosanoic	Arachidic	76.1	204*
21	Henicosanoic	-	75.2	-
22	Docosanoic	Behenic	80.0	-
23	Tricosanoic	-	79.6	-
24	Tetracosanoic	Lignoceric	84.2	-
25	Pentacosanoic	-	83.5	-
26	Hexacosanoic	Cerotic	87.8	-
27	Heptacosanoic	-	87.6	-
28	Octacosanoic	Montanic	90.9	-
29	Nonacosanoic	-	90.4	-
30	Triacontanoic	Melissic	93.6	-

หมายเหตุ (°C) องศาเซลเซียส

*จุดเดือดที่ 760 มิลลิเมตรปรอท

[a] วัดที่ 20 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-3 สูตรโครงสร้างของกรดไขมันชนิดต่าง ๆ [18,56]

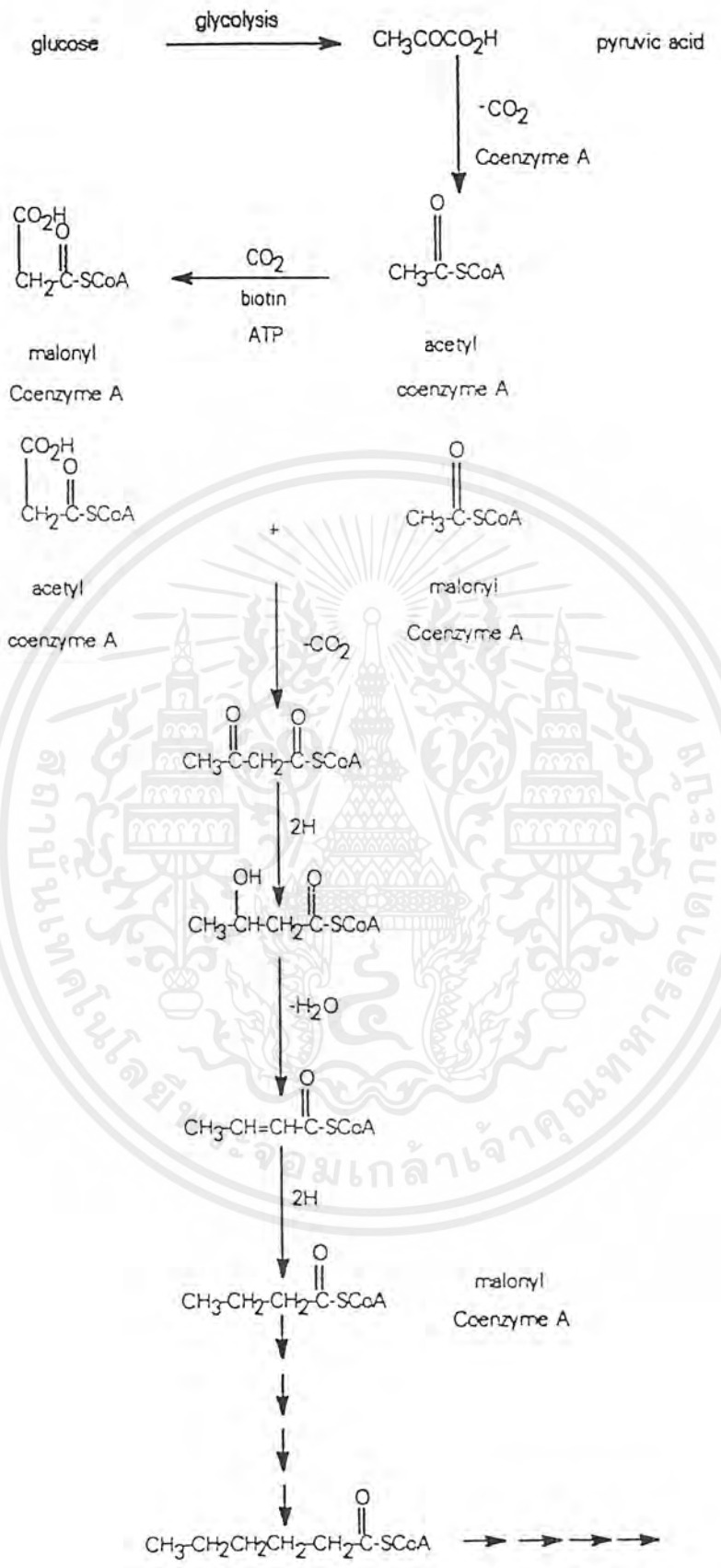
กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวในลิปิดธรรมชาติ ส่วนใหญ่จะมีโครงสร้าง (configuration) ที่พันธะคู่มีไอโซเมอร์แบบซิส (cis-) ทั้งสิ้น ซึ่งจะทำให้ส่วนของโมเลกุลที่เป็นสายไฮโดรคาร์บอนยาว ๆ มีลักษณะงอ เมื่อเทียบกับสายไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัวหรือสายไฮโดรคาร์บอนที่มีพันธะคู่แบบทรานซ์ (trans-) ดังนั้นการจัดเรียงตัว หรือการอัดตัวของโมเลกุลเป็นผลึกหรือของแข็ง จะเกิดขึ้นได้ยากกว่าโมเลกุลที่มีลักษณะเป็นเส้นตรง จึงทำให้สารที่เป็นซิสไอโซเมอร์จะมีจุดหลอมเหลวที่ต่ำกว่าทรานซ์-ไอโซเมอร์ของสารชนิดเดียวกัน [9]

กรดไขมันที่มีพันธะคู่ตั้งแต่สองขึ้นไป การเรียงตัวของพันธะคู่จะมีลักษณะเฉพาะ คือ มีหมู่ $-CH_2-$ (methylene) คั่นระหว่างคาร์บอนที่ต่อกันด้วยพันธะคู่คือ $-CH=CH-CH_2-CH=CH-$ ซึ่งทำให้ตำแหน่งของพันธะคู่ห่างกันอยู่ 3 คาร์บอนเสมอ [5]

ลักษณะเฉพาะของกรดไขมันที่เกิดตามธรรมชาติโดยทั่วไปอีกอย่างหนึ่งคือ ไม่ว่าจะเป็นกรดไขมันอิ่มตัวหรือไม่อิ่มตัว โมเลกุลของกรดไขมันเหล่านี้จะมีจำนวนคาร์บอนอะตอมที่ต่อกันเป็นสายยาวเป็นจำนวนคู่แทบทั้งสิ้น ที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะกรดไขมันเหล่านี้ได้ถูกสังเคราะห์โดยกระบวนการทางชีวภาพจากปฏิกิริยาการรวมตัวของ acetyl coenzyme A และ malonyl coenzyme A ซึ่งเกิดจากกระบวนการไกลโคไลซิส (glycolysis) ของน้ำตาลกลูโคสอีกทีหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

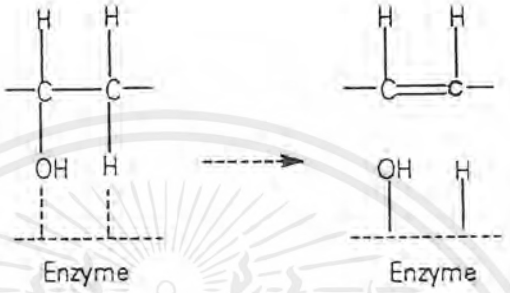


รูปที่ 2-4 แสดงการสังเคราะห์กรดไขมันทางชีวภาพ [9]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

35860

จากรูปที่ 2-4 จะเห็นว่า พันธะคู่ในโมเลกุลของกรดไขมัน เกิดจากปฏิกิริยาดีไฮเดรชัน และเกิดจากการทำงานของเอนไซม์ ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้พันธะคู่ที่เกิดขึ้นมีโครงสร้างแบบซิส ดังรูปที่ 2-5



รูปที่ 2-5 แสดงการเกิดพันธะคู่จากปฏิกิริยาดีไฮเดรชัน [9]

กรดไขมันในธรรมชาติ

กรดไขมันในธรรมชาติ แบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

1. กรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acid) เป็นกรดไขมันที่มีไฮโดรเจนจับกับคาร์บอนอยู่เต็ม มีสูตรทั่วไปเป็น $C_nH_{2n}O_2$ เมื่อ n แทนจำนวนคาร์บอนอะตอมเป็นเลขคู่ตั้งแต่ 4 ถึง 24 อะตอม กรดไขมันที่มีน้ำหนักโมเลกุลน้อยได้แก่ กรดอะซิติค (คาร์บอน 2 อะตอม) และกรดบิวทิริค (คาร์บอน 4 อะตอม) เป็นกรดไขมันที่ละลายได้ดีในน้ำ กรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนอะตอมตั้งแต่ 6-10 อะตอม ละลายน้ำได้เพียงเล็กน้อย ส่วนกรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนตั้งแต่ 12 อะตอม ขึ้นไปไม่ละลายน้ำ กรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนต่ำกว่า 10 อะตอม จะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง ส่วนกรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนอะตอมตั้งแต่ 10 อะตอม ขึ้นไปจะเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง

กรดไขมันอิ่มตัวที่พบมากที่สุดในธรรมชาติ ได้แก่ กรดปาลมิติค (C16) พบกระจายอยู่ทั่วไปในไขมันทุกชนิด มีประมาณ 10 ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่มีอยู่ทั้งหมด กรดไขมันอิ่มตัวชนิดอื่นที่พบมากได้แก่ กรดไมริสติค (C14) และกรดสเตียริค (C18) กรดนี้จะมีในไขมันวัวสูงถึง 25 เปอร์เซ็นต์ แต่จะไม่พบกรดสเตียริคกระจายอยู่ในไขมันทั่ว ๆ ไปเหมือนกรดปาลมิติค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. กรดไขมันไม่อิ่มตัว(unsaturated fatty acid) หรือ กรดไขมันที่มีพันธะคู่(double bond) เพียง 1 พันธะ (monounsaturated, monoethenoid) มีสูตรทั่วไปเป็น $C_nH_{2n-2}O_2$ หรือ $C_nH_{2n-1}COOH$ เช่น กรดโอเลอิค (oleic acid ; $CH_3(CH_2)_7CH=CH(CH_2)_7COOH$) กรดปาลมิโตเลอิค (palmitoleic acid ; $CH_3(CH_2)_5CH=CH(CH_2)_7COOH$)

กรดไขมันไม่อิ่มตัวที่พบมากที่สุดในธรรมชาติ ได้แก่ กรดโอเลอิค ไขมันส่วนใหญ่จะมีกรดโอเลอิคสูงกว่า 60 เปอร์เซ็นต์เช่น น้ำมันมะกอก (olive oil) และน้ำมันถั่วลิสง (peanut oil)

3. กรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่มากกว่าหนึ่ง (polyunsaturated fatty acid, polyethenoid) หรือกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน แบ่งออกเป็น

3.1 กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่ 2 คู่ มีสูตรทั่วไปเป็น $C_nH_{2n-3}COOH$ ได้แก่ กรดลิโนเลอิค (linoleic acid) มีคาร์บอนในโมเลกุล 18 อะตอม มีพันธะคู่อยู่ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 9 และ 12 กรดลิโนเลอิคพบมากในน้ำมันพืชเช่น น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันงา น้ำมันถั่วลิสง น้ำมันข้าวโพด น้ำมันเมล็ดฝ้าย และน้ำมันเมล็ดทานตะวัน เป็นต้น

3.2 กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่ 3 คู่ มีสูตรทั่วไปเป็น $C_nH_{2n-5}COOH$ ได้แก่ กรดลิโนเลนิค (linolenic acid) มีคาร์บอนในโมเลกุล 18 อะตอม มีพันธะคู่อยู่ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 9,12 และ 15 กรดลิโนเลนิคพบมากในน้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันลินสีด น้ำมันจากเมล็ด-ต้นแฟล็กซ์ (flax) น้ำมันตับปลา และน้ำมันจากปลาทะเลชนิดต่าง ๆ

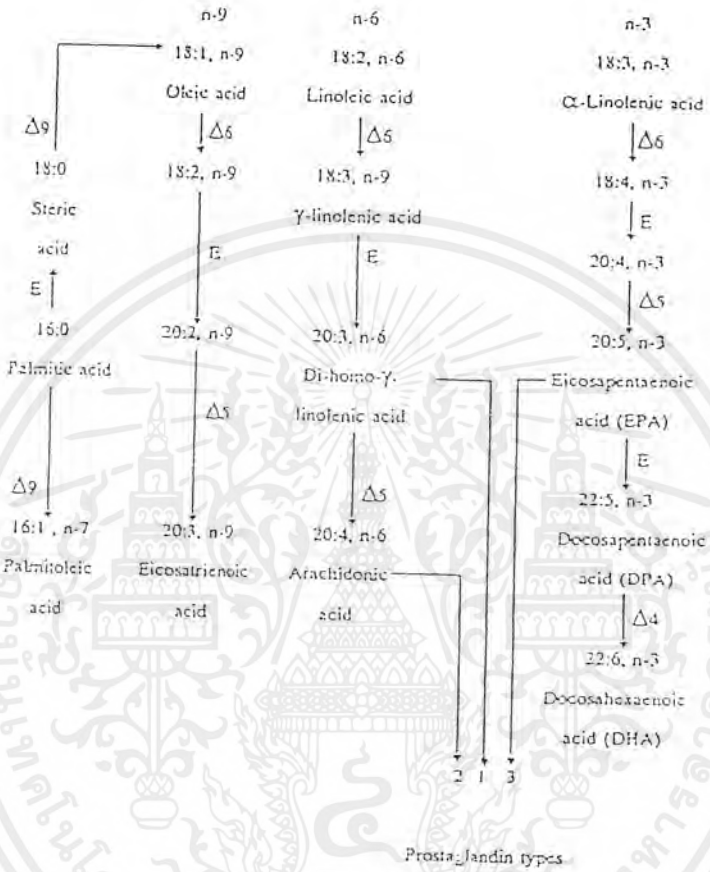
3.3 กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่ 4 คู่ มีสูตรทั่วไปเป็น $C_nH_{2n-7}COOH$ ได้แก่ กรดอะแรคคิโดนิค (arachidonic acid) มีคาร์บอนในโมเลกุล 20 อะตอม มีพันธะคู่อยู่ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 5, 8, 11 และ 14 กรดอะแรคคิโดนิคพบมากในน้ำมันตับปลา และน้ำมันจากปลาทะเลต่าง ๆ นอกจากนั้นยังพบเล็กน้อยในน้ำมันถั่วลิสง [22]

3.4 กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่ 5 และ 6 ได้แก่ eicosapentaenoic acid (EPA) และ docosahexaenoic acid (DHA) กรดไขมันทั้งสองชนิดนี้มักพบมากในน้ำมันจากสัตว์ทะเลโดยเฉพาะปลาทะเล [5]

กรดไขมันไม่อิ่มตัวที่พบในไขมันของสัตว์ชั้นสูง อาจแบ่งออกได้เป็น 4 กลุ่มตามชนิดของกรดไขมันต้นกำเนิด (ซึ่งระบุอยู่ในวงเล็บ) ดังนี้คือ กลุ่ม n-3 (linolenic acid) กลุ่ม n-6 (linoleic acid) กลุ่ม n-7(palmitoleic acid) และกลุ่ม n-9 (oleic acid) ซึ่งในแต่ละกลุ่มจะมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดอื่นๆ ถูกสร้างขึ้นมาจากกรดไขมันต้นกำเนิด โดยการเติมคาร์บอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

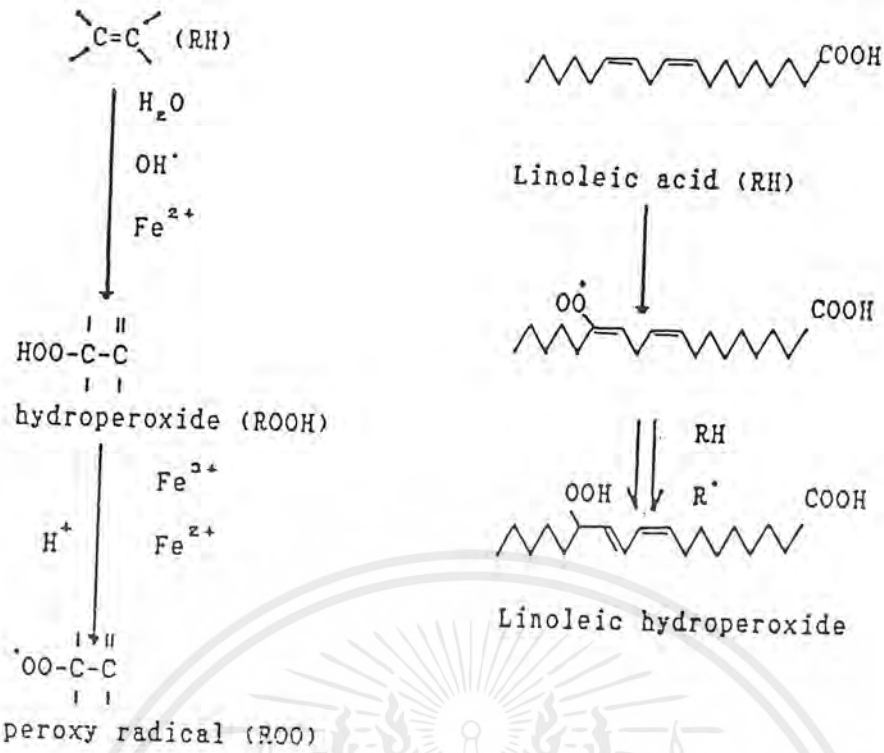
(elongation) และกระบวนการเติมพันธะคู่ (desaturation) ในเมตาบอลิซึมของกรดไขมันโดยเอนไซม์ elongase และ desaturase ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 2-6



รูปที่ 2-6 การเติมคาร์บอน (elongation,E) และตำแหน่งของการเติมพันธะคู่ (desaturation ระบุด้วย Δ)ของกรดไขมันในเมตาบอลิซึมของไขมัน [23]

การมีพันธะคู่ในกรดไขมันไม่อิ่มตัว จะทำให้กรดไขมันประเภทนี้สามารถเกิดปฏิกิริยากับสารออกซิไดซ์(oxidizing agent) ได้ง่ายเช่น H_2O_2 (hydrogen peroxide) O_2 (superoxide anion radical) หรือ OH (hydroxy radical) ปฏิกิริยานี้จะเปลี่ยนกรดไขมันให้เป็นอนุพันธ์ไฮโดรเปอร์-ออกไซด์ (hydroperoxide ROOH) กระบวนการนี้เรียกว่า ลิปิดเปอร์ออกซิเดชัน (lipid peroxidation) ดังรูปที่ 2-7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-7 ปฏิกิริยาการเกิดลิปิดออกซิเดชัน [18]

การเกิดลิปิดออกซิเดชันของ linolenic acid จะได้ linolenic hydroperoxide หรือ peroxide และสารอื่น ๆ อีกประมาณ 20 ตัว ปฏิกิริยานี้เป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ (chain reaction) เนื่องจากมีสารตัวกลางเป็นอนุมูลอิสระ ซึ่งจะพยายามดึงอิเลคตรอนจากไฮโดรเจนของชีวโมเลกุลอื่น ๆ ที่อยู่ใกล้เคียงกัน เช่น ลิปิดหรือโปรตีน ทำให้เกิดผลเสียหายต่อโครงสร้างและการทำงานของเซลล์ นอกจากนี้ลิปิดไฮโดรเปอร์ออกไซด์(ROOH) เมื่อสะสมมากขึ้นจะสลายตัวให้อนุมูลลิปิดเปอร์ออกซี (lipid peroxy radical; ROO·) ซึ่งเป็นสารออกซิไดซ์ที่ไวมาก การสลายตัวนี้จะถูกเร่งโดย Fe^{3+}

การเหม็นหืน (rancidity) ของอาหารที่มีไขมันสูงนั้น ส่วนหนึ่งเกิดเนื่องมาจาก การเกิดลิปิดเปอร์ออกซิเดชัน ทำให้กลิ่นในไขมันนั้นมักเป็นสารที่ระเหยและกำจัดออกยาก (มีความดันไอต่ำ) และอาจเกิดจากสารใหม่จากปฏิกิริยาออกซิเดชัน ตัวอย่างเช่น กลิ่นของน้ำมันปลามาจาก 2-trans-4-cis-7-cis-decatrienal [37] เกิดจากสารที่มีไนโตรเจนทำปฏิกิริยากับกลีเซอไรด์ที่มีความไม่อิ่มตัวสูง ซึ่งสามารถจะเกิดได้เรื่อย ๆ เมื่อน้ำมันสัมผัสกับอากาศ กรดไขมันที่มีพันธะคู่จะไวต่อออกซิเจนในอากาศ และยิ่งกรดไขมันมีพันธะคู่มากเท่าไร อัตราการถูกออกซิไดซ์โดยออกซิเจนในอากาศจะยิ่งสูง ดังตัวอย่างเช่นกรดลิโนเลอิค (linoleic acid) ซึ่งมีพันธะคู่ 2 คู่ จะถูกออกซิไดซ์ได้เร็วกว่ากรดโอเลอิค (oleic acid) ที่มีพันธะคู่เพียงคู่เดียวประมาณ 20 เท่า อัตราการออกซิไดซ์โดยออกซิเจนนี้จะยิ่งสูงเมื่อมีแสงสว่าง น้ำ ความร้อน หรือเกลือโลหะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา [32,36] แต่สามารถยับยั้งได้โดยสารบางชนิด สารที่จะชะลอหรือยับยั้งการออกซิไดซ์ได้ เรียกว่า-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารแอนติออกซิแดนท์ (anti-oxidant) สารดังกล่าวนี้มักเป็นสารจำพวกหมู่ฟีโนลิคที่ถูกบดบัง (hindered phenol) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นตัวดักอนุมูลอิสระ อันเป็นต้นเหตุของปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดการเหม็นหืนของไขมัน สารระงับการเหม็นหืนที่สำคัญที่สุด ซึ่งมีอยู่ในไขมันแทบทุกชนิด มีชื่อว่า โทโคเฟอรอล (tocopherol) หรือวิตามินอี [9,45] นอกจากนี้ยังมีสารที่สังเคราะห์ขึ้นมาเช่น สาร-BHT (butyrated hydroxy toluene) BHA (butyrated hydroxy anisole) [40] ดังนั้น การสกัดไขมันหรือเนื้อเยื่อเซลล์ต่างๆที่มีปริมาณแอนติออกซิแดนท์จากธรรมชาติต่ำอาจมีการเติมสารแอนติออกซิแดนท์สังเคราะห์ เช่น BHT ลงไปเพื่อชะลออัตราการออกซิไดซ์ลิปิด และควรมีก๊าซไนโตรเจนสำหรับเป่าไล่ออกซิเจนในหลอดทดลองด้วย ซึ่งจะทำให้การเติมแอนติออกซิแดนท์อาจไม่จำเป็น เพราะสารแอนติออกซิแดนท์บางครั้งอาจจะรบกวนระบบการแยกสารในโครมาโทกราฟีได้ [6]

ตารางที่ 2-2 ตัวอย่างของกรดไขมันที่พบในธรรมชาติ [18,27]

สัญลักษณ์*	ชื่อสามัญ	ชื่อตามระบบ IUPAC	จุดหลอมเหลว (°C)
กรดไขมันอิ่มตัว			
12:0	Lauric	Dodecanoic	44.2
14:0	Myristic	Tetradecanoic	53.9
16:0	Palmitic	Hexadecanoic	63.1
18:0	Stearic	Octadecanoic	69.6
20:0	Arachidic	Eicosanoic	76.5
22:0	Behenic	Docosanoic	81.0
24:0	Lignoceric	Tetracosanoic	86.0
กรดไขมันไม่อิ่มตัว			
16:1,Δ9 ; n-7	Palmitoleic	Hexadecenoic	-0.5
18:1,Δ9 ; n-9	Oleic	Octadecenoic	13.4
18:2,Δ9,12 ; n-6	Linoleic	Octadecadienoic	-5.0
18:3,Δ9,12,15; n-3	Linolenic	Octadecatrienoic	-11.0
20:4,Δ5,8,11,14; n-6	Arachidonic	Eicosatetraenoic	-49.5

* จำนวนคาร์บอน : จำนวนพันธะคู่ ตำแหน่งพันธะคู่ระบบΔ ; ตำแหน่งพันธะคู่ระบบ n (เฉพาะพันธะแรกด้านปลาย CH_3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรดไขมันจำเป็น (essential fatty acid)

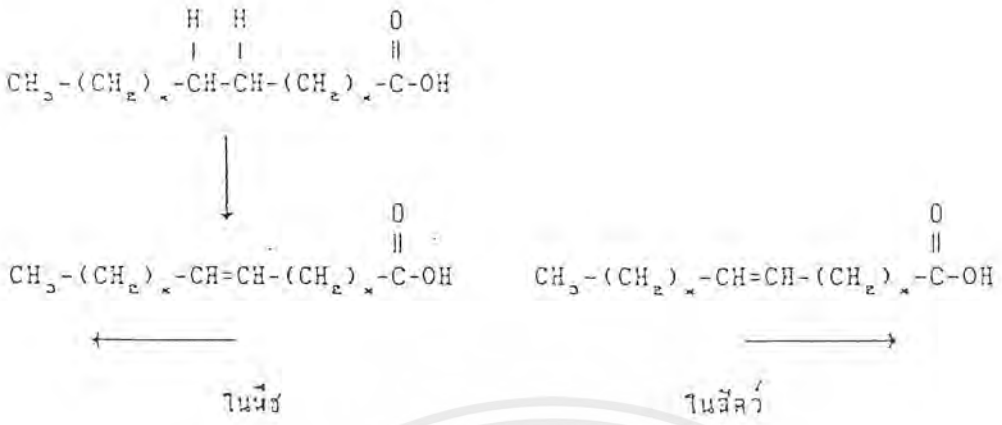
กรดไขมันจำเป็น คือ กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่มากกว่า 1 คู่ได้แก่ กรดลิโนเลอิค กรดลิโนเลนิค (ดังตารางที่ 2-2) ซึ่งร่างกายของคนและสัตว์ไม่สามารถสังเคราะห์ขึ้นเองได้ จำเป็นต้องได้รับจากอาหารเท่านั้น ส่วนกรดอะแรคคิโดนิคนั้นก็จัดว่าเป็นกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย แต่สามารถสร้างขึ้นในร่างกายมนุษย์ได้จากกรดลิโนเลอิค ซึ่งมีมากในน้ำมันข้าวโพด น้ำมันเมล็ดฝ้าย น้ำมันถั่วลิสง และน้ำมันถั่วเหลือง กรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกายมีความสำคัญในการสร้างพรอสตาแกลนดิน (prostaglandin ,PG) ซึ่งเป็นสารที่บทบาทในการทำหน้าที่ภายในร่างกายมาก เช่น การขับน้ำย่อยที่เป็นกรด การหดตัวและคลายตัวของกล้ามเนื้อเรียบ การควบคุมอุณหภูมิของร่างกาย การรวมตัวของแผ่นเลือด เป็นต้น [22] ดังนั้นกลีเซอไรด์ที่มีกรดไขมันชนิดเหล่านี้เป็นองค์ประกอบ จะเป็นชนิดที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง [5]

การสังเคราะห์กรดไขมัน

ในพืช สัตว์ และแบคทีเรียจะสังเคราะห์กรดไขมันโดยใช้เอนไซม์ fatty acid synthase ซึ่งจะให้แต่คาร์บอน 16 ตัว หรือกรดปาลมิติค (palmitic acid) เป็นไขมันหลัก ส่วนกรดไขมันอื่นๆ จะได้จากการ elongation และ desaturation การทำงานของเอนไซม์ elongase และ desaturase ในพืชและสัตว์จะแตกต่างกันมาก ส่วนในแบคทีเรียไม่ค่อยพบกรดไขมันที่มีสายไฮโดรคาร์บอนที่ยาว และมีกรดไขมันที่มีพันธะคู่มากนัก จึงทำให้เอนไซ ม์ elongase และ desaturase ในแบคทีเรียไม่ค่อยมีการศึกษากันเท่าที่ควร การเกิดพันธะคู่ในแบคทีเรีย พืช และสัตว์จะแตกต่างกันมาก ในพืชจะมีเอนไซม์ที่จะฟอร์มพันธะคู่ไปทางด้านหมู่เมทิล (CH_3 group) ในสัตว์ เอนไซม์นี้จะขาดหายไป แต่จะฟอร์มพันธะคู่ไปทางหมู่คาร์บอกซิลิก (carboxylic group) ดังในรูปที่ 2-8

ถ้าเริ่มจากกรดสเตียริค ทั้งพืชและสัตว์จะสามารถเปลี่ยนเป็นกรดโอเลอิค (C18:1 Δ9) จากรูปที่ 2-8 พืชจะสร้างพันธะคู่ต่อไปที่ตำแหน่ง 12 และ 15 หรือสร้างไปทางด้านหมู่เมทิล และพืชบางชนิดอาจจะสร้างพันธะคู่ที่ตำแหน่ง 6 ได้ (ไปทางหมู่คาร์บอกซิล) แต่ในสัตว์นั้นจะมีเอนไซม์ Δ9, Δ6, Δ5,Δ4 desaturase ซึ่งสามารถสร้างพันธะคู่ไปทางหมู่คาร์บอกซิลิคเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

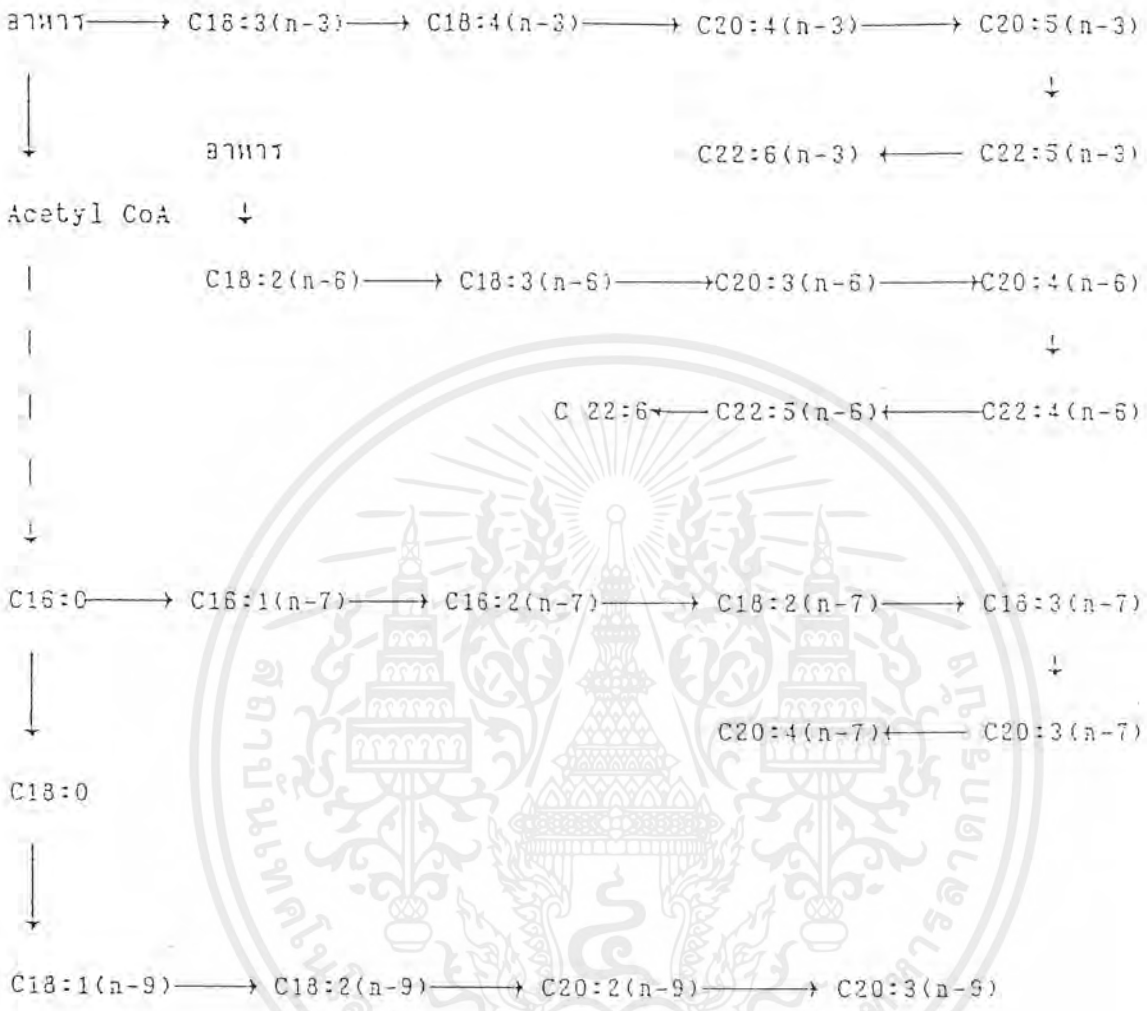


รูปที่ 2-8 ปฏิกิริยา desaturation ในพืชและสัตว์ [6]

กรดลิโนเลอิค C18:2) และกรดลิโนเลนิค (C18:3) เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์พรอสตาแกลนดิน และกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนอื่นๆของเยื่อเซลล์และเซลล์ประสาท กรดไขมันทั้งสองชนิด คนไม่สามารถสังเคราะห์ขึ้นเองได้ จะต้องได้รับจากอาหาร จึงจัดเป็นกรดไขมันจำเป็น ปริมาณของกรดไขมันทั้งสองชนิดในอาหารหรือน้ำมันพืชแต่ละชนิดจะมีความแตกต่างกัน กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (polyunsaturated fatty acid) ในเซลล์ จึงมีการเปลี่ยนแปลงได้ง่าย ขึ้นอยู่กับปริมาณของกรดไขมันทั้งสองในอาหารเป็นสำคัญ การสังเคราะห์กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม อาจสรุปได้ดังรูปที่ 2-9

กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนที่เซลล์สังเคราะห์ขึ้นเอง (n-9) เมื่อถูกนำไปใช้ในเยื่อเซลล์ทดแทนกรดไขมันจำเป็นนั้น ไม่สามารถจะทำหน้าที่แทนกรดไขมันจำเป็นได้ทุกอย่างเช่น การป้องกันการระเหยของน้ำทำได้ไม่ดี ทำให้เยื่อเซลล์ที่ขาดกรดไขมันจำเป็นนั้นสูญเสียน้ำออกจากเซลล์มาก ทำให้มีอาการผิวแห้ง และอาจมีอาการของโรคผิวหนังอื่นๆ ตามมาได้ [6]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-9 วิถีการสังเคราะห์กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน [6]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 แหล่งของ EPA และ DHA

ปัจจุบันเป็นที่ทราบกันดีแล้วว่า ปลาทะเลหรือน้ำมันปลา มีองค์ประกอบของกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย ซึ่งร่างกายไม่สามารถสังเคราะห์ขึ้นเองได้ จำเป็นต้องได้รับจากการบริโภคอาหารที่มีกรดไขมันดังกล่าว จากที่มีการศึกษาวิจัยมากมาย พบว่า กรดไขมันที่มีความสำคัญและน่าสนใจคือ กรดไอโคซะเพนตะอิโนอิค (Eicosapentaenoic acid; EPA ; C20:5) เป็นกรดไขมันชนิดที่มีคาร์บอน 20 อะตอม มีพันธะคู่ 5 คู่อยู่ตรงตำแหน่งที่ 5, 8, 11, 14, 17, 20 เริ่มจากปลายกลุ่มเมทิลที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 3 จึงจัดเป็นพวก n-3 หรือโอเมกา-3 ดังแสดงในรูปที่ 2-10 [63]

รูปที่2-10 แสดงโครงสร้างทางเคมีของ EPA [63]

กรดโดโคซะเฮกซะอิโนอิค (Docosahexaenoic acid; DHA; C22:6) เป็นกรดไขมันชนิดที่มีคาร์บอน 22 อะตอม มีพันธะคู่ 6 คู่อยู่ตรงตำแหน่งที่ 4, 7, 10, 13, 16, 19 เริ่มจากปลายกลุ่มเมทิลที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 3 จึงจัดเป็นพวก n-3 หรือโอเมกา-3 เช่นกัน ดังแสดงใน รูปที่ 2-11 [42]

รูปที่ 2-11 แสดงโครงสร้างทางเคมีของ DHA [42]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

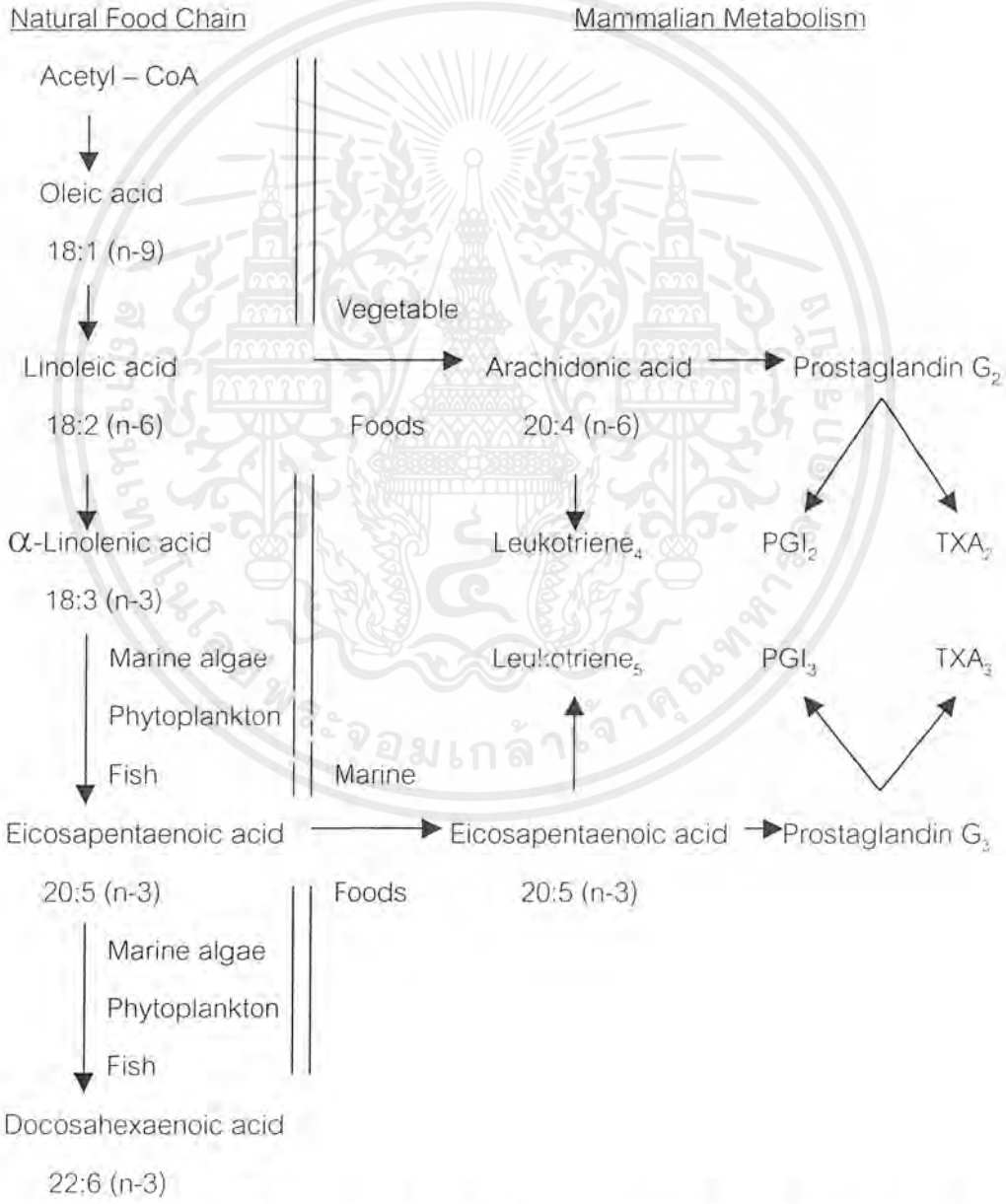
เบื้องหลังที่สำคัญที่ทำให้ทราบแหล่งและความสำคัญของกรดไขมันไม่อิ่มตัว EPA และ DHA คือ ก่อนหน้าที่จะมีการค้นพบความสำคัญอันนี้นั้น ประชากรโลกโดยเฉพาะแถบยุโรปได้เสียชีวิตลงจากโรคหัวใจขาดเลือดและเส้นเลือดหัวใจอุดตันเป็นจำนวนมาก รวมทั้งทหารในช่วงสมัยสงครามโลกครั้งที่ 2 ได้มีการผ่าศพพิสูจน์การตาย พบว่ามีไขมันอุดตันอยู่ในเส้นเลือดอย่างมากมาย จึงได้มีการศึกษาของนักวิทยาศาสตร์ชาวตะวันตก ระหว่างปีค.ศ. 1970-1979 ถึงสาเหตุของการอุดตันดังกล่าวอย่างจริงจัง โดยมุ่งประเด็นไปยังอาหารที่ใช้บริโภคเป็นหลัก ทำการศึกษาเปรียบเทียบการตายของมนุษย์กลุ่มต่างๆกับอาหารที่ใช้บริโภคเป็นประจำ [5] พบว่า อัตราการตายเนื่องจากหัวใจขาดเลือดของชาวเอสกิโม ที่เกาะกรีนแลนด์ ประเทศเดนมาร์ก ต่ำกว่าอัตราการตายเนื่องจากโรคเดียวกันของชาวเดนมาร์ก และทั้งๆที่อาหารของชาวเอสกิโมมีปริมาณคอเลสเตอรอลสูงกว่าอาหารของชาวเดนมาร์กถึงเท่าตัว แต่ปริมาณคอเลสเตอรอลในเลือดของชาวเอสกิโมต่ำกว่าปริมาณในเลือดของชาวเดนมาร์กมาก และเมื่อนำชาวเอสกิโมจากเกาะกรีนแลนด์ไปอยู่ที่เดนมาร์กและให้รับประทานอาหารแบบของชาวเดนมาร์กแทน ปรากฏว่า ระดับของคอเลสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์ในเลือดของชาวเอสกิโมเพิ่มขึ้นอย่างมาก และจากการศึกษาองค์ประกอบของกรดไขมันในอาหารหลักของชาวเอสกิโม ซึ่งประกอบด้วยปลาทะเล แมวน้ำ นักวิทยาศาสตร์พบว่าไขมันพวกนี้มีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวสูง โดยส่วนใหญ่เป็นกรดไขมันชนิด n-3 ที่มีไฮโดรคาร์บอนสายยาว 20-22 ตัว และมีพันธะคู่ 5-6 คู่ (EPA และ DHA) ขณะที่ไขมันหลักของอาหารของชาวเดนมาร์กมีกรดไขมันชนิดอิ่มตัวมากกว่าไม่อิ่มตัว และส่วนใหญ่ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวจะเป็นกรดลิโนเลอิค (n-6)

ชาวญี่ปุ่น (โดยเฉพาะที่เกาะโอกินาวา) ซึ่งอาหารหลักที่บริโภคเป็นประจำส่วนใหญ่เป็นปลาทะเล จะมีระดับของกรดไขมันไม่อิ่มตัวกลุ่ม n-3 ในเนื้อเยื่อไขมันมาก และไม่ค่อยมีอาการของหลอดเลือดหัวใจตีบตัน แต่ในปัจจุบัน คนญี่ปุ่นรุ่นใหม่ได้รับเอาวัฒนธรรมการกินแบบชาวตะวันตกมากขึ้น ทำให้อัตราการตายจากอาการหลอดเลือดตีบเพิ่มขึ้น ซึ่งผลจากการศึกษาต่อๆ มาได้สนับสนุนให้เห็นความสำคัญของไขมันจากแหล่งอาหารทะเลต่อการลดปริมาณคอเลสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 สัตว์ทะเล

แหล่งที่พบ EPA และ DHA โดยทั่วไปพบในสัตว์ทะเล [64] ส่วนในร่างกายของคนสามารถเปลี่ยนกรดลิโนเลนิค (linolenic acid) ซึ่งอยู่ในกลุ่มโอเมกา-3 เป็นได้ทั้ง EPA และ DHA แต่เปลี่ยนได้ด้วยอัตราที่ช้ามาก โดยเฉพาะเมื่อมีกรดลิโนเลอิค (linoleic acid) เข้ามาแข่งขันด้วย อัตราการเปลี่ยนเป็น EPA และ DHA จะยิ่งช้าลง [64] รูปที่ 2-12 แสดงโซ่อาหาร (food chain) ของกรดไขมัน EPA และ DHA ในธรรมชาติ



รูปที่ 2-12 แสดงโซ่อาหาร (food chain) ของกรดไขมัน EPA และ DHA ในธรรมชาติ [64]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EPA และ DHA สามารถพบได้ในน้ำมันจากสัตว์ทะเลชนิดต่างๆ ดังตารางที่ 2-3 จะเห็นได้ว่า ปริมาณ EPA และ DHA ที่พบในสัตว์ทะเลจะมีความแปรปรวนและมีปริมาณที่ไม่แน่นอน ซึ่งจะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการได้แก่ ชนิดของสัตว์ทะเล แหล่งที่อยู่ แหล่งอาหารของสัตว์ทะเล สายพันธุ์ เพศ ขนาด ส่วนต่างๆของร่างกาย และฤดูกาล เป็นต้น [44]

ตารางที่ 2-3 ปริมาณไขมันทั้งหมด ,ปริมาณ n-6,18:3 n-3 ปริมาณกรดไขมันสายยาวชนิด n-3 และปริมาณ n-3 ทั้งหมดในปลาสด [44]

ปลาสด	ไขมัน (mg/100g)	ปริมาณ n-6 (mg/100g)	18:3 n-3 (mg/100g)	20:5,22:5, 22:6 n-3 (mg/100g)	ปริมาณ n-3 (mg/100g)
Angelfish, yellow tailed[3]	1200	289	11	191	192
Barracouta	600	23	2	256	261
Barramundi[3]	800	131	14	84	99
Barramundi[3]	600	99	4	122	127
Barramundi[3]	2100	82	35	520	555
Barred Grubfish[3]	800	49	du	377	384
Batfish, spotted[3]	1700	307	6	364	371
Bream[3]	4000	75	26	572	598
Bream[3]	1600	53	40	543	582
Bream, black	800	58	2	275	282
Bream, golden	1100	110	3	321	332
Bream, rosy threadfin[3]	700	80	3	271	276
Bream, sea[2]	1020	64	du	454	454
Cat fish fork-tailed[3]	1400	236	6	244	253
Cod[3]	1100	79	1	308	308
Cod, Antarctic[3]	4100	46	0	756	756
Cucumber Fish[2]	720	36	du	310	312
Cuttlefish[2]	1340	32	du	752	752
Dory, John	600	28	1	256	258
Dory, John[3]	1100	48	5	437	442
Dory, silver[3]	900	24	0	242	242
Drummer[3]	10700	427	71	1271	133

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2-3(ต่อ) ปริมาณไขมันทั้งหมด ,ปริมาณ n-6,18:3 n-3 ปริมาณกรดไขมันสายยาวชนิด n-3 และปริมาณ n-3 ทั้งหมดในปลาสด

ปลาสด	ไขมัน (mg/100g)	ปริมาณ n-6 (mg/100g)	18:3 n-3 (mg/100g)	20:5,22:5, 22:6 n-3 (mg/100g)	ปริมาณ n-3 (mg/100g)
Drummer, silver[3]	2700	242	53	239	290
Emperor, lesser-spangled[3]	800	108	5	252	260
Emperor, red[3]	700	56	4	258	266
Emperor, threadfin[3]	800	130	8	237	248
Flathead[3]	1600	22	1	410	410
Flathead, heart headed[3]	600	67	4	181	187
Flathead, rock[3]	2900	220	8	331	344
Flathead, rock	700	87	2	207	212
Flathead, sand, and skin	1300	63	30	413	453
Flathead, tiger	600	44	1	232	238
Flounder[3]	700	30	14	157	171
Flounder, green back, with skin	1200	133	11	307	333
Garfish, southern sea[3]	1000	159	30	290	320
Garfish, southern sea[3]	7100	504	478	363	928
Garfish, southern sea, with skin	1400	114	33	497	539
Gemfish	2000	78	9	563	598
Gemfish[3]	6400	248	103	721	824
Goatfish, spotted[3]	800	79	2	295	304
Goatfish, spotted golden[3]	900	81	5	314	326
Grenadier, blue, with skin	3100	113	tr	678	772
Grenadier, blue[3]	500	20	4	175	179
Groper, blue	800	56	2	229	239
Groper, blue[3]	7800	1006	22	3247	3269
Gurnard, long finned[3]	800	71	4	308	312
Gurnard perch, ocean[2]	990	85	du	337	343
Gurnard perch, red	600	42	10	192	208
Gurnard, red	2000	150	9	550	574
Halibut, tropical[3]	700	91	4	222	226

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2-3(ต่อ) ปริมาณไขมันทั้งหมด , ปริมาณ n-6,18:3 n-3 ปริมาณกรดไขมันสายยาวชนิด n-3 และปริมาณ n-3 ทั้งหมดในปลาสด

ปลาสด	ไขมัน (mg/100g)	ปริมาณ n-6 (mg/100g)	18:3 n-3 (mg/100g)	20:5,22:5 22:6 n-3 (mg/100g)	ปริมาณ n-3 (mg 100g)
Jackass Fish	700	37	1	275	280
Jewfish[3]	1300	41	11	398	410
Kingfish[3]	1900	54	32	469	500
Kingfish, black-banded[3]	9100	155	60	475	536
Leatherjacket[3]	500	93	5	125	130
Leatherjacket[3]	700	40	6	271	278
Leatherjacket, Chinaman	700	63	1	256	265
Leatherjacket, mosaic[2]	770	127	du	282	284
Leatherjacket, Scaber	700	89	2	265	272
Leatherjacket, six spined[2]	750	94	du	207	216
Leatherjacket, Degan's[2]	870	72	du	404	404
Ling, pink	600	35	1	250	255
Ling, rock	600	33	2	235	239
Little Conger Eel[2]	790	44	du	343	345
Lizardfish, white spotted[3]	800	75	7	310	320
Lobster, cooked[1]	900	82	3	184	187
Long-snouted boarfish[2]	790	57	du	348	348
Luderick	1600	253	32	232	311
Mackerel, Indian[3]	1800	176	28	573	612
Mackerel, blue, with skin	3300	204	34	1108	1204
Mackerel, Jack[2]	920	15	du	501	503
Morwong[3]	1000	66	5	290	295
Mullet3	3000	359	14	595	637
Mullet (small)[3]	1800	73	13	496	510
Mullet, jumper[3]	4900	227	92	754	846
Mullet, red	1400	69	2	449	460
Mullet, sea, with skin	9700	378	64	1945	2359

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2-3(ต่อ) ปริมาณไขมันทั้งหมด , ปริมาณ n-6,18:3 n-3 ปริมาณกรดไขมันสายยาวชนิด n-3 และปริมาณ n-3 ทั้งหมดในปลาสด

ปลาสด	ไขมัน (mg/100g)	ปริมาณ n-6 (mg/100g)	18:3 n-3 (mg/100g)	20:5,22:5, 22:6 n-3 (mg/100g)	ปริมาณ n-3 (mg/100g)
Mullet, yelloweye[3]	1900	183	39	377	416
Mulloway[3]	4400	274	46	871	916
Nannygai	900	38	2	319	332
Octopus[2]	1240	34	du	692	693
Orange roughy	7000	186	20	231	285
Oyster, Sydney rock	4000	184	109	1024	1404
Parrotfish, blue-barred orange[3]	600	116	2	156	159
Perch, golden	2300	265	79	460	602
Perch, northern pearl[3]	800	84	1	269	274
Pike, long finned	800	67	8	239	251
Piked dogfish[1]	910	44	du	418	419
Pomfret, black[3]	3900	510	128	899	1049
Prawn, king[1]	900	62	6	168	174
Prawn, school[1]	80	45	3	137	140
Puller, green[3]	1000	83	11	354	371
Queenfish[3]	2000	243	13	430	463
Redfish[3]	1800	27	12	400	412
Rock-cod, yellow-spotted[3]	1900	204	9	579	604
Ruff, Tommy[3]	800	70	6	254	260
Rusty Catshark[2]	740	60	du	308	309
Salmon, Atlantic	7100	592	108	1836	2131
Salmon, Australian	1500	48	5	615	626
Salmon, Australian[3]	1800	179	13	571	584
Salmon, threadfin[3]	3300	296	12	679	698
Sandy-backed stingaree[2]	870	127	du	250	254
Scad, yellowtail	4600	204	43	1461	1661
Scallop, bay	1200	68	10	388	439

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2-3(ต่อ) ปริมาณไขมันทั้งหมด ,ปริมาณ n-6,18:3 n-3 ปริมาณกรดไขมันสายยาวชนิด n-3และปริมาณ n-3 ทั้งหมดในปลาสด

ปลาสด	ไขมัน (mg/100g)	ปริมาณ n-6 (mg/100g)	18:3 n-3 (mg/100g)	20:5,22:5, 22:6 n-3 (mg/100g)	ปริมาณ n-3 (mg/100g)
Scallop, raw[1]	700	20	6	150	156
Sea-perch, high brow[3]	1500	205	4	380	402
Sea-perch, one-band[3]	1000	81	7	331	343
Shark, angel[2]	640	58	du	248	249
Shark, draughtboard[2]	750	58	du	215	221
Shark, Ogilby's ghost[2]	970	50	du	440	442
Shark, Port Jackson[2]	720	122	du	144	148
Shark, school[3]	1100	125	4	338	342
Skate, long-snouted[2]	8300	81	du	311	312
Skate, Melbourne[2]	9200	65	du	370	370
Snapper, with skin	2000	116	5	524	546
Snapper[3]	2100	200	10	393	403
Snapper, red[3]	1400	232	5	373	378
Snapper, red[3]	800	42	4	301	305
Snapper, Russell's[3]	600	68	0	197	200
Snapper, threadfin[3]	600	75	2	198	204
Snook[2]	900	71	5	329	334
Spinefoot, pin-spotted[3]	2400	315	27	583	614
Spotted bat fish (butterfish)[3]	1700	307	6	365	371
Squid, arrow[2]	1430	19	du	829	830
Squid, raw[1]	1200	30	0	395	400
Sweetlips, painted[3]	1100	175	13	292	308
Tailor, with skin	5500	286	125	1293	1528
Tarwhine, with skin	4100	262	42	1315	1493
Thetis fish[2]	630	46	du	258	259
Trevally, with skin	8200	303	54	1797	1929
Trevally[3]	1800	294	5	629	634

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2-3 (ต่อ) ปริมาณไขมันทั้งหมด , ปริมาณ n-6,18:3 n-3 ปริมาณกรดไขมันสายยาวชนิด n-3และปริมาณ n-3 ทั้งหมดในปลาสด

ปลาสด	ไขมัน (mg/100g)	ปริมาณ n-6 (mg/100g)	18:3 n-3 (mg/100g)	20:5,22:5, 22:6 n-3 (mg/100g)	ปริมาณ n-3 (mg/100g)
Trevally, onion[3]	700	60	4	261	280
Trevally, yellow-striped[3]	1300	93	11	469	486
Trout, rainbow (cultivated)	2800	533	29	507	547
Trout, rainbow (wild)	2000	197	142	469	631
Tuna, southern bluefin, with skin	3900	202	tr	1037	1140
Whiptail, northwest[3]	1000	159	11	312	326
Whiting[3]	500	45	3	132	136
Whiting, King George, with skin	2100	212	14	493	563
Whiting, King George[3]	1000	152	4	248	251
Whiting, sand	900	66	2	329	342
Whiting, sand[3]	1200	241	3	305	311
Whiting, sand[3]	1000	128	7	132	140
Whiting, school	1100	114	4	299	307
Whiting, yellow skin[3]	1000	172	4	247	251

ที่มา : ได้รับและปรับปรุงข้อมูลจาก Sinclair และคณะ(1992) นอกจากนี้ยังได้รับข้อมูลจาก :

[1] Cashel และคณะ (1990a)

[2] Taken from Dunstan และคณะ (1988)

[3] Taken from Brown และคณะ (1989).

tr มีปริมาณน้อยมาก du ยังไม่มีข้อมูล

*mg/100g มิลลิกรัมไขมันหรือกรดไขมันต่อตัวอย่างเนื้อปลา100 กรัม

ปลาทะเลในประเทศอบอุ่นและหนาว จะมีปริมาณไขมันสะสมอยู่ในตัวสูง [20] โดยเฉพาะกรดไขมันไม่อิ่มตัวพวก EPA และ DHA ซึ่งยังคงสภาพเป็นของเหลวที่อุณหภูมิต่ำมีผลทำให้เยื่อหุ้มเซลล์ของปลาคงสภาพเป็นของเหลวอยู่ได้ในน้ำแข็ง [21,29]

แหล่งอาหาร มีผลค่อนข้างมากต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของ EPA และ DHA สัตว์ทะเลที่อาศัยอยู่ในแหล่งที่มีแพลงตอนพืช (phytoplankton) และสาหร่ายบางชนิด (algae) ซึ่งเป็นแหล่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของ n-3 fatty acid ในลูกโซ่อาหาร สัตว์ที่อาศัยอยู่ในบริเวณนั้นก็จะมีปริมาณ EPA และ DHA เก็บสะสมไว้ในตัวสูง [21,29] และพบว่าปลาที่เลี้ยงด้วยกากถั่วเหลือง (soy bean meal) จะมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิด 18:2,n-6 อยู่มาก และมีกรดไขมันอิ่มตัวชนิดอื่นน้อย [21]

สายพันธุ์ เพศ และอายุ ก็มีผลต่อปริมาณกรดไขมัน พบว่า ปลาตัวเมียมีปริมาณไขมันสะสมอยู่ในตัวมากกว่าปลาตัวผู้เล็กน้อย [42] นอกจากนี้ยังพบว่า ปลาที่มีอายุน้อยจะมีปริมาณ EPA และ DHA ต่ำกว่าปลาที่มีอายุมาก [48]

ในส่วนต่างๆของร่างกายจะมีปริมาณกรดไขมันกลุ่มโอเมกา-3 อยู่ในปริมาณที่แตกต่างกัน ส่วนใหญ่จะพบกรดไขมันกลุ่มโอเมกา-3 โดยเฉพาะ EPA และ DHA ในบริเวณกล้ามเนื้อสีดำ อวัยวะภายใน ส่วนหัว และเบ้าตา [20,38]

ในปีค.ศ. 1989 Karahadian,C. และคณะ [41] ได้ทำการหาปริมาณ EPA และ DHA ในปลาน้ำจืดพบว่า ในปลาน้ำจืดบางชนิดมี EPA และ DHA ประกอบอยู่ด้วยแต่เป็นปริมาณที่เล็กน้อยได้แก่ *Salvelinus* sp. ประกอบด้วย EPA 4 เปอร์เซ็นต์ และ DHA 5.9-9.6 เปอร์เซ็นต์ Alewife (*Alosa pseudoharengus*) มี EPA 8.6 เปอร์เซ็นต์ และ DHA 8.6 เปอร์เซ็นต์ *Coregonus clupeaformis* (white fish) จากทะเลสาบมิชิแกน มี EPA 7.8 เปอร์เซ็นต์ และ DHA 2.9 เปอร์เซ็นต์

Andread และคณะ [31] ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับกรดไขมันในกลุ่ม n-3 ในตัวอย่างปลาน้ำจืด 17 ชนิดใน southern Brazil โดยวิเคราะห์กรดไขมันในรูปเมทิลเอสเทอร์ ด้วยแก๊สโครมาโตกราฟี พบว่า กรดไขมันอิ่มตัวซึ่งพบมากที่สุดคือ กรดปาลมิติค (C16:0) มี 50-70 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันอิ่มตัวทั้งหมด พบกรดไขมันไม่อิ่มตัวพันธะคู่ 1 พันธะคือ กรดโอเลอิค (C18:1, ω-9) และกรดไขมันไม่อิ่มตัว PUFA คือ กรดลิโนเลอิค (C18:2, ω-6) กรดลิโนเลนิค (C18:3, ω-3) และ DHA (C22:6, ω-3) พบว่า ปลาน้ำจืดในสปีชีส์ truta, barbado และ corvina เป็นแหล่งที่ดีของ EPA และ DHA โดยในสปีชีส์ truta มี DHA 11.74 ±0.13 เปอร์เซ็นต์ EPA 1.67±0.01 เปอร์เซ็นต์ และสัดส่วน ω3/ω6 PUFA เท่ากับ 26.31±0.49 ในสปีชีส์ barbado มี DHA 3.70 ±0.02 เปอร์เซ็นต์ EPA 1.55±0.03 เปอร์เซ็นต์ และสัดส่วน ω3/ω6 PUFA เท่ากับ 3.71±0.12 ในสปีชีส์ corvina มี DHA 10.34 ±0.25 เปอร์เซ็นต์ EPA 11.67±0.13 เปอร์เซ็นต์ และสัดส่วน ω3/ω6 PUFA เท่ากับ 4.19±0.06 โดยปลาน้ำจืดที่วิเคราะห์พบว่า เหมาะที่จะเป็นแหล่งของ ω-3 เพื่อการบริโภคของประชากรในประเทศบราซิล ปกติแล้ว ลิปิดในปลาประกอบด้วย PUFA ซึ่งเป็นสารที่สำคัญสำหรับทารก เนื่องจาก DHA มีความสำคัญในการพัฒนาสมองในเด็กทารก [59]

ประสาร สวัสดิ์ชีตัง [13] ได้ทำการวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณของกรดไขมันโดยใช้ gas liquid chromatography ของปลาน้ำจืด 31 ชนิดที่ซื้อมาจากตลาด 4 แห่งในกรุงเทพฯ และอีก 1 แห่งในจังหวัดปทุมธานี ระหว่างเดือนมีนาคมถึงพฤศจิกายน 2528 และปลาน้ำเค็ม 33 ชนิด ซึ่งซื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และได้มาจากองค์การสะพานปลา กรุงเทพฯ ระหว่างเดือนมกราคม-พฤษภาคม 2529 ผลการวิเคราะห์มีดังนี้

ในปลาน้ำจืด 31 ชนิด โดยทั่วๆไปพบว่า ปลาที่มีขนาดใหญ่จะมีไขมันสูงทั้งในส่วนของเนื้อและเครื่องใน เปอร์เซ็นต์ของผลรวมของกรดไขมันอิ่มตัว และผลรวมของกรดไขมันกลุ่ม n-9 ในเนื้อปลามีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณไขมันของเนื้อปลา ในขณะที่เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันตัวอื่นๆทั้งหมดในเนื้อปลามีแนวโน้มที่จะแปรผกผันกับปริมาณไขมันของเนื้อปลา แต่มีนัยสำคัญทางสถิติเฉพาะความสัมพันธ์ระหว่าง arachidonic acid, docosapentaenoic acid, docosahexaenoic acid และผลรวมของกรดไขมันกลุ่ม n-3 ในเนื้อปลากับปริมาณไขมันของเนื้อปลา ในส่วนของเนื้อปลา พบว่า ปลาน้ำจืด 6 ชนิด (อย่างน้อย 1 ตัวในแต่ละชนิด) มี linoleic acid มากกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ 4 ชนิดมี arachidonic acid มากกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ (อย่างน้อย 1 ตัวในแต่ละชนิด) มีเพียง 1 ชนิดที่มี α-linolenic acid มากกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ ปลาส่วนใหญ่ประกอบด้วย eicosapentaenoic acid และ docosapentaenoic acid ในปริมาณที่น้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ แทบจะไม่มีที่เกิน 2 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันทั้งหมด มีปลา 10 ชนิดที่มี docosahexaenoic acid มากกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ และ 11 ชนิดที่มีกรดไขมันกลุ่ม n-3 มากกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นได้ว่าในปลาแต่ละชนิดมีเปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันแต่ละตัว หรือผลรวมของกรดไขมันจำเป็นในแต่ละกลุ่มแตกต่างกันไปบ้าง ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของปลากับปริมาณของกรดไขมันจำเป็นแต่ละตัว และกลุ่มของกรดไขมันจำเป็นในเนื้อปลาซึ่งแสดงต่อ 100 กรัมเนื้อปลาและต่อ 100 กรัมปลา พบว่าขนาดของปลามีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณของ linoleic acid ในเนื้อปลาเมื่อคิดต่อ 100 กรัมเนื้อปลาหรือเมื่อคิดต่อ 100 กรัมปลา

ในปลาน้ำเค็ม 33 ชนิดนั้น พบว่า ปริมาณไขมันในเนื้อปลามีความสัมพันธ์โดยตรงกับขนาดของปลา แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เปอร์เซ็นต์ของผลรวมของกรดไขมันอิ่มตัว และผลรวมของกรดไขมันกลุ่ม n-9 ในเนื้อปลานั้นเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณไขมันของเนื้อปลา ในขณะที่เปอร์เซ็นต์ของ linoleic acid, arachidonic acid, ผลรวมของกรดไขมันกลุ่ม n-6, docosahexaenoic acid และผลรวมของกรดไขมันกลุ่ม n-3 ในเนื้อปลาแปรผกผันกับปริมาณไขมันของเนื้อปลา มีเพียง docosapentaenoic acid เท่านั้นที่แปรผันโดยตรงกับปริมาณไขมันของเนื้อปลา ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่าง α-linolenic acid หรือ eicosapentaenoic acid ในเนื้อปลากับปริมาณไขมันของเนื้อปลา

ปลาน้ำเค็มส่วนใหญ่ประกอบด้วย linoleic acid และ α-linolenic acid ในส่วนของเนื้อน้อยกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ และมีเปอร์เซ็นต์ของ eicosapentaenoic acid เพียงเล็กน้อย กรดไขมันตัวอื่นๆของกลุ่ม n-6 และ n-3 ในส่วนของเนื้อมีปริมาณเป็นหลายเท่าของ linoleic acid และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

α-linolenic acid ตามลำดับ ปลาน้ำเค็มทุกชนิดมีเปอร์เซ็นต์ของ docosapentaenoic acid เพียงเล็กน้อย แต่ปลาน้ำเค็มส่วนใหญ่จะมีเปอร์เซ็นต์ของ docosahexaenoic acid สูงมากในส่วนเนื้อ คุณลักษณะที่สำคัญของปลาน้ำเค็มคือ มีกรดไขมันกลุ่ม n-3 ในปริมาณที่สูงมากถึง 47 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังพบความสัมพันธ์โดยตรงระหว่างขนาดของปลากับปริมาณของ eicosapentaenoic acid ต่อ 100 กรัมเนื้อปลาหรือปลา กับปริมาณของ docosapentaenoic acid ต่อ100กรัมเนื้อปลาหรือปลา กับปริมาณผลรวมของกรดไขมันกลุ่ม n-6 ต่อ 100 กรัมเนื้อปลา ตารางที่ 2-4และ 2-5 แสดงปริมาณของกรดไขมันในปลาน้ำจืดและปลาน้ำเค็ม ตามลำดับ

ตารางที่ 2-4 ปริมาณกรดไขมันชนิดอิ่มตัวและกรดไขมันกลุ่ม n-6 และ n-3 ในปลาน้ำจืด [13]

ปลาน้ำจืด		กรดไขมัน % w/w								
ชื่อสามัญ	ปริมาณไขมัน	18:1	18:2	18:3	20:5	22:5	22:6	$\sum_{SFA}$	$\sum_{n-6}$	$\sum_{n-3}$
(อังกฤษ,ไทย)	% w/w	n-9	n-6	n-3	n-3	n-3	n-3			
Common carp	4.14	48.33	6.84	0.85	0.33	0.29	1.14	27.46	9.79	2.61
(ไน)										
Striped catfish	9.25	35.95	14.53	0.54	0.98	0.46	1.29	34.70	16.77	3.25
(สวาย)	7.09	34.62	5.29	0.11	0.37	0.41	1.51	51.10	7.15	2.40
Spotted spiny eel	1.42	18.20	2.09	0.20	0.23	1.89	1.88	36.38	13.46	4.20
(หลดจุด)	3.27	18.95	1.50	0.18	0.12	0.44	0.90	37.32	8.68	1.64
Silver rasbora	5.68	35.87	10.05	1.04	0.38	0.11	1.60	41.97	12.70	3.20
(ซิวหางไหม้)										
Soldier river barb	4.42	21.78	2.78	0.19	0.89	0.50	1.79	52.31	6.34	3.18
(ตะโกก)	3.58	27.50	2.24	0.20	0.51	0.60	1.73	47.09	8.80	3.04
Thai carp	14.43	28.32	16.41	4.22	0.24	0.20	0.61	43.76	18.43	5.28
(ตะเพียนขาว)	6.40	57.20	8.52	0.10	0.14	0.12	0.96	28.11	10.09	1.35
Armed spiny eel	2.67	36.29	4.63	0.33	0.17	1.44	1.23	38.42	10.28	3.17
(กระทิง)	1.36	26.09	9.23	0.49	0.18	2.04	1.84	38.12	18.03	4.56
Siamensis pangasius	1.56	34.60	2.67	2.03	0.20	0.44	1.44	47.45	6.82	3.70
(ส้งกะวาดเหลือง)										
River sole	1.82	14.96	5.77	0.22	0.86	2.00	1.09	47.48	15.47	3.17
(ลิ้นหมาน้ำจืด)	1.22	10.72	5.86	0.20	1.05	2.68	1.34	48.13	17.14	5.27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2-4(ต่อ) . ปริมาณกรดไขมันชนิดอิ่มตัวและกรดไขมันกลุ่ม n-6 และ n-3 ในปลาน้ำจืด

ปลาน้ำจืด		กรดไขมัน % w/w								
ชื่อสามัญ	ปริมาณไขมัน	18:1	18:2	18:3	20:5	22:5	22:6	$\sum_{SFA}$	$\sum_{n-6}$	$\sum_{n-3}$
(อังกฤษ,ไทย)	% w/w	n-9	n-6	n-3	n-3	n-3	n-3			
Walking catfish	2.17	31.60	5.40	0.16	0.74	1.04	2.71	35.81	14.00	4.65
(ดุกอุย)	6.09	25.56	2.81	0.22	1.12	0.74	2.90	47.80	6.39	4.98
Grass carp	3.72	21.69	13.07	0.33	1.18	1.00	2.99	42.96	18.09	5.50
(เจาอี๋อ)	4.65	29.37	12.40	0.64	0.92	0.70	2.06	38.81	15.98	4.32
Black shark	1.32	22.14	5.30	0.55	1.66	1.64	2.21	37.00	16.5	6.06
(กาดำ)	1.51	16.25	5.80	0.58	1.14	1.41	2.79	40.33	17.08	5.92
Smith barb	3.52	25.80	4.98	2.60	1.23	0.72	1.45	44.63	11.99	6.0
(กระมัง)										
Catfish	2.28	16.52	2.91	0.11	1.71	1.45	6.40	43.27	11.07	9.67
(สายยู)	3.94	23.02	3.43	0.15	1.03	0.70	0.85	58.43	7.37	2.73
Swamp eel	0.48	13.70	3.90	0.13	0.61	2.47	6.91	27.18	29.01	10.12
(ไหล)	2.40	26.31	9.54	0.79	0.55	0.99	2.03	37.46	15.44	4.30
	0.93	30.25	5.69	1.25	0.43	1.12	5.07	35.32	16.79	7.37
Walking catfish	9.16	29.65	11.67	0.72	1.62	0.85	8.00	38.65	14.61	11.19
(ดุกด้าน)	10.65	33.91	13.30	0.26	0.77	0.50	3.11	39.26	15.06	4.64
Freshwater tongue fish	2.00	17.46	6.01	0.27	0.61	2.70	4.93	39.55	15.63	8.53
(ยอดหมวงน้ำจืด)	4.02	15.45	8.76	0.14	0.67	3.15	4.36	40.46	16.78	8.35
Catfish	0.66	22.16	5.52	0.27	1.07	1.90	11.80	35.99	18.62	15.04
(กดเหลือง)	2.52	35.22	7.47	0.14	0.26	0.97	3.27	37.75	12.98	4.64
Striped snake head fish	2.61	37.71	13.19	0.63	0.75	1.67	7.13	29.80	17.40	10.18
(ช่อน)	1.69	22.61	7.47	3.16**	0.73	1.86	3.83	38.29	17.20	9.58
Silver carp	4.92	20.33	4.97	0.94	4.22	1.11	3.54	37.65	11.33	9.81
(สิงอี๋อ)	4.83	11.81	5.24	0.57	4.88	1.25	3.65	43.12	13.31	10.35
Feather back knife fish	1.28	15.73	4.19	0.14	1.52	1.84	5.82	40.10	18.04	9.3
(หลาด)	7.76	18.17	3.67	0.57	2.52	1.72	6.92	47.87	9.29	1
Common climbing perch	7.40	27.38	5.87	0.22	1.24	2.84	12.90	37.18	8.19	1
(หมอไทย)	8.10	30.95	12.55	0.18	0.50	1.18	2.64	41.11	15.52	4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2-4(ต่อ) ปริมาณกรดไขมันชนิดอิ่มตัวและกรดไขมันกลุ่ม n-6 และ n-3 ในปลาน้ำจืด

ปลาน้ำจืด		กรดไขมัน % w/w								
ชื่อสามัญ (อังกฤษ,ไทย)	ปริมาณไขมัน % w/w	18:1 n-9	18:2 n-6	18:3 n-3	20:5 n-3	22:5 n-3	22:6 n-3	$\sum$SFA	$\sum$n-6	$\sum$n-3
Iridescent mystus,	2.27	24.83	5.97	1.02	1.34	1.49	6.24	39.47	14.43	10.09
แขยงข้างลาย	1.10	19.49	5.54	0.64	1.56	1.86	8.49	40.41	16.57	12.55
Nile tilapia,	1.00	15.18	4.66	0.07	1.43	2.69	9.05	39.33	17.87	13.24
นิล	2.44	17.27	5.74	0.80	0.87	2.62	5.32	43.82	11.70	9.61
Bighead carp,	2.18	13.14	5.01	0.91	6.82	1.25	6.61	36.22	15.56	15.59
ซ่งฮื้อ	4.74	14.31	4.90	0.68	3.91	1.30	5.65	41.63	12.88	9.54
Sand goby,	0.51	11.72	5.69	0.14	1.86	2.64	8.32	46.72	33.42	12.96
บู่ทราย										
Jullien's golden-	1.72	10.73	4.80	2.32	1.62	5.72	37.82	12.62	6.15**	15.81
price carp, ยี่สก	1.77	16.85	6.77	0.53	3.89	2.06	3.94	38.16	12.91	10.42
Siamese glass fish,	0.96	16.63	5.09	0.44	2.43	2.30	8.24	34.81	24.33	13.41
กระจก	0.87	16.46	3.87	0.35	2.41	2.68	34.46	23.17	10.45	15.89
Sheat fish,	1.21	19.53	2.63	0.23	3.00	2.59	41.40	12.24	8.32	15.14
เนื้ออ่อน										
Snake skin gourami,	0.57	10.76	6.88	2.42**	1.98	3.39	36.05	27.05	7.43	15.22
สลิด										
Clown knife fish,	0.53	12.46	1.06	0.85	1.94	3.66	33.85	16.84	19.90	26.31
กราย	1.33	22.71	10.24	0.16	0.58	1.14	37.16	20.99	7.19	9.34

หมายเหตุ แสดงผลเฉพาะส่วนที่เป็นเนื้อปลาสด (raw meat) เท่านั้น ไม่รวมถึงเครื่องใน (viscera) และชั้นไขมัน (adipose tissue)

** 20:0 + 18:3 , n-3

% W/W แทน เปอร์เซ็นต์ไขมันหรือกรดไขมันต่อน้ำหนักเนื้อปลา100กรัม

$\sum$SFA แทน ผลรวมกรดไขมันชนิดอิ่มตัว

$\sum$n-6 แทน ผลรวมกรดไขมันกลุ่ม n-6

$\sum$n-3 แทน ผลรวมกรดไขมันกลุ่ม n-3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2-5 ปริมาณกรดไขมันชนิดอิ่มตัวและกรดไขมันกลุ่ม n-6 และ n-3 ในปลาทะเล[13]

ปลาทะเล		กรดไขมัน % w/w								
ชื่อสามัญ (อังกฤษ,ไทย)	ปริมาณไขมัน % w/w	18:1 n-9	18:2 n-6	18:3 n-3	20:5 n-3	22:5 n-3	22:6 n-3	$\sum_{SFA}$	$\sum_{n-6}$	$\sum_{n-3}$
Banded scad	5.73	17.64	1.72	0.86	1.16	1.63	2.94	45.39	13.92	6.59
(สีกุนกระโดงดำ)	15.00	19.48	1.32	0.74	0.92	2.64	5.11	43.33	12.78	9.41
Long tooth salmon	4.78	12.97	0.56	0.27	2.60	1.51	5.58	47.23	6.08	9.96
(จวดเขี้ยว)	4.44	15.43	0.82	0.24	2.81	1.00	6.84	48.66	7.21	10.89
Black banded rack	4.04	33.68	0.76	0.24	0.64	0.23	5.36	47.42	3.18	6.47
(ต่าลี)	2.13	23.84	0.72	0.35	1.63	0.92	13.92	45.55	4.13	16.82
White pomfret	1.80	18.16	0.76	1.38	2.48	1.52	9.63	47.71	6.34	15.01
(จาละเม็ดขาว)	1.86	12.51	1.05	1.63	3.95	2.76	14.41	43.02	7.71	22.75
Forster's barracuda	2.36	15.71	1.29	0.66	2.41	1.52	18.80	41.30	9.03	23.39
(น้ำดอกไม้)	13.42	23.71	0.72	0.48	2.88	1.24	13.22	42.97	5.52	17.82
Six banded rock cod	0.70	12.80	0.89	0.19	4.56	2.81	18.66	31.10	14.70	26.22
(เก๋าหัวแถบ)	1.00	17.19	0.75	0.54	2.92	2.89	10.82	40.56	9.98	17.17
Greenback grey mullet	1.35	4.91	1.17	-	12.06	3.72	7.12	35.04	11.24	22.90
(กระบอก)										
Spotted sier 4.58	16.11	1.08	0.72	3.18	1.25	15.64	47.28	5.65	20.79	
(อินทรีย์จุด)	7.95	17.16	1.07	0.65	3.92	1.51	18.94	41.34	5.33	25.02
Yellow tailed caesio	1.58	10.97	1.93	0.66	3.04	1.25	18.31	42.32	10.31	23.70
(หางเหลือง)	1.74	11.55	1.50	0.66	2.95	1.33	17.40	43.20	11.38	22.34
Short bodied mackerel	4.41	5.33	1.76	2.28	11.51	2.23	7.29	38.86	9.06	23.31
(ทู)	8.23	6.45	1.58	2.28	11.97	2.07	6.77	38.40	8.20	23.09
Ornate thread fin bream	0.73	10.28	3.54	0.58	4.08	3.15	15.91	30.04	26.21	23.72
(ทรายแดง)										
Large scale tongue	1.28	9.06	1.42	0.91	4.90	4.39	13.11	35.44	15.58	23.31
Sole(ลิ้นหมา)	0.67	8.16	1.24	0.46	2.54	4.64	18.18	27.07	22.37	25.82
Ornate thread fin bream	0.73	10.28	3.54	0.58	4.08	3.15	15.91	30.04	26.21	23.72
ทรายแดง										

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2-5(ต่อ) ปริมาณกรดไขมันชนิดอิ่มตัวและกรดไขมันกลุ่ม n-6 และ n-3 ในปลาทะเล

ปลาทะเล		กรดไขมัน % w/w								
ชื่อสามัญ	ปริมาณไขมัน	18:1	18:2	18:3	20:5	22:5	22:6,	$\sum_{SFA}$	$\sum_{n-6}$	$\sum_{n-3}$
(อังกฤษ,ไทย)	% w/w	n-9	n-6	n-3	n-3	n-3	n-3			
Large scale tongue	1.28	9.06	1.42	0.91	4.90	4.39	13.11	35.44	15.38	23.31
sole, ลิ้นหมา	0.67	8.16	1.24	0.46	2.54	4.64	18.18	27.07	22.37	25.82
Indian mackerel,	6.23	7.11	2.04	1.26	7.76	1.62	14.18	41.56	9.50	24.82
ลัง	4.63	8.53	2.25	1.29	7.24	1.54	14.60	39.42	10.10	24.67
Great barracuda,	0.51	7.16	1.03	0.33	4.75	3.29	22.54	29.16	14.77	30.91
น้ำดอกไม้	3.91	23.51	0.76	0.57	3.13	1.40	14.07	40.27	7.42	19.17
Giant sea perch,	2.90	15.22	1.14	0.31	3.98	3.00	20.41	38.08	7.25	27.70
กะพงขาว	3.54	19.13	1.02	0.28	3.42	2.91	17.03	40.26	6.50	23.64
Trigger fish,	0.66	9.10	1.47	0.57	1.42	1.55	15.49	29.80	30.56	19.03
ผัวหางตัด	0.56	8.14	1.74	0.59	4.92	1.99	25.61	30.11	18.90	35.11
Giant mackerel,	3.81	15.47	1.25	0.99	3.27	1.29	21.27	39.91	7.56	26.82
อินทรีย์บั้ง	3.55	14.56	1.47	1.42	3.34	1.16	19.74	41.59	7.93	25.66
Grey dog shark,	0.75	17.51	0.80	0.23	1.95	5.15	22.57	30.04	13.27	29.90
ฉลามหนูเทา	0.71	11.07	0.76	0.29	2.05	3.49	19.49	34.74	20.34	25.32
Indian halibut,	1.00	8.89	0.81	0.43	3.20	2.08	24.21	35.30	13.82	29.92
ซีกเดียว	0.50	9.12	1.23	0.46	2.22	1.35	21.32	37.50	14.05	25.35
Black pomfret,	1.15	10.68	1.40	1.04	3.97	3.41	23.35	35.44	11.78	31.77
จาละเม็ดดำ	5.19	11.84	1.68	1.22	4.30	3.06	15.34	40.16	11.34	23.91
Black kingfish,	0.47	13.16	1.64	0.83	3.15	1.39	26.41	32.60	13.48	31.78
ช่อนทะเล	1.70	16.28	1.45	0.55	3.47	1.74	20.31	38.17	8.68	26.07
Leather jacket,	0.69	7.92	1.08	0.52	5.14	1.92	15.52	40.31	20.38	23.10
กวาง	0.68	11.56	1.00	0.49	6.14	2.59	26.07	26.19	20.47	35.29
Convex-lined theraponid,	0.80	12.01	1.88	0.70	3.54	2.73	24.26	33.24	14.66	31.23
ข้างตะเภาลายโค้ง	1.00	13.04	1.89	0.72	3.70	3.12	21.29	34.88	13.61	28.68
Bleeker's thread fin-	1.60	8.46	1.27	0.53	3.12	2.54	24.05	37.58	10.93	30.24
bream ทรายแดง	1.46	10.63	1.17	0.59	3.31	3.04	23.81	36.84	11.57	30.75
Malabar red snapper,	0.88	11.19	1.21	0.42	5.85	2.19	23.00	33.94	13.28	31.46
กะพงแดง	0.81	12.29	1.39	0.36	4.07	1.75	24.60	34.28	14.54	30.78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2-5 (ต่อ) . ปริมาณกรดไขมันชนิดอิ่มตัวและกรดไขมันกลุ่ม n-6 และ n-3 ในปลาทะเล

ปลาทะเล		กรดไขมัน % w/w								
ชื่อสามัญ (อังกฤษ,ไทย)	ปริมาณไขมัน % w/w	18:1 n-9	18:2 n-6	18:3 n-3	20:5 n-3	22:5 n-3	22:6, n-3	$\sum_{SFA}$	$\sum_{n-6}$	$\sum_{n-3}$
Bullseye,	0.83	11.64	1.79	0.60	3.77	1.79	28.11	29.24	16.89	34.27
ตาหวาน	0.81	12.30	1.58	0.39	4.75	1.71	23.90	33.27	14.98	30.75
Big eye scad,	1.98	10.17	1.81	1.17	4.41	2.44	26.01	36.85	10.20	34.03
สีกุนตาโต	1.44	12.20	1.38	0.80	3.73	2.18	24.87	37.49	11.26	31.58
Rosy thread fin bream,	1.17	10.26	1.87	1.01	2.30	3.07	28.30	32.85	14.33	34.66
ทรายแดง										
Round scad,	1.95	9.37	1.94	0.42	5.89	2.58	26.93	35.96	9.16	37.82
หูแขก	4.28	12.81	1.45	0.15	6.55	2.73	22.21	38.92	6.88	31.64
Sardinella,	1.46	6.17	1.95	0.28	6.29	0.93	29.65	38.86	8.90	37.15
หลังเขียว	1.92	6.66	1.93	0.37	7.20	1.13	26.47	39.76	8.38	35.17
Mackerel tuna,	1.50	7.17	1.81	0.56	5.14	1.16	35.07	31.82	10.26	41.93
โอลาย	1.60	7.38	1.62	0.46	5.51	1.20	32.02	34.37	9.94	39.19
Longtail tuna,	1.12	7.39	1.95	0.36	5.02	1.30	36.05	31.20	11.36	42.73
โอดำ	1.40	7.82	1.97	0.47	5.10	1.46	33.25	32.28	11.28	40.28
Wolf herring,	0.72	5.57	1.25	0.31	3.86	0.75	41.87	33.86	8.86	46.79
ดาบลาว	0.72	9.17	1.20	0.33	4.18	1.28	30.69	38.28	9.31	36.48

หมายเหตุ แสดงผลเฉพาะส่วนที่เป็นเนื้อปลาสด (raw meat) เท่านั้น ไม่รวมถึงเครื่องใน (viscera) และชั้นไขมัน (adipose tissue)

% W/W แทน เปอร์เซ็นต์ไขมันหรือกรดไขมันต่อน้ำหนักเนื้อปลา100กรัม

$\sum_{SFA}$ แทน ผลรวมกรดไขมันชนิดอิ่มตัว

$\sum_{n-6}$ แทน ผลรวมกรดไขมันกลุ่ม n-6

$\sum_{n-3}$ แทน ผลรวมกรดไขมันกลุ่ม n-3

อริชัย ก่อกิจ [26] ได้ทำการศึกษาปริมาณ DHA และ EPA ในสัตว์ทะเลบางชนิดในประเทศไทย โดยจากการศึกษากลุ่มหอย 22 ชนิด กุ้งทะเล 3 ชนิด และปลา 3 ชนิด พบว่า หอยเชลล์ (*Amusium pleuronectes*) มี DHA สูงถึง 22.4 เปอร์เซ็นต์ ของกรดไขมันที่สกัดได้ และมีไขมัน 45.8 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักแห้ง ส่วนหอยลาย (*Paphia undulata*) และหอยตลับลาย (*Meretrix lusoria*) มี EPA สูงถึง 19.4 และ 11.1 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ หอยมุก (*Pinctada* sp.) มีปริมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DHA และ EPA ค่อนข้างต่ำ แต่จะมีปริมาณน้ำมันสูงถึง 86.5 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักแห้ง ซึ่งสูงกว่าสิ่งมีชีวิตใดๆที่มีการรายงานมา กุ้งแชบ๊วย (*Penaeus merguiensis*) มี DHA และ EPA สูงคือ 10.9 และ 11.54 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ กุ้งกุลาดำ (*P. monodon*) ซึ่งเป็นกุ้งเลี้ยงก็มีปริมาณ DHA ค่อนข้างสูง(12.8 เปอร์เซ็นต์) เช่นกัน ถึงแม้การสำรวจนี้จะพบ DHA และ EPA ในสัตว์ทะเลทุกชนิด แต่ข้อมูลการสำรวจยังไม่มากพอจะโยงความสัมพันธ์ถึงแหล่งของ DHA และ EPA ได้ ผลการศึกษาแสดงดังตารางที่ 2-6

ตารางที่ 2-6 การศึกษาปริมาณ DHA และ EPA ในสัตว์ทะเลบางชนิดในไทย [26]

ชนิดของตัวอย่าง	EPA (เปอร์เซ็นต์)	DHA (เปอร์เซ็นต์)	อื่นๆ (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณไขมัน (g/100 g)
หอยแครงใต้ (*Arca granulosa*)	9.0	9.4	81.6	15.8
หอยแครงตะวันออก (*A. granulosa*)	5.1	9.3	85.6	0.5
หอยตลับ (*Meretrix* sp.)	11.1	11.2	77.7	48.4
หอยหลอด	7.1	13.0	79.9	23.9
หอยหวาน	2.9	2.8	94.3	15.9
หอยเชลล์ (*Amusium pleuronectes*)	6.9	22.4	70.7	45.9
หอยลาย (*Paphia undulata*)	19.4	5.0	75.6	48.4
หอยนางรม (*Crassostrea gigas*)	8.7	9.3	82.0	55.4
หอยเสียบ (*Donax faba*)	8.7	3.4	87.9	20.9
หอยกะพง (*Musculus senhousia*)	6.1	13.9	80.0	9.0
หอยแมลงภู่ (*Perna viridis*)	6.2	11.5	82.3	27.7
หอยสังข์ปะการัง (*Fusinus tuberculatus*)	2.1	3.3	94.6	19.0
หอยสังข์หนาม (*Murex pecten*)	4.2	7.0	88.8	23.2
หอยมวนพลู (*Turritella terebra*)*[1]	3.5	6.1	90.4	11.6
หอยสังข์ทะนาน (*Melo melo*)	5.4	6.7	87.9	70.4
หอยสังข์กบ (*Bursa rana*)	1.5	13.2	84.3	29.8
หอยสังข์จุกพราหมณ์ (*Cymbiola nobilis*)	15.0	17.7	67.3	19.0
หอยตะกาย (*Natica maculosa*)	2.0	16.0	82.0	40.0
หอยกระต่ายตาว (*Phalium bisulcatum*)	2.2	8.8	89.0	55.5
หอยมุกจาน (*Pinctada* sp.)*[1]	0.6	10.2	89.2	86.1
หมึกกล้วย (*Loligo formosana*)	9.4	27.1	63.5	52.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2-6(ต่อ) การศึกษาปริมาณ DHA และ EPA ในสัตว์ทะเลบางชนิดในไทย

ชนิดของตัวอย่าง	EPA (เปอร์เซ็นต์)	DHA (เปอร์เซ็นต์)	อื่นๆ (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณไขมัน (g/100 g)
กุ้งแชบ๊วย (*Penaeus merguiensis*)	11.5	10.9	77.6	40.3
กุ้งกุลาดำ (*P. monodon*)*2	5.6	12.7	81.7	51.1
กั้งตั๊กแตนตำข้าว (*Herpiosquilla* sp.)	9.8	9.7	80.5	44.8
หอยเชอรี่ *2	ND.*3	ND.	100.0	3.4
หอยขม (*Sinotaia ingallsiana*)*4	2.0	ND.	98.0	6.6
ปลาลิ้นหมา (*Cyanoglossus elongatus*)	10.3	2.8	80.0	16.4
ปลากระบอก (*Mugil dussmieri*)	0.9	9.5	78.4	3.3
ปลาตาหวาน (*Priacanthus tayenus*)	5.0	1.7	77.4	3.7

หมายเหตุ*1 มี 1 ตัวอย่าง, *2 กุ้งเลี้ยง, *3 ไม่มี,*4 หอยน้ำจืด, g/100g แทนปริมาณไขมันต่อตัวอย่าง100กรัม

ครรชิต จุดประสงค์ [7] ได้ศึกษาปริมาณของกรดไขมันในปลาที่นิยมบริโภคคือ ปลาน้ำจืด 8 ชนิดได้แก่ ปลาไหล ปลากราย ปลานิล ปลาสลิด ปลาตะเพียน ปลาช่อน ปลาสวาย และปลาดุก และปลาน้ำเค็ม 9 ชนิดได้แก่ ปลากะพงแดง ปลากะพงขาว ปลาเก๋า ปลาทูสด ปลาทูนึ่ง ปลาอินทรี ปลาจะละเม็ดดำ ปลาจะละเม็ดขาว และปลาสำลี โดยทำการสุ่มตัวอย่างมาจากตลาด 4 แห่งซึ่งเป็นแหล่งจำหน่ายปลาในกรุงเทพฯ ปลาที่ได้นำมาทำการประกอบอาหารโดยวิธีที่นิยมในครัวเรือน ได้แก่ การต้ม การนึ่ง การปิ้ง/ย่าง และการทอดตามแต่ชนิดของปลา จากการศึกษาพบว่า ปลามีส่วนที่กินได้ 55-81เปอร์เซ็นต์ ปริมาณหนึ่งหน่วยบริโภค (1/2 ถ้วยตวง) ของปลาสุกมีน้ำหนักเฉลี่ย 80 กรัม ปลาที่ศึกษาแบ่งตามปริมาณไขมันออกได้เป็น 4 ชนิดได้แก่ ปลาที่มีไขมันต่ำมาก (น้อยกว่าหรือเท่ากับ 2 กรัมต่อ 100 กรัม)คือ ปลาไหล ปลากราย ปลานิล ปลากะพงแดง และปลาเก๋า ปลาที่มีไขมันต่ำ (มากกว่า 2-4 กรัมต่อ 100 กรัม) คือ ปลาทูนึ่ง ปลากะพงขาว ปลาจะละเม็ดดำ และปลาอินทรี ปลาที่มีไขมันปานกลาง (มากกว่า 4-8 กรัมต่อ 100 กรัม)คือ ปลาสลิด ปลาตะเพียน และปลาจะละเม็ดขาว และปลาที่มีไขมันสูง (มากกว่า 8-20 กรัมต่อ 100 กรัม) คือ ปลาช่อน ปลาสวาย ปลาดุก และปลาสำลี กรดไขมันไม่อิ่มตัวในปลาต้ม ปลานึ่ง และปลาย่างมีค่าอยู่ระหว่าง 0.2-8.8 กรัมต่อ 100 กรัมขึ้นกับปริมาณของไขมันในปลา ปลาทอดด้วยน้ำมันถั่วเหลืองมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวอยู่ระหว่าง 4.5-14.4 กรัมต่อ100 กรัมและมีอัตราส่วนของกรดไขมันไม่อิ่มตัวต่อกรดไขมันอิ่มตัวมากกว่า 2:1 พบว่า ปลาจะละเม็ดดำ ปลาจะละเม็ดขาว ปลาสวายนึ่ง และปลากะพงขาวต้มมีกรดไขมันโอเมกา-3 สูงมากรับประทานหนึ่งหน่วยบริโภค(1/2 ถ้วยตวง) จะให้กรดไขมันโอเมกา-3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในระดับ 485-720 มิลลิกรัม คิดเป็น 80-120 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณที่แนะนำให้บริโภคในประเทศสหรัฐอเมริกา (600 มิลลิกรัมต่อวัน เมื่อได้รับพลังงาน 2,000 กิโลแคลอรี) ปลาลำลีนึ่ง ปลาช่อนนึ่งและต้ม ปลาตะเพียนต้ม ให้กรดไขมันโอเมกา-3ในระดับ 324-456 มิลลิกรัมต่อหนึ่งหน่วยบริโภค คิดเป็น 54-76 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณที่แนะนำต่อวัน ปลากะพงแดงและปลาเก๋าที่ทำให้สุกโดยวิธีนึ่งและต้มมีกรดไขมันโอเมกา-3 ต่ำกว่าปลาชนิดอื่น (62-105 มิลลิกรัมต่อหนึ่งหน่วยบริโภค คิดเป็น 10-18 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณที่แนะนำต่อวัน) ปลาย่างมีกรดไขมันโอเมกา-3 อยู่ในระดับตั้งแต่ 400 (ปลาดุกและปลาสลิด) ถึง 1,082 (ปลาช่อน) มิลลิกรัมต่อหนึ่งหน่วยบริโภค คิดเป็น 67-180 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณที่แนะนำต่อวัน ปลาทอดด้วยน้ำมันพืชมีกรดไขมันโอเมกา-3 สูงสุดคือ 638-1,725 มิลลิกรัมต่อหนึ่งหน่วยบริโภค คิดเป็น 106-28 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณที่แนะนำต่อวัน กรดไขมันที่เพิ่มขึ้นส่วนใหญ่เป็นกรดลิโนเลนิค (C18:3,n-3) ซึ่งได้มาจากการดูดซับน้ำมันถั่วเหลืองที่ใช้ทอด โดยทั่วไปปลาน้ำเค็มมีคอเลสเตอรอลต่ำกว่าปลาน้ำจืด ปลาสลิดย่างมีค่าคอเลสเตอรอลสูงที่สุดคือ 78 มิลลิกรัมต่อหนึ่งหน่วยบริโภค ซึ่งคิดเป็นเพียงร้อยละ 26 ของปริมาณที่แนะนำให้บริโภค (ไม่เกิน 300 มิลลิกรัมต่อวัน)

ตารางที่ 2-7 ปริมาณไขมันและกรดไขมันในปลาน้ำจืดและปลาทะเลบางชนิด [8]

ปลา		กรดไขมัน (mg/100g)								
ชื่อสามัญ (อังกฤษ,ไทย)	ปริมาณไขมัน (%w/w)	$\sum$SFA (g)	16:0	18:0	18:1, n-3	18:2 n-6	18:3 n-3	20:5, n-3	22:6 n-3	$\sum$n-3 (g)
Malabar red snapper (กะพงแดง)	0.5	146	82	44	57	1	0	14	84	99
Swamp eel (ไหล)	0.6	0.1	40	19	76	0	0	0	7	17
Grouper (เก๋า)	0.6	0.1	40	19	26	0	0	2	23	82
Spotted featherback (กราย)	1.2	0.3	178	70	168	39	23	10	31	136
Nile tilapia (นิล)	1.8	0.5	323	91	306	104	48	16	43	118
Short bodied mackerel (steamed)	3.0	0.8	414	134	163	33	74	23	60	177

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2-7(ต่อ) ปริมาณไขมันและกรดไขมันในปลาน้ำจืดและปลาทะเลบางชนิด

ปลา			กรดไขมัน (mg/100g)							
ชื่อสามัญ (อังกฤษ/ไทย)	ปริมาณไขมัน (%w/w)	$\sum$SFA (g)	16:0	18:0	18:1, n-3	18:2, n-6	18:3, n-3	20:5, n-3	22:6, n-3	$\sum$n-3 (g)
Giant sea perch (กะพงขาว)	3.2	1.0	574	214	351	0	16	76	295	385
Spanish mackerel (อินทรี)	3.6	2.0	1111	472	663	0	19	85	212	329
Black pomfret (จะละเม็ดดำ)	3.6	0.9	484	257	226	0	8	32	67	109
Short bodied mackerel (ทู)	3.8	1.1	576	216	254	61	20	109	85	220
Snake skin gourami sundried, salted (สลิด)	5.9	1.7	975	327	1151	194	144	76	115	356
White pomfret (จะละเม็ดขาว)	6.8	2.3	1175	453	898	30	69	193	578	840
Common silver barb (ตะเพียน)	7.4	2.3	1470	597	2052	1107	13	16	107	236
Striped snakehead fish (ช่อน)	8.5	1.7	1150	395	1557	766	5	63	332	440
Striped catfish (สวาย)	8.9	3.2	1890	727	2199	599	12	45	86	449
Black banded trevally (ลำลี)	9.2	2.9	1750	751	1853	0	7	116	325	467
Walking catfish (ดุก)	14.7	4.5	3027	1273	4293	1939	32	39	215	455

% W/W แทน เปอร์เซ็นต์ไขมันหรือกรดไขมันต่อน้ำหนักเนื้อปลา100กรัม

$\sum$SFA(g) แทน ผลรวมกรดไขมันชนิดอิ่มตัว(กรัม)

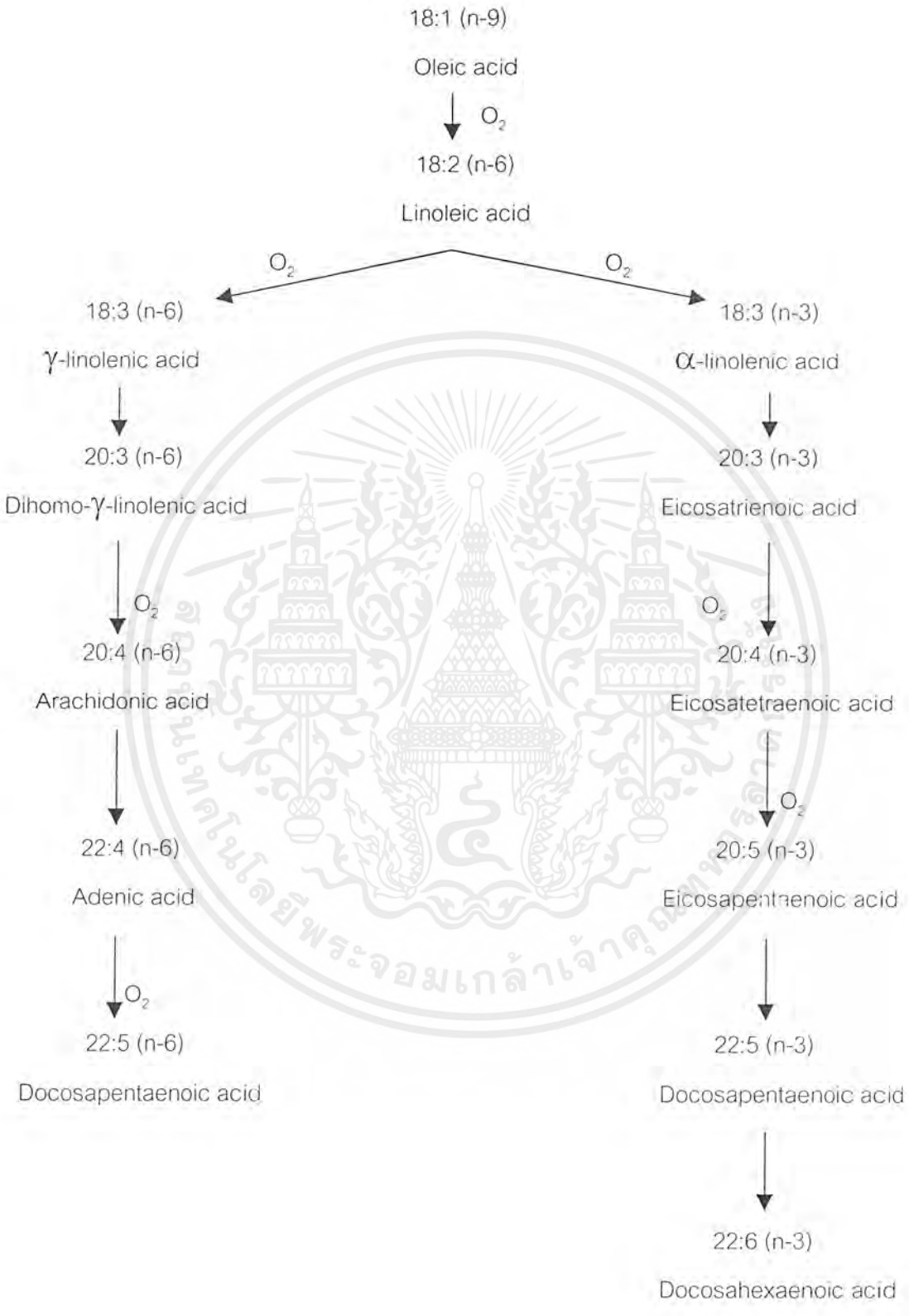
$\sum$n-3 (g) แทน ผลรวมกรดไขมันกลุ่ม n-3(กรัม)

mg/100g มิลลิกรัมไขมันหรือกรดไขมันต่อตัวอย่างเนื้อปลา100 กรัม

2.4.2 จุลินทรีย์

นอกจากปลาทะเลที่เป็นแหล่งของ EPA และ DHA แล้ว ยังมีความสนใจที่จะใช้จุลินทรีย์ [64] เป็นแหล่งของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนที่สำคัญในอนาคต เนื่องจากจุลินทรีย์สามารถสังเคราะห์กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนได้ดังรูปที่ 2-13 เพื่อใช้เป็นทางเลือกใหม่ในการผลิตกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน ซึ่งชนิดและปริมาณของกรดไขมันในจุลินทรีย์ จะขึ้นอยู่กับสภาวะแวดล้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-13 การสังเคราะห์กรดไขมันไม่อิ่มตัวในจุลินทรีย์ [64]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างเช่น องค์ประกอบของอาหาร การให้อากาศ ความเข้มแสง อุณหภูมิ เป็นต้น ซึ่งจะมีบทบาทมากต่อการสังเคราะห์ และการสะสมกรดไขมันในจุลินทรีย์เป็นส่วนใหญ่

ถึงแม้ว่าการผลิตน้ำมันจากจุลินทรีย์จะยังไม่สามารถทดแทนน้ำมันจากพืชและสัตว์ได้ แต่สามารถใช้เป็นแหล่งผลิตน้ำมันชนิดพิเศษได้ ทำให้มีความสนใจที่จะนำเอาเทคโนโลยีชีวภาพมาใช้พัฒนากระบวนการผลิตน้ำมันจากจุลินทรีย์เซลล์เดียว (SCO) เพื่อศึกษาวิถีทางการสังเคราะห์และการสะสมลิปิด ตลอดจนการเพิ่มจำนวนคาร์บอน(elongation) และการเกิดพันธะคู่ (desaturation) ของกรดไขมันที่สนใจ ซึ่งพบว่า จุลินทรีย์พวกที่ไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียสและพวกที่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส มีองค์ประกอบของกรดไขมันแตกต่างกันโดยที่

2.4.2.1 จุลินทรีย์พวกที่ไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส (procaryotic microorganism)

ก. แบคทีเรีย (bacteria)

โดยปกติ แบคทีเรียจะไม่ผลิตกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน แต่แบคทีเรียบางชนิดจะมีการเติมพันธะคู่ในโมเลกุลของกรดไขมันในสภาพไร้อากาศ Yasawa และคณะ [63] ได้ศึกษาการผลิต EPA โดยใช้แบคทีเรียสายพันธุ์ SCRC-2738 ที่แยกได้จากลำไส้ใหญ่ของปลาแมคเคอเรลในมหาสมุทรแปซิฟิค ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับ *Shewanella putrefaciens* พบว่า สามารถผลิต EPA ได้ประมาณ 24-40 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันทั้งหมด หรือ 2 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ภายใต้สภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต (พีเอช 7.0 ที่ 20 องศาเซลเซียส และให้อากาศนาน 12-18 ชั่วโมง) ได้ปริมาณชีวมวล 15 กรัมน้ำหนักแห้งต่อลิตรหรือ $2x10^{10}$ เซลล์มีชีวิตต่อมิลลิลิตร ซึ่งพบ EPA ในส่วนของฟอสโฟลิปิดที่ตำแหน่งที่ 2 ของฟอสฟาติดิลเอทาโนลามีน และฟอสฟาติดิลกลีเซอรอล

ข. สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (cyanobacteria)

พบว่า มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนอยู่บ้าง แต่โดยทั่วไปจะเป็นกรดไขมันที่มีคาร์บอน 18 อะตอมและ 3 พันธะคู่ ยังไม่พบว่าสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน มีศักยภาพพอที่จะใช้เป็นแหล่งผลิต EPA และ DHA ได้[64]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2.2 จุลินทรีย์พวกที่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส (eucaryotic microorganism)

ก. ยีสต์ (yeast)

มียีสต์หลายชนิดที่สามารถผลิตกรดไขมันได้ดีเช่น *Candida, Hensenula, Cryptococcus, Lipomyces* และ *Rhodotorula* โดยบางชนิดให้ปริมาณของกรดไขมันสูงถึง 70 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ซึ่งกรดไขมันหลักที่พบมีทั้งกรดไขมันชนิดอิ่มตัว และกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่พบในยีสต์ส่วนใหญ่จะมีคาร์บอนเพียง 18 อะตอม ถึงแม้ว่าจะมีบางสายพันธุ์ที่สามารถผลิตกรดไขมันที่มีคาร์บอน 20 อะตอมแต่มักจะเป็นกรดไขมันอิ่มตัว[64]

ข. รา (fungi)

กรดไขมันที่พบในราก็เหมือนกันกับกรดไขมันที่พบในจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆ ที่ประกอบด้วยอนุกรมเดียวกัน (homologous series) ของกรดไขมันชนิดอิ่มตัว และกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่เป็นสายตรง (aliphatic acids) ที่มีจำนวนคาร์บอนตั้งแต่ 10 ถึง 24 อะตอม โดยปกติจะพบกรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอน 16 และ 18 อะตอมเป็นส่วนใหญ่ โดยกรดไขมันอิ่มตัวส่วนใหญ่จะเป็นกรดปาลมิติค และกรดไขมันไม่อิ่มตัวส่วนใหญ่จะเป็นกรดโอเลอิคและกรดลิโนเลอิค ซึ่งองค์ประกอบของกรดไขมันที่มีลักษณะแบบนี้จะพบเป็นรูปแบบที่แน่นอนในกลุ่มของรา [64]

Shimizu และคณะ [51] พบว่า มีเชื้อราในจีนัส *Mortierella* หลายสายพันธุ์สามารถผลิต EPA โดยสะสมอยู่ในเส้นใยเมื่อนำไปเลี้ยงที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส ซึ่งนับเป็นปรากฏการณ์ที่มีลักษณะพิเศษเนื่องจากมีการกระตุ้นให้เอนไซม์สร้าง EPA ที่อุณหภูมิต่ำ จากการทดลอง *Mortierella alpina* 1S-4 สามารถผลิต EPA ได้ 0.3 กรัมต่อลิตร (27 มิลลิกรัมต่อกรัมเส้นใยแห้ง) แสดงให้เห็นว่า เชื้อรานี้สามารถใช้เป็นแหล่งผลิต EPA ได้ นอกจากนี้ Shimizu และคณะ [52] ได้ทดลองเลี้ยง *M. alpina* 20-17 เพื่อผลิต EPA ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีกลูโคสเป็นแหล่งคาร์บอน และมีสารสกัดจากยีสต์ (yeast extract) เป็นแหล่งไนโตรเจน โดยระยะแรกเลี้ยงที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสจนได้เส้นใยเพิ่มมากขึ้น จึงลดอุณหภูมิลงเป็น 12 องศาเซลเซียส ปรากฏว่า เชื้อราสามารถผลิต EPA ได้ 0.49 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร (29 มิลลิกรัมต่อกรัมเซลล์แห้ง) โดยมี EPA 13.5 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันทั้งหมด

Shimizu และคณะ [53] พบว่า *Mortierella* 20-17 สามารถเปลี่ยนกรดแอลฟาลิโนเลนิคให้เป็นกรดอะแรคคิโดนิค (ARA) และ EPAได้ เมื่อเลี้ยงที่อุณหภูมิ 6-16 องศาเซลเซียส แต่ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เชื้อราตัวนี้ไม่สามารถผลิต EPAได้ แต่เมื่อเติมกรดแอลฟาลิโนเลนิคนี้ลงไป เชื้อราสามารถเปลี่ยนกรดแอลฟาลิโนเลนิคให้เป็น EPA ได้ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ทำให้สันนิษฐานได้ว่า กรดแอลฟาลิโนเลนิคนี้จำเป็นต่อการผลิต EPA ที่อุณหภูมินี้ จากการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พบว่า น้ำมันลินสีด เป็นน้ำมันที่มีกรดแอลฟาลิโนเลนิคสูงถึง 60 เปอร์เซ็นต์ จึงมีความเหมาะสมต่อการผลิต EPA โดยเชื้อรานี้สามารถผลิต EPA ได้ 1.35 กรัมต่อลิตร (41.5 มิลลิกรัมต่อกรัมเซลล์แห้ง) และมี EPA 7.1 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันทั้งหมด

Shimizu และคณะ [54] ใช้เชื้อรา *Mortierella alpina* 1S-4 เปลี่ยนน้ำมันลินสีดให้เป็นน้ำมันที่มี EPA เมื่อเลี้ยงที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส โดยสันนิษฐานว่า มีการผลิต EPA จากกรดอะแรคคิโดนิค (ARA) ผ่านวิถีทางการสังเคราะห์จาก n-6 ที่อุณหภูมิต่ำ และจากวิถี n-3 ทำให้เชื้อรานี้มีการสะสม EPA ได้ถึง 1.88 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรของอาหารเลี้ยงเชื้อ หรือ 66.6 มิลลิกรัมต่อกรัมเซลล์แห้ง

Yamada และคณะ [62] ได้คัดเลือกจุลินทรีย์ต่างๆ พบว่า เส้นใยของเชื้อราสามารถใช้เป็นแหล่งผลิตกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนที่มีคาร์บอน 20 อะตอมได้ โดยเลี้ยงเชื้อรา *Mortierella alpina* 1S-4 ที่แยกได้จากดินในอาหารที่มีกลูโคสเป็นแหล่งคาร์บอน เชื้อรานี้สามารถผลิต ARA ได้ 4.3 กรัมต่อลิตร หรือ 274 มิลลิกรัมต่อกรัมของเซลล์แห้ง ในสภาวะการเลี้ยงนี้จะให้กรดไขมัน 65 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันทั้งหมด หากทำการเลี้ยงเชื้อรานี้ที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เชื้อรานี้จะเร่งการสร้างพันธะคู่ของ ARA ดังนั้นที่อุณหภูมิต่ำจะมีการสะสม EPA ในเส้นใยสูงกว่า ARA เชื้อรานี้จะเปลี่ยนน้ำมันที่มีกรดแอลฟาลิโนเลนิค (α-linolenic acid; ALA) เช่น น้ำมันลินสีด และน้ำมันเพอริลลา (perilla oil) ให้เป็นน้ำมันที่มี EPA ซึ่งมีความเข้มข้นเพิ่มเป็น 1.88 กรัมต่อลิตร การเปลี่ยนแปลงนี้จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่เลี้ยง เมื่อเลี้ยงเชื้อรานี้ในน้ำมันงาจะผลิต Dihomo-γ-linolenic acid (DGLA) 2.17 กรัมต่อลิตร (DGLA เกิดขึ้นพร้อมกับการลดลงของ ARA)

Shinmen และคณะ [56] พบว่า เชื้อราตัวนี้สามารถเพิ่มความเข้มข้นของ EPA และ DHA เมื่อเลี้ยงในถังหมักขนาด 5 ลิตรที่มีน้ำมันปลาแซลมอนเป็นสับสเตรท โดยสามารถเพิ่มความเข้มข้นของ EPA จาก 14.0 เปอร์เซ็นต์เป็น 29.2 เปอร์เซ็นต์ และ DHA จาก 17.3 เปอร์เซ็นต์เป็น 20 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันทั้งหมด โดย EPA และ DHA จะอยู่ในส่วนของโพลาร์ลิปิดและไตรกลีเซอไรด์ในเส้นใย ทำให้สามารถนำไปเป็นอาหารปลาและอาหารสัตว์อื่นๆ

O'Brien และคณะ [47] ได้สกัด EPA จากเส้นใยของเชื้อรา *Pythium irregulare* ด้วยตัวทำละลายที่มีส่วนผสมของเฮกเซนและไอโซโพรพานอลในอัตราส่วนที่เหมาะสม คือ 3:2 (ปริมาตร /ปริมาตร) สามารถสกัดลิปิดได้ 96 เปอร์เซ็นต์ และได้ EPA สูงถึง 24 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค. สาหร่าย (algae)

ถึงแม้ว่าปลาทะเลจะเป็นแหล่ง EPA และ DHA ที่สำคัญ แต่กรดไขมันเหล่านี้มีแหล่งกำเนิดมาจากพืชทะเลที่มีเซลล์เดียวหรือหลายเซลล์ โดยเฉพาะสาหร่าย ซึ่งพบว่ากรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบมีความเหมือนกันกับกรดไขมันที่พบในปลาทะเลและแพลงตอนพืชในบริเวณเดียวกัน แต่ในทางตรงกันข้าม มีสาหร่ายน้ำจืดเพียงบางสายพันธุ์ที่มี EPA และ DHA[64]

Akira และคณะ [50] พบว่า *Nannochloropsis oculata* ซึ่งเป็นสาหร่ายน้ำเค็มเซลล์เดียว นิยมใช้เป็นอาหารปลาในญี่ปุ่น โดยมีปริมาณไขมันและ EPA ในปริมาณที่สูง ปริมาณ EPA ในเนื้อเยื่อสามารถเพิ่มจาก 20 เปอร์เซ็นต์ เป็น 40 เปอร์เซ็นต์ของไขมันที่สกัดได้ ลิปิดที่ได้จาก *Nannochloropsis* เป็นพวกโพลาร์ลิปิดเช่น ฟอสโฟลิปิด และไกลโคลิปิด โดยในส่วนของไกลโคลิปิดเป็นพวกโมโน และไดกาแลคโตซิลไดกลีเซอไรด์มี EPA 70 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันทั้งหมด แต่ไม่มี DHA ในองค์ประกอบของไขมัน เนื่องจาก *Nannochloropsis* เป็นอาหารที่สำคัญของแพลงตอนสัตว์ การใช้แพลงตอนสัตว์เป็นอาหารของปลา จะช่วยเพิ่มอัตราการรอดตายของลูกปลาและยังใช้เป็นอาหารที่ดีเยี่ยมของตัวอ่อนของพวก crustacean เช่น กุ้ง เป็นต้น

Kimberly และคณะ [33] พบว่า มีสาหร่ายเซลล์เดียวที่มีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวในกลุ่มโอเมกา-3 เช่น EPA และ DHA เมื่อทำการเลี้ยงสาหร่ายเซลล์เดียว (MK8908) ภายใต้สภาวะที่เหมาะสม จะผลิตกรดไขมันได้ 50 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ซึ่งประกอบด้วย กรดไมริสติค ปาลมิติค และโอเลอิค ในปริมาณที่เท่ากับปริมาณ EPA คือประมาณ 2-4 เปอร์เซ็นต์ การเลี้ยงสาหร่ายเซลล์เดียวในถังหมักได้น้ำมันมากกว่าคือ 8 กรัมต่อลิตรต่อวัน ทำให้มีศักยภาพในการผลิตเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง

Kyle และคณะ [42] พบว่า สาหร่ายเซลล์เดียว (8805) ซึ่งเลี้ยงในถังหมักภายใต้สภาวะที่เหมาะสมให้ผลผลิตประมาณ 35 เปอร์เซ็นต์ ในไตรกลีเซอไรด์ที่สกัดได้มี DHA 35 เปอร์เซ็นต์ แต่น้ำมันที่สกัดได้ไม่เหมือนน้ำมันอื่นๆ คือ จะไม่มีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวชนิดอื่นนอกจาก DHA

Cohen และคณะ [34] พบว่า สาหร่ายสีแดง (red microalgae) *Porphyridium cruentum* สามารถใช้เป็นแหล่งผลิต EPA เนื่องจากมี EPA 44.1 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันทั้งหมด เมื่อทำการแยกไกลโคลิปิด และทำการเพิ่มความเข้มข้นของ EPA และ ARA โดยการตกตะกอนด้วยยูเรีย และแยกด้วย reverse phase chromatography เป็นผลให้เพิ่มความเข้มข้นของ EPA ได้ 97 เปอร์เซ็นต์ และเพิ่มความเข้มข้นของ ARAได้ 80 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ Cohen [35] พบว่าสาหร่ายเซลล์เดียว *Monodus subterraneus* สามารถผลิต EPA ซึ่งเป็นกรดไขมันหลักที่พบอยู่มากในส่วนของกาแลคโตลิปิด ในสภาวะที่ขาดไนโตรเจน ปริมาณกรดไขมันจะเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EPA จะลดลงเหลือ 19.5 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมัน และ 1.8 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้งตามลำดับ การเลี้ยงในสภาวะที่มีแสงน้อยหรือในสภาวะที่มีปริมาณเซลล์มาก จะเป็นตัวส่งเสริมทำให้สัดส่วนของ EPA สูงถึง 36.7 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมัน และได้ EPA 4.4 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ผลผลิตของ EPA สูงสุด 25.7 มิลลิกรัมต่อลิตรต่อวัน (ผลผลิตเซลล์สูงสุด) ดังนั้น *M. subterraneus* จึงน่าจะมีศักยภาพในการใช้เป็นแหล่งผลิต EPA

Weete และคณะ [60] ได้คัดเลือก *Pythium ultimum* (สายพันธุ์ 144) เพื่อใช้ผลิต ARA และ EPA ภายใต้สภาวะที่เหมาะสมพบว่า สามารถผลิต ARA ได้ 129 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 114 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ เมื่อทำการเลี้ยงใน Vogel's medium ในสภาวะที่อัตราการเจริญเติบโตคงที่ และมีการควบคุมปริมาณกลูโคส และควบคุมอุณหภูมิต่ำ ถ้าเลี้ยงในสภาวะที่ไม่มีการกวน สาหร่ายสามารถผลิต ARA และ EPA เพิ่มเป็น 254 เปอร์เซ็นต์และ 236 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

ถึงแม้ว่าจะพบแหล่งของ EPA และ DHA จากหลายแหล่ง แต่ที่มีการทำเป็นการค้านั้นส่วนใหญ่จะได้จากน้ำมันปลา ซึ่งได้มีการศึกษาคุณประโยชน์ในด้านต่างๆจึงทำให้นิยมใช้น้ำมันปลาเป็นอาหารเสริมสุขภาพ[64]

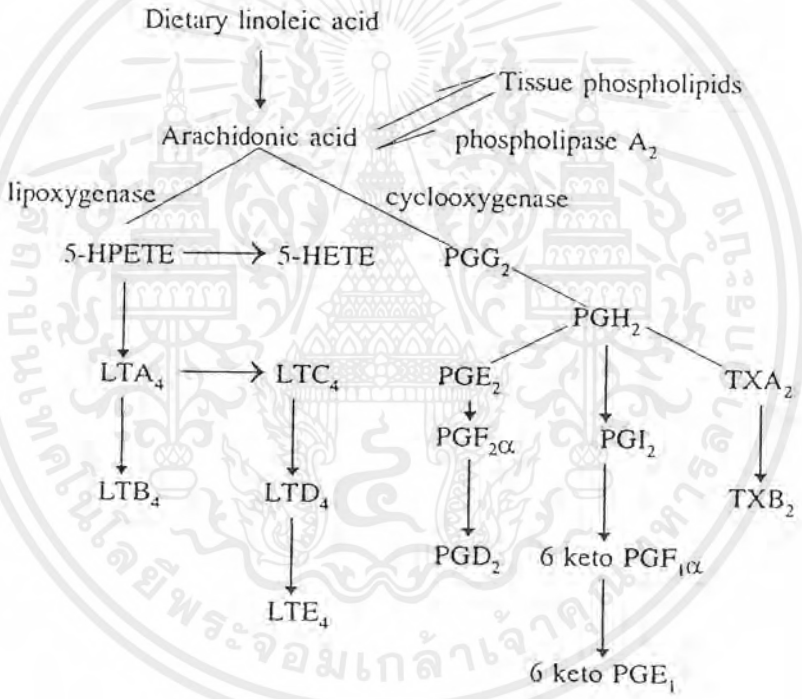
2.5 บทบาทของ EPA และ DHA กับการอุดตันของหลอดเลือด

2.5.1 ไขมันในเลือด[21]

เมื่อได้ศึกษาเกี่ยวกับสารไขมันในเลือดพบว่าขณะที่ระดับของคอเลสเตอรอล(choresterol) และไตรกลีเซอไรด์ในเลือดลดต่ำลงนั้น ปริมาณกรดอะแรคคิโดนิคก็จะต่ำลงด้วย ในขณะเดียวกันปริมาณ EPA จะมีอยู่สูงมาก และในทางตรงกันข้าม ถ้าปริมาณของคอเลสเตอรอล ไตรกลีเซอไรด์และกรดอะแรคคิโดนิคสูง พบว่าจะมีปริมาณ EPA ในเลือดต่ำ จากผลการศึกษาดังกล่าว จึงทำให้ทราบว่า EPA มีบทบาทสำคัญในการช่วยทำให้ระดับของคอเลสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์ในเลือดลดลง ต่อมาได้มีการศึกษาถึงความสัมพันธ์อันนี้อย่างจริงจังจึงพบว่า กรดไขมันไม่อิ่มตัวในกลุ่ม n-3 โดยเฉพาะ EPA และ DHA นั้นมีส่วนสำคัญในการสร้างสารไอโคซานอยด์ (eicosanoids) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการแข็งตัวของเลือดเป็นกลุ่มสารที่คล้ายฮอร์โมนสร้างขึ้นโดยผ่านวิถีของเอนไซม์ cyclooxygenase และ วิถีของเอนไซม์ lipoxygenase ได้เป็นสารชนิดต่างๆได้แก่ พรอสตาแกลนดิน (prostaglandin, PG), thromboxane (TX) และ leukotriene (LT) ดังรูปที่ 2-14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อรับประทานอาหารพวกไขมันเข้าไป ไขมันจะถูกย่อยสลายเป็นสารไขมัน ซึ่งสารไขมันเหล่านี้จะสามารถไหลเวียนอยู่ในร่างกายได้โดยการปนไปในกระแสเลือด เนื่องจากสารไขมันมีความหนาแน่นต่ำ จึงมีลักษณะเบาลอยตัว ดังนั้นเพื่อที่จะสามารถขนถ่ายในกระแสเลือดไปยังส่วนต่างๆของร่างกายได้ สารไขมันจึงรวมตัวกับโมเลกุลของโปรตีนด้วยแรงดึงดูดทางกายภาพ เกิดเป็นไลโปโปรตีน (lipoprotein) ขึ้น ดังนั้นการมีสารไขมันในเลือดสูงจึงหมายถึง การมีระดับของไลโป-โปรตีนสูงด้วย

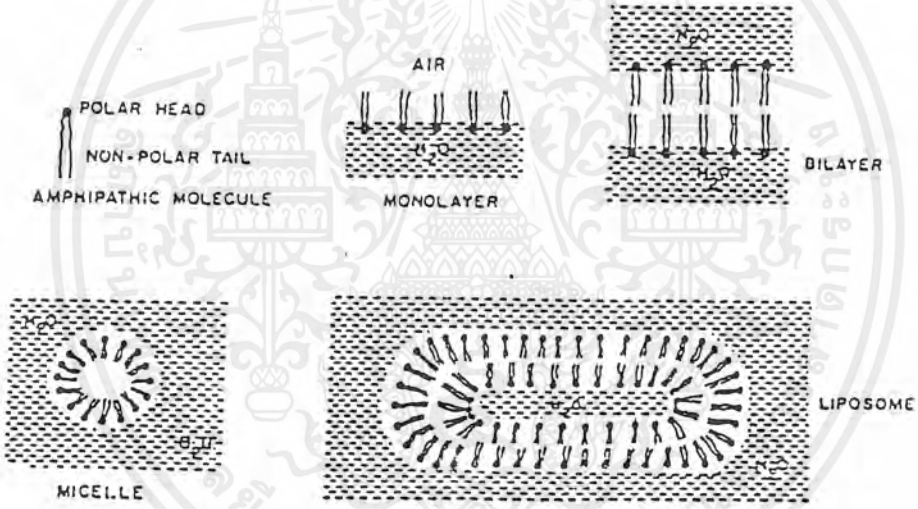


รูปที่ 2-14 แสดงวิถีเมตาบอลิซึมในการสร้างสารกลุ่ม eicosanoids จากกรดอะแรคคิโดนิค โดยผ่านวิถีของเอนไซม์ cyclooxygenase (ตัวเลขที่ห้อยติดกับอักษรย่อของ eicosanoids แสดงจำนวนพันธะคู่ eicosanoids ที่สร้างจาก EPA จะมีจำนวนพันธะคู่เพิ่มขึ้นอีก 1 คู่) [21]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารไขมันในไลโปโปรตีนในน้ำเลือด มีทั้งชนิดที่มีขั้ว (polar) คือ ฟอสโฟลิปิด (phospho lipid) และชนิดที่เป็นกลางหรือไม่มีขั้ว (non polar) คือ ไตรกลีเซอไรด์ และคอเลสเตอรอลทั้งในรูปอิสระและรูปเอสเทอร์ ซึ่งสารไขมันในเลือดที่ใช้บอกภาวะความมีระดับไขมันในเลือดสูงคือ ไตรกลีเซอไรด์ หรือคอเลสเตอรอล หรือทั้งสองชนิดสูงเกินค่าปกติในเลือด กล่าวคือ ไตรกลีเซอไรด์สูงกว่า 150 มิลลิกรัม/เดซิลิตร และคอเลสเตอรอลสูงกว่า 200 มิลลิกรัม/เดซิลิตร

สารไขมันชนิดมีขั้วจะมีลักษณะโมเลกุลที่สามารถรวมตัวกับน้ำได้ ส่วนหัวของโครงสร้างที่มีขั้วจะชอบน้ำ ขณะที่ส่วนหางซึ่งไม่มีขั้วจะไม่ชอบ ดังนั้น การรวมตัวกันของสารไขมันที่มีขั้วในน้ำจะมีได้ 3 แบบคือ ไมเซลล์ (micelle) โมโนเลเยอร์ (monolayer) และไบเลเยอร์ (bilayer) ดังแสดงในรูปที่ 2-15



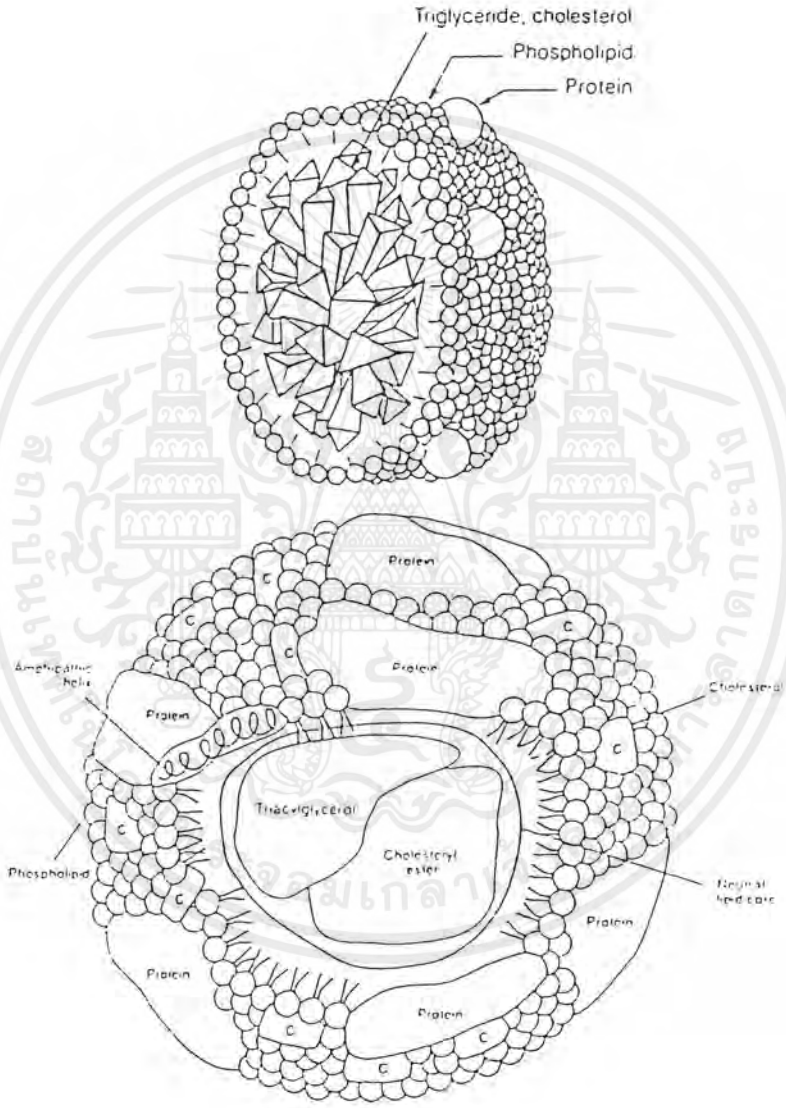
รูปที่ 2-15 โครงสร้างแบบต่างๆของลิปิดในน้ำ [21]

ส่วนสารไขมันชนิดเป็นกลางหรือไม่มีขั้ว ไม่สามารถเกิดโครงสร้างโมเลกุลแบบไมเซลล์หรือแบบไบเลเยอร์ได้ด้วยตัวเอง เพราะไม่มีส่วนหัวที่ชอบน้ำ ดังนั้นจึงอาจกระจายตัวในน้ำโดยอาศัยสารไขมันชนิดมีขั้ว หรือเกลือของกรดน้ำดี (bile salt) แทน

ไลโปโปรตีน เป็นอนุภาคที่ประกอบด้วยแกนเป็นลิปิดที่ไม่ชอบน้ำล้อมรอบด้วยชั้นของลิปิดมีขั้วและอะโปโปรตีน ลิปิดอยู่รวมกับโปรตีนที่จำเพาะด้วยพันธะนอนโควาเลนท์ ไลโปโปรตีนมีปริมาณลิปิดประมาณ 50-90 เปอร์เซ็นต์ ประกอบด้วย ลิปิดที่มีขั้ว หรือฟอสโฟลิปิด และไตรเอซิลกลีเซอรอล นอกจากนี้ยังประกอบด้วยคอเลสเตอรอลและคอเลสเตอรอลเอสเทอร์ในปริมาณต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับโปรตีนที่จำเพาะนั้นมีกรดอะมิโนชนิดไม่มีขั้วปริมาณสูง ลิปิดชนิดไตรกลีเซอรอลและคอเลสเตอรอล ซึ่งไม่มีขั้วจะอยู่บริเวณด้านในของโมเลกุล ถูกล้อมรอบด้วยส่วนที่ชอบน้ำ สายโซ่โพลีเปปไทด์หรือหัวไฮโดรฟิลิกของฟอสโฟลิปิดชั้นนอกของไลโปโปรตีนนี้จะหันเข้าหาน้ำ ทำให้ไลโปโปรตีนละลายน้ำได้ ดังรูปที่ 2-16[61]



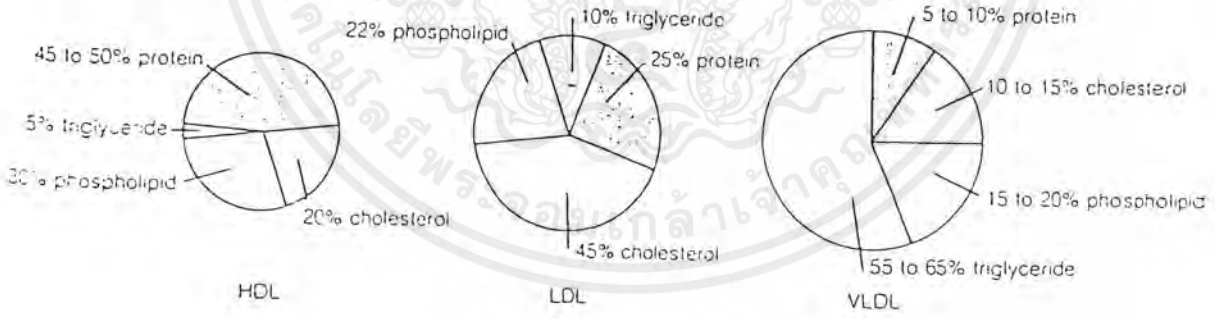
รูปที่ 2-16 แสดงพลาสมาไลโปโปรตีน [61,64]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไลโปโปรตีนที่เป็นตัวขนส่งไขมันในเลือดแต่ละชนิดจะมีความหนาแน่นแตกต่างกัน เนื่องจากมีปริมาณไขมันและโปรตีนที่แตกต่างกัน หากแบ่งไลโปโปรตีนในน้ำเลือดตามความหนาแน่นจะแบ่งได้ 4 กลุ่มคือ chylomicron, VLDL (Very Low Density Lipoprotein), LDL (Low Density Lipoprotein) และ HDL (High Density Lipoprotein) ซึ่งมีขนาดอนุภาคต่างกันจากใหญ่ไปหาเล็กตามลำดับ ไลโปโปรตีนแต่ละกลุ่มจะมีความหนาแน่นและองค์ประกอบแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 2-8 และรูปที่ 2-17

ตารางที่ 2-8 ความหนาแน่นและองค์ประกอบของไลโปโปรตีน [21]

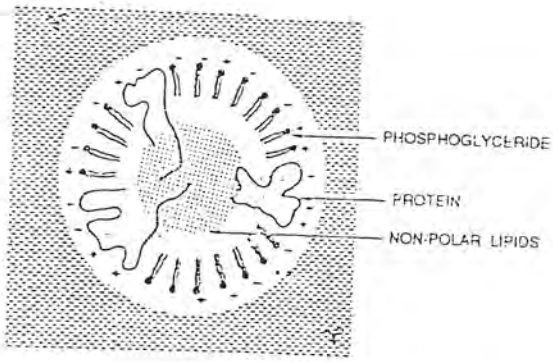
ไลโปโปรตีน	ความหนาแน่น (กรัมต่อมิลลิลิตร)	โปรตีน (เปอร์เซ็นต์)	ไตรกลีเซอไรด์ (เปอร์เซ็นต์)	ฟอสโฟลิปิด (เปอร์เซ็นต์)	คอเลสเตอรอล (เปอร์เซ็นต์)	
					อิสระ	เอสเทอร์
chylomicron	0.92-0.96	1	80-90	3-6	1-3	2-4
VLDL	0.95-1.00	8	50-70	15-20	7	12
LDL	1.00-1.06	21	10	22	8	38
HDL	1.06-1.21	40-50	5	30	3-6	13-18



รูปที่ 2-17 แสดงองค์ประกอบของไลโปโปรตีนในน้ำเลือด [61]

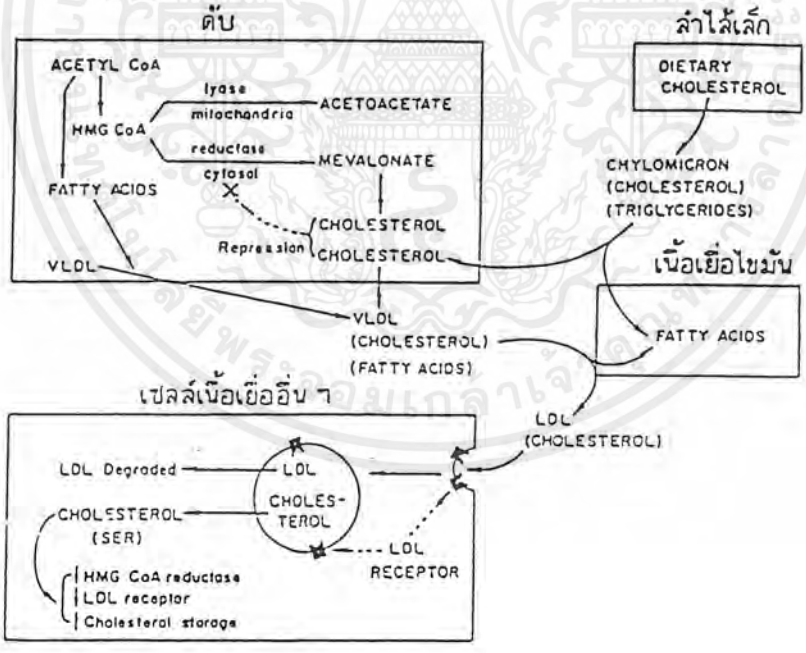
โครงสร้างของไลโปโปรตีนในน้ำเลือด มีลักษณะเดียวกับการเกิดไมเซลล์ โดยมีฟอสโฟลิปิดอยู่ด้านนอก และมีโปรตีนแทรกอยู่โดยทั่วไป ดังแสดงในรูปที่ 2-18 จึงทำให้โปรตีนสามารถพาสารไขมันซึ่งไม่ชอบน้ำเคลื่อนที่ไปในกระแสเลือดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-18 โครงสร้างของไลโปโปรตีน [21]

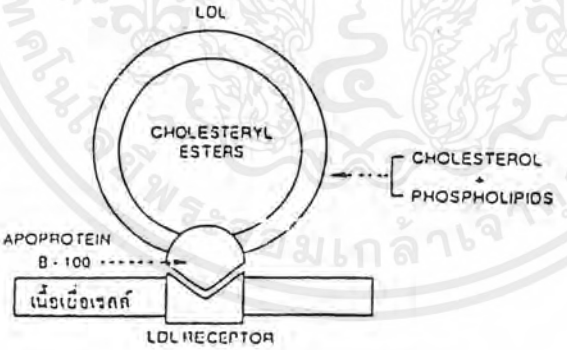
คอเลสเตอรอลในร่างกายมนุษย์ นอกจากจะได้จากอาหารซึ่ง chylomicron พามาจากลำไส้เล็กแล้ว ในไซโตพลาสซึมของเซลล์เนื้อเยื่อหลายชนิดในร่างกาย อาทิ ตับ ลำไส้เล็ก ผิวหนัง ต่อมหมวกไตส่วนเปลือก สามาถสร้างคอเลสเตอรอลขึ้นเองได้ โดยเฉพาะที่สำคัญคือ ตับ โดยสร้างจาก 3-hydroxy-3-methyl glutaryl CoA (HMGCoA) ซึ่งมี acetyl CoA เป็นสารตั้งต้นที่สำคัญ ดังแสดงในรูปที่ 2-19



รูปที่ 2-19 การควบคุมการสังเคราะห์คอเลสเตอรอลในตับ โดยปริมาณคอเลสเตอรอลที่ได้รับจากอาหาร (ผ่านลำไส้เล็ก) และการกระจายคอเลสเตอรอลจากตับไปยังเนื้อเยื่ออื่นๆ [18,21]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

acetyl CoA นี้ได้จากเมตาบอลิซึมของสารไขมัน (โดยเฉพาะไตรกลีเซอไรด์) คาร์โบไฮเดรต และกรดอะมิโนบางชนิด ปริมาณคอเลสเตอรอลในอาหาร เป็นตัวควบคุมระดับคอเลสเตอรอลที่ต้องสร้างขึ้น โดยถ้าตับได้คอเลสเตอรอลจากอาหารมาก การสังเคราะห์คอเลสเตอรอลในตับก็จะลดลง ถ้าได้คอเลสเตอรอลจากอาหารน้อย ตับจะสร้างคอเลสเตอรอลขึ้นเอง คอเลสเตอรอลจากตับถูกส่งไปในกระแสเลือดโดยมี VLDL พาไปเลี้ยงเนื้อเยื่อต่างๆของร่างกาย โดยประมาณ 80-90 เปอร์เซ็นต์ของคอเลสเตอรอลในเลือดจะรวมอยู่กับกรดไขมันชนิดอิ่มตัวเป็นคอเลสเตอรอลเอสเทอร์ ส่วนอีกประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ ร่างกายใช้สร้างวิตามินดีที่เซลล์ผิวหนัง ใช้สังเคราะห์ สเตอรอยด์ฮอร์โมน หรือขับออกจากร่างกายโดยตรงทางปัสสาวะ อุจจาระ เมื่อส่งกรดไขมันให้เนื้อเยื่อไขมันเก็บไว้แล้ว VLDL จะมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นกลายเป็น LDL ซึ่งยังมีคอเลสเตอรอลเกาะอยู่ และจะถูกพาไปยังเนื้อเยื่อต่างๆของร่างกาย โดยเนื้อเยื่อที่ได้รับคอเลสเตอรอลต้องมี LDL receptor ที่ผิวเซลล์ ซึ่งทำหน้าที่จับกับ apoprotein B-100 ของ LDL อย่างจำเพาะ ดังรูปที่ 2-20 จากรูป LDL receptor จะพา LDL ที่มีคอเลสเตอรอลนี้เข้าไปในเซลล์ จากนั้น LDL ก็จะถูกสลายโดยเอนไซม์ในไลโซโซม ปล่อยคอเลสเตอรอลให้ไปเป็นส่วนประกอบเพื่อใช้ในการสร้างหรือซ่อมแซมเยื่อเซลล์ของเนื้อเยื่อนั้น[18]



รูปที่ 2-20 การจับกันอย่างจำเพาะระหว่าง apoprotein B-100 ของ LDL receptor ของเยื่อเซลล์ [18,21]

ปริมาณคอเลสเตอรอลที่เนื้อเยื่อได้รับนี้ จะสามารถลดปริมาณเอนไซม์ HMGCoA reductase ในเนื้อเยื่อนั้น ทำให้เนื้อเยื่อนั้นไม่ต้องสร้างคอเลสเตอรอลเอง เมื่อได้รับคอเลสเตอรอลมากก็จะเก็บไว้ในรูปเอสเทอร์ และจะลดจำนวน LDL receptor บนผิวเซลล์ด้วย ดังนั้นการที่ระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LDL และคอเลสเตอรอลในเลือดสูง อาจมีสาเหตุเป็นไปได้ 3 ประการ ประการแรกคือ ร่างกายได้รับคอเลสเตอรอลจากอาหารมากเกินไป ประการที่สอง ตับสร้างคอเลสเตอรอลมากเกินไป และประการที่สาม เนื้อเยื่อต่างๆขาด LDL receptor ทำให้ไม่สามารถรับคอเลสเตอรอลจากเลือดได้ จึงมี LDL สะสมอยู่ในเลือดมาก ซึ่งระดับของ LDL receptor ในเยื่อเซลล์ต่างๆจะเป็นตัวกำหนดการกระจายคอเลสเตอรอลจากเลือดไปยังเนื้อเยื่อต่างๆ คอเลสเตอรอลที่ถูกนำไปยังเยื่อเซลล์และทำหน้าที่เสร็จสิ้นแล้ว รวมทั้งคอเลสเตอรอลที่อยู่ตามผนังด้านในของหลอดเลือด จะถูก HDL นำกลับไปเผาผลาญที่ตับ และเปลี่ยนให้เป็นกรดน้ำดี (bile acid) และเกลือของกรดน้ำดี (bile salt) ซึ่งร่างกายนำไปใช้ในการย่อยไขมัน และหลังจากทำหน้าที่เสร็จเรียบร้อยแล้วก็จะถูกขับออกจากร่างกาย ดังนั้น หากสาเหตุที่ทำให้ระดับ LDL และคอเลสเตอรอลในเลือดสูงทั้ง 3 ประการดังที่ได้กล่าวมาแล้ว อยู่ในสภาพปกติและผนังของเส้นเลือดอยู่ในสภาพปกติ โอกาสที่คอเลสเตอรอลจะตกค้างอยู่ในหลอดเลือดจึงมีน้อยมาก อย่างไรก็ตามเนื่องจาก LDL ซึ่งนำคอเลสเตอรอลออกจากตับนั้นเป็นไลโปโปรตีนที่มีขนาดอนุภาค (particle) ใหญ่กว่า HDL เมื่อใดที่ระดับ LDL และคอเลสเตอรอลในเลือดสูง โอกาสที่จะเกิดการสะสมของ LDL และคอเลสเตอรอลขึ้นในเส้นเลือดจึงมีมากกว่าพวก HDL ซึ่งเป็นไลโปโปรตีนที่มีขนาดเล็กที่สุด และหากผนังเส้นเลือดเกิดการเสียหาย (damage) โดยเฉพาะอย่างยิ่งเส้นเลือดหัวใจและเส้นเลือดสมองด้วยแล้ว การสะสมของ LDL เหล่านี้ซึ่งเกาะอยู่กับเนื้อเยื่อเกี่ยวพันบนผนังหลอดเลือดจะมากขึ้น ความยืดหยุ่นของหลอดเลือดลดลง ส่งผลให้หลอดเลือดหัวใจแคบเข้า จนในที่สุดเกิดการอุดตัน ซึ่งหากเกิดขึ้นที่หลอดเลือดหัวใจ ทำให้เลือดไปเลี้ยงหัวใจไม่พอ เป็นเหตุให้กล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือด และเซลล์บางส่วนตาย นำไปสู่โรคหัวใจล้มเหลว และหากเกิดกับเส้นเลือดในสมองจะทำให้สมองขาดเลือด และที่สุดเป็นอัมพาตได้[21]

นอกจากจะได้รับกรดไขมันชนิดอิ่มตัวและไม่อิ่มตัวจากอาหารที่รับประทานแล้ว ร่างกายของมนุษย์นั้น ยังสามารถสร้างกรดไขมันขึ้นได้เอง จากกระบวนการเมตาบอลิซึมของไขมันดังได้กล่าวแล้ว กรดไขมันทั้งสองชนิดนี้ร่างกายจะเผาผลาญให้พลังงานได้ โดยส่วนใหญ่จะเผาผลาญกรดไขมันชนิดอิ่มตัวเป็นหลัก ส่วนชนิดไม่อิ่มตัวนั้น ร่างกายจะใช้สร้างสารที่จำเป็นอื่นๆต่อการดำรงชีพ นอกจากนั้นกรดไขมันชนิดอิ่มตัวยังถูกเก็บไว้ในเซลล์เนื้อเยื่อไขมัน และถูกนำไปสร้างเป็นสารไขมันสะสมในร่างกายทางหนึ่งด้วย เนื่องจากกรดไขมันชนิดอิ่มตัวเป็นกรดไขมันชนิดที่รวมอยู่กับคอเลสเตอรอลในกระแสเลือด ดังนั้น ปริมาณที่มากเกินปกติของคอเลสเตอรอลและกรดไขมันชนิดอิ่มตัวในร่างกาย ไม่ว่าจะได้จากอาหารหรือที่ร่างกายสังเคราะห์ขึ้นในวิถีเมตาบอลิซึมของไขมัน ประกอบกับขนาดของ VLDL และ LDL ซึ่งเป็นตัวพาคอเลสเตอรอลส่วนใหญ่และสารไขมันอื่นเล็กน้อยไปในกระแสเลือด และการที่ผนังหลอดเลือดเกิดความเสียหาย มีสภาพขรุขระ เนื่องจากถูกทำลายโดยอนุมูลอิสระ ซึ่งเกิดขึ้นจากการที่น้ำมันหรือไขมันโดยทั่วไปถูกความร้อนสูง โดยเฉพาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างยิ่งในกระบวนการผลิตน้ำมันพืช ซึ่งต้องใช้อุณหภูมิสูงมากในบางขั้นตอนของกระบวนการผลิต หรือแม้การนำน้ำมันเก่าที่ทอดซ้ำๆหลายครั้งมาใช้ใหม่ เหล่านี้ต่างล้วนเป็นสาเหตุทำให้เกิดการอุดตันของเส้นเลือดทั้งสิ้น [21]

2.5.2 บทบาทของสาร eicosanoids ต่อการแข็งตัวของเลือด

คนเราได้สารไขมันประเภทโอเมกา-6 มาจากอาหารที่มีกรดลิโนเลอิค (linoleic acid; LA) และสำหรับอาหารของชาวตะวันตกนั้น พวกเขาได้สารไขมันประเภทโอเมกา-3 จากอาหารที่มีกรดแอลฟาลิโนเลนิค (α-linolenic acid; ALA) ในขณะที่กลุ่มชนที่มีอัตราการเกิดโรคหัวใจต่ำนั้น แหล่งที่มาของสารไขมันโอเมกา-3 ได้มาจากอาหารที่มี EPA และ DHA ซึ่งถือว่าเป็นแหล่งอาหารไขมันที่ปลอดภัยกว่า [21]

กรดไขมันจากอาหารบางส่วน สามารถเปลี่ยนไปเป็นกรดไขมันรูปอื่นได้ในร่างกาย เพื่อทำหน้าที่สำคัญที่สุดบางอย่าง เช่น ใช้ในการสร้างสารกลุ่มพลอสตาแกลนดิน (plostaglandin, PG) ซึ่งเป็นสารคล้ายฮอร์โมนที่มีหน้าที่สำคัญทางชีววิทยามาก เป็นกรดอินทรีย์ที่ละลายได้ในไขมัน พรอสตาแกลนดินทุกชนิดเป็นอนุพันธ์ของกรดไขมันที่มีชื่อว่า กรดพรอสตาโนอิก (prostanoic acid) ที่มีคาร์บอน 20 อะตอม คาร์บอนอะตอมที่ 8 ถึง 12 เป็นส่วนของวงแหวนไซโคลเพนเทน (cyclopentane ring) สังเคราะห์ขึ้นจากกรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดกรดอะแรคคิโดนิค (5, 8, 11, 14-eicosatetraenoic acid) พบครั้งแรกในสิ่งที่หลั่ง (secretion) มาจากต่อมลูกหมาก (prostate gland) พรอสตาแกลนดินมีหน้าที่ควบคุมกระบวนการต่างๆในร่างกายเช่น กระตุ้นการบีบตัวของกล้ามเนื้อเรียบ ควบคุมความดันโลหิต เหนี่ยวนำให้เกิดการแข็งตัวของเลือด ควบคุมวัฏจักรการตื่น นอน-การนอนหลับ ควบคุมระดับน้ำตาลของร่างกาย การบีบตัวของมดลูกในระยะรอบเดือนสตรี การหลั่งน้ำย่อยของระบบทางเดินอาหาร การสืบพันธุ์ ภูมิคุ้มกัน การอักเสบและการเจ็บปวด หน้าที่ต่างๆเหล่านี้สามารถเกี่ยวโยงไปถึง เรื่องของโรคหัวใจ ข้ออักเสบ หอบหืด ปวดศีรษะไมเกรน ต้อหิน เบาหวาน มะเร็ง และความผิดปกติอื่นๆอีก พรอสตาแกลนดินสร้างขึ้นและใช้ไปภายในเซลล์ โดยไม่มีการเก็บสะสม และจะถูกทำลายอย่างรวดเร็วโดยเอนไซม์ในร่างกาย เนื้อเยื่อแต่ละชนิดจะสร้างพรอสตาแกลนดินในปริมาณที่ต้องการใช้เท่านั้น โดยจะต้องมีกรดไขมันต้นกำเนิดที่เหมาะสมในปริมาณที่เพียงพอในเนื้อเยื่อนั้น การทำงานของอวัยวะบางระบบขึ้นอยู่กับสมดุลของสารในกลุ่มพรอสตาแกลนดิน หน้าที่ของพรอสตาแกลนดินมีทั้งผลดีและผลไม่พึงปรารถนาต่อร่างกาย ผลที่ดีส่วนใหญ่เกิดจากการควบคุมหรือทำงานโดยพรอสตาแกลนดินกลุ่ม PG1 และกลุ่ม PG3 [24,27]

PG1 สร้างมาจาก GLA ส่วน PG3 สร้างมาจาก EPA และ DHA สำหรับ PG2 ซึ่งมีอยู่ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณค่อนข้างมาก สร้างมาจาก LA และกรดอะแรคคิโดนิค (ARA) ซึ่งมีอยู่ในพืชผัก PG2 ทำให้เกิดผลที่พึงประสงค์หลายอย่าง และพร้อมๆกันนั้นก็ทำให้เกิดผลที่ไม่พึงประสงค์หลายอย่างเช่นเดียวกัน LA และ ARA ยังให้สารประกอบบางตัวซึ่งเกี่ยวข้องกับพรอสตาแกลนดิน และก่อให้เกิดผลไม่พึงปรารถนาต่อร่างกาย การกินอาหารที่ไม่ถูกต้อง การเจ็บป่วย และความชราภาพจะยับยั้งไม่ให้ ALA เปลี่ยนไปเป็น EPA หรือ DHA อาหารที่ไม่ถูกต้อง วิตามินบางชนิดน้อยเกินไป และไขมันอิ่มตัวมากเกินไป ก็จะขัดขวางการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเช่นกัน เมื่อเป็นดังนั้นคนส่วนใหญ่ไม่มีการสะสมของ EPA DHA และ GLA ในระดับที่เพียงพอ จึงไม่สามารถสร้าง PG3 และ PG1 ได้เต็มที่ เกิดความไม่สมดุลขึ้นโดยระดับ PG2 จะสูงขึ้น มีผลทำให้เลือดเหนียวกว่าปกติ เกิดปัญหาต่อเยื่อหุ้มเซลล์ต่างๆอักเสบและปัญหาต่อสุขภาพอื่นๆอีก พรอสตาแกลนดินยังแยกออกเป็นหลายชนิดด้วยกัน ภายในกลุ่ม PG1 PG2 และ PG3 อีก โดยเติมตัว E หรือ F ตามหลัง PG ลงไป จนถึงปัจจุบันนี้ นักวิทยาศาสตร์ได้ค้นพบพรอสตาแกลนดินมากกว่า 20 ชนิดด้วยกัน ตัวที่สำคัญได้แก่ PGE PGF และ PGI [24]

ในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม เซลล์เกือบทุกชนิดยกเว้นเซลล์เม็ดเลือดแดง สามารถสร้างพรอสตาแกลนดิน และสารประกอบที่เกี่ยวข้องที่เรียกว่า ไอโคซานอยด์ (eicosanoids) ซึ่งล้วนแต่เป็นสารประกอบที่มีจำนวนคาร์บอน 20 อะตอม ไอโคซานอยด์มีคุณสมบัติเหมือนฮอร์โมน คือมีผลทางสรีรภาพที่ความเข้มข้นต่ำ และมี cAMP เป็นตัวส่งข่าวในเซลล์ แต่มีคุณสมบัติต่างจากฮอร์โมน คือ ไม่ถูกขนส่งในกระแสเลือดไปยังบริเวณที่ออกฤทธิ์ แต่จะออกฤทธิ์ตรงบริเวณที่ถูกสังเคราะห์ [27]

บทบาทของสารไอโคซานอยด์ (eicosanoids) ต่อการแข็งตัวของเลือด จากการที่เราทราบว่า กรดไขมันที่มีบทบาทสำคัญในการสร้างสารไอโคซานอยด์ คือ กรดไขมันไม่อิ่มตัวกลุ่ม n-3 และ n-6 การที่จะมีการสร้างสารไอโคซานอยด์กลุ่มใดนั้น ขึ้นกับว่าเริ่มต้นจากกรดไขมันไม่อิ่มตัวกลุ่มใด โดยปกติกระบวนการเติมคาร์บอนและการเติมพันธะคู่แก่กรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีสายไฮโดรคาร์บอนยาว 18 ตัว โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรดไขมันกลุ่ม n-6 และกลุ่ม n-3 นั้นจะมีการแข่งขันกันของเอนไซม์ชนิดเดียวกันที่เกี่ยวข้องในการสร้างไอโคซานอยด์ และโดยปกติแล้ว กลุ่ม n-6 จะแข่งขันได้ดีกว่า ซึ่งหมายความว่า การสร้างกรดอะแรคคิโดนิคจากกรดลิโนเลอิค (n-6) เกิดขึ้นได้ดีกว่าการสร้าง EPA จากกรดลิโนเลนิค (n-3) แม้จะมีระดับของกรดลิโนเลนิคสูง ผลก็คือ จะมีการสร้างสารกลุ่มไอโคซานอยด์จากกรดอะแรคคิโดนิคมากกว่าสารกลุ่มไอโคซานอยด์ที่สร้างจาก EPA DPA (docosapentaenoic acid) และ DHA[24]

กลุ่มของไอโคซานอยด์ที่ถูกสร้างขึ้นทั้งจากกรดอะแรคคิโดนิคและ EPA ซึ่งประกอบด้วย leukotriene (LT), prostaglandin (PG) และ thromboxane (TX) นั้น ตัวที่ได้มีการศึกษาแล้วว่า มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทบาทต่อการแข็งตัวของเลือดและป้องกันการเกิดเส้นเลือดตีบตันคือ PGI_2 และ TXA_2 จากกรดอะแรคคิโดนิคและ TXA_3 จาก EPA[24]

เลือดในร่างกายมนุษย์ ประกอบด้วยเซลล์หลายชนิดแขวนลอยอยู่อย่างอิสระในน้ำเลือด (plasma) เซลล์อิสระเหล่านี้ได้แก่ เม็ดเลือดแดง (erythrocyte) เม็ดเลือดขาว (leukocyte) และเกล็ดเลือด (thrombocyte หรือ platelet) เซลล์อิสระเหล่านี้จะทำหน้าที่ต่างๆกัน เซลล์ที่มีหน้าที่ช่วยทำให้เลือดแข็งตัว (blood clotting)คือ เกล็ดเลือด เมื่อหลอดเลือดขาดหรือผนังด้านในของเส้นเลือดถูกทำลายโดยอนุมูลอิสระ หรือเมื่อเป็นแผล เซลล์เกล็ดเลือดจะมารวมตัวกัน และถูกจับไว้ด้วยร่างแห fibrin กลายเป็นคลอท (clot) ตัวการสำคัญที่ชักนำเซลล์เกล็ดเลือดมารวมตัวกันคือ ไอโคซานอยด์ชนิด TXA_2 ในเซลล์เกล็ดเลือดนั่นเอง[24]

TXA_2 นี้ถูกสร้างจากกรดอะแรคคิโดนิค ซึ่งร่างกายเปลี่ยนมาจากกรดลิโนเลอิคในอาหารที่เรารับประทานเข้าไป การเกิดคลอทนี้ หากเกิดบริเวณบาดแผลภายนอกร่างกาย ก็จะมีประโยชน์ช่วยทำให้เลือดแข็งตัว บาดแผลหายเร็ว แต่หากเกิดขึ้นภายในร่างกาย จะเป็นปรากฏการณ์เริ่มต้นของการเกิดเลือดคั่ง การไหลของกระแสเลือดซึ่งจะมี LDL และคอเลสเตอรอลสูงก็จะสะดุด จนทำให้เส้นเลือดตีบ กรดอะแรคคิโดนิคที่อยู่บริเวณผนังเส้นเลือดจะถูกเปลี่ยนเป็นไอโคซานอยด์อีกตัวหนึ่งคือ PGI_2 ซึ่งมีบทบาทในการระงับการรวมตัวของเกล็ดเลือด จึงทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้เลือดแข็งตัว ในร่างกายของมนุษย์ที่แข็งแรงและมีสุขภาพดีโดยทั่วๆไปนั้น ผลของ PGI_2 และ TXA_2 ต่อเกล็ดเลือดจะอยู่ในสภาวะที่สมดุล ทำให้เลือดไม่แข็งตัว แต่ถ้าเมื่อใดหลอดเลือดขาดหรือผนังด้านในของเส้นเลือดถูกทำลาย ทำให้ระดับของ PGI_2 ซึ่งถูกสร้างบริเวณผนังเส้นเลือดลดลง มีผลกระทบต่อสมดุลของ TXA_2 และ PGI_2 เกล็ดเลือดก็จะมารวมตัวกันดังกล่าว[24]

TXA_3 เป็นไอโคซานอยด์ที่ไม่มีคุณสมบัติทำให้เกล็ดเลือดมารวมตัวกัน จึงเป็นรูป inactive ของ TXA ซึ่งถูกสร้างขึ้นจาก EPA อันเป็นสับสเตรทที่ดีมากสำหรับเอนไซม์ synthetase ดังนั้น ถ้าในร่างกายมี EPA มากก็จะมีการสร้าง TXA_3 มาก ซึ่งเท่ากับเป็นการลดระดับของ TXA_2 ซึ่งเป็นรูป active ของ TXA ลง จึงทำให้โอกาสที่เกล็ดเลือดจะรวมตัวกันแล้วเกิดคลอทมีน้อย ซึ่งเท่ากับว่า TXA_3 เป็นตัวช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดเส้นเลือดตีบได้ นอกจากนั้นตรงบริเวณผนังเส้นเลือดนั้นอาจมีการสร้าง PGI_3 จาก EPA เช่นเดียวกับการที่ PGI_2 ถูกสร้างขึ้นจากกรดอะแรคคิโดนิค และสาร PGI_3 นี้จะมีบทบาทเช่นเดียวกับ PGI_2 คือต้านการรวมตัวของเกล็ดเลือดช่วยให้เลือดไม่แข็งตัว

ในระหว่างไอโคซานอยด์ตัวอื่นๆที่เหลือ มีเพียง PGE_2 และ LTB_4 จากกรดอะแรคคิโดนิค และ PGE_3 LTB_5 จาก EPA ที่ได้มีการศึกษาถึงบทบาทต่อร่างกาย แต่สำหรับไอโคซานอยด์ ตัวอื่นๆ บทบาทยังไม่แน่ชัด อย่างไรก็ตาม บทบาทส่วนใหญ่ของ PGE_2 PGE_3 LTB_4 และ LTB_5 จะไม่เกี่ยวกับการแข็งตัวของเลือด แต่จะเกี่ยวกับอาการอื่นๆเช่น PGE_2 ส่งผลให้เกิดอาการบวม อักเสบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(inflammation) ขณะที่ PGE_3 จาก EPA ช่วยลดความรุนแรงของอาการดังกล่าวลง ส่วน LTB_4 เป็นตัวสำคัญที่ชักนำให้เกิดการรวมตัวของ neutrophil ซึ่งเป็นเม็ดเลือดขาวชนิดหนึ่ง ขณะที่ LTB_5 จาก EPA ช่วยยับยั้งบทบาทของ LTB_4 ลง เป็นต้น[24]

จากที่กล่าวมานั้นแสดงให้เห็นว่า EPA มีความสำคัญต่อมนุษย์ การที่จะอาศัยการสร้าง EPA ขึ้นในร่างกายมนุษย์ จากกรดลิโนเลนิคอย่างเดียวนั้นไม่เป็นการเพียงพอ เมื่อเทียบกับกรดอะแรคคิโดนิคที่ร่างกายสร้างขึ้นจากกรดลิโนเลอิค โดยมีเหตุผลที่สนับสนุนคือ ในน้ำมันพืช ซึ่งมนุษย์หันมานิยมรับประทานแทนไขมันจากสัตว์เพื่อลดการเกิดการอุดตันของหลอดเลือดนั้น มีกรดลิโนเลอิค (n-6) สูงแต่มีกรดลิโนเลนิคต่ำประการหนึ่ง ในวิถีเมตาบอลิก (metabolic) ของการสร้างสารกลุ่มไอโคซานอยด์นั้น สำหรับเอนไซม์ชนิดเดียวกันแล้ว กรดไขมันไม่อิ่มตัวกลุ่ม n-6 จะแข่งขันได้ดีกว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัวกลุ่ม n-3 ดังได้กล่าวไว้ในตอนต้นประการหนึ่ง ประกอบกับไอโคซานอยด์ชนิด TXA_3 และ PGI_3 ที่สร้างจาก EPA มีบทบาทลดหรือยับยั้งการเกิดการแข็งตัวของเกล็ดเลือดที่ผนังหลอดเลือด ขณะที่ไอโคซานอยด์ที่สร้างจากกรดอะแรคคิโดนิคเพียงตัวเดียวคือ PGI_2 ที่มีบท-บาทลดหรือยับยั้งการเกิดการแข็งตัว แต่อีกตัวหนึ่งคือ TXA_2 มีบทบาทสำคัญยิ่งในการทำให้เกิดการแข็งตัวของเกล็ดเลือด และมีการกล่าวถึงว่า ไอโคซานอยด์ทั้ง 4 ชนิด (TXA_3 PGI_3 PGE_3 LTB_5) ซึ่งสร้างจาก EPA จะ active น้อยกว่า ไอโคซานอยด์คู่ของมันที่สร้างจากกรดอะแรคคิโดนิค ประกอบกับ คุณสมบัติการเป็นกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวของ EPA เองซึ่งโดยวิถีเมตาบอลิซึมของไขมันในร่างกายแล้ว ร่างกายจะใช้กรดไขมันไม่อิ่มตัวเพื่อสลายให้พลังงานน้อยกว่ากรดไขมันอิ่มตัว และแม้ว่าไขมันทุกชนิดจะถูกเมตาบอไลท์ (metabolited) เป็น acetyl CoA ซึ่งนอกจากจะเป็นตัวเริ่มต้นในการนำไปสร้างกรดไขมันทั้ง 2 ชนิดขึ้นมาใหม่ในร่างกาย โดยเมื่อรวมกับกลีเซอรอลจะกลายเป็นไขมันสะสมตามเนื้อเยื่อต่างๆ ของร่างกายแล้ว ยังนำไปสร้างเป็นคอเลสเตอรอลขึ้นอีกด้วย แต่เนื่องจากร่างกายมักนำกรดไขมันไม่อิ่มตัวไปสร้างเป็นสารโมเลกุลโครงสร้าง และสารอื่นๆที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตมากกว่า เมื่อเทียบกับกรดไขมันอิ่มตัว ซึ่งยังมีบทบาทเป็นตัวพาคอเลสเตอรอลไปตามกระแสเลือดด้วย ทั้งหมดที่กล่าวมานี้จึงจำเป็นที่มนุษย์จะต้องแสวงหา EPA จากแหล่งอาหารโดยตรง เพื่อให้ร่างกายได้รับ EPA อย่างเพียงพอ [27]

จากการศึกษาเรื่อง HDL และ LDL ได้มีรายงานจำนวนมากเสนอผลการค้นคว้าออกมา ในช่วงเวลาไม่กี่ปีมานี้ และสรุปว่า ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ HDL และ LDL นั้นเกี่ยวพันกับโรคหัวใจจริง ถ้าปริมาณ LDL ในเลือดสูงจะทำให้เพิ่มอัตราเสี่ยงต่อการเป็นโรคหัวใจสูงไปด้วย แต่เมื่อ HDL สูง อัตราเสี่ยงต่อโรคหัวใจจะลดลง เพราะเป็นที่ทราบกันดีว่า HDL จะช่วยเก็บคอเลสเตอรอล และนำไปสู่ตับเพื่อเผาผลาญเปลี่ยนให้เป็นกรดน้ำดี ดังนั้น โอกาสที่จะเป็นโรคหัวใจจึงลดลง [18]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันและรักษาโรคของ EPA และ DHA

2.6.1 คอเลสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์[24]

งานวิจัยของวอน ลอส และคณะ [24] ได้รายงานถึงผลของการศึกษาในคนเป็นครั้งแรกใน ปี ค.ศ. 1978 โดยทำการศึกษาในพระและซี โดยให้รับประทานอาหารที่มีปลาหางแข็งหรือปลาทู ซึ่งมีปริมาณ EPA และ DHA สูงเป็นเวลา 3 สัปดาห์ สลับกับการให้เนยแข็ง (ซึ่งมีกรดไขมันกลุ่ม n-3 ต่ำ) แทนปลาหางแข็งหรือปลาทูเป็นระยะเวลาอีก 3 สัปดาห์ ผลปรากฏว่า ในระยะแรกที่กินอาหารที่มี EPA และ DHA สูงนั้น ระดับคอเลสเตอรอลและน้ำตาลในเลือดลดลง แต่หลังจากที่กินอาหารที่มีเนยแข็งเป็นเวลา 3 สัปดาห์ ระดับไขมันกลับขึ้นสู่ระดับเดิมอีก ซึ่งแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนถึงความสัมพันธ์ของ EPA และ DHA ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงระดับคอเลสเตอรอลในเลือด

รายงานผลการศึกษาและทำการทดลองที่ศูนย์วิทยาศาสตร์สุขภาพ ณ มหาวิทยาลัยโอเรกอนพบว่า เมื่อให้อาสาสมัครกินปลาแซลมอนที่มี EPA และ DHA เป็นส่วนประกอบในอาหารเป็นเวลา 10 วันพบว่า ระดับคอเลสเตอรอลในเลือดของคนปกติลดลง 17 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในคนที่มีระดับคอเลสเตอรอลสูงอยู่ก่อนแล้วจะลดลง 20 เปอร์เซ็นต์หรือมากกว่า ระดับของไตรกลีเซอไรด์ในเลือดคนปกติจะลดลงถึง 40 เปอร์เซ็นต์ และในคนที่มีระดับไตรกลีเซอไรด์สูงอยู่ก่อนแล้วจะลดลงได้ถึง 67 เปอร์เซ็นต์ [24]

แวน เก้นท์ และคณะ [24] ได้มีการทดลองโดยให้น้ำมันปลา ซึ่งประกอบด้วยกรดไขมันโอเมกา-3 81 เปอร์เซ็นต์ โดยมี EPA 25 เปอร์เซ็นต์ และ DHA 38 เปอร์เซ็นต์แก่อาสาสมัคร 10 คน ซึ่งไม่กินปลา เขาพบว่า การกินกรดไขมันโอเมกา-3 ในปริมาณ 8 กรัมต่อวัน เป็นเวลา 4 สัปดาห์นั้น ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงในระดับของคอเลสเตอรอลหรือ HDL ในซีรัม แต่ระดับไตรกลีเซอไรด์และ VLDL ในซีรัมมีระดับลดลงอย่างมาก การไม่มีผลต่อระดับของ HDL อาจเกิดขึ้นเนื่องจากกรดโอเมกา-3 อยู่ในรูปเอทิลเอสเทอร์ ซึ่งให้ผลแตกต่างจากการใช้ในรูปของกรดโอเมกา-3 EPA

ไซส์และคณะ [24] ได้ทำการศึกษาโดยให้อาสาสมัครรับประทานปลาหางแข็งรมควันหรือสดุ วันละ 500 ถึง 800 กรัมร่วมกับคาร์โบไฮเดรตบางชนิด พบว่า เกล็ดเลือดมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมาก คือลดการจับกลุ่มและลดความหนืดเหนียวของเกล็ดเลือด

เซนอลและเวเรล [24] ให้ EPA ในปริมาณ 20 ซีซี แก่อาสาสมัครเป็นเวลา 5 สัปดาห์ พบว่าระดับคอเลสเตอรอลชนิด HDL ในเลือดสูงขึ้น ส่วนระดับไตรกลีเซอไรด์ลดลง แต่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงในระดับคอเลสเตอรอลรวม ต่อมาทั้งสองได้ทำการศึกษาแบบเดียวกันนี้ในคนไข้โรคหัวใจ พบว่าได้ผลเช่นเดียวกับอาสาสมัครที่มีสุขภาพปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฮาร์วิสและคอร์นเนอร์ [24] ได้ศึกษาผลของน้ำมันปลาที่มีต่ออาหารคาร์โบไฮเดรตสูง ซึ่งอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตสูงจะไปเพิ่มระดับของกรดไขมันที่มีความหนาแน่นต่ำมาก (Very Low Density Lipoprotein; VLDL) และ ไตรกลีเซอไรด์ในเลือด VLDL เป็นพาหะที่ใช้ในการขนส่งไตรกลีเซอไรด์เป็นส่วนใหญ่ และบางส่วนของคอเลสเตอรอลในเลือด VLDL มีขนาดเล็กกว่าไลโปโปรตีนชนิดไลโปโปรตีนความหนาแน่นต่ำ (LDL) และชนิดไลโปโปรตีนความหนาแน่นสูง (HDL) เป็นที่ยอมรับกันว่า การมีระดับ HDL สูงกว่า LDL จะสามารถป้องกันไม่ให้เกิดโรคหัวใจได้ บทบาทของ VLDL ยังไม่เป็นที่เข้าใจอย่างชัดเจน แต่นักวิจัยเชื่อว่า การมีระดับ VLDL สูงจะทำให้เสี่ยงต่อการเป็นโรคหัวใจ มีการศึกษาโดยเปรียบเทียบระหว่างผลของน้ำมันปลาและน้ำมันพืชที่มีต่อระดับ VLDL และไตรกลีเซอไรด์ในเลือดของคนที่กินอาหารคาร์โบไฮเดรตสูง โดยให้อาสาสมัครกินอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรต 45 เปอร์เซ็นต์ และไขมัน 45 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลาหนึ่ง ขั้นต่อไปเปลี่ยนอาหารเป็นคาร์โบไฮเดรต 75 เปอร์เซ็นต์และไขมัน 15 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งประกอบด้วยน้ำมันจากถั่วและเนยโกโก้อีกระยะเวลาหนึ่ง หลังจากนั้นใช้น้ำมันปลาแทนน้ำมันพืชโดยไม่เปลี่ยนแปลงสารอาหารชนิดอื่น ผลการทดลองปรากฏว่า กลุ่มของอาสาสมัครที่กินคาร์โบไฮเดรตสูงและไม่มีน้ำมันปลา จะมีระดับไตรกลีเซอไรด์สูงกว่าค่าเฉลี่ยถึง 85 เปอร์เซ็นต์ และระดับ VLDL สูงเป็น 2 เท่าของค่าเฉลี่ย แต่เมื่ออาสาสมัครกลุ่มเดิมเปลี่ยนไปกินอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตสูงและมีน้ำมันปลาด้วย ระดับไตรกลีเซอไรด์ในเลือดจะลดลงมาก คือ ลดลงต่ำกว่าระดับเฉลี่ยของคนที่กินอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตปานกลาง ส่วน VLDL ในเลือดลดลง 78 เปอร์เซ็นต์ และระดับของคอเลสเตอรอลลดลง 65 เปอร์เซ็นต์ภายใน 3 วัน หลังจากที่อาสาสมัครเริ่มกินอาหารที่มีน้ำมันปลา

ดร. พอล เนสเทล แห่งสถาบันวิจัยทางการแพทย์เบเกอร์ กรุงเมลเบิร์น ประเทศออสเตรเลีย [24] ได้แสดงให้เห็นว่า การเพิ่มน้ำมันปลาในอาหารที่มีคอเลสเตอรอลสูงนั้นจะสามารถป้องกันไม่ให้ระดับคอเลสเตอรอลในเลือดสูงขึ้นได้ และช่วยลดความเสี่ยงจากการเป็นโรคหัวใจ ทำการทดลองโดยให้อาสาสมัครกินอาหาร 3 ประเภทคือ อาหารปกติ อาหารที่มีน้ำมันปลา และอาหารที่มีน้ำมันปลาผสมไข่แดง เป็นระยะเวลา 7 สัปดาห์ อาหารปกติมีอัตราส่วนของไขมันไม่อิ่มตัวต่อไขมันอิ่มตัวในอัตราส่วน 0.47 และมีปริมาณคอเลสเตอรอล 710 มิลลิกรัมต่อวัน อาหารที่มีน้ำมันปลามีปริมาณ MaxEPA 40 กรัมต่อวัน มีอัตราส่วนของไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนต่อไขมันอิ่มตัวในอัตราส่วน 1.62 และมีปริมาณคอเลสเตอรอล 190 มิลลิกรัมต่อวัน ผลของการทดลองเมื่ออาสาสมัครเปลี่ยนจากกินอาหารปกติมากินอาหารที่มีน้ำมันปลาพบว่า ระดับไขมันชนิดต่างๆในเลือดคือ คอเลสเตอรอล VLDL LDL HDL และไตรกลีเซอไรด์ในเลือดลดลง แต่เมื่อเปลี่ยนไปกินอาหารที่มีน้ำมันปลาผสมไข่แดง ซึ่งมีคอเลสเตอรอลสูง พบว่า ระดับไขมันต่างๆในเลือดกลับไม่สูงขึ้น ยกเว้นคอเลสเตอรอลที่สูงขึ้นเพียงเล็กน้อย จึงสรุปได้ว่า น้ำมันปลามีผลต่อการลดระดับของไลโปโปรตีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และคอเลสเตอรอล ถึงแม้ว่าจะผสมไปในอาหารที่มีคอเลสเตอรอลสูงก็ตาม

2.6.2 โรคหลอดเลือดหัวใจ

ในปีค.ศ. 1982 นักวิจัยที่โรงเรียนแพทย์มหาวิทยาลัยมิชิแกน [24] ได้แสดงให้เห็นว่า น้ำมันปลาสามารถลดปฏิกิริยาตอบสนองของเส้นเลือดที่มีต่อฮอร์โมนที่หลั่งเนื่องจากความเครียด และมีการศึกษาทางคลินิกของประเทศญี่ปุ่นบ่งชี้ว่า EPA และ DHA ลดอัตราการรวมตัวของเกล็ดเลือดและลดความหนืดของเลือดลง และสรุปว่า EPA และ DHA ไม่ก่อให้เกิดผลข้างเคียง ทั้งยังมีประโยชน์ในการรักษาและป้องกันโรคหลอดเลือดอุดตันได้

ดร.โรเบิร์ท วิสส์เลอร์ และคณะแห่งมหาวิทยาลัยชิคาโก ทำการศึกษาถึง ผลของน้ำมันปลาต่อผนังหลอดเลือด พบว่า น้ำมันปลาสามารถลดการเกิดแผ่นทึบไขมันที่จับอยู่ตามหลอดเลือด (plaque) ของลิงเรซัส ซึ่งมีลักษณะหลอดเลือดและชีวเคมีใกล้เคียงกับมนุษย์ กลุ่มนักวิจัยได้เลี้ยงลิงเรซัสจำนวน 16 ตัวด้วยอาหารที่มีน้ำมันปลาสูง และอีก 8 ตัวด้วยอาหารที่คล้ายกัน แต่มีกรดไขมันอิ่มตัวสูง พบว่าลิงกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีน้ำมันปลาสูงนั้น จะเกิดแผ่นไขมันเกาะที่หลอดเลือดน้อยกว่าและมีเซลล์อักเสบมาเกาะน้อยกว่า มีความโน้มเอียงที่จะเกิดภาวะแทรกซ้อนน้อยกว่า นอกจากนี้ยังพบว่า ลิงที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีน้ำมันปลา ยังมีระดับของคอเลสเตอรอลและ LDL ในเลือดต่ำกว่าด้วย [24]

นักวิจัยที่มหาวิทยาลัยไลเดน ประเทศเนเธอร์แลนด์โดย ดร.ดาน ครอมเฮาท์ได้ทำการศึกษาระยะยาวเกี่ยวกับผลของน้ำมันปลาต่อการตายอันเนื่องมาจากโรคหัวใจ โดยศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างการบริโภคปลากับการเกิดโรคหัวใจโคโรนารีในกลุ่มคนที่อาศัยอยู่ในเมืองซัทเฟน ประเทศเนเธอร์แลนด์ ในปีค.ศ. 1960 ได้ทำการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการบริโภคปลาของอาสาสมัครชายอายุกลางคนที่มีสุขภาพดีจำนวน 852 คน ซึ่งไม่เป็นโรคหลอดเลือดหัวใจมาก่อน จากการติดตามผลเป็นระยะเวลา 20 ปีในอาสาสมัครกลุ่มนี้พบว่า 78 คนตายด้วยโรคหลอดเลือดหัวใจ ในคนที่บริโภคปลาอย่างน้อยวันละ 30 กรัมหรือ 1 ออนซ์ จะมีอัตราการตายต่ำกว่าผู้ที่ไม่ได้กินปลาเลยถึง 58 เปอร์เซ็นต์ และยังสรุปได้ว่า การกินปลาเพียง 1 หรือ 2 มื้อต่อสัปดาห์ก็น่าจะเพียงพอในการป้องกันไม่ให้เกิดโรคหลอดเลือดหัวใจได้ จากการติดตามผลของคณะวิจัยยังได้พบว่า ความสัมพันธ์ดังกล่าวยังคงปรากฏอยู่ตลอดเวลา คือในระหว่างปีค.ศ. 1960 ถึง 1970 มีคนตายด้วยโรคหลอดเลือดหัวใจโคโรนารีอีก 27 คนและระหว่างปีค.ศ. 1971 ถึง 1980 มีจำนวนอีก 51 ราย และพบว่าหากยิ่งกินปลามาก โอกาสที่จะตายด้วยโรคหลอดเลือดหัวใจก็ยิ่งน้อยลง [24]

Liu Yujun และคณะ [43] ได้ทำการศึกษาถึงผลของ EPA และ DHA ที่มีผลต่อการรวมตัวของเกล็ดเลือด ระยะเวลาแข็งตัว (coaggulation time) และส่วนประกอบของกรดไขมันในเนื้อเยื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยทดลองในกระต่าย แบ่งกระต่ายออกเป็น 3 กลุ่มๆละ 7-9 ตัว กลุ่มแรกเป็นกระต่ายที่ได้รับน้ำมันปลาวันละ 2 มิลลิลิตรต่อหนึ่งตัว กลุ่มที่สองให้น้ำมันปลาวันละ 4 มิลลิลิตรต่อหนึ่งตัว และกลุ่มที่สาม ให้น้ำมันมะกอก ทั้งสามกลุ่มจะทำการทดลองเป็นเวลา 10 สัปดาห์และมีการให้สารอาหารโดยผ่านทางสายยางลงไปสู่กระเพาะอาหารโดยตรง ผลการทดลองที่ได้ปรากฏว่า กลุ่มที่ให้น้ำ-มันปลา มีการรวมตัวของเกล็ดเลือดต่ำกว่ากลุ่มที่ให้น้ำมันมะกอก สังเกตได้จาก coaggulation time ในการรวมตัวของเกล็ดเลือดใช้เวลานานขึ้น ซึ่งผลการยับยั้งของน้ำมันปลาต่อการรวมตัวของเกล็ดเลือด จะควบคู่ไปกับการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของไขมันของพลาสมาและไขมันของเกล็ดเลือด นอกจากนี้ยังพบว่า EPA และ DHA จะเข้าไปเป็นองค์ประกอบของ myocardial และ arotic tissue มากขึ้นเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม [43]

ในปีค.ศ.1986 ดร.คาร์ล ฮอค แห่งมหาวิทยาลัยแพทยศาสตร์และทันตแพทยศาสตร์ของรัฐนิวเจอร์ซี่ ได้ทำการวิจัยถึงผลของน้ำมันปลาต่อการเสียหายของเนื้อเยื่อหัวใจ และระดับเอนไซม์ในหนู โดยแบ่งหนูเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรกให้กินอาหารที่ผสมน้ำมันข้าวโพด กลุ่มที่สองให้กินอาหารที่ผสมน้ำมันปลาด้วย เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ จากนั้นก็ทำการขัดขวางการไหลของเลือดไปที่หัวใจหนู พบว่า หนูกลุ่มที่กินอาหารผสมน้ำมันปลามีการเสียหายของเนื้อเยื่อและระดับเอนไซม์ที่บ่งบอกถึงการทำลายเนื้อเยื่อน้อยกว่าหนูกลุ่มที่กินน้ำมันข้าวโพด และยังพบอีกว่า EPA นั้นเป็นส่วนประกอบหนึ่งของเซลล์โครงสร้างหัวใจ[24]

ดังนั้น จึงเป็นที่ประจักษ์ชัดแล้วว่า กรดไขมันโอเมกา-3 ช่วยลดการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจอุดตัน ป้องกันไม่ให้เกิดหัวใจวาย และยังเป็นสิ่งที่ยืนยันได้ว่า กรดไขมันโอเมกา-3 ช่วยลดระดับองค์ประกอบของไขมันต่างๆในเลือดได้ [5]

2.6.3 ความดันเลือด

แพทย์ที่สถาบันกลางของการค้นคว้าเกี่ยวกับหัวใจและหลอดเลือด ในประเทศเยอรมันตะวันตก ได้รายงานในเดือนกรกฎาคม ปีค.ศ. 1985 ว่า อาหารที่ประกอบด้วยปลาหางแข็งหรือปลาทู ซึ่งมี EPA ในปริมาณ 2.2 กรัมต่อวัน สามารถลดความดันเลือดซิสโตลิกในคนไข้ 8 ราย ซึ่งทุกคนมีโรคความดันผิดปกติทางกรรมพันธุ์ ที่มีระดับไตรกลีเซอไรด์และคอเลสเตอรอลในเลือดสูง และทำให้เกิดโรคหัวใจในขณะที่อายุยังน้อยอยู่ โรคนี้เรียกว่า familial hyperlipoproteinmia อาหารที่มีปลาหางแข็งหรือปลาทู ยังช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์ในเลือดได้เป็นเวลาถึง 3 เดือน หลังจากนั้นระดับกลับสูงขึ้นไปเหมือนเดิมอีก ต่อมาเมื่อได้ทำการศึกษาในคนไข้ 14 รายซึ่งมีความดันเลือดสูงในระดับปานกลาง พบว่า อาหารที่มีปลาหางแข็งหรือปลาทู ลดความดันซิสโตลิกลงได้เกือบ 10 เปอร์เซ็นต์ เมื่อคนไข้หันกลับไปกินอาหารปกติ ความดันเลือดก็จะสูงขึ้นเหมือนเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเมื่อให้กินอาหารที่มีปลาหางแข็งหรือปลาทูอีก ความดันเลือดที่สูงขึ้นนั้นก็ลดลงมาสู่ระดับปกติ ค่าต่างๆของเลือดที่เกี่ยวข้องกับความดันเลือดก็ดีขึ้นด้วย ระดับโซเดียมในเลือดลดลง และเรนิน (renin) ซึ่งเป็นฮอร์โมนตัวหนึ่งที่สร้างในไตที่มีผลมากต่อความดันเลือดนั้นก็ทำงานได้เพิ่มขึ้นถึง 64 เปอร์เซ็นต์ นักวิจัยกลุ่มนี้สรุปว่า ประโยชน์ของปลาทูหรือปลาหางแข็งคือ สามารถลดความดันเลือดสูงขนาดปานกลางลงได้ [23]

ในปีค.ศ.1986 นักวิจัยแห่งโรงพยาบาลทรวงอก กรุงลอนดอน ได้ทำการศึกษาในคนไข้ 16 รายที่มีความดันเลือดสูงไม่มาก โดยให้คนไข้เหล่านี้กินน้ำมันปลา MaxEPA ในรูปของแคปซูลเป็นเวลา 6 สัปดาห์ พบว่าความดันเลือดเฉลี่ยเมื่อเริ่มต้น 160/94 มิลลิเมตรปรอท ได้ลดลงเหลือ 151/92.5 มิลลิเมตรปรอท จะเห็นได้ว่า มีการเปลี่ยนแปลงความดันซิสโตลิก (ขณะที่หัวใจบีบตัว) อย่างชัดเจน และคนไข้ส่วนมากพอใจกับการกินน้ำมันปลาในรูปแคปซูลมากกว่ายาลดความดันโลหิต [5]

2.6.4 โรคข้ออักเสบและลูปัสอีรีมาโตซัส

ดร.ไวท์ อาร์ โรบินสัน ผู้เชี่ยวชาญโรคข้อแห่งโรงพยาบาลกลางแมสซาชูเซ็ทท์ รายงานไว้ว่า MaxEPA มีผลป้องกันการอักเสบต่างๆได้เป็นอย่างดีในสัตว์ทดลองหลายชนิด เขาพบว่า MaxEPA มีผลดีต่อหนูที่เป็นโรคลูปัส [23]

นอกจากนี้ได้มีการศึกษาในสัตว์ทดลอง ที่มหาวิทยาลัยฮาร์วาร์ด ซึ่งชี้ให้เห็นว่า EPA ช่วยป้องกันร่างกายจากการโจมตีของภูมิคุ้มกันของตัวเองในโรคออโตอิมมูน เช่น โรคข้ออักเสบรูมาตอยด์ และโรคลูปัสอีรีมาโตซัส โดยศึกษาผลของ EPA ต่อการอักเสบ และโรคไต พบว่า EPA ลดการสร้างสารที่ก่อให้เกิดการอักเสบ ดังนั้นน่าจะมีประโยชน์ในการช่วยให้อาการของข้ออักเสบและลูปัสดีขึ้น ปัจจัยสำคัญตัวหนึ่งในกระบวนการอักเสบคือ ลิวโคทริอีนบี 4 (LTB_4) ซึ่งทำให้เกิดอาการเจ็บปวดที่ข้อ เนื้อเยื่อในร่างกายสามารถสร้าง LTB_4 จากกรดไขมันโอเมกา-6 (ω-6) ได้ แต่ถ้าหากว่าเป็นกรดไขมันโอเมกา-3 แล้ว ร่างกายจะสร้างลิวโคทริอีนบี 5 (LTB_5) ขึ้นแทน ซึ่ง LTB_5 ไม่มีผลเสียต่อร่างกาย [5]

ในปีค.ศ. 1985 บทความในวารสารคลินิคัลรีเสอร์ช [24] รายงานไว้ว่า อาหารที่มีน้ำมันปลาผสมอยู่ด้วยนั้น ช่วยให้สุขภาพของคนไข้ดีขึ้น ดร. โจเอล เอ็ม เครมเมอร์ และคณะ แห่งมหาวิทยาลัยแพทย์อัลบานี ได้ทำการศึกษาในคนไข้โรคข้ออักเสบรูมาตอยด์ 40 รายโดยให้คนไข้ 20 รายแรกกิน MaxEPA 15 แคปซูลต่อวันเป็นเวลา 14 สัปดาห์ และกลับมากินอาหารเดิมโดยไม่มี MaxEPA ส่วนคนไข้อีก 20 คนให้กินแคปซูลเปล่าที่ไม่มี MaxEPA วันละ 15 แคปซูลเป็นเวลา 14 สัปดาห์เช่นเดียวกัน แล้วก็ให้คนไข้ทั้ง 40 คนหยุดพักเป็นเวลา 4 สัปดาห์ หลังจากนั้นก็สลับกลุ่มกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กินแคปซูล พบว่า คนไข้ทั้ง 2 กลุ่มระหว่างที่กินยานั้น พวกที่กินน้ำมันปลามีจำนวนของผู้ที่มีอาการปวดข้อน้อยกว่าพวกที่ไม่ได้กินน้ำมันปลาประมาณครึ่งหนึ่ง และเมื่อหยุดกินน้ำมันปลา อาการก็กลับมาอีก นอกจากนี้นักวิจัยยังพบอีกว่า MaxEPA ทำให้อาการเมื่อยล้าเกิดได้ช้าลง ในการประชุมประจำปีของสมาคมโรคข้อแห่งสหรัฐอเมริกา ปีค.ศ. 1986 ดร. เครมเยอร์ ได้รายงานว่า MaxEPA มีผลทำให้ระดับ LTB_4 ลดลงได้ถึง 60 เปอร์เซ็นต์ทั้งในคนและในสัตว์ทดลอง และทำให้ระดับของ LTB_5 ในคนเพิ่มขึ้น และกล่าวว่าระดับของ LTB_4 ที่ลดลงมีความสัมพันธ์กันอย่างชัดเจนกับอาการปวดข้อที่ลดลง คนไข้ที่ได้รับ EPA จะมีอาการปวดข้อน้อยลง และอาการเมื่อยล้าก็เกิดได้ช้ากว่าเดิมมาก

2.6.5 โรคปวดศีรษะไมเกรน

น้ำมันปลา ช่วยลดความถี่และความรุนแรงของอาการปวดศีรษะไมเกรนได้ จากการศึกษาที่ศูนย์การแพทย์แห่งมหาวิทยาลัยซินซินาติ โดยดร. ชาร์ลส์ เจ กลูเอค และคณะ [24] ได้กระทำในคนไข้ที่มีอาการปวดศีรษะไมเกรนอย่างรุนแรง เป็นผู้หญิง 8 คนและชาย 7 คน คนไข้เหล่านี้เมื่อใช้ยารักษาโรคไมเกรนตามปกติแล้วไม่หาย โดยแบ่งคนไข้ออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรกให้ MaxEPA 15 กรัม ส่วนคนไข้อีกกลุ่มหนึ่งให้กินยาที่ไม่มี MaxEPA เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์เช่นกัน แล้วให้คนไข้ทั้งหมดหยุดพัก 3 สัปดาห์แล้วให้สลับกลุ่มกิน MaxEPA ผลการทดลองปรากฏว่า ในคนไข้เพศชาย MaxEPA ลดอาการไมเกรนได้เป็นอย่างดี แต่ในเพศหญิงไม่พบความแตกต่างในระหว่างที่ได้รับ MaxEPA หรือไม่ได้รับ แต่คนไข้ทุกคนมีอาการปวดศีรษะน้อยลง คนไข้ชาย 5 คนจาก 7 คนมีอาการปวดศีรษะลดลงมากกว่า 33 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่คนไข้หญิงเพียง 2 รายจาก 8 รายที่มีอาการปวดศีรษะ นักวิจัยกลุ่มนี้จึงสรุปว่า MaxEPA ลดอาการปวดไมเกรน โดยมีผลเปลี่ยนแปลงต่อการสังเคราะห์พรอสตาแกลนดิน และลดการหลั่งซีโรโตนินของเกล็ดเลือด ซึ่งมีผลทำให้การรวมกลุ่มของเกล็ดเลือดลดลงในระยะที่มีการบีบตัวของหลอดเลือดในสมอง และยังมีผลดีต่อคนที่ดื้อต่อการรักษาตามปกติ คนไข้ที่ไม่ชอบกินยา และแพ้ยาอีกด้วย

2.6.6 โรคมะเร็ง

ผลงานวิจัยค้นคว้าพบว่า อาหารที่มีปริมาณน้ำมันปลาสูง อาจช่วยในการป้องกันและยับยั้งการเจริญเติบโตของมะเร็งเต้านม ลำไส้ใหญ่ ต่อมลูกหมาก และตับอ่อนด้วย โดยศึกษาในหนูที่ปลูกถ่ายเซลล์มะเร็งที่ได้รับ MaxEPA พบว่า มีระดับของกรดอะแรคคิโดนิค (ARA) สูงขึ้น และระดับพรอสตาแกลนดินและทรอมบ็อกเซน ซึ่งเป็นผลผลิตจากเมตาบอลิสมของ ARA ลดลง ไมโครโซมจากเซลล์มะเร็งของสัตว์ที่ได้รับ MaxEPA สร้าง ARA เมตาโบไลท์ได้น้อยลง สรุปได้ว่า การ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยับยั้งเมตาบอลิซึมของ ARA เป็นกลวิธีในการยับยั้งการเจริญเติบโตของมะเร็งเต้านม [23]

ดร.เจ เจอร์กาวสกี และดร. ดับบลิวเควฟ แห่งโรงพยาบาลเซนท์แมรีในโรเชสเตอร์ ใช้น้ำมันปลาเมนเฮเดนที่มี EPA และใช้เอ็น-เมทิล-เอ็นไนโตรโซยูเรีย เป็นสารก่อมะเร็ง เขาพบว่า หนูทดลองที่ได้รับน้ำมันปลามีอายุเฉลี่ยยาวขึ้น 38 เปอร์เซ็นต์ เกิดมะเร็งน้อยกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ และก้อนมะเร็งที่เกิดมีขนาดเล็กกว่ามะเร็งในหนูที่ไม่ได้กินน้ำมันปลา 80 เปอร์เซ็นต์ ดร.ทีพีโอ คอนเนอร์ มีการทดลองที่คล้ายคลึงกัน และสรุปได้ว่า น้ำมันปลาซึ่งมีกรดไขมันโอเมกา-3 สูง อาจเป็นตัวยับยั้งการเกิดมะเร็งที่สำคัญ [23]

ในปีค.ศ. 1989 Yonikura และคณะ [65] ได้ทำการทดลองเกี่ยวกับโรคมะเร็ง โดยนำหนูมาให้ DMBA 10 มิลลิกรัม ผ่านทางท่อลงสู่กระเพาะอาหาร เพื่อเหนี่ยวนำให้เกิดโรคมะเร็ง แล้วแบ่งหนูออกเป็น 3 กลุ่มดังนี้

กลุ่มที่ 1 ให้อาหารที่ประกอบด้วย perilla oil (ซึ่งมีกรดลิโนเลนิคอยู่มาก)

กลุ่มที่ 2 ให้อาหารเป็น น้ำมันปลา ซึ่งมี DHA สูง

กลุ่มที่ 3 ให้น้ำมันข้าวโพด (มีกรดลิโนเลอิคสูง)

หลังจากสองสัปดาห์ผ่านไป หนูกลุ่มที่ได้รับน้ำมันข้าวโพด มีอาการของโรคมะเร็งที่เต้านมก่อนกลุ่มอื่นๆ และขนาดของมะเร็งเติบโตเร็วมาก จากผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า พวกกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนกลุ่ม n-3 ใน perilla oil และน้ำมันปลา สามารถยับยั้งการเกิดเนื้องอกที่มาจากการเหนี่ยวนำของ DMBA ได้

2.6.7 โรคเบาหวาน

ดร. มาร์กาเร็ท เจ อัลบริงค์ ศาสตราจารย์แห่งมหาวิทยาลัยเวสท์เวอร์จิเนีย เมืองมอร์แกนทาวน์ ศึกษาผลของน้ำมันปลาต่อระบบหัวใจและหลอดเลือดในคนไข้เบาหวาน พบว่า น้ำมันปลาในปริมาณสูงคือ ประมาณ 45 มิลลิลิตร ซึ่งจะมีกรดไขมันโอเมกา-3 ประมาณ 18 กรัมมีผลลดระดับไตรกลีเซอไรด์และคอเลสเตอรอลในเลือดได้ และทำให้การจับกลุ่มรวมกันของเกล็ดเลือดเป็นไปตามปกติ โดยที่ไม่เปลี่ยนแปลงการหยุดของเลือด [23]

เนื่องจากโรคหัวใจและหลอดเลือดมักจะพบร่วมกับโรคเบาหวาน จึงได้มีการศึกษาผลของน้ำมันปลาต่อโรคเบาหวานขึ้น และพบว่า น้ำมันปลาช่วยให้คนไข้เบาหวานประเภทที่สอง หรือประเภทที่ไม่เกี่ยวข้องกับอินซูลิน สามารถใช้อินซูลินได้ เบาหวานชนิดนี้มักเกิดในคนไข้ที่อ้วน อินซูลินของคนไข้พวกนี้จะสูญเสียความสามารถในการควบคุมระดับน้ำตาลในร่างกาย นักวิจัยชาวเนเธอร์แลนด์ [41] พบว่า ถ้ากิน MaxEPA ประมาณ 30 กรัมต่อวัน จะช่วยในการควบคุมน้ำตาลในเลือดให้ดีขึ้นในคนไข้โรคเบาหวานประเภทนี้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.8 อัลไซเมอร์

อัลไซเมอร์ เป็นหนึ่งในกลุ่มโรคสมองเสื่อม พบราว 40-50 เปอร์เซ็นต์ของโรคสมองเสื่อมทั้งหมด และมักพบในผู้สูงอายุ สาเหตุที่แท้จริงยังไม่ปรากฏแน่ชัด และยังไม่มียารักษาให้หายขาดได้ มีรายงานถึงประสิทธิภาพการทำงานของสมองในผู้สูงอายุ ที่สัมพันธ์กับปริมาณของกรดไขมันไม่อิ่มตัวในกลุ่มโอเมกา-3 และโอเมกา-6 พบว่า ผู้สูงอายุมักมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวในกลุ่มโอเมกา-3 และโอเมกา-6 ในเซลล์ต่างๆลดลง รวมถึงเซลล์สมอง ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ก่อให้เกิดโรคสมองเสื่อม ดังนั้น การเสริมกรดไขมันโอเมกา-3 ชนิด DHA ซึ่งพบมากในเซลล์สมองมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ มีส่วนช่วยรักษาระดับกรดไขมันไม่อิ่มตัวในเซลล์ต่างๆเหล่านั้นไว้ได้ นอกจากนี้ ยังมีข้อมูลจากการวิจัยและทดลองของ Miyanaga K. และคณะ พบว่า การให้กรดไขมัน DHA ควบคู่กับยา มีส่วนช่วยให้ผู้ป่วยความจำเสื่อมมีอาการดีขึ้น [11]

2.6.9 ผลของกรดไขมันในกลุ่มโอเมกา-3 ต่อการตั้งครรภ์

นักวิจัยเชื่อว่า กรดไขมัน DHA มีความสำคัญต่อการทำงานของเซลล์สมอง พบว่า ในสมองส่วน Cerebral Cortex และเรตินาของดวงตา มีปริมาณกรดไขมัน DHA สูงถึง 50 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันทั้งหมดที่มีในเนื้อเยื่อต่างๆ ข้อมูลมากมายจากการศึกษาวิจัยพบว่า การขาดกรดไขมันในกลุ่ม n-3 ระหว่างการตั้งครรภ์และช่วงที่ต้องให้น้ำนมแก่บุตร จะทำให้เด็กมีความบกพร่องในการมองและอาจสูญเสียความสามารถในการเรียนรู้ ดังนั้น หญิงที่ตั้งครรภ์และช่วงที่กำลังให้นมบุตร จึงควรได้รับกรดไขมันในกลุ่ม n-3 ให้เพียงพอ [19]

ทารกในครรภ์ระหว่าง 3 เดือนก่อนคลอด จะเป็นช่วงที่ระบบประสาทเซลล์สมองทารกมีการพัฒนามากที่สุด และมีการสะสมของกรดไขมัน DHA มากที่สุดโดยเฉพาะอย่างยิ่งในทารกคลอดก่อนกำหนด ปริมาณ DHA ที่ทารกจะได้รับมีความสำคัญอย่างมาก เพราะปกติทารกจะได้รับ DHA จากรกมารดา ดังนั้น การให้ DHA ในอาหารแก่เด็กที่คลอดก่อนกำหนดจึงเป็นเรื่องที่สำคัญ แม้เด็กที่คลอดครบกำหนดก็ควรได้รับ DHA อย่างเพียงพอและควรได้รับต่อเนื่องกันเมื่อเด็กเจริญเติบโตขึ้น นมแม่เป็นอาหารที่วิเศษสุดสำหรับทารก เพราะมีกรดไขมันจำเป็นดังกล่าวครบถ้วน[19]

นอกจากนี้ งานวิจัยในเด็กคลอดก่อนกำหนดพบว่า การขาดกรดไขมัน DHA มีผลต่อสายตา และอัตราการเต้นของหัวใจทารก และรายงานการวิจัยจากมหาวิทยาลัยมิลานพบว่า ทารกที่ได้รับนมสูตรทารกที่เสริม DHA จะมีพัฒนาการของสมองดีกว่าทารกที่ได้รับนมสูตรทารกซึ่งไม่ได้เสริม DHA นักวิจัยจึงแนะนำว่า หากทารกไม่ได้รับนมแม่ ควรจะเสริมด้วยนมสูตรทารกที่เติมกรดไขมัน DHA ส่วนหญิงตั้งครรภ์ 25-35 สัปดาห์ ควรได้รับโอเมกา-3 ในระดับ 0.7 กรัมต่อวัน หรือเท่ากับ 2 เท่าของกรดโอเมกา-3 ที่แนะนำให้รับประทานต่อวัน[19]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับเด็กทารกแรกเกิด มีความสามารถในการสังเคราะห์กรดไขมัน DHA จำกัด ดังนั้น เด็กทารกจะได้รับกรดไขมัน DHA จากนมแม่ นักวิจัยแนะนำหญิงตั้งครรภ์และแม่ที่ให้นมบุตร ควรได้รับกรดไขมัน DHA จากอาหารอย่างเพียงพอ และควรได้รับกรดไขมันจำเป็นเพิ่มขึ้น 3-4 กรัมต่อวันในระยะ 3 เดือนแรกของการให้นมบุตร หลังจากนั้นควรได้รับกรดไขมันจำเป็นเพิ่มเป็น 5 กรัมต่อวัน ในกรณีเด็กทารกที่ได้รับการเลี้ยงดูด้วยนมผงนั้น จากรายงาน Issfal Board Meeting 1994 แนะนำให้มีการเสริมกรดไขมัน DHA 35-37 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวเด็กต่อวันในนมผงที่เลี้ยงทารกดังกล่าว [11]

จากการศึกษาที่ผ่านมา สามารถบ่งชี้ว่า การเพิ่มระดับของน้ำมันปลาในอาหารมีผลดีต่อสุขภาพทั่วไปเป็นอย่างมาก เพราะน้ำมันปลาจะไปปรับระดับของพรอสตาแกลนดินให้เป็นปกติ มีการวิจัยเกี่ยวกับโรคที่รักษายาก ได้แก่ การอักเสบในโรคผิวหนังบางกลุ่มเช่น โรคเรื้อนกวาง (psoriasis) โรค multiplesclerosis โรคที่ทำให้สายตาผิดปกติ โรคไตบางโรค กำลังมีความหวังว่าน้ำมันปลาจะช่วยให้ดีขึ้นได้ [24]

นักวิจัยได้พัฒนาการใช้ประโยชน์ต่างๆเช่น นำมาบรรจุแคปซูลเป็นอาหารเสริม เพื่อป้องกันคอเลสเตอรอล นำมาใช้ผสมในนมผง โดยจะต้องนำน้ำมันปลามาห่อหุ้ม (encapsulation) และทำให้เป็นผง เพราะน้ำมันปลาเป็นองค์ประกอบที่จำเป็นสำหรับทารกในการสร้างภูมิคุ้มกัน และมักจะขาดหายไปในน้ำนมวัว ตลอดจนมีการนำมาใช้เป็นองค์ประกอบของอาหารบางประเภทเช่น สลัดครีม หรือผสมในเนื้อไส้กรอก หรือผสมในแซนด์วิชสเปรด เป็นต้น [23]

ในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ ก็มีการใช้ประโยชน์ของน้ำมันปลาอย่างกว้างขวาง เนื่องจากอุตสาหกรรมเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำทั่วโลกได้เติบโตและขยายตัวอย่างรวดเร็ว ไม่ว่าจะเป็นการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล ปลาทะเลที่มีราคาแพง ซึ่งน้ำมันปลาเป็นองค์ประกอบในอาหารที่สัตว์ทะเลชนิดต่างๆ ต้องการและขาดเสียมิได้ เพราะเมื่อสัตว์ทะเลมีชีวิตอยู่ในธรรมชาติ ก็จะได้กรดไขมันประเภทโอเมกา-3 จากแพลงตอนในทะเล หรือจากกินสัตว์ทะเลชนิดอื่นเป็นอาหาร เมื่อเราผลิตอาหารสำเร็จรูปจากกากถั่วเหลือง ข้าวโพด หรืออื่นๆ เพื่อนำมาเลี้ยงสัตว์เหล่านี้โดยไม่มีการเติมน้ำมันปลาลงไป ก็จะทำให้สัตว์ทะเลที่เลี้ยงไม่สามารถเจริญเติบโตตามที่ควรจะเป็น เพราะการขาดสารอาหารนี้ นอกจากนี้ในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ก็เริ่มหันมาให้ความสนใจน้ำมันปลา เนื่องจากน้ำมันปลาเป็นองค์ประกอบสำคัญในการสร้างระบบภูมิคุ้มกัน ทำให้มีการนำน้ำมันปลามาใช้เลี้ยงสัตว์วัยอ่อน เพื่อเพิ่มอัตราการอยู่รอดและมีสุขภาพที่แข็งแรง [23]

นอกจากนี้ ยังมีการนำน้ำมันปลาไปใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของเนื้อเยื่อของสัตว์ต่าง ๆ อีกด้วย เช่น การทดลองของ Ratnayaki และคณะ ในปีค.ศ. 1989 [49] พวกเขาได้ทำการศึกษาถึงผลของการให้อาหารที่มี n-3 PUFA (Poly Unsaturated Fatty Acid) ต่อการเปลี่ยนแปลงองค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประกอบของไขมันในกล้ามเนื้อของไก่ ทำการทดลองโดยให้ไก่กินปลาแดง (red fish) ซึ่งมี n-3 PUFA เป็นองค์ประกอบอยู่ในปริมาณ 4,8 และ 12 เปอร์เซ็นต์ ส่วนอีกกลุ่มหนึ่งให้กินผักอย่างเดียว ทำการทดลองเป็นเวลา 42 วัน จากนั้นก็นำเนื้อไก่มาตรวจสอบ (โดยเฉพาะเนื้อส่วนสีดำและสีขาว) วิเคราะห์ถึงองค์ประกอบของไขมัน และกลิ่นของเนื้อไก่ว่ามีกลิ่นปลาปนอยู่ด้วยหรือไม่ ปรากฏว่าในเนื้อไก่กลุ่มที่กินปลาแดงมีปริมาณของ n-3 PUFA สูงขึ้น ได้แก่ C20:5 ;n-3 (eicosapentaenoic acid; EPA), C22:5 ;n-3 (docosapentaenoic acid; DPA) และ C22:6 ;n-3 (docosahexaenoic acid; DHA) ซึ่งจะพบในเนื้อสีขาวมากกว่าเนื้อสีดำ ทั้งในไก่ตัวผู้และไก่ตัวเมีย ส่วนเรื่องกลิ่นของเนื้อไก่นั้นไม่มีการเปลี่ยนแปลง ยังคงเป็นกลิ่นเดิม ไม่มีกลิ่นปลาปนอยู่ด้วยแต่อย่างใด วิธีการนี้สามารถเพิ่มคุณค่าทางอาหารแก่เนื้อสัตว์ได้เทียบเท่ากับการบริโภคเนื้อปลาทะเล นอกจากจะมีการทดลองในไก่แล้ว ยังมีการทดลองในเนื้อหมู เนื้อวัว และไข่ไก่อีกด้วย [28] พบว่า ในเนื้อหมูและเนื้อวัวมีปริมาณเนื้อแดงเพิ่มมากขึ้น แต่ปริมาณคอเรสเตอรอลลดลง ส่วนในไข่ไก่ก็มีปริมาณคอเลสเตอรอลลดลงเช่นกัน แต่มีปริมาณของกรดไขมัน n-3 เพิ่มขึ้น อีกทั้งรสชาติก็ไม่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 ชนิดและลักษณะของผลิตภัณฑ์ปลาทะเลตากแห้ง

จากการสำรวจตามท้องตลาด พบว่า ผลิตภัณฑ์ปลาทะเลแปรรูปส่วนใหญ่มักจะเป็นปลาตากแห้ง ในการศึกษาครั้งนี้ได้คัดเลือกตัวอย่างที่เป็นผลิตภัณฑ์ปลาทะเลตากแห้งจำนวน 12 ชนิดคือ ปลากะตัก (จิ้งจั้ง), ปลาข้าวสาร, ปลาข้างเหลือง, ปลากระบอก, ปลาหลังเขียว, ปลาจวดเตียน, ปลากะตักแก้ว, ปลาลิ้นหมา, ปลาแก้ว, ปลาช่อนทะเล, ปลากระเบน และปลานวลจันทร์ทะเล นอกจากนี้ยังได้ทำการสุ่มคัดเลือกตัวอย่างจำนวน 3 ชนิดคือ ปลากะตัก ปลาข้าวสาร และปลาข้างเหลือง เพื่อเปรียบเทียบปริมาณไขมันและกรดไขมันไม่อิ่มตัวสายยาวชนิดต่างๆ ระหว่างผลิตภัณฑ์จากภาคใต้ (ฝั่งทะเลอันดามัน) และภาคตะวันออก (ฝั่งอ่าวไทย)

3.2 การเก็บตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์ปลาทะเลตากแห้งจากแหล่งต่างๆ โดยทำการสุ่มตัวอย่างมาจากตลาด 2 แห่งคือ ตลาดอ่างศิลา จังหวัดชลบุรี เพื่อเป็นตัวแทนของบริเวณภาคตะวันออก ซึ่งแหล่งปลามาจากฝั่งอ่าวไทย และตลาดสาธารณะ1 เทศบาลเมืองภูเก็ต จังหวัดภูเก็ต เพื่อเป็นตัวแทนของบริเวณภาคใต้ ซึ่งแหล่งปลามาจากฝั่งทะเลอันดามัน ทำการเก็บตัวอย่างในช่วงเดือนสิงหาคมถึงพฤศจิกายน พ.ศ.2542 ผลิตภัณฑ์ปลาตากแห้งทั้งหมดจะเก็บในตู้เย็นจนกว่าจะทำการวิเคราะห์

3.3 วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

3.3.1 อุปกรณ์

1. เครื่องมือชุดสกัดไขมัน
   - 1.1 Digestion Buchi 428 (Hydrolysis unit)
   - 1.2 Auto Soxhlet Buchi 810 (Extraction apparatus)
2. เครื่อง Gas Chromatography รุ่น GC17A ของบริษัท SHIMADZU ประเทศญี่ปุ่น
3. เครื่องชั่ง ทศนิยม 4 ตำแหน่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ตู้อบ (Hot air oven) อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส
5. ตู้เย็น
6. เครื่องบดตัวอย่าง (Moulinex รุ่น Moulinette S)
7. ชุด water bath
8. syringe ขนาด 10 ไมโครลิตร
9. แผ่นเทฟลอน
10. ตู้ดูดควัน
11. โถดูดความชื้น (Desiccator)
12. เครื่องแก้วที่ใช้วิเคราะห์ทางเคมี

3.3.2 สารเคมี

1. สารเคมีสำหรับชุด Digestion Buchi 428
   1.1 See Sand มีขนาดของอนุภาค (particle size) 0.5-0.75 มิลลิเมตร
   1.2 Celite 545 มีขนาดของอนุภาค (particle size) 20-45 ไมโครเมตร (ของบริษัท Fluka Chemika)

รูปที่ 3-1 ลักษณะของ See sand , ทรายชายทะเล และ Celite 545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid , HCl)
3. ปิโตรเลียมอีเทอร์ (Petroleum ether) 40-60 องศาเซลเซียส
4. กรดไขมันมาตรฐาน (Fatty acid standard) ชนิด GC grade
   - 4.1 กรดปาลมิติค (Palmitic acid ; C16:0)
   - 4.2 กรดสเตียริค (Stearic acid ; C18:0)
   - 4.3 กรดโอเลอิค (Oleic acid ; C18:1, n-9)
   - 4.4 กรดลิโนเลอิค (Linoleic acid ; C18:2, n-6)
   - 4.5 กรดลิโนเลนิค (Linolenic acid ; C18:3, n-3)
   - 4.6 กรดไอโคซะเพนตะอิโนอิค (Eicosapentaenoic acid ; C20:5, n-3)
   - 4.7 กรดโดโคซะเฮกซะอิโนอิค (Docosahexaenoic acid ; C22:6, n-3)
5. คลอโรฟอร์ม (Chloroform , $CHCl_3$)
6. โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (Potassium hydroxide, KOH)
7. เมทานอล (Methanol , CH_3OH)
8. โซเดียมซัลเฟตแอนไฮดรัส (Sodium sulphate anhydrous , Na_2SO_4)
9. เบนซิน (Benzene , C_6H_6)

3.4 วิธีการทดลอง

3.4.1 การเตรียมตัวอย่าง

1. เตรียมปลาโดยนำมาอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8-12 ชั่วโมง
2. หั่นหรือตำให้เป็นชิ้นเล็กๆ ก่อนบดให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่องบด
3. เกลี่ยลงบนถาด นำไปอบอีกครั้งที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง
4. เทใส่ในบีกเกอร์ ปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น

3.4.2 การไฮโดรไลซ์ตัวอย่างด้วยกรด (Acid hydrolysis)

1. ใส่ Celite 545 ประมาณ 5 กรัม ลงในหลอดย่อย (Digestion tube)
2. เติมกรดไฮโดรคลอริก 4 นอร์มัลประมาณ 25 มิลลิลิตร
3. นำตัวอย่างที่ทราบน้ำหนักแน่นอนประมาณ 10 กรัม ใส่ลงในหลอดย่อย คนผสมด้วยแท่งแก้วจนกระทั่งเป็นเนื้อเดียวกัน
4. เติมกรดไฮโดรคลอริก 4 นอร์มัลอีก 25 มิลลิลิตร โดยค่อยๆเทผ่านด้านข้างหลอด เพื่อ

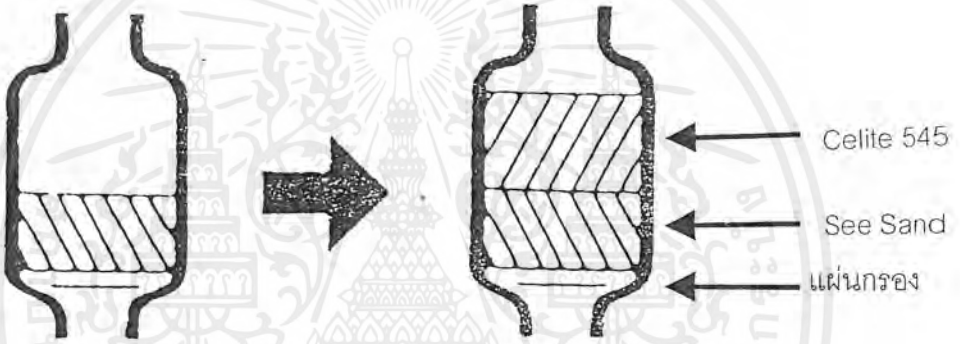
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการชะตัวอย่างที่ติดอยู่ข้างหลอด

5. ทำการเตรียม Frit โดยใส่ See Sand 20 กรัมลงไป เกลี่ยให้ผิวหน้าเรียบ จากนั้นใส่ Celite 545 ประมาณ 5 กรัมลงบน See Sand แล้วเกลี่ยให้เรียบเช่นกัน ดังแสดงในรูปที่ 3-2 ซึ่งในการไฮโดรไลซ์ตัวอย่าง 1 ครั้ง จะทำ 3 ซ้ำ

เติม See Sand ประมาณ 20 กรัม

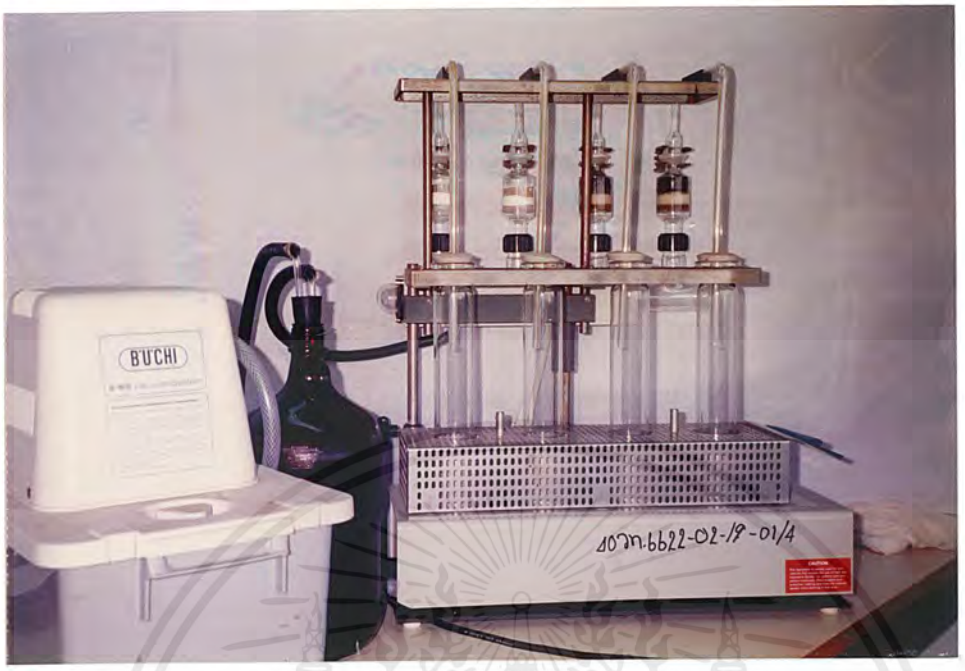
เติม Celite 545 ประมาณ 5 กรัม



รูปที่ 3-2 การเตรียม Frits

6. ทำการติดตั้งเครื่องมือ ดังนี้
   - เปิดสวิตช์เครื่องย่อย
   - หมุนปรับระดับไปที่เบอร์ 6 เป็นเวลา 15 นาที เพื่อ warm เครื่อง
   - หมุนไปที่เบอร์ 3 แล้ว set หลอดย่อย เพื่อทำการย่อย ดังแสดงในรูปที่ 3-3
   - ปล่อยให้เครื่องทำงาน ใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง ปิดสวิตช์ heater
   - เปิดสวิตช์ water-jet pump
   - โยกแกนลงมา เพื่อให้เครื่องดูด (suction) ตัวอย่างที่ย่อยแล้วในหลอด ผ่าน Frit ที่เตรียมไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-3 การย่อยตัวอย่าง (Hydrolysis)

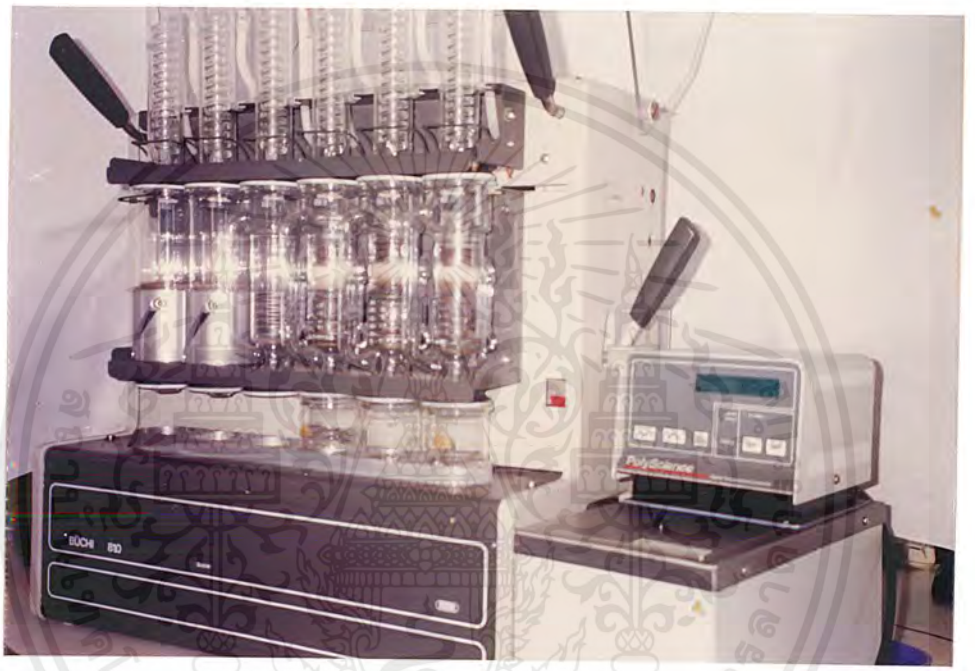
- ทำการล้างหลอดด้วยน้ำกลั่นที่มีอุณหภูมิประมาณ 50-60 องศาเซลเซียส ครั้งละ 20 มิลลิลิตร ทำ 3 ครั้ง (ทุกครั้งที่ล้าง ดูดน้ำอุ่นผ่าน frit เช่นกัน)
- ปิด water-jet pump
- ถอด Frit ออกวางใน rack
- นำไปอบที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10-12 ชั่วโมง
- ปล่อยทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น

3.4.3 การสกัดไขมันโดย Auto Soxhlet Buchi 810

- อบบีกเกอร์สำหรับเก็บ crude fat ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งหาน้ำหนักที่แน่นอน (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง)
- นำ Frit ที่อบแห้งและทำให้เย็นแล้ว ใส่ในเครื่อง Auto Soxhlet Buchi 810 พร้อมกับบีกเกอร์ ใช้สำลีอุดบน Frits หลวมๆ
- ตั้งอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นของระบบไว้ที่ 10 องศาเซลเซียส
- ตั้งอุณหภูมิ Paraffin oil สำหรับให้ความร้อนสารสกัด 120 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เติมปิโตรเลียมอีเทอร์ปริมาตร 3 ใน 4 ของบีกเกอร์ แล้วจึงเริ่มทำการสกัด ดังแสดงในรูปที่ 3-4 ใช้เวลา 3 ชั่วโมง หรือประมาณ 20 รอบการสกัดของ Soxhlet (syphoning cycles) จนกระทั่งปิโตรเลียมอีเทอร์ใส ซึ่งโดยปกติแล้ว หากใช้เครื่อง Soxhlet แบบทั่วๆไป (conventional Soxhlet apparatus) จะใช้เวลาในการสกัดนาน 4-8 ชั่วโมง



รูปที่ 3-4 การสกัดไขมันโดย "Büchi 810" Soxhlet apparatus

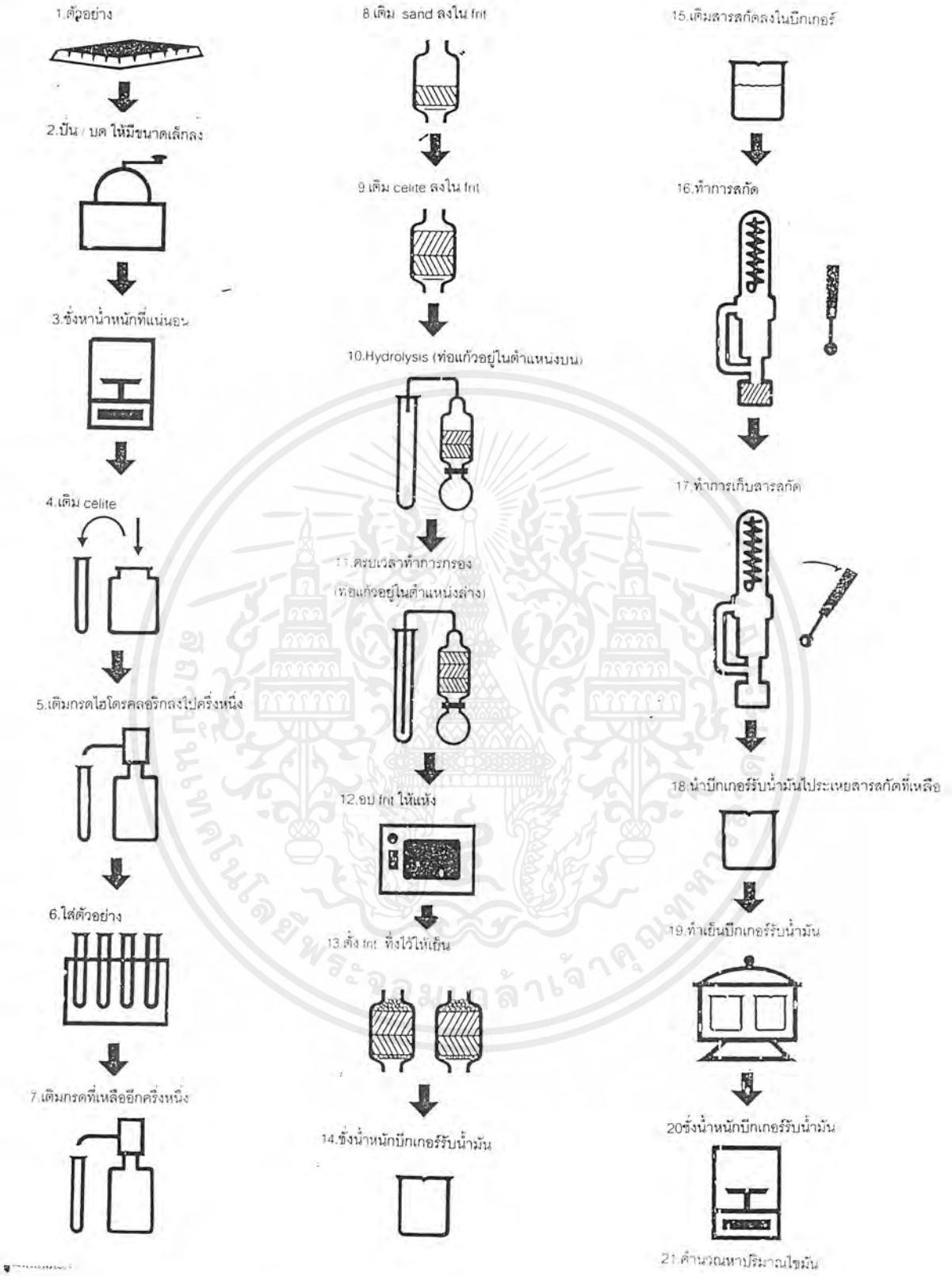
- เมื่อครบรอบการสกัด ทำการดึงสารสกัดออกจากระบบการสกัดจนหมดในบีกเกอร์เก็บตัวอย่างไขมัน (เครื่องจะมีระบบดึงกลับ)
- วางบีกเกอร์เก็บตัวอย่างไขมันบน Hot plate เพื่อระเหยปิโตรเลียมอีเทอร์ที่เหลือออกให้หมด
- นำบีกเกอร์ที่มีไขมันไปชั่งหาน้ำหนัก
- คำนวณหาปริมาณไขมันโดย

เปอร์เซ็นต์ไขมัน = [(B-A) x 100] /C

เมื่อ A = น้ำหนักบีกเกอร์หลังการสกัดไขมัน (กรัม) ,B = น้ำหนักบีกเกอร์ก่อนการสกัดไขมัน (กรัม)

C = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-5 แผนภาพแสดงขั้นตอนการหาปริมาณไขมันในตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.4 การศึกษาปริมาณของกรดไขมันโดยใช้เครื่องแก๊สโครมาโตกราฟ

3.4.4.1 การทำ saponification

- นำไขมันในบีกเกอร์ทั้ง 3 ใบมารวมกัน แล้วนำไปชั่งให้ได้น้ำหนัก 0.25 – 0.5 กรัม ใส่ลงในหลอดแก้วฝาเกลียวขนาด 10 มิลลิลิตร
- เติมสารละลายโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ในเมทานอลเข้มข้น 0.5 โมลาร์ 1 มิลลิลิตร แช่หลอดในหม้ออังไอน้ำ 5 นาที ทำให้เย็นทันที จากนั้นนำมาทำ methylation

3.4.4.2 การทำ methylation [39]

- เติมกรดไฮโดรคลอริกในเมทานอลในอัตราส่วน 4 : 1 (โดยปริมาตร) 0.4 มิลลิลิตร
- แช่ในน้ำเดือดอีก 15 นาที ทำให้เย็นทันที นำมาเติมน้ำกลั่น 2 มิลลิลิตร
- สกัดด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์ ครั้งละ 3 มิลลิลิตร 2 ครั้ง แยกส่วนปิโตรเลียมอีเทอร์ที่อยู่ชั้นบนออก มาทำให้แห้งด้วยโซเดียมซัลเฟตแอนไฮดรัส
- นำไประเหยปิโตรเลียมอีเทอร์จนหมด จะได้เมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน

3.4.4.3 การเตรียมโครมาโตแกรมของสารมาตรฐาน [30]

- ละลายเมทิลเอสเทอร์ที่ได้ด้วยคลอโรฟอร์ม 1 มิลลิลิตร
- ฉีดเข้าเครื่อง Gas Chromatography ครั้งละ 1 ไมโครลิตร โดยใช้เครื่องมือ Gas liquid Chromatography GC-17A ของบริษัท SHIMADZU คอลัมน์ที่ใช้คือ capillary column DB – Wax ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.53 มิลลิเมตร ยาว 30 เมตร ใช้ temperature program ดังต่อไปนี้

column initial temperature	50 องศาเซลเซียส
column final temperature	230 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิ injector	250 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิ detector (ชนิด FID)	300 องศาเซลเซียส
program rate	10 องศาเซลเซียสต่อนาที
initial time	2 นาที
final hold time	25 นาที
อัตราการไหลของก๊าซฮีเลียม	40 เซนติเมตร/วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- พิจารณา retention time ของกรดไขมันแต่ละชนิด

การเตรียมสารละลายผสมเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน เพื่อดูลักษณะโครมาโตแกรมการรบกวนซึ่งกันและกันของกรดไขมันแต่ละชนิด และคำนวณหา Correction factor ของกรดไขมันแต่ละชนิด โดยการผสมเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมันแต่ละชนิดในข้อ 3.4.4 ตัวอย่างละ 0.2 กรัม และเติมเบนซีน 0.2 กรัม (ต้องให้น้ำหนักเท่ากันคือ 0.2 กรัมที่แน่นอน) เติมคลอโรฟอร์ม 1 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ฉีดเข้าเครื่อง Gas Chromatography ครั้งละ 1 ไมโครลิตร คำนวณหาค่า Correction factor ของกรดไขมันได้ดังนี้

$$\text{Correction factor ของกรดไขมัน X} = \frac{\text{พื้นที่ peak ของกรดไขมัน X}}{\text{พื้นที่ peak ของเบนซีน}}$$

3.4.4.4 การหาปริมาณของกรดไขมันในน้ำมันตัวอย่าง

- การเตรียมเมทิลเอสเทอร์ เช่นเดียวกับตัวอย่างกรดไขมันมาตรฐานในข้อ 3.4.4 โดยใช้ตัวอย่างน้ำมันที่สกัดได้ 0.25 – 0.5 กรัม
- ชั่งเมทิลเอสเทอร์ของสารตัวอย่าง 0.2 กรัม ผสมเบนซีน 0.2 กรัม ละลายด้วยคลอโรฟอร์ม 1 มิลลิลิตร ฉีดเข้าเครื่อง Gas Chromatography 1 ไมโครลิตร
- ระบุชนิดของกรดไขมันที่ได้ โดยเปรียบเทียบกับโครมาโตแกรมมาตรฐาน
- เปรียบเทียบพื้นที่ peak สัมพัทธ์ ระหว่างกรดไขมันจากสารตัวอย่างกับกรดไขมันมาตรฐาน เพื่อหาปริมาณกรดไขมัน (% โดยน้ำหนัก)

$$\text{ปริมาณกรดไขมันX (\% โดยน้ำหนัก)} = \frac{F_x \times 100}{F}$$

$$\text{ปริมาณกรดไขมัน X (กรัม) ต่อน้ำหนักตัวอย่างแห้ง 100 กรัม} = \frac{F_x \times \text{\% crude fat}}{F}$$

เมื่อ F_x = ค่า correction factor ของกรดไขมัน X จาก โครมาโตแกรมมาตรฐาน

F = ค่า correction factor ของกรดไขมัน X จากโครมาโตแกรมตัวอย่าง

% crude fat = % ไขมันในตัวอย่างแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ศึกษาปริมาณไขมัน (crude fat) ที่พบในผลิตภัณฑ์ปลาทะเลตากแห้งแต่ละชนิด

จากการศึกษาโดยทำการสกัดไขมัน (crude fat) จากตัวอย่างผลิตภัณฑ์ปลาทะเลตากแห้ง จำนวน 15 ตัวอย่าง ได้ผลดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 แสดงปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์ปลาทะเลตากแห้ง

ชนิดของผลิตภัณฑ์	ปริมาณไขมัน (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)
<u>ตัวอย่างจากภาคใต้</u>	
ปลากระบอก	9.978
ปลาหลังเขียว	1.438
ปลากะตัก	0.595
ปลาข้าวสาร	5.159
ปลาจวดเทียน	6.906
ปลาข้างเหลือง	2.346
<u>ตัวอย่างจากภาคตะวันออก</u>	
ปลากะตัก	3.361
ปลาข้าวสาร	5.851
ปลากะตักแก้ว	3.245
ปลากระเบน	0.804
ปลาลิ้นหมา	1.257
ปลาข้างเหลือง	1.953
ปลาแก้ว	1.458
ปลาข่อนทะเล	6.196
ปลานวลจันทร์ทะเล	0.725

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4-1 พบว่า ปลากะตักใต้มีปริมาณไขมันต่ำสุดคือ 0.595 กรัมต่อ 100 กรัม ส่วนปลากระบอก มีปริมาณไขมันสูงสุดคือ 9.978 กรัมต่อ 100 กรัม เมื่อพิจารณาถึงปริมาณไขมัน เราอาจแบ่งผลิตภัณฑ์ปลาทะเลตากแห้ง ออกเป็น 4 กลุ่ม (ดัดแปลงจากครรชิต,2539 [7]) คือ

1.1 ผลิตภัณฑ์ปลาตากแห้งที่มีไขมันต่ำมาก (dried lean-fat fish products) คือ มีปริมาณไขมัน $\leq$ 2 เปอร์เซ็นต์ ได้แก่ ปลาหลังเขียว ปลากะตักใต้ ปลาลิ้นหมา ปลาข้างเหลืองตะวันออก ปลาแก้ว ปลากระเบน และปลานวลจันทร์ทะเล (1.44, 0.59, 1.26, 1.95, 1.46, 0.80 และ 0.99 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักตามลำดับ)

1.2 ผลิตภัณฑ์ปลาตากแห้งที่มีไขมันต่ำ (dried low-fat fish products) คือ มีปริมาณไขมัน $\geq$ 2-4 เปอร์เซ็นต์ ได้แก่ ปลาข้างเหลืองใต้ ปลากะตักตะวันออก และปลากะตักแก้ว (2.35, 3.36, 3.24 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักตามลำดับ)

1.3 ผลิตภัณฑ์ปลาตากแห้งที่มีไขมันปานกลาง (dried medium-fat fish products) คือ มีปริมาณไขมัน $\geq$ 4-8 เปอร์เซ็นต์ ได้แก่ ปลาข้าวสารใต้ ปลาจวดเทียน ปลาข้าวสารตะวันออก และปลาซ่อนทะเล (5.16, 6.91 , 5.85 , 6.20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักตามลำดับ)

1.4 ผลิตภัณฑ์ปลาที่มีไขมันสูง (dried high-fat fish products) คือ มีปริมาณไขมัน $\geq$ 8-20 เปอร์เซ็นต์ ได้แก่ ปลากระบอก มีปริมาณไขมัน 9.98 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

2. การเปรียบเทียบปริมาณไขมันของผลิตภัณฑ์ปลาทะเลตากแห้งกับเนื้อปลาสด

เมื่อทำการสุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์ปลาตากแห้งมา 7 ชนิดเพื่อเปรียบเทียบปริมาณไขมันกับเนื้อปลาสดที่ใช้ทำผลิตภัณฑ์ชนิดนั้นๆ ซึ่งได้มีการศึกษากันมาก่อนหน้านี้ แสดงผลดังตารางที่ 4-2 พบว่า เนื้อปลาหลังเขียว และปลาลิ้นหมา เมื่อนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์ตากแห้งจะมีปริมาณไขมันลดลงเพียงเล็กน้อย (ไม่เกิน 0.5 กรัม) คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ที่ลดลงประมาณ 1.37 และ 1.56 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ในขณะที่เนื้อปลานวลจันทร์ทะเล และปลาข้างเหลือง เมื่อนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์ตากแห้งจะมีปริมาณไขมันลดลงมาก (มากกว่า 1 กรัม) คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ที่ลดลงประมาณ 13.98 และ 54.55 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ อาจเป็นเพราะเกิดการสูญเสียไขมันที่ระเหยได้ไปในระหว่างกระบวนการตากแห้ง ส่วนปลากระเบน ปลากระบอก และปลาซ่อนทะเล พบว่าผลิตภัณฑ์ตากแห้งกลับมีปริมาณไขมันสูงกว่าเนื้อปลาดิบ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่า อุปกรณ์ที่ใช้ในการสกัดไขมันแตกต่างกัน โดยในการศึกษาครั้งนี้ใช้ crucible ทำการสกัดในเครื่อง Büchi Soxhlet apparatus ส่วนผลการศึกษาอื่นๆที่นำมาอ้างอิง ส่วนใหญ่เป็นผลที่ศึกษากันเมื่อหลายสิบปีมาแล้ว ซึ่งยังคงใช้ thimble ทำการสกัดในเครื่องสกัดไขมันแบบธรรมดา (conventional Soxhlet

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

apparatus) อยู่ ทำให้มีโอกาสผิดพลาดและได้ค่าที่คลาดเคลื่อนไปมากกว่า ประสิทธิภาพของเครื่องที่แตกต่างกันอาจทำให้ค่าที่ได้เปลี่ยนแปลงไป นอกจากนี้ แหล่งที่อยู่อาศัยของปลาที่นำมาวิเคราะห์ ฤดูที่ทำการเก็บตัวอย่างแตกต่างกัน และปริมาณน้ำในอาหารที่สูญเสียไปในระหว่างการตากแห้ง ก็อาจมีผลทำให้ปริมาณไขมัน (crude fat) ที่ได้ต่างกันมาก อนึ่ง ปลากระบอกตากแห้งที่นำมาศึกษาในครั้งนี้ เป็นปลาตากแห้งทั้งตัว คือไม่ได้ตัดหัวออก เพียงแค่แหวะท้องแล้วเอาเครื่องในออกเท่านั้น ซึ่งมีรายงานว่าส่วนหัวของปลามีปริมาณไขมันสูง ดังเช่นในการศึกษาของพรทิพย์ (2537) พบว่า หัวปลาทูนานึ่งมีปริมาณไขมันสูงถึงประมาณ 7-8 เปอร์เซ็นต์ [17] ด้วยเหตุดังกล่าวอาจเป็นปัจจัยหนึ่ง ที่ทำให้ปลากระบอกตากแห้งมีปริมาณไขมันสูงกว่าเนื้อปลากระบอกสดหลายเท่า

ตารางที่ 4-2 แสดงผลเปรียบเทียบปริมาณไขมันของผลิตภัณฑ์ปลาทะเลตากแห้งกับเนื้อปลาสด

ชนิดของปลา	ปริมาณไขมัน (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)		เปอร์เซ็นต์ไขมันที่ลดลงหรือเพิ่มขึ้น
	เนื้อปลาสด (ข้อมูลจากบทที่ 2)	ผลิตภัณฑ์ปลาตากแห้ง (ข้อมูลจากการทดลอง)	
ปลากระเบน*	0.43	0.80	+86.05
ปลานวลจันทร์ทะเล*	5.22	0.73	-13.98
ปลาข้างเหลือง**	4.29	1.95	-54.55
ปลาลิ้นหมา***	1.28	1.26	- 1.56
ปลากระบอก***	1.35	9.99	+740.00
ปลาซ่อนทะเล***	1.70	6.20	+364.71
ปลาหลังเขียว***	1.46	1.44	-1.37

+ หมายถึง เพิ่มขึ้น , - หมายถึง ลดลง

* ข้อมูลจากสมศักดิ์ ,2507 [25]

** ข้อมูลจากประเสริฐ ,2505 [14]

*** ข้อมูลจากประสาร ,2529 [13]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ศึกษาปริมาณกรดไขมันสายยาวชนิดไม่อิ่มตัวที่พบในผลิตภัณฑ์ปลาทะเลตากแห้งแต่ละชนิด

เมื่อนำไขมันที่สกัดได้จากผลิตภัณฑ์ปลาทะเลตากแห้งไปทำการวิเคราะห์หาปริมาณกรดไขมันสายยาวชนิดไม่อิ่มตัวโดยใช้เครื่องGas Chromatographyซึ่งชนิดกรดไขมันที่ศึกษาได้แก่ กรดโอเลอิค (18:1, n-9) กรดลิโนเลอิค (18:2, n-6) กรดลิโนเลนิค (18:3, n-3) กรดไอโคซะเพนตะอิโนอิคหรือ EPA (20:5, n-3) และกรดโดโคซะเฮกซะอิโนอิคหรือ DHA (22:6, n-3) ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันสายยาวชนิดไม่อิ่มตัวในผลิตภัณฑ์ปลาทะเลตากแห้ง

ผลิตภัณฑ์ปลาตากแห้ง	ปริมาณไขมัน (%w/w)	เปอร์เซ็นต์กรดไขมัน (โดยน้ำหนัก)				
		C18:1	C18:2	C18:3	C:20:5	C22:6
ภาคใต้						
ปลากระบอก	9.978	4.012	3.274	0	0.488	11.614
ปลาหลังเขียว	1.438	9.104	4.840	0.224	5.751	1.652
ปลากะตัก	0.595	9.842	1.327	0.769	0.918	6.857
ปลาข้าวสาร	5.159	0.419	0.343	0.215	0	0.536
ปลาจวดเทียน	6.906	8.697	7.775	0.071	0	10.323
ปลาข้างเหลือง	2.346	9.909	1.312	0	6.591	9.529
ภาคตะวันออก						
ปลากะตัก	3.361	8.225	1.356	0	4.916	11.078
ปลาข้าวสาร	5.851	6.783	2.095	1.301	8.897	9.861
ปลากะตักแก้ว	3.245	2.796	0.356	0.182	4.023	3.850
ปลากระเบน*	0.804	-	-	-	-	-
ปลาลิ้นหมา	1.257	0.740	11.930	0	0	0.492
ปลาข้างเหลือง	1.953	6.455	0.527	0	1.277	2.270
ปลาแก้ว	1.458	7.768	4.182	0	2.269	2.249
ปลาช่อนทะเล	6.196	11.867	1.444	0.546	5.991	12.045
ปลานวลจันทร์ทะเล*	0.725	-	-	-	-	-

*มีปริมาณไขมันที่สกัดได้น้อยและไขมันเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้องไม่สามารถนำไปวิเคราะห์ได้

%w/w คือ เปอร์เซ็นต์ไขมันต่อตัวอย่างแห้งปลาทะเลตากแห้ง 100 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถคำนวณและแสดงผลเป็นน้ำหนักกรดไขมันแต่ละชนิดต่อน้ำหนักแห้งของผลิตภัณฑ์ปลาทะเลตากแห้งได้ ซึ่งผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดมีปริมาณไขมันและกรดไขมันดังนี้

3.1 ปลากระบอกตากแห้ง

รูปที่ 4-1 ปลากระบอกตากแห้ง

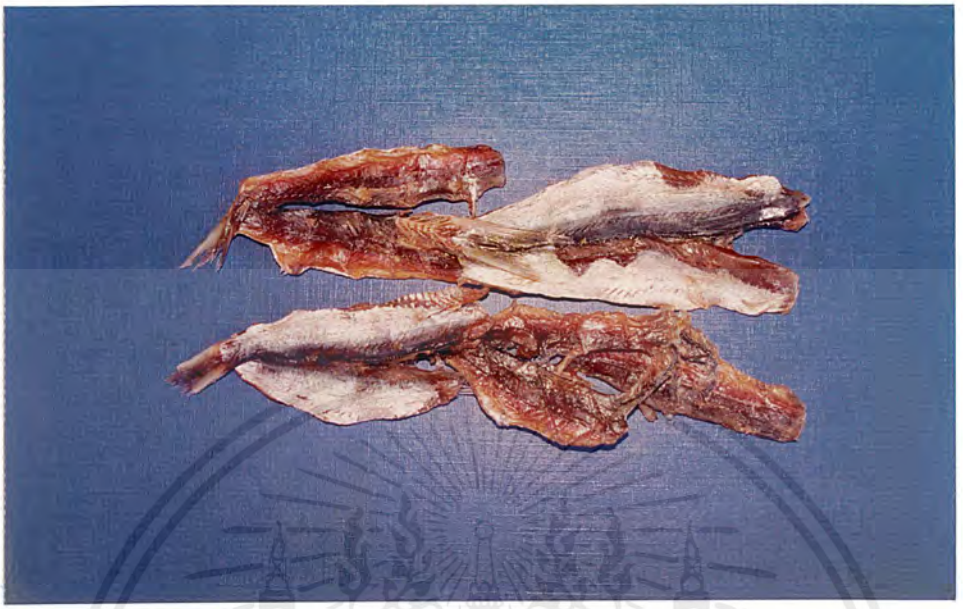
ลักษณะของผลิตภัณฑ์ เป็นผลิตภัณฑ์ที่แช่เกลือก่อนตากแห้ง
ทำเค็มทั้งตัวโดยแหวะท้องออก เอาก้างกลางไว้ ไม่ตัดหัว

มีปริมาณไขมัน 9.978 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

ประกอบด้วย	กรดโอเลอิค	0.400	กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง
	กรดลิโนเลอิค	0.327	กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง
	ไม่พบกรดลิโนเลนิค		
	EPA	0.049	กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง
	DHA	1.159	กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง
ผลรวมของกรดไขมันในกลุ่มโอเมกา-3		1.208	กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ปลาหลังเขียวตากแห้ง



รูปที่ 4-2 ปลาหลังเขียวตากแห้ง

ลักษณะของผลิตภัณฑ์ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ปรุงรสก่อนตากแห้ง (ปลาหวาน) แหวะท้องออกเป็นสองซีก เอาก้างกลางออก ตัดหัวออก

มีปริมาณไขมัน 1.438 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

ประกอบด้วย	กรดโอเลอิค	0.131	กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง
	กรดลิโนเลอิค	0.070	กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง
	กรดลิโนเลนิค	0.003	กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง
	EPA	0.083	กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง
	DHA	0.024	กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง
ผลรวมของกรดไขมันในกลุ่มโอเมกา-3		0.110	กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ปลากะตักตากแห้ง (ภาคใต้)

รูปที่ 4-3 ปลากะตักตากแห้ง (ภาคใต้)

ลักษณะของผลิตภัณฑ์ เป็นผลิตภัณฑ์ที่นำไปต้มก่อนตากแห้ง
มีสีค่อนข้างคล้ำขุ่น เด็ดหัวออก

มีปริมาณไขมัน 0.595 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

ประกอบด้วย	กรดโอเลอิค	0.059	กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง
	กรดลิโนเลอิค	0.008	กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง
	กรดลิโนเลนิค	0.005	กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง
	EPA	0.005	กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง
	DHA	0.041	กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง
ผลรวมของกรดไขมันในกลุ่มโอเมกา-3		0.051	กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ปลาข้าวสารตากแห้ง (ภาคใต้)

รูปที่ 4-4 ปลาข้าวสารตากแห้ง (ภาคใต้)

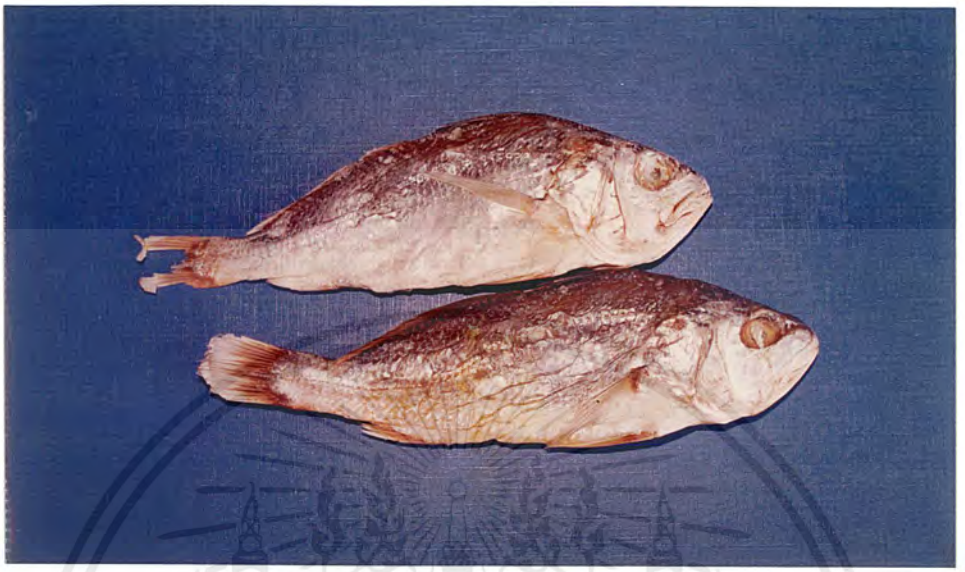
ลักษณะของผลิตภัณฑ์ เป็นผลิตภัณฑ์ที่นำไปต้มก่อนตากแห้ง
มีสีขาวขุ่น ขนาดเล็กมาก

มีปริมาณไขมัน 5.159 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

ประกอบด้วย	กรดโอเลอิค	0.022	กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง
	กรดลิโนเลอิค	0.018	กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง
	กรดลิโนเลนิค	0.011	กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง
	ไม่พบ EPA		
	DHA	0.028	กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง
ผลรวมของกรดไขมันในกลุ่มโอเมกา-3		0.039	กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 ปลาจวดเทียนตากแห้ง



รูปที่ 4-5 ปลาจวดเทียนตากแห้ง

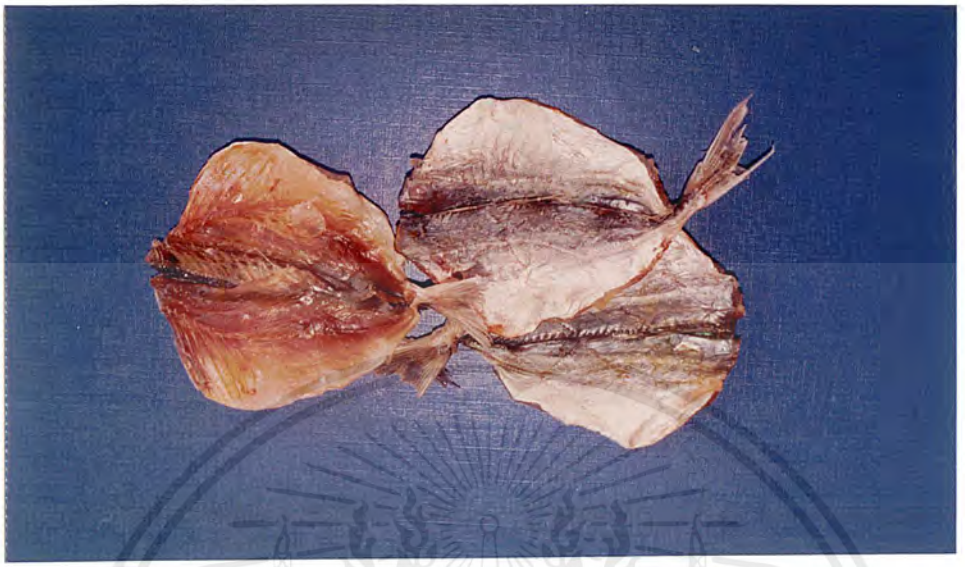
ลักษณะของผลิตภัณฑ์ เป็นผลิตภัณฑ์ที่แช่เกลือก่อนตากแห้ง
ทำเค็มทั้งตัวโดยไม่แหวะท้องออก ไม่ตัดหัว

มีปริมาณไขมัน 6.906 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

ประกอบด้วย	กรดโอเลอิค	0.601	กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง
	กรดลิโนเลอิค	0.537	กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง
	กรดลิโนเลนิค	0.005	กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง
	ไม่พบ EPA		
	DHA	0.713	กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง
ผลรวมของกรดไขมันในกลุ่มโอเมกา-3		0.718	กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 ปลาข้างเหลืองตากแห้ง (ภาคใต้)



รูปที่ 4-6 ปลาข้างเหลืองตากแห้ง (ภาคใต้)

ลักษณะของผลิตภัณฑ์ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ปรุงรสก่อนตากแห้ง (ปลาหวาน) แหวะท้องออก เอาก้างกลางออก ตัดหัวออก

มีปริมาณไขมัน 2.346 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

ประกอบด้วย	กรดโอเลอิค	0.232	กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง
	กรดลิโนเลอิค	0.031	กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง
	ไม่พบกรดลิโนเลนิค		
	EPA	0.155	กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง
	DHA	0.224	กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง
ผลรวมของกรดไขมันในกลุ่มโอเมกา-3		0.379	กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 ปลากะตักตากแห้ง (ภาคตะวันออก)

รูปที่ 4-7 ปลากะตักตากแห้ง (ภาคตะวันออก)

ลักษณะของผลิตภัณฑ์ เป็นผลิตภัณฑ์ที่นำไปต้มก่อนตากแห้ง
มีสีค่อนข้างคล้ำขุ่น เด็ดหัวออก

มีปริมาณไขมัน 3.361 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

ประกอบด้วย	กรดโอเลอิค	0.276	กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง
	กรดลิโนเลอิค	0.046	กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง
	ไม่พบกรดลิโนเลนิค		
	EPA	0.165	กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง
	DHA	0.372	กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง
ผลรวมของกรดไขมันในกลุ่มโอเมกา-3		0.537	กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8 ปลาข้าวสารตากแห้ง (ภาคตะวันออก)

รูปที่ 4-8 ปลาข้าวสารตากแห้ง (ภาคตะวันออก)

ลักษณะของผลิตภัณฑ์ เป็นผลิตภัณฑ์ที่นำไปต้มก่อนตากแห้ง
มีสีขาวขุ่น ขนาดเล็กมาก

มีปริมาณไขมัน 5.851 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

ประกอบด้วย	กรดโอเลอิค	0.397	กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง
	กรดลิโนเลอิค	0.123	กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง
	กรดลิโนเลนิค	0.076	กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง
	EPA	0.521	กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง
	DHA	0.577	กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง
ผลรวมของกรดไขมันในกลุ่มโอเมกา-3		1.174	กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.9 ปลากะตักแก้วตากแห้ง (ภาคตะวันออก)

รูปที่ 4-9 ปลากะตักแก้ว (ตะวันออก)

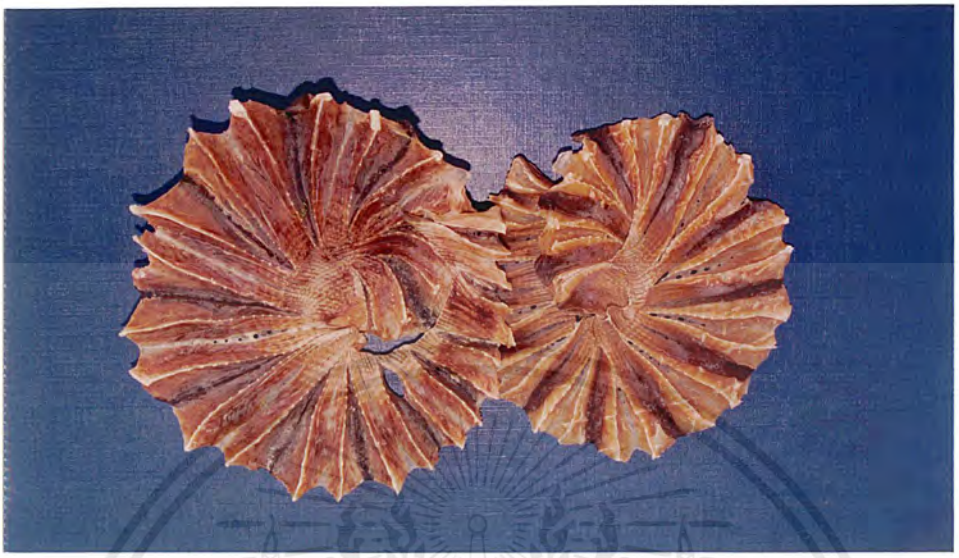
ลักษณะของผลิตภัณฑ์ เป็นผลิตภัณฑ์ที่นำไปต้มก่อนตากแห้ง
คล้ายปลากะตัก แต่มีสีเหลืองนวล เด็ดหัวออก

มีปริมาณไขมัน 3.245 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

ประกอบด้วย	กรดโอเลอิค	0.091	กรัม/100กรัมน้ำหนักแห้ง
	กรดลิโนเลอิค	0.012	กรัม/100กรัมน้ำหนักแห้ง
	กรดลิโนเลนิค	0.006	กรัม/100กรัมน้ำหนักแห้ง
	EPA	0.131	กรัม/100กรัมน้ำหนักแห้ง
	DHA	0.125	กรัม/100กรัมน้ำหนักแห้ง
ผลรวมของกรดไขมันในกลุ่มโอเมกา-3		0.262	กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.10 ปลากระเบนตากแห้ง



รูปที่ 4-10 ปลากระเบนตากแห้ง(ปลาวง)

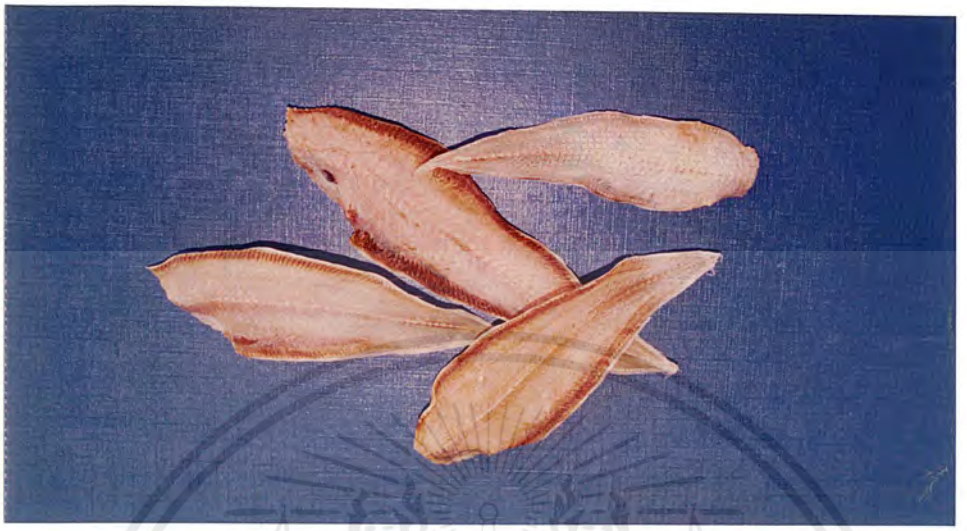
ลักษณะของผลิตภัณฑ์ เป็นผลิตภัณฑ์ที่แช่เกลือก่อนตากแห้ง
เป็นแผงรูปวงกลม

มีปริมาณไขมัน 0.804 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

ไขมันที่ได้มีปริมาณน้อย และเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง ทำให้ไม่สามารถนำมาวิเคราะห์หาปริมาณกรดไขมันได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.11 ปลาลิ้นหมาตากแห้ง



รูปที่ 4-11 ปลาลิ้นหมาตากแห้ง

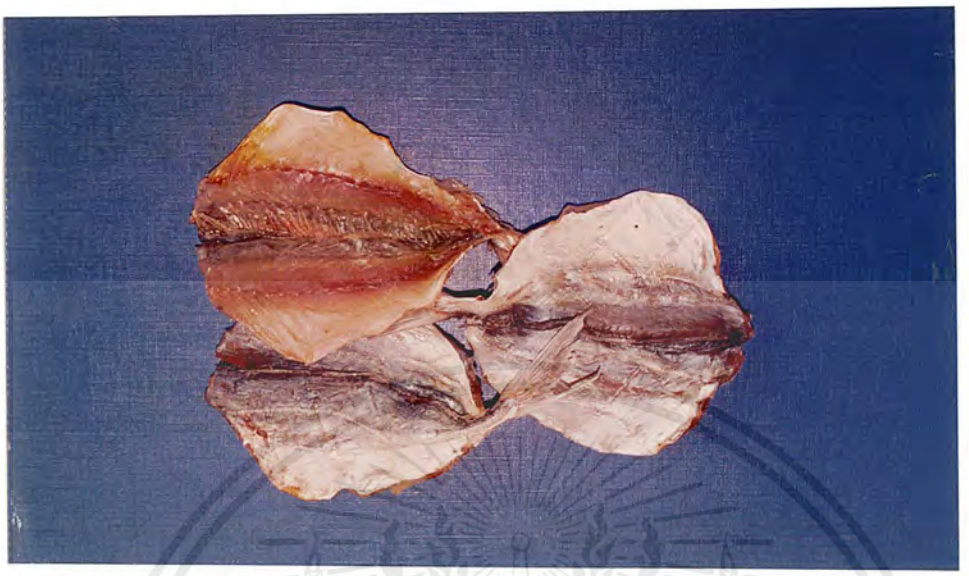
ลักษณะของผลิตภัณฑ์ เป็นผลิตภัณฑ์ที่แช่เกลือก่อนตากแห้ง
ตัวแบนเป็นแผ่นบาง ตัดหัวออก

มีปริมาณไขมัน 1.257 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

ประกอบด้วย	กรดโอเลอิค	0.009	กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง
	กรดลิโนเลอิค	0.150	กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง
	ไม่พบกรดลิโนเลนิค		
	ไม่พบ EPA		
	DHA	0.006	กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง
ผลรวมของกรดไขมันในกลุ่มโอเมกา-3		0.006	กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.12 ปลาข้างเหลือง (ภาคตะวันออก)



รูปที่ 4-12 ปลาข้างเหลืองตากแห้ง (ภาคตะวันออก)

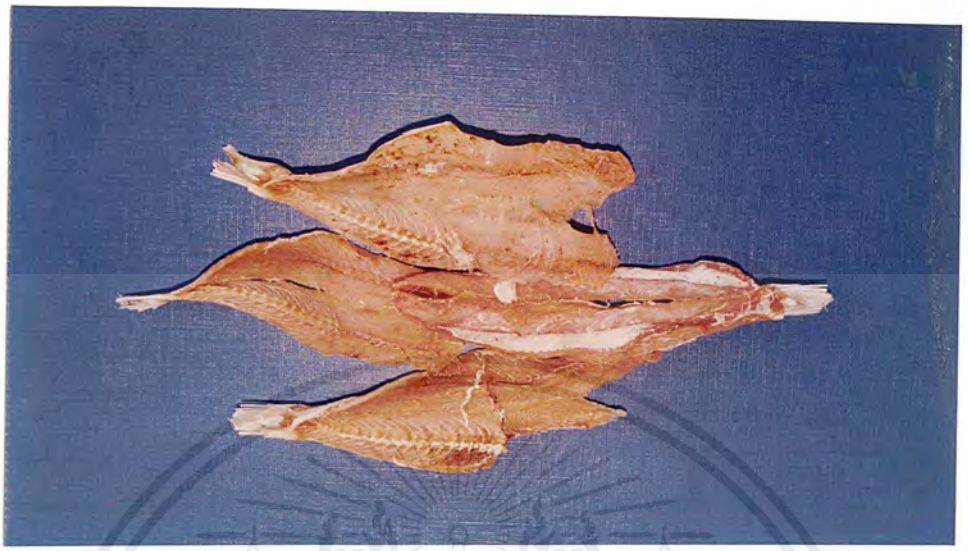
ลักษณะของผลิตภัณฑ์ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ปรุงรสก่อนตากแห้ง (ปลาหวาน) แหวะท้องออก เอาก้างกลางออก ตัดหัวออก

มีปริมาณไขมัน 1.953 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

ประกอบด้วย	กรดโอเลอิค	0.126	กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง
	กรดลิโนเลอิค	0.010	กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง
	ไม่พบกรดลิโนเลนิค		
	EPA	0.025	กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง
	DHA	0.044	กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง
ผลรวมของกรดไขมันในกลุ่มโอเมกา-3		0.069	กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.13 ปลาแก้วตากแห้ง



รูปที่ 4-13 ปลาแก้วตากแห้ง

ลักษณะของผลิตภัณฑ์ เป็นผลิตภัณฑ์ที่แช่เกลือก่อนตากแห้ง
มีสีเหลืองนวล แหวะท้องและตัดหัวออก

มีปริมาณไขมัน 1.458 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

ประกอบด้วย	กรดโอเลอิค	0.113	กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง
	กรดลิโนเลอิค	0.061	กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง
	ไม่พบกรดลิโนเลนิค		
	EPA	0.033	กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง
	DHA	0.033	กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง
ผลรวมของกรดไขมันในกลุ่มโอเมกา-3		0.066	กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.14 ปลาซ่อนทะเลตากแห้ง

รูปที่ 4-14 ปลาซ่อนทะเลตากแห้ง

ลักษณะของผลิตภัณฑ์ เป็นผลิตภัณฑ์ที่แช่เกลือก่อนตากแห้ง
มีสีเหลือง แหวะท้องและตัดหัวออก

มีปริมาณไขมัน 6.196 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

ประกอบด้วย	กรดโอเลอิค	0.735	กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง
	กรดลิโนเลอิค	0.089	กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง
	กรดลิโนเลนิค	0.034	กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง
	EPA	0.371	กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง
	DHA	0.746	กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง
ผลรวมของกรดไขมันในกลุ่มโอเมกา-3		1.151	กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.15 ปลานวลจันทร์ทะเล

รูปที่ 4-15 ปลานวลจันทร์ทะเล

ลักษณะของผลิตภัณฑ์ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ปรุงรสก่อนตากแห้ง (ปลาหวาน) แล่เนื้อเป็นริ้วๆ

มีปริมาณไขมัน 0.725 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

ไขมันที่ได้มีปริมาณน้อย และเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง ทำให้ไม่สามารถนำมาวิเคราะห์หาปริมาณกรดไขมันได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการศึกษาทั้งหมด สรุปได้ดังตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-4 แสดงน้ำหนักกรดไขมันสายยาวชนิดไม่อิ่มตัวแต่ละชนิดต่อน้ำหนักแห้งของผลิตภัณฑ์ปลาตากแห้ง 100 กรัม

ตัวอย่างที่	ผลิตภัณฑ์ปลาตากแห้ง	น้ำหนักกรดไขมัน/น้ำหนักแห้งผลิตภัณฑ์ 100 กรัม					
		C18:1	C18:2	C18:3	C20:5	C22:6	ปริมาณ n-3
	<u>ภาคใต้</u>						
1	ปลากระบอก	0.400	0.327	0	0.049	1.159	1.208
2	ปลาหลังเขียว	0.131	0.070	0.003	0.083	0.024	0.110
3	ปลากะตักใต้	0.059	0.008	0.005	0.005	0.041	0.051
4	ปลาข้าวสาร	0.022	0.018	0.011	0	0.028	0.039
5	ปลาจวดเทียน	0.601	0.537	0.005	0	0.713	0.718
6	ปลาข้างเหลือง	0.232	0.031	0	0.155	0.224	0.379
	<u>ภาคตะวันออก</u>						
7	ปลากะตัก	0.276	0.046	0	0.165	0.372	0.537
8	ปลาข้าวสาร	0.397	0.123	0.076	0.521	0.577	1.174
9	ปลากะตักแก้ว	0.091	0.012	0.006	0.131	0.125	0.262
10	ปลากระเบน	-	-	-	-	-	-
11	ปลาลิ้นหมา	0.009	0.150	0	0	0.006	0.006
12	ปลาข้างเหลือง	0.126	0.010	0	0.025	0.044	0.069
13	ปลาแก้ว	0.113	0.061	0	0.033	0.033	0.066
14	ปลาซ่อนทะเล	0.735	0.089	0.034	0.371	0.746	1.151
15	ปลานวลจันทร์ทะเล	-	-	-	-	-	-

จากตารางที่ 4-4 พบว่า กรดโดโคซะเฮกซะอิโนอิค หรือ DHA เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่พบในผลิตภัณฑ์ปลาตากแห้งทุกชนิดที่ทำการศึกษา และเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลักที่พบในปริมาณสูงกว่ากรดไขมันชนิดอื่นๆ ในปลากระบอก ปลาข้าวสารใต้ ปลาจวดเทียน ปลากะตักตะวันออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปลาข้าวสารตะวันออก ปลากะตักแก้ว และปลาซ่อนทะเล โดยผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณ DHA สูงที่สุด คือ ปลากระบอก (1.159 กรัม/100กรัมน้ำหนักแห้ง) รองลงมาคือ ปลาซ่อนทะเล และปลาจวดเทียน (0.746 และ 0.713 กรัม/100กรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ) ส่วนผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณ DHA ต่ำที่สุดคือ ปลาลิ้นหมา (0.006 กรัม/100กรัมน้ำหนักแห้ง)

ในปลาหลังเขียว ปลากะตักใต้ ปลาข้างเหลืองใต้ ปลาข้างเหลืองตะวันออก และปลาแก้ว มีกรดโอเลอิคเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลัก ผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณกรดโอเลอิคสูงที่สุดคือ ปลาซ่อนทะเล (0.735 กรัม/100กรัมน้ำหนักแห้ง) รองลงมาคือ ปลาจวดเทียน (0.601 กรัม/100กรัมน้ำหนักแห้ง) ส่วนผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณกรดโอเลอิคต่ำที่สุดคือ ปลาลิ้นหมา (0.009 กรัม/100กรัมน้ำหนักแห้ง)

มีเพียงปลาลิ้นหมาเท่านั้น ที่มีกรดลิโนเลอิคเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลัก (0.150 กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง) แต่ผลิตภัณฑ์ที่มีกรดลิโนเลอิคสูงที่สุดคือ ปลาจวดเทียน (0.537 กรัม/100กรัมน้ำหนักแห้ง) รองลงมาคือ ปลากระบอก (0.327 กรัม/100กรัมน้ำหนักแห้ง) ส่วนผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณกรดลิโนเลอิคต่ำที่สุดคือ ปลากะตักใต้ (0.008 กรัม/100กรัมน้ำหนักแห้ง)

ผลิตภัณฑ์ทุกชนิดจะมีปริมาณกรดลิโนเลนิคต่ำมาก ไม่เกิน 0.1 กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง โดยผลิตภัณฑ์ที่มีกรดลิโนเลนิคสูงที่สุดมีค่าเพียง 0.076 กรัม/100กรัมน้ำหนักแห้งเท่านั้น (ปลาข้าวสารตะวันออก) มีผลิตภัณฑ์ตากแห้งหลายชนิดที่ไม่พบกรดลิโนเลนิคเลย ได้แก่ ปลากระบอก ปลาข้างเหลืองใต้ ปลากะตักตะวันออก ปลาลิ้นหมา ปลาข้างเหลืองตะวันออก และปลาแก้ว

นอกจากนี้พบว่า EPA ในผลิตภัณฑ์ทุกชนิดมีปริมาณค่อนข้างต่ำ (0-0.165 กรัม/100กรัมน้ำหนักแห้ง) ยกเว้นปลาข้าวสารตะวันออก ที่มีปริมาณ EPA มากที่สุดคือ 0.521 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง รองลงมาคือ ปลาซ่อนทะเล (0.371 กรัม/100กรัมน้ำหนักแห้ง) ส่วนปลาข้าวสารใต้ ปลาจวดเทียน และปลาลิ้นหมา ไม่พบ EPA

เมื่อพิจารณาปริมาณกรดไขมันในกลุ่มโอเมกา-3 (ผลรวมของกรดลิโนเลนิค, EPA และ DHA) พบว่า ปลากระบอกมีปริมาณกรดไขมันในกลุ่มดังกล่าวสูงที่สุดคือ 1.208 กรัม/100น้ำหนักแห้ง รองลงมาคือ ปลาข้าวสารตะวันออก และปลาซ่อนทะเล (1.174 และ 1.151 กรัม/100กรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ) ปริมาณกรดไขมันในกลุ่มโอเมกา-3 โดยรวมจะอยู่ในช่วง 0.006 กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง (ปลาลิ้นหมา) ถึง 1.208 กรัม/100กรัมน้ำหนักแห้ง (ปลากระบอก) ซึ่งเป็นช่วงที่กว้างมาก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก ความแตกต่างของปริมาณไขมันในปลาแต่ละชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การเปรียบเทียบปริมาณกรดไขมันระหว่างผลิตภัณฑ์ปลาทะเลตากแห้งกับเนื้อปลาสด

เมื่อสุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์ปลาทะเลตากแห้งที่มาจากน่านน้ำเดียวกัน(ฝั่งอ่าวไทย) จำนวน 4 ชนิด ทำการเปรียบเทียบปริมาณกรดไขมันสายยาวชนิดไม่อิ่มตัวระหว่างเนื้อปลาสด (จากรายงานการศึกษาอ้างอิง) กับผลิตภัณฑ์ที่ได้หลังการตากแห้ง ได้ผลแสดงดังตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4-5 แสดงผลเปรียบเทียบปริมาณกรดไขมันแต่ละชนิดของเนื้อปลาสดกับผลิตภัณฑ์ปลาทะเลตากแห้ง

ชนิดของปลา	ลักษณะ	ปริมาณกรดไขมัน (กรัม/100กรัมน้ำหนักแห้ง)				
		C18:1	C18:2	C18:3	C20:5	C22:6
ปลากระบอก	เนื้อปลาสด *	0.066	0.016	0	0.163	0.096
	ผลิตภัณฑ์ตากแห้ง	0.400	0.327	0	0.049	1.159
	เปอร์เซ็นต์ที่ลดลง/เพิ่มขึ้น	+506.1	+95.1	0	-69.9	+1107
ปลาหลังเขียว	เนื้อปลาสด *	0.090	0.028	0.004	0.092	0.433
	ผลิตภัณฑ์ตากแห้ง	0.131	0.070	0.003	0.083	0.024
	เปอร์เซ็นต์ที่ลดลง/เพิ่มขึ้น	+45.5	+150	-25.0	-9.7	-94.4
ปลาลิ้นหมา	เนื้อปลาสด *	0.116	0.018	0.012	0.063	0.168
	ผลิตภัณฑ์ตากแห้ง	0.009	0.150	0	0	0.006
	เปอร์เซ็นต์ที่ลดลง/เพิ่มขึ้น	-92.2	+733.3	-100.0	-100.0	-96.4
ปลาช่อนทะเล	เนื้อปลาสด *	0.277	0.025	0.009	0.059	0.345
	ผลิตภัณฑ์ตากแห้ง	0.735	0.089	0.034	0.371	0.746
	เปอร์เซ็นต์ที่ลดลง/เพิ่มขึ้น	+165.3	+256.0	+277.7	+528.8	+116.2

* ข้อมูลจากประสาร,2529 [13]

จากตารางที่ 4-5 พบว่า ผลิตภัณฑ์ปลาตากแห้งทุกชนิด จะมีปริมาณกรดโอเลอิค และกรดลิโนเลอิค สูงกว่าเนื้อปลาสด อาจเป็นเพราะ ปริมาณน้ำในอาหารที่สูญเสียไปในระหว่างการตากแห้ง ทำให้ใช้ตัวอย่างในการวิเคราะห์เพิ่มมากขึ้น จึงทำให้ปริมาณกรดไขมันที่ได้เพิ่มมากขึ้นด้วย แม้ว่าปลาลิ้นหมาจะมีปริมาณกรดไขมันลดลงทุกตัว แต่ปรากฏว่ามีปริมาณกรดลิโนเลอิคเพิ่มขึ้นอาจเป็นไปได้ว่า บริเวณที่ปลาลิ้นหมาอาศัยอยู่อาจมีแหล่งของกรดไขมันในกลุ่มโอเมกา-6สูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพราะได้มีการค้นพบว่า ปลาที่เพาะเลี้ยงด้วยกากถั่วเหลือง (soybean meal) จะมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิด 18:2, n-6 อยู่มาก และมีกรดไขมันชนิดอื่นน้อย [21] ส่วนเนื้อปลาหลังเขียว เมื่อนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์ตากแห้ง พบว่า ปริมาณกรดไขมันในกลุ่มโอเมกา-3 ลดลงทุกตัว ทั้งกรดลิโนเลนิค EPA และโดยเฉพาะ DHA ซึ่งมีปริมาณลดลงมาก อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์โดยรวม พบว่า คุณค่าทางอาหารของปลาตากแห้งไม่แตกต่างจากปลาสดมากนัก ในผลิตภัณฑ์ปลาตากแห้งบางชนิดเช่น ปลาช่อนทะเล กลับมีปริมาณกรดไขมันเพิ่มขึ้นทุกตัว ส่วนปลากระบอก มีเพียง EPA เท่านั้นที่มีปริมาณลดลง

ดังที่ได้กล่าวไปแล้วในตอนต้นว่า ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ crucible ทำการสกัดในเครื่อง Büchi Soxhlet apparatus ส่วนผลที่นำมาอ้างอิงนั้นเป็นผลที่ทำการศึกษาเมื่อหลายสิบปีมาแล้ว ซึ่งยังคงใช้ thimble ทำการสกัดในเครื่องสกัดไขมันแบบธรรมดา (conventional Soxhlet apparatus) อยู่ ทำให้มีโอกาสผิดพลาดและได้ค่าที่คลาดเคลื่อนไปมากกว่า ประสิทธิภาพของเครื่องที่แตกต่างกันอาจทำให้ค่าที่ได้เปลี่ยนแปลงไป นอกจากนี้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้สุ่มเก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์ปลากระบอก และปลาหลังเขียวตากแห้ง มาจากภาคใต้ฝั่งทะเลอันดามัน (จังหวัดภูเก็ต) ส่วนปลาลิ้นหมาและปลาช่อนทะเล เป็นตัวอย่างที่สุ่มเก็บมาจากภาคตะวันออก (จังหวัดชลบุรี) ในขณะที่ผลการศึกษาที่นำมาอ้างอิง ปลาทุกชนิดจะได้มาจากองค์การสะพานปลากรุงเทพฯ รวมไปถึงระยะเวลาที่เก็บตัวอย่างซึ่งแตกต่างกัน โดยในการศึกษาครั้งนี้ทำการเก็บตัวอย่างในช่วงเดือนสิงหาคมถึงพฤศจิกายน ส่วนผลอ้างอิงทำการเก็บตัวอย่างในช่วงเดือนมกราคมถึงพฤษภาคม ปัจจัยเหล่านี้ก็อาจมีผลทำให้ค่าที่ได้เปลี่ยนแปลงไปด้วย

5. ผลของแหล่งที่อยู่ของปลาทะเลซึ่งนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ตากแห้งที่มีต่อปริมาณกรดไขมันสายยาวชนิดไม่อิ่มตัวในผลิตภัณฑ์

จากการสุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์ปลาทะเลตากแห้งจำนวน 3 ชนิด ทำการเปรียบเทียบปริมาณกรดไขมันสายยาวชนิดไม่อิ่มตัวระหว่างผลิตภัณฑ์ปลาทะเลตากแห้งจากภาคใต้ (ฝั่งทะเลอันดามัน) กับผลิตภัณฑ์ปลาทะเลตากแห้งจากภาคตะวันออก (ฝั่งอ่าวไทย) ได้ผลแสดงดังตารางที่ 4-6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4-6 เปรียบเทียบปริมาณกรดไขมันสายยาวชนิดไม่อิ่มตัวระหว่างผลิตภัณฑ์ปลาตากแห้งจากภาคใต้และภาคตะวันออก

ชนิดของผลิตภัณฑ์ปลาตากแห้ง	ปริมาณกรดไขมัน (กรัม/100กรัมน้ำหนักแห้ง)				
	C18:1	C18:2	C18:3	C20:5	C22:6
ปลากะตักใต้	0.059	0.008	0.005	0.005	0.041
ปลากะตักตะวันออก	0.276	0.046	0	0.165	0.372
ปลาข้างเหลืองใต้	0.232	0.031	0	0.155	0.224
ปลาข้างเหลืองตะวันออก	0.126	0.010	0	0.025	0.044
ปลาข้าวสารใต้	0.022	0.018	0.011	0	0.028
ปลาข้าวสารตะวันออก	0.397	0.123	0.076	0.521	0.577

จากตารางที่ 4-6พบว่า ปลากะตักตากแห้งจากภาคตะวันออก มีปริมาณกรดไขมันทุกตัวสูงกว่าปลาตากแห้งชนิดเดียวกันจากภาคใต้ ยกเว้นกรดลิโนเลนิค ที่ไม่พบเลยในปลากะตักจากภาคตะวันออก ส่วนปลาข้าวสารตากแห้งจากภาคตะวันออก ก็มีปริมาณกรดไขมันทุกตัวสูงกว่าปลาตากแห้งชนิดเดียวกันจากภาคใต้ อย่างไรก็ตาม พบว่า ปลาข้างเหลืองตากแห้งจากภาคตะวันออก กลับมีปริมาณกรดไขมันทุกตัวต่ำกว่าปลาตากแห้งชนิดเดียวกันจากภาคใต้ ดังนั้น จึงยังไม่สามารถสรุปได้ว่า ผลิตภัณฑ์ปลาตากแห้งทุกชนิดจากภาคตะวันออก ที่มีแหล่งปลามาจากฝั่งอ่าวไทย จะมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงกว่าผลิตภัณฑ์ปลาตากแห้งจากภาคใต้ ที่มีแหล่งปลามาจากฝั่งทะเลอันดามัน ดังนั้นจึงควรที่จะได้มีการศึกษาในผลิตภัณฑ์ปลาตากแห้งชนิดอื่นๆ เพิ่มเติมเพื่อให้ได้ผลที่ชัดเจนและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

นอกจากนี้ ยังพบว่า แม้จะเป็นปลาชนิดเดียวกันและอยู่ในน่านน้ำเดียวกัน แต่ถ้าอาศัยที่ระดับความลึกต่างกัน ก็จะมีผลต่อลักษณะของปลาที่ได้ รวมไปถึงปริมาณไขมันและกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของปลาเหล่านี้ด้วย อย่างเช่น ในกรณีของปลากะตัก ปลากะตักที่จับได้บริเวณชายฝั่งจะได้ปลากะตักตัวขาว เพราะมีน้ำจืด ซึ่งเมื่อนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์ตากแห้ง จะมีสีเหลืองใส ที่เรียกกันว่า ปลากะตักแก้ว ส่วนปลากะตักที่จับได้ในทะเลลึก จะได้ปลากะตักที่มีสีดำ ซึ่งเมื่อนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์ตากแห้ง จะมีสีคล้ำกว่า ทำการเปรียบเทียบปริมาณกรดไขมันระหว่างปลากะตักแก้วและปลากะตักตากแห้งจากภาคตะวันออก ได้ผลแสดงดังตารางที่ 4-7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4-7 เปรียบเทียบปริมาณกรดไขมันระหว่างปลากะตักแก้ว (สีขาว) และปลากะตักตากแห้ง (สีดำ) จากภาคตะวันออก

ชนิดของผลิตภัณฑ์ปลาตากแห้ง	ปริมาณกรดไขมัน (กรัมต่อ100กรัมน้ำหนักแห้ง)				
	C18:1	C18:2	C18:3	C20:5	C22:6
ปลากะตัก	0.276	0.046	0	0.1650.	0.372
ปลากะตักแก้ว	0.091	0.012	0.006	131	0.125

จากตารางที่ 4-7 พบว่า ปลากะตักสีดำ มีปริมาณไขมันและกรดไขมันไม่อิ่มตัวแต่ละชนิดมากกว่าปลากะตักสีขาว (ปลากะตักแก้ว) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ บริเวณทะเลน้ำลึกมีแพลงตอนพืช (phytoplankton) และสาหร่าย ซึ่งเป็นแหล่งของกรดไขมันในลูกโซ่อาหารมากกว่าบริเวณชายฝั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 บทสรุป

1. ผลิตภัณฑ์ตากแห้งที่มีปริมาณไขมัน (crude fat) ต่ำสุดคือ ปลากะตัก (0.59 กรัม / 100 กรัมน้ำหนักแห้ง) และผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณไขมันสูงสุดคือ ปลากระบอก (9.98 กรัม / 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)

2. เมื่อทำการสุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์ปลาตากแห้งมา 7 ชนิดเพื่อเปรียบเทียบปริมาณไขมันกับเนื้อปลาสด พบว่า เนื้อปลาหลังเขียว และปลาลิ้นหมา เมื่อนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์ตากแห้งจะมีปริมาณไขมันลดลงเพียงเล็กน้อย (ไม่เกิน 0.5 กรัม) ในขณะที่เนื้อปลานวลจันทร์ทะเล และปลาข้างเหลือง เมื่อนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์ตากแห้งจะมีปริมาณไขมันลดลงมาก (มากกว่า 1 กรัม) ส่วนปลากระเบน ปลากระบอก และปลาซ่อนทะเล พบว่าผลิตภัณฑ์ตากแห้งกลับมีปริมาณไขมันสูงกว่าเนื้อปลาดิบ

3. กรดโดโคซะเฮกซะอิโนอิค หรือ DHA เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่พบในผลิตภัณฑ์ปลาตากแห้งทุกชนิดที่ทำการศึกษา และเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลักที่พบในปริมาณสูงกว่ากรดไขมันชนิดอื่นๆ ในปลากระบอก ปลาข้าวสารใต้ ปลาจวดเทียน ปลากะตักตะวันออก ปลาข้าวสารตะวันออก ปลากะตักแก้ว และปลาซ่อนทะเล โดยผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณ DHA สูงที่สุดคือ ปลากระบอก (1.159 กรัม/100กรัมน้ำหนักแห้ง) รองลงมาคือ ปลาซ่อนทะเล และปลาจวดเทียน (0.746 และ 0.713 กรัม/100กรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ) ส่วนผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณ DHA ต่ำที่สุดคือ ปลาลิ้นหมา (0.006 กรัม/100กรัมน้ำหนักแห้ง)

4. กรดโอเลอิค เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลักที่พบในปลาหลังเขียว ปลากะตักใต้ ปลาข้างเหลืองใต้ ปลาข้างเหลืองตะวันออก และปลาแก้ว ผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณกรดโอเลอิคสูงที่สุดคือ ปลาซ่อนทะเล (0.735 กรัม/100กรัมน้ำหนักแห้ง) รองลงมาคือ ปลาจวดเทียน (0.601 กรัม/100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรัมน้ำหนักแห้ง) ส่วนผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณกรดโอเลอิคต่ำที่สุดคือ ปลาลิ้นหมา (0.009 กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง)

5. กรดลิโนเลอิค เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลักที่พบในปลาลิ้นหมาเพียงชนิดเดียว (0.150 กรัม/100กรัมน้ำหนักแห้ง) แต่ผลิตภัณฑ์ที่มีกรดลิโนเลอิคสูงที่สุดคือ ปลาจวดเทียน (0.537 กรัม/100กรัมน้ำหนักแห้ง) รองลงมาคือ ปลากระบอก (0.327 กรัม/100กรัมน้ำหนักแห้ง) ส่วนผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณกรดลิโนเลอิคต่ำที่สุดคือ ปลากะตักใต้ (0.008 กรัม/100กรัมน้ำหนักแห้ง)

6. ผลิตภัณฑ์ทุกชนิดจะมีปริมาณกรดลิโนเลนิคต่ำมาก ไม่เกิน 0.1 กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง โดยผลิตภัณฑ์ที่มีกรดลิโนเลนิคสูงที่สุดมีค่าเพียง 0.076 กรัม/100กรัมน้ำหนักแห้งเท่านั้น (ปลาข้าวสารตะวันออก) มีผลิตภัณฑ์ตากแห้งหลายชนิดที่ไม่พบกรดลิโนเลนิคเลย ได้แก่ ปลากระบอก ปลาข้างเหลืองใต้ ปลากะตักตะวันออก ปลาลิ้นหมา ปลาข้างเหลืองตะวันออก และปลาแก้ว

7. EPA ในผลิตภัณฑ์ทุกชนิดมีปริมาณค่อนข้างต่ำ (0-0.165 กรัม/100กรัมน้ำหนักแห้ง) ยกเว้นปลาข้าวสารตะวันออก ที่มีปริมาณ EPA มากที่สุดคือ 0.521 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง รองลงมาคือ ปลาช่อนทะเล (0.371 กรัม/100กรัมน้ำหนักแห้ง) ส่วนปลาข้าวสารใต้ ปลาจวดเทียน และปลาลิ้นหมา ไม่พบ EPA

8. เมื่อพิจารณาปริมาณกรดไขมันในกลุ่มโอเมกา-3 (ผลรวมของกรดลิโนเลนิค, EPA และ DHA) พบว่า ปลากระบอกมีปริมาณกรดไขมันในกลุ่มดังกล่าวสูงที่สุดคือ 1.208 กรัม/100น้ำหนักแห้ง รองลงมาคือ ปลาข้าวสารตะวันออก และปลาช่อนทะเล (1.174 และ 1.151 กรัม/100กรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ) ปริมาณกรดไขมันในกลุ่มโอเมกา-3 โดยรวมจะอยู่ในช่วง 0.006 กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง (ปลาลิ้นหมา) ถึง 1.208 กรัม/100กรัมน้ำหนักแห้ง (ปลากระบอก)

9. ผลิตภัณฑ์ปลาตากแห้งทุกชนิด จะมีปริมาณกรดโอเลอิค และกรดลิโนเลอิค สูงกว่าเนื้อปลาสด เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์โดยรวม พบว่า คุณค่าทางอาหารของปลาตากแห้งไม่แตกต่างจากปลาสดมากนัก ในผลิตภัณฑ์ปลาตากแห้งบางชนิดเช่น ปลาช่อนทะเล กลับมีปริมาณกรดไขมันเพิ่มขึ้นทุกชนิด ส่วนปลากระบอก มีเพียง EPA เท่านั้นที่มีปริมาณลดลง

10. จากการสุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์ปลาทะเลตากแห้งจำนวน 3 ชนิด ทำการเปรียบเทียบปริมาณกรดไขมันสายยาวชนิดไม่อิ่มตัวระหว่างผลิตภัณฑ์ปลาทะเลตากแห้งจากภาคใต้ (ฝั่งทะเลอันดามัน) กับผลิตภัณฑ์ปลาทะเลตากแห้งจากภาคตะวันออก (ฝั่งอ่าวไทย) พบว่า ปลากะตักและปลาข้าวสารจากภาคตะวันออก มีปริมาณกรดไขมันทุกตัวสูงกว่าปลาชนิดเดียวกันจากภาคใต้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยกเว้นกรดลิโนเลนิคที่ไม่พบในปลากะตักจากภาคตะวันออก ส่วนปลาข้างเหลืองจากภาคตะวันออก กลับมีปริมาณกรดไขมันทุกตัวต่ำกว่าปลาชนิดเดียวกันจากภาคใต้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ในขั้นตอนการย่อยตัวอย่างสามารถใช้ทรายจากทะเลแทนการใช้ See sand โดยเลือกทราย ที่มีสีค่อนข้างขาว นำมาแช่ในน้ำกลั่น ทิ้งไว้ประมาณ 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาอบให้แห้ง ร่อนด้วยตะแกรงให้ได้ทรายที่มีความละเอียดและขนาดใกล้เคียงกัน

2. ในขั้นตอนการสกัดไขมัน ถ้าใช้ตัวอย่างมากเกินไปจะต้องใช้เวลาในการสกัดนาน และมีผลทำให้มีการสูญเสียไขมันเนื่องจากสกัดออกมาไม่หมดและต้องใช้สารสกัดในปริมาณมาก จึงควรใช้ตัวอย่างในปริมาณที่เหมาะสม

3. เมื่อทำการสกัดตัวอย่างได้เป็นน้ำมันแล้ว ควรผ่านกระบวนการทำน้ำมันให้บริสุทธิ์ด้วย ซึ่งจะทำให้ได้ผลการทดลองที่ดียิ่งขึ้น และทำให้เครื่อง Gas Chromatography มีอายุการใช้งานที่นานกว่าเดิม

4. ปริมาณไขมันที่สกัดได้และปริมาณกรดไขมันในแต่ละตัวอย่างจะมีความผันแปร เนื่องจาก ชนิดของปลาที่นำมาตากแห้ง แหล่งที่อยู่อาศัยของปลา ฤดูกาลที่จับปลา เพราะฉะนั้น เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครอบคลุม ควรเก็บตัวอย่างตลอดทั้งปีและครอบคลุมพื้นที่ที่มีการแปรรูปผลิตภัณฑ์ตากแห้ง

5. จากข้อมูลผลการทดลอง พบว่าปริมาณไขมันและกรดไขมันที่ได้จากตัวอย่างผลิตภัณฑ์ปลาทะเลแปรรูปจะลดลงเมื่อเทียบกับปลาสด อาจเนื่องมาจากกรรมวิธีที่ใช้ในการแปรรูป และการสูญเสียเนื่องจากการตกแต่ง เพราะฉะนั้นถ้าต้องการส่งเสริมให้มีการบริโภค ผลิตภัณฑ์แปรรูปจากปลาทะเลเพื่อให้ได้กรดไขมันกลุ่มโอเมกา-3 ควรมีการพัฒนา และวิจัยเพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิต

6. ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแปรรูปปลาทะเลเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้บริโภคที่เลือกบริโภคผลิตภัณฑ์ที่มีราคาถูก มีคุณค่าทางโภชนาการและเป็นการส่งเสริมสินค้าไทย

7. ถ้าต้องการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์แปรรูปปลาทะเล ต้องเริ่มต้นจากการคัดเลือกปลา เพราะฉะนั้นการที่จะให้ได้ปลาที่มีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวในปริมาณสูงๆ ต้องมีการนำเทคนิคทางพันธุวิศวกรรมมาปรับปรุงพันธุ์และพัฒนาระบบการเลี้ยงโดยเลี้ยงในแหล่งน้ำที่สะอาด ใช้อาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. การทำ internal standard จะช่วยทำให้ผลการทดลองมีความถูกต้อง มากยิ่งขึ้น เนื่องมาจากสารแต่ละชนิดตอบสนองสัญญาณต่อตัวรับสัญญาณไม่เท่ากันจึงให้ peak ที่ผิดพลาดจากความเป็นจริง

9. เป็นเรื่องปกติธรรมดาของปลาตากแห้งที่จะเกิดการเหม็นหืน จากปฏิกิริยา-ออกซิเดชัน เพราะไขมันในปลาส่วนใหญ่เป็นกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว ซึ่งขั้นแรกจะเกิดที่ชั้นของไขมันใต้ผิวหนัง และจะเกิดสีเหลืองหรือสีน้ำตาล ซึ่งอาจเป็น Maillard reaction โดยทั่วไปแล้วพบว่า ปลาตากแห้งที่เกิดหืนยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคจำนวนมาก และบางครั้งพบว่าผู้บริโภคพึงพอใจมากกว่าปลาที่ไม่หืนซึ่งเป็นเพราะความเคยชินในการรับประทานผลิตภัณฑ์นั้นๆ อย่างไร-ก็ตาม เรื่องนี้เป็นเรื่องที่ไม่ควรมองข้ามเพราะ ไขมันที่หืนมีรายงานว่า มีผลเสียต่อผู้บริโภค เพราะคุณค่าทางอาหารของไขมันและโปรตีนลดลง รวมทั้งจะสูญเสียวิตามินเอและอีด้วย ดังนั้น จึงควรมีการเติมสารกันหืนเช่น propyl gallate ลงในปลาตากแห้ง โดยใช้ในปริมาณที่กำหนดไว้โดยกฎหมายอาหารของแต่ละประเทศด้วย

10. เนื่องจากในปัจจุบัน ปลาที่นิยมรับประทานส่วนมากมักจะเป็นปลาใหญ่ ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้ จึงเป็นการรณรงค์ให้ผู้บริโภคหันมาสนใจรับประทานปลาเล็กกันมากขึ้น เพราะส่วนใหญ่แล้ว ปลาเล็กเหล่านี้มักจะถูกมองข้ามและไม่ได้รับความสนใจเท่าที่ควร จึงมักนำไปทำเป็นอาหารสัตว์มากกว่า ทั้งที่จริงๆแล้ว มีปริมาณสารอาหารที่มีคุณค่าต่อร่างกาย โดยเฉพาะกรดไขมันในกลุ่มโอเมกา-3 สูง อีกทั้งยังช่วยส่งเสริมให้มีการพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ๆเข้ามาใช้ในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ปลาทะเลตากแห้ง เพื่อคงคุณค่าทางโภชนาการไว้ให้มากที่สุด และเป็นการกระตุ้นให้มีการส่งออกผลิตภัณฑ์ปลาทะเลตากแห้งเหล่านี้เพิ่มมากขึ้นด้วย

11. ปลาข้าวสารตะวันออก และปลาซ่อนทะเล เป็นแหล่งของ EPA ที่ดี ที่สามารถแนะนำให้รับประทานเพื่อให้ได้ EPA เพียงพอต่อความต้องการในแต่ละวันได้ (0.22 กรัมต่อวัน เมื่อได้รับพลังงาน 2,000 กิโลแคลอรี) ฉะนั้น การรับประทานปลาข้าวสาร ¼ ถ้วยตวง (น้ำหนักเฉลี่ย 40 กรัม) หรือปลาซ่อนทะเล 3 ตัว (ประมาณ 60 กรัม)ต่อวัน ร่างกายจะได้รับปริมาณ EPA เพียงพอต่อความต้องการในหนึ่งวัน

12. ปลากระบอก ปลาซ่อนทะเล และปลาจวดเทียน เป็นแหล่งของ DHA ที่ดี ที่สามารถแนะนำให้รับประทานเพื่อให้ได้ DHA เพียงพอต่อความต้องการในแต่ละวันได้ (0.22 กรัมต่อวัน เมื่อได้รับพลังงาน 2,000 กิโลแคลอรี) ฉะนั้น การรับประทานปลากระบอก 2 ตัว (ประมาณ 20 กรัม) หรือปลาซ่อนทะเล 1 ตัวครึ่ง (ประมาณ 30 กรัม) หรือปลาจวดเทียนเพียง 1 ตัว (ประมาณ 30 กรัม) ร่างกายก็จะได้รับปริมาณ DHA เพียงพอต่อความต้องการในหนึ่งวัน ส่วนหญิงตั้งครรภ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และมารดาที่ให้นมบุตร นักวิจัยได้แนะนำว่า ควรได้รับ DHA จากอาหารเพิ่มขึ้นเป็น 0.3 กรัมต่อวัน นั่นก็หมายความว่า หากรับประทานปลากระบอก 3 ตัว (ประมาณ 25 กรัม) หรือปลาช่อนทะเล 2 ตัว (ประมาณ 40 กรัม) หรือปลาจวดเทียน 1 ตัว (ประมาณ 40 กรัม) ก็จะได้รับปริมาณ DHA เพียงพอต่อความต้องการในหนึ่งวัน

13. เมื่อพิจารณาปริมาณกรดไขมัน ในกลุ่มโอเมกา-3 (ผลรวมของ EPA และ DHA) พบว่าปลากระบอก ปลาช่อนทะเล และปลาข้าวสาร จัดเป็นแหล่งของกรดไขมันในกลุ่มโอเมกา-3 ที่ดี ที่สามารถแนะนำให้รับประทานเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการในแต่ละวันได้ (0.65 กรัมต่อวัน เมื่อได้รับพลังงาน 2,000 กิโลแคลอรี) ฉะนั้น การรับประทานปลากระบอก 5 ตัว (ประมาณ 50 กรัม) หรือปลาช่อนทะเล 3 ตัว (ประมาณ 60 กรัม) หรือปลาข้าวสาร ½ ถ้วยตวง (ประมาณ 60 กรัม) ร่างกายก็จะได้รับปริมาณกรดไขมันในกลุ่มโอเมกา-3 เพียงพอต่อความต้องการในหนึ่งวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. การแปรรูปสัตว์น้ำ. กรุงเทพฯ: กองพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ กรมประมง; 2535.
2. กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. ภาพปลาและสัตว์น้ำของไทย. กรุงเทพฯ: องค์การค้าของคุรุสภา; 2530.
3. กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. สถิติการประมงแห่งประเทศไทย ปีพ.ศ. 2539. กรุงเทพฯ: ฝ่ายสถิติและสารสนเทศการประมง กรมประมง; 2542.
4. กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. สัตว์ทะเลที่เป็นอาหารของคนไทย. กรุงเทพฯ: หน่วยสำรวจแหล่งประมง กรมประมง; 2512.
5. กุลวดี กระจ่างลิขิต. การเพิ่มความเข้มข้นของ EPA และ DHA ในน้ำมันปลาโดยการเลือกสกัดด้วยตัวทำละลายและการตกผลึกลำดับส่วน [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ]. กรุงเทพฯ: คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี; 2537.
6. คณิต กฤษณังกูร. การประชุมปฏิบัติการภาคฤดูร้อนสาขา ชีวเคมี ครั้งที่ 19 เรื่อง ลิปิด :ชีวเคมี เทคโนโลยีชีวภาพ; 2-4 พฤษภาคม 2537. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี; 2537.
7. ครรชิต จุดประสงค์. คุณค่าทางโภชนาการในปลาที่นิยมบริโภค: สารอาหารหลัก กรดไขมัน และโคเลสเตอรอล [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาอาหารและโภชนาการเพื่อการพัฒนา]. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล; 2539.
8. ครรชิต จุดประสงค์. แร่ธาตุปริมาณน้อยในปลาที่นิยมบริโภค. วารสารอาหาร 2540; 27 (3): 192-201.
9. ด้วง พูธศุกร์. ไขมันและเคมีภัณฑ์จากไขมัน. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่; 2534.
10. นงนุช รักสกุลไทย. กรรมวิธีแปรรูปสัตว์น้ำ. กรุงเทพฯ: คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2538.
11. บริษัท ที.ซี. ยูเนี่ยนฟู้ดส์ จำกัด. กรดไขมันจำเป็น ดีเอชเอ-โอเมก้า 3. ฉบับพิเศษ ประชาชาติธุรกิจ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12. บังอร ณ พัทลุง. ลิปิดและไลโปโปรตีน. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยมหิดล; 2536.

13. ประสาร สวัสดิ์ชีตัง. ชนิดของกรดไขมันของน้ำมันปรุงอาหาร,มาร์การีน และปลา [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาโภชนศาสตร์]. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล; 2529.

14. ประเสริฐ มรรษทวี. การศึกษาคุณค่าทางโภชนาหารของปลาหน้าดินบางชนิดที่จับด้วยอวนลากน้ำลึก [วิทยานิพนธ์ปริญญาการประมงบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2505.

15. ประเสริฐ สายสิทธิ์. กรรมวิธีอุตสาหกรรมประมง. อัดสำเนา. กรุงเทพฯ: สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2527.

16. ประหยัด โกมารทัต. การประชุมปฏิบัติการภาคฤดูร้อนสาขาชีวเคมี ครั้งที่ 19 เรื่อง ลิปิด : ชีวเคมี เทคโนโลยีชีวภาพ; 2-4 พฤษภาคม 2537. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี; 2537.

17. พรทิพย์ แซ่เตีย. การศึกษาเบื้องต้นในการใช้เศษเหลือของอุตสาหกรรมปลาทูนากระป๋องเพื่อผลิตน้ำมันปลา [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร]. กรุงเทพฯ: ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2537.

18. มนตรี จุฬาวัฒนกล, ยงยุทธ ยุทธวงศ์, ชิษณุสรรค์ สวัสดิวัฒน์ ชีวเคมี. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยมหิดล; 2530.

19. มะลิ ผุสพานิช. การหาแหล่งของเอนไซม์ที่เหมาะสมในการเพิ่มความเข้มข้นของ EPA และ DHA ในน้ำมันปลาทูน่า [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ]. กรุงเทพฯ: คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี; 2538.

20. ยงยุทธ ยุทธวงศ์. การประชุมปฏิบัติการภาคฤดูร้อนสาขาชีวเคมี ครั้งที่ 19 เรื่อง ลิปิด : ชีวเคมี เทคโนโลยีชีวภาพ; 2-4 พฤษภาคม 2537. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี; 2537.

21. รัศมี ศุภศรี. ไขมันและบทบาทของ Omega-3 fatty acid กับการอุดตันของหลอดเลือด. วารสารอาหาร 2536; 23(4): 242-54.

22. ลินจง สุขลำภู. ส่วนประกอบทางเคมีและการจำแนกประเภทของลิปิด. อัดสำเนา. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง; 2542.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

23. วิภา ชีพสัจญาณ. การใช้เอนไซม์ไลเปสจากพืชในการเพิ่มความเข้มข้นของ EPA และ DHA ของน้ำมันปลาทูน่า [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ]. กรุงเทพฯ: คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี; 2540.

24. สมพงศ์ สหพงศ์. น้ำมันปลา น้ำมันลดไขมัน. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์รวมทรรศน์; 2536.

25. สมศักดิ์ สิงหลกะ. องค์ประกอบของเนื้อปลาน้ำจืดและปลาทะเลบางชนิด [วิทยานิพนธ์ปริญญาการประมงบัณฑิต]. กรุงเทพฯ : คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2507.

26. อริชัย ก่อกิจ, คณิต กฤษณังกูร และนฤมล จียโชค. การศึกษาปริมาณ DHA และ EPA ในสัตว์ทะเลบางชนิดในไทย.การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทยครั้งที่ 21; 25-27 ตุลาคม 2538. ชลบุรี: โรงแรมแอมบาสซาเดอร์ซิตี้; 2538.

27. อาภัสรา ชมิดท์. ชีวเคมี. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2537.

28. A changing for fish oils. Journal of oil & fat international 1992; Issue 5: 20-21.

29. Ackman RG. Nutritional evaluation of long-chain fatty acid in fish oil. London: Academic Press; 1982.

30. AOCS. 1986. Official and tentative methods of the American Oil Chemists' Society.Vol.1.3 rded., Champaign, Ilinoid.

31. Andrade AD, Rubira AF, Matsushita M, Souza NE. ω3 Fatty acids in freshwater fish from South Brazil. Journal of the American Oil Chemists' Society 1995; 72: 1207-10.

32. Audley MA, Sheety KJ, Kingsella JE. Isolation and properties of phospholipase A from pollock muscle. Journal of Food Science 1987; 43: 1771-5.

33. Boswell KDB, Gladue R, Prima B, Kyle DJ. SCO Production of fermentative microalgae. In: Kyle DJ, Ratledge C. Industrials application of single cell oil. Illinois: American Oil Chemists' Society; 1992. p. 274-86.

34. Cohen Z, Cohen S. Preparation of eicosapentaenoic acid (EPA) concentrate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

from Porphyridium cruentum. Journal of the American Oil Chemists' Society 1991; 68: 16-9.

35. Cohen Z. Production potential of eicosapentaenoic acid by *Monodus subterraneus*. Journal of the American Oil Chemists' Society 1994; 71: 941-5.

36. Davis L, Goodwin L, Smith G, Hole M. Lipid oxidation in salted-dried fish : the effect of temperature and light on the rate of a fish oil. Journal of Science Food Agriculture 1993; 62: 355-9.

37. Gunstone FD, Harwood JL, Padley FB. The lipid handbook. London: Chapman & Hall: 1986.

38. Hwang KT, Regenstein JM. Characteristic of mackerel mince lipid hydrolysis. Journal of Food Science 1993; 58(1): 79-83.

39. Jham GN,Teles FFE, Campos LG. Use of aqueous HCl / MeOH as esterification reagent for analyses of fatty acids derived from soy lipids. Journal of American Oil Chemists' Society; 59(3): 132-133.

40. Kaitaranta JK. Control of lipid oxidation in fish oil with various antioxidative compounds. Journal of the American Oil Chemists' Society 1992; 69: 810-3.

41. Karahadian C, Lindsay RC. Composition of n-3 oils from Great Lakes fresh water fish. Journal of Food Composition Analysis 1989; 2(1): 13-21.

42. Kyle JD, Sicotte VJ, Singer JJ, Reeb SE. Bioproduction of Docosahexaenoic acid (DHA) by microalgae. In: Kyle JD, Ratledge C. Industrials application of single cell oil. Illinois: American Oil Chemists' Society; 1992. p.287-300.

43. Liu Y, Sun M, Zhang S, Mu Z, Xi S, Zhou Y, et al. Effect of fish oil rich in eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid on platelet aggregation,coagulation time, and tissue fatty acid compositions in rabbits. Ying Yang Xuebao 1988; 10(4): 341-7.

44. Meyer BJ, Tsivis E, Howe PRC, Tapsell L, Calvert GD. Polyunsaturated fatty acid

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

content of foods: differentiating between long and short chain omega-3 fatty acids. Journal of Food Australia 1999; 51(3): 81-95.

45. Miyazawa T, Kashima M, Fujimoto K. Fluorometric peroxygenase assay for lipid hydroperoxides in meats and fish. ; 58(1): 66-70. Journal of Food Science 1993

46. Morris RJ, Culkin F. Marine biogenic lipids, fats and oils. London: Boca Raton Press; 1989.

47. O' Brien DJ, Gerard ES. Recovery of eicosapentaenoic acid from fungal mycelia by solvent extraction. Journal of the American Oil Chemists' Society 1994; 71: 947-50.

48. Raffaele S, Medina I, Aubourg SP, Addeo F, Paoliiio L. Proton nuclear magnetic resonance rapid and structure-specific determination of ω-3 polyunsaturated fatty acid in fish lipids. Journal of the American Oil Chemists' Society 1993; 70: 225-8.

49. Ratnayaki W, Ackman RG, Hulan HW. Effect of redfish meal enriched diets on the taste and n-3 PUFA of 42-day-old broiler chickens. Journal of Science Food Agriculture 1989; 49(1): 59-74.

50. Seto A, Kumasaka K, Hosaka M, Kojima E, Kashiwakura M, Kato T. Production of eicosapentaenoic acid by a marine microalgae and its commercial utilization for aquaculture. In: Kyle DJ, Ratledge C. Industrials application of single cell oil. Illinois: American Oil Chemists' Society; 1992. p. 219-34.

51. Shimisu S, Shinmen Y, Kawashima H, Akimoto K, Yamada H. Fungal mycelia as a novel source of eicosapentaenoic acid production at low temperature. Journal of Biochemical and Biophysical Research Communications 1988; 150(1): 335-41.

52. Shimizu S, Kawashima H, Shinmen Y, Akimoto K, Yamada H. Production of eicosapentaenoic acid by *Mortierella* fungi. Journal of the American Oil Chemists' Society 1988; 65: 1455-9.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

53. Shimisu S, Kawashima H, Shinmen Y, Yamada H. Microbial conversion of an oil containing α-linolenic acid to an oil containing eicosapentaenoic acid. Journal of the American Oil Chemists' Society 1989; 66: 342-7.

54. Shimisu S, Kawashima H, Akimoto H, Akimoto K, Shinmen Y, Yamada H. Conversion of linseed oil to an eicosapentaenoic acid containing oil by *Mortierella alpina* 1S-4 at low temperature. Journal of Applied Microbiology Biotechnology 1989; 32(1): 1-4.

55. Shinmen Y, Kawashima H, Shimizu S. Concentration of eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid in an arachidonic acid-producing fungus, *Mortierella alpina* 1S-4, grown with fish oil. Journal of Applied Microbiology & Biotechnology 1992; 38: 301-4.

56. Shinmen Y, Kawashima H, Shimisu S, Yamada H. Concentration of eicosapentaenoic acid – producing fungus *Mortierella alpina* 1S-4 growth with fish oil. Journal of Applied Microbiology & Biotechnology 1992; 38(3): 301-4.

57. Sigurgisladottir S, Palmadottir H. Fatty acid composition of thirty-five Iceland fish species. Journal of the American Oil Chemists' Society 1993; 70: 1081-7.

58. Simopoulos AP, Leaf A, Salem Jr N. Workshop on the essentiality of and recommended dietary intakes for omega-6 and omega-3 fatty acids. Journal of Food Australia 1999; 51(8): 332-3.

59. Suzuki H. Eat fish for good brain?. Journal of infofish international 1994; 4(1): 23-6.

60. Wette JD, Gandhi SR. Enhancement of C20 polyunsaturated fatty acid production in *Phythium cultimum*. In: Kyle DJ, Ratledge C. Industrials application of single cell oil. Illinois: American Oil Chemists' Society; 1992. p. 98-117.

61. Whitney HR. Understanding nutrition. 15 th ed. Washington: Wilson and Son Press; 1990.

62. Yamada H, Shimisu S, Shinmen Y, Akimoto K, Kawashima H, Jareonkitmongkol

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

S. Production of dihomo-γ-linolenic acid, arachidonic acid and eicosapentaenoic acid by filamentous fungi. In: Kyle DJ, Ratledge C. Industrials application of single cell oil. Illinois: American Oil Chemists' Society; 1992. p.118-38.

63. Yazawa K, Watanabe K., Ishikawa C.,Condo K., Kimura S. Production of eicosapentaenoic acid from marine bacteria. In: Kyle DJ, Ratledge C. Industrials application of single cell oil. Illinois: American Oil Chemists' Socicty; 1992. p. 29-51.

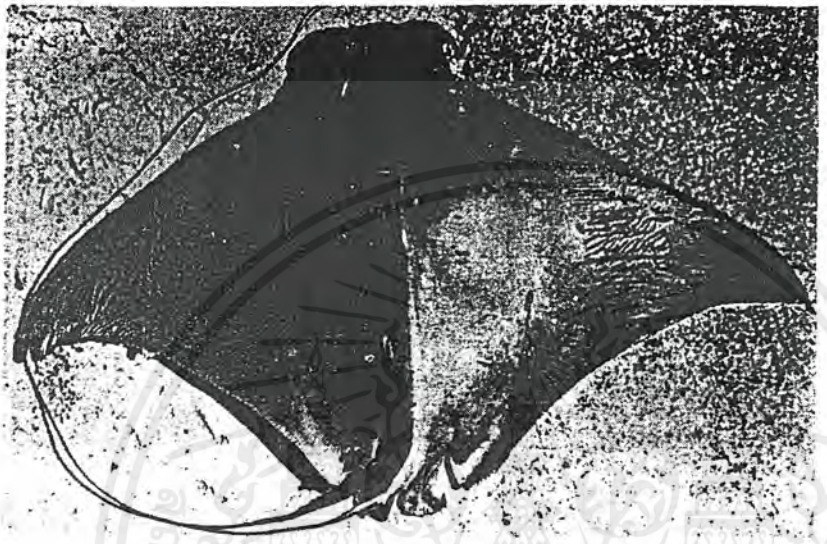
64. Yongmanitchai W, Ward OP. Omega-3 fatty acids: alternative sources of production. Journal of the Process Biochemistry 1989; 24(4): 117-25.

65. Yonikura I, Akiko S. Inhibitory effect of perilla oil and fish oil on 7,12-dimethylbenz [a] anthracene-induced mamary tumorigenesis. Ikaku no Ayumi 1989; 150(3): 233-4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

ชนิดของปลาทะเลที่นำมาศึกษา



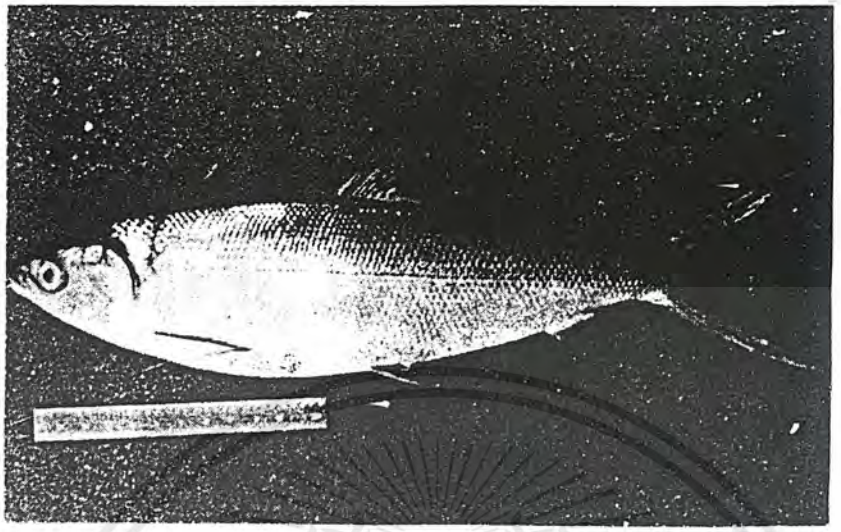
รูปที่ ก-1 ปลากระเบนยี่สน

1. ปลากระเบนยี่สน (COWNOSED RAY)

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Rhinoptera javanica* (Muller & Henle)

ลักษณะทั่วไป จัดอยู่ในปลากระเบนชนิดหนึ่ง มีลักษณะอยู่ในจำพวกกะเบนนก มีปีกเรียวแหลมตอนปลายคล้ายกับนก ส่วนตอนหัวปีกไม่คลุมไปถึงจะงอยปาก ตอนใต้หัวมีคางยื่นออกมาเป็นสองชั้นนับได้ว่าเป็นลักญลักษณ์ของปลายี่สน พื้นหลังสีเทาเข้มอมดำโดยทั่วไป ตอนหางเรียวยาวมีความยาวประมาณ 1.5 เท่าของความยาวกลางปีกหรือมากกว่านั้น มีเงี่ยงขนาดเล็กตอนบนหาง 1 เงี่ยงเป็นเงี่ยงหลบ พื้นท้องเป็นสีขาว ขนาดยาวของปีกสูงสุดประมาณ 2.00 เมตร น้ำหนักตัวหนึ่งหนักประมาณ 60-70 กิโลกรัม **ถิ่นอาศัย** มักชอบอาศัยตามพื้นทะเลในทะเลเปิดโดยทั่วไป เคลื่อนที่ไปเป็นฝูงตามพื้นท้องทะเลที่เป็นโคลนปนทราย ทั้งในย่านน้ำตื้นและน้ำลึก แต่ส่วนมากมักชอบอาศัยตามทะเลที่มีน้ำใสมากกว่าน้ำขุ่น มักชอบกินเคยเป็นอาหาร ดังนั้นที่ใดมีเคยชุกชุม ที่นั่นก็มีปลานี้อาศัยชุกชุม พบมากที่เพ ระยอง เกาะช้าง **ประโยชน์** เป็นประโยชน์ในการประกอบอาหารชนิดต่าง ๆ นับตั้งแต่ทำลูกชิ้น แล่ใส่เกลือเป็นริ้ว ๆเป็นเนื้อปลายี่สน และเมื่อแห้งแล้วนำมาผัดหวาน โดยการปิ้งและบดโขลกให้อ่อนแล้วผัดกับน้ำตาลมีรสอร่อยมาก เป็นกับแกล้มได้เป็นอย่างดีนอกจากนั้นแล้วใช้แกงหรือส่วนหัวทำเค็มแล้วรับประทานกับผักน้ำพริกได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



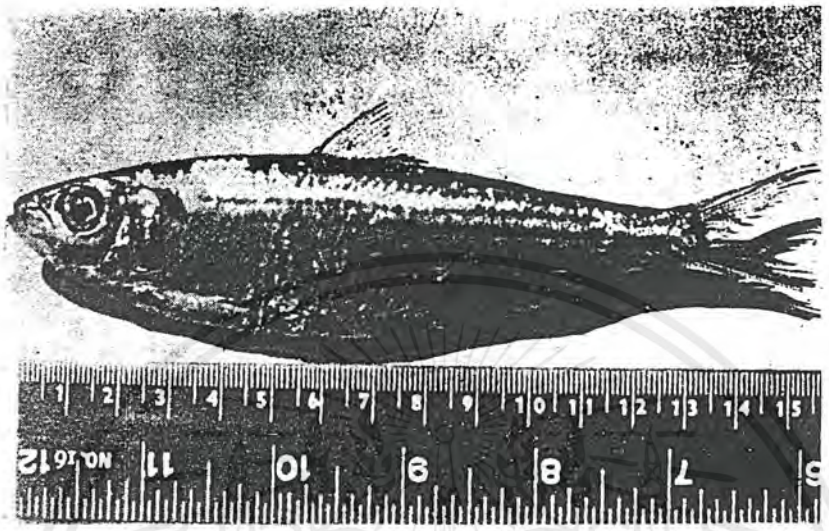
รูปที่ ก-2 ปลานวลจันทร์ทะเล

2. ปลานวลจันทร์ทะเล ไหล้น (MILKFISH)

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Chanos chanos* (Forskal)

ลักษณะทั่วไป เป็นปลาที่มีรูปร่างคล้ายปลากระบอกมากที่สุด ตัวยาวเรียวอ้วนกลมและมีขนาดใหญ่กว่าปลากระบอกมาก ตากลมใสอยู่ในเบ้าวุ้น หัวค่อนข้างเล็กเมื่อเทียบกับขนาดของตัว ครีบหางใหญ่และแฉกเว้าเข้า ครีบหลังมีครีบเดียวเป็นครีบอ่อนทั้งหมด ครีบหูค่อนข้างสั้น มีเกล็ดกลมติดแน่นไม่หลุดง่าย สีสันหลังเขียวอมน้ำเงินอ่อน และค่อย ๆ จางลงมาถึงบริเวณข้างตัวทั้งสองด้านแล้วกลืนหายไป กลับกลายเป็นสีขาวเงินแทนที่จนถึงท้อง ขนาดยาวสูงสุดประมาณ 1.20 เมตร น้ำหนักมากกว่า 20 กิโลกรัม **ถิ่นอาศัย** เป็นปลาที่อาศัยอยู่บริเวณทะเลตื้นโดยทั่วไปในน่านน้ำกร่อยเมื่อขณะเล็กอยู่ และจะอาศัยในทะเลเปิดเมื่อมีขนาดโตขึ้น เป็นปลาที่มีความเร็วในการว่ายค่อนข้างสูงและกระโดดได้สูงมาก เมื่อยามติดอวนจะกระโดดได้สูงถึงประมาณ 10 เมตร พบมากที่เพ ประแสร์ ประจวบฯ สมุย จะเดินทางเข้ามาทำการวางไข่ตามสถานที่ข้างเกาะ และลูกปลาจะเข้ามาอาศัยตามบริเวณชายหาด นิยมเลี้ยงกันมากในย่านอินโดแปซิฟิก เช่น ฟิลิปปินส์ เรียก "บังงอส " นิยมเลี้ยงกันในบ่อน้ำกร่อยเป็นอุตสาหกรรมที่ดีอย่างหนึ่ง **ประโยชน์** ใช้รับประทานเป็นอาหารได้ดี แต่เป็นปลาที่มีก้างในเนื้อมาก ดังนั้นการรับประทานสมควรจะต้องระมัดระวังเป็นพิเศษ ชาวจีนนิยมรับประทานในแบบต้มเค็ม ต้มหวานมากกว่าอย่างอื่น สำหรับผู้ไม่เคยรับประทานอาจรู้สึกว่าเป็นปลาที่มีคาวจัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



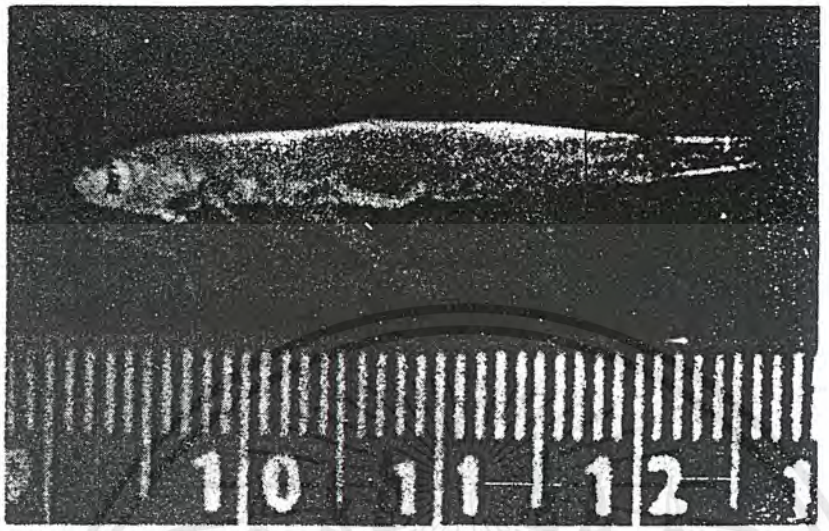
รูปที่ ก-3 ปลาหลังเขียว

3. ปลาหลังเขียว กุแรยาว อกแร แซล้น (FRINGESCALE SARDINE)

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Sardinella fimbriata* (Cuv. & Val.)

ลักษณะทั่วไป จัดอยู่ในจำพวกปลาหลังเขียวชนิดหนึ่ง ซึ่งอาศัยตามทะเลเปิดตามสถานที่น้ำใสโดยทั่วไป ตัวมีลักษณะแบนยาว มีความโค้งเป็นส่วนด้านท้องมากกว่า ด้านหลังมีสีเขียวอมน้ำเงิน เกล็ดค่อนข้างใหญ่และค่อนข้างแข็งปกคลุมตัวอยู่ จากหลังลงมาถึงท้องมีสีเงินตลอด ครีบทุกครีบค่อนข้างบอบบางและชำรุดง่ายมีสีเหลืองอ่อน ครีบหางนั้นเป็นรูปสามเหลี่ยมชายรงเว้าเข้า หลังครีบหูมีจุดดำด้านละ 1 จุดความยาวสูงสุดถึงประมาณ 20 เซนติเมตร **ถิ่นอาศัย** อาศัยอยู่ตามทะเลเปิดเป็นฝูง ฝูงใหญ่มากเป็นจำนวนพัน ๆ มักจะชอบขึ้นบริเวณผิวน้ำเพื่อกินอาหารจำพวกแพลงตอน ในเวลาเมื่อทะเลสงบเห็นเป็นฝูง ๆ และมักจะขึ้นไล่ลูกเหยื่อด้วยการดีดน้ำทำให้สังเกตเห็นว่าเป็นปลาชนิดนี้จากประมงที่ชำนาญ พบมากบริเวณ บางปะกง ชลบุรี ระยอง สมุทรสงคราม สมุทรสาคร **ประโยชน์** รับประทานอาหารได้อย่างดีในการทำเป็นพล่า แล่เนื้อทำแกงสับนก ทำลูกชิ้น แกงจืด ทอดมัน ส่วนมากนิยมใช้ใส่เค็ม เพื่อรับประทานกับข้าวต้ม เมื่อทำเค็มแล้วเขามักจะเสียบไม้ ๆ ละ 5-6 ตัว เป็นปลาที่มีรสอร่อยมากแต่ปัจจุบันมีปริมาณลดถอยลงมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



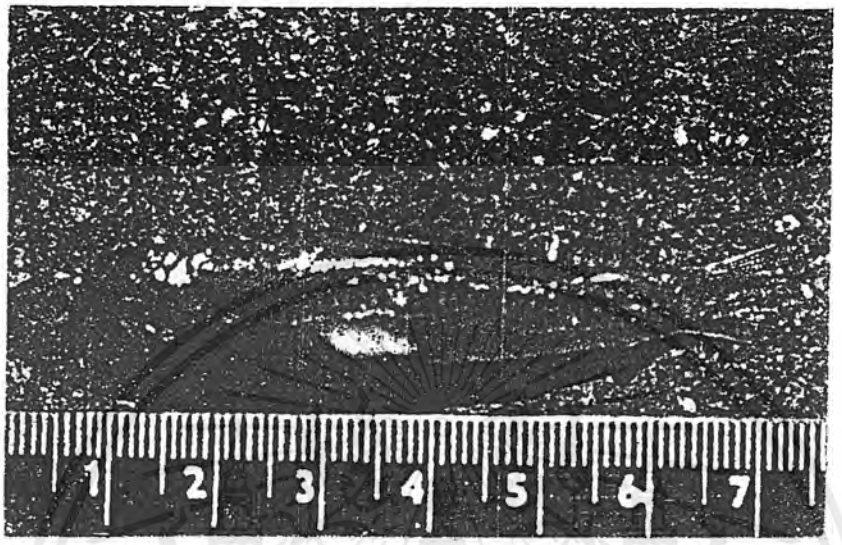
รูปที่ ก-4 ปลาข้าวสาร

4. ปลากะตักขนมจีน เก๋ย มะลิ ข้าวสาร (LONG-JAWED ANCHOVY)

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Stolephorus commersonii* (Lace'pede)

ลักษณะทั่วไป เป็นปลาที่จัดว่ามีขนาดเล็กมาก แลคล้าย ๆ กับกุ้งเคยไปถ้าไม่สังเกตหรือเหมือนกับลูกปลาชนิดหนึ่ง ตัวขาวใสและมีตาสีดำเป็นเครื่องสังเกตได้ง่าย เมื่อรวมกันอยู่มากดูคล้าย ๆ กับเส้นขนมจีน ความยาวของตัวสูงสุดประมาณ 4-5 เซนติเมตรไม่เกินกว่านั้น และมีกำลังเคลื่อนไหวที่ค่อนข้างช้ามาก **ถิ่นอาศัย** อาศัยอยู่ตามบริเวณปากแม่น้ำตามสถานที่ตื้น โดยทั่วไปเป็นกลุ่มก้อนจำนวนมาก ๆ พบมากบริเวณจังหวัดชลบุรี บางปะกง สมุทรสาคร และตามบริเวณปากแม่น้ำโดยทั่วไป **ประโยชน์** ใช้รับประทานเป็นอาหารโดยตรงโดยการหมักเกลือ ล้างน้ำแล้วนำออกตากแดดให้แห้ง แล้วทอดรับประทานกับข้าวต้ม หรือจะผัดหวานแบบปลายี่สนก็ได้นอกจากนั้นแล้วใช้เป็นวัตถุดิบในการทำกะปิปลาดีที่สุด และนอกจากนั้นแล้วก็ยังใช้ทำประโยชน์ในการทำน้ำปลาได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



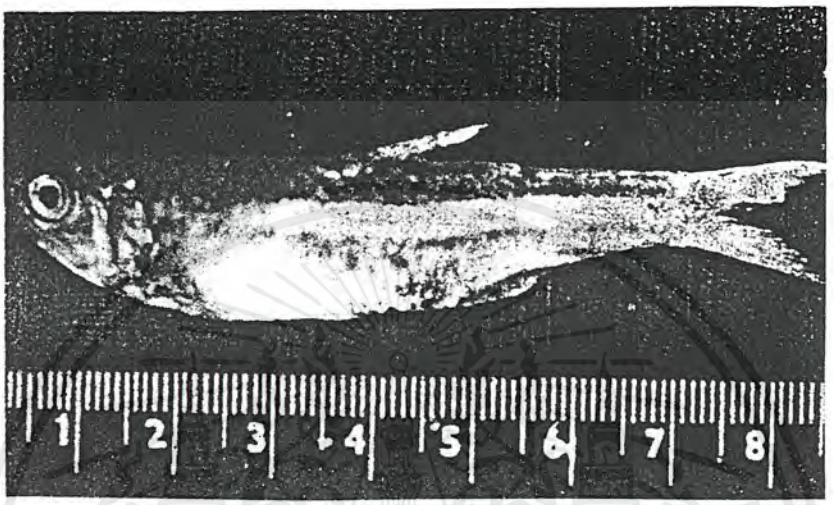
รูปที่ ก-5 ปลากะตัก (จิ้งจั้ง)

5. ปลากะตักหัวแหลม ยี่วเก๊ียะ จิ้งจั้ง หัวอ่อน กังฮื้อ (SHARP-HEAD ANCHOVY)

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Stolephorus heterolobus* (Rüppell)

ลักษณะทั่วไป เป็นปลาขนาดเล็กอยู่ในพวกปลาแมวที่นับว่าสำคัญทางด้านเศรษฐกิจของการประมงทะเลอย่างหนึ่ง เป็นปลาขนาดเล็ก ยาวเรียวหัวแหลม ตาค่อนข้างโต ลำตัวมีเนื้อที่ใสมองเห็นส่วนท้องที่ขาวถนัด ตอนเส้นข้างลำตัวนั้นมีแถบสีเงินจากบริเวณหลังแก้มจนจดโคนหางมีความยาวประมาณ 10 เซนติเมตร **ถิ่นอาศัย** อาศัยตามทะเลเปิดทั่วไป ส่วนมากมักชอบอาศัยตามท้องทะเลที่มีน้ำใสมากกว่าน้ำขุ่นตามปากแม่น้ำเป็นกลุ่มก้อน และเป็นปลาฝูงขนาดใหญ่ที่มีเป็นจำนวนมาก และสามารถที่จะทำการจับด้วยเครื่องมือใช้ไฟล่อ พบมากที่ระยอง เพ ประแสร์ เกาะช้าง สัตหีบ เกาะสีชัง สมุทรสงคราม สมุทรสาคร ภูเก็ตท้ายเหมือง **ประโยชน์** ดีที่สุดในการทำน้ำปลา ปลาหัวอ่อน นิยมกันมาก โรงงานน้ำปลาในจังหวัดระยองทั้งหมดใช้ปลานี้เป็นวัตถุดิบ ในการทำน้ำปลาทั้งสิ้น สำหรับปลานี้เมื่อใส่เกลือเพียงเคล้าเกลือและนำออกตากแดดเมื่อแห้งแล้วเด็ดส่วนท้องและหัวทิ้งเสีย แล้วจิ้มทอดด้วยน้ำมันธรรมดาหรือทอดแล้วใส่น้ำตาลก็จะมีรสอร่อยมาก มักจะมีขายตามร้านข้าวต้มตามต่างจังหวัดหรือแม้แต่ในกรุงเทพฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



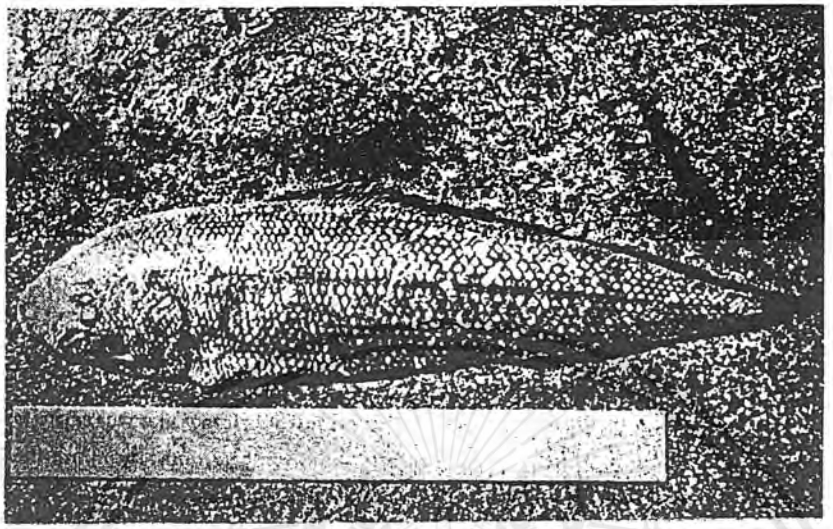
รูปที่ ก-6 ปลากะตักเกล็ด

6. ปลากะตักเกล็ด มะลิ หัวอ่อน (SILVERSIDE ANCHOVY)

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Stolephorus sp.*

ลักษณะทั่วไป เป็นปลากะตักที่มีรูปร่างแตกต่างกันออกไปกับปลากะตักธรรมดา มีลักษณะตัวที่ค่อนข้างแบน และท้องค่อนข้างยาน ครีบหางแฉกและเว้าเข้า ครีบหลังเล็กแบบบาง ตาโตกลมไปทางด้านหัว มีเกล็ดขนาดใหญ่และค่อนข้างแข็งแต่หลุดง่ายอยู่ตามตัวทั่วไปผิดกันกับปลากะตักธรรมดา สีด้านข้างนั้นตอนขึ้นจากน้ำใหม่ ๆ จะมีสีเงินอมสีทอง และจะค่อย ๆ จางไปเป็นสีเหลืองอ่อน ครีบทุกครีบมีสีเหลืองอ่อนอมขาว ตอนด้านข้างตัวทั้งสองด้านนั้นมีเส้น แถบขาวจากหลังแก้มจนถึงโคนหาง ขนาดยาวสูงสุดประมาณ 10 เซนติเมตร **ถิ่นอาศัย** เป็นปลาที่อาศัยเป็นกลุ่มก้อน จำนวนมาก ตามบริเวณชายทะเล ตามปากแม่น้ำ ตามสถานที่พื้นท้องทะเลเป็นโคลน พบมากที่ชลบุรี บางปะกง **ประโยชน์** ใช้รับประทานเป็นอาหารโดยการใส่เค็มแล้วทำการตากแดดให้แห้ง ทอดน้ำมันหรือตากหวานได้ดี แต่มีรสอร่อยสู้ปลากะตักธรรมดาไม่ได้เพราะมีเนื้อค่อนข้างแข็ง นอกจากนั้นเป็นวัตถุดิบในการทำน้ำปลา เป็นอาหารเป็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



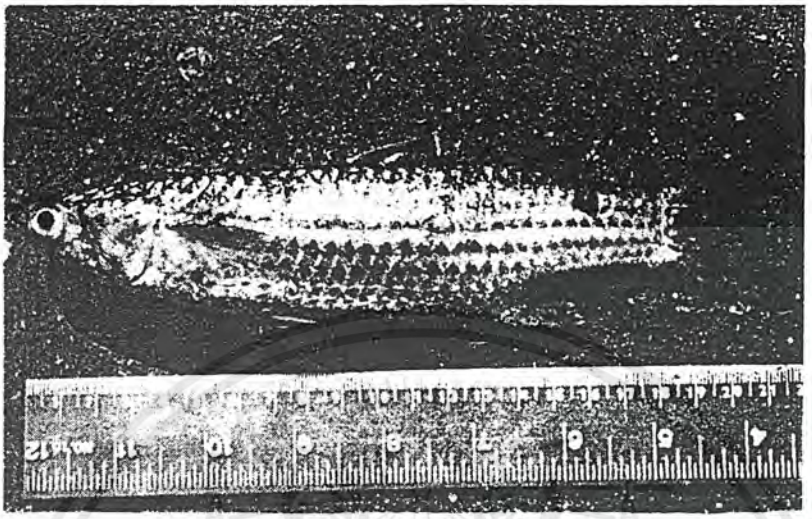
รูปที่ ก-7 ปลาลิ้นหมา

7. ปลาลิ้นหมา ลิ้นหมาแดง ยอดม่วงเกล็ดใหญ่ (LARGESCALED TONGUE SOLE)

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Cynoglossus macrolepidotus* (Bleeker)

ลักษณะทั่วไป เป็นปลาที่เรียกกันทั่วไปว่า ปลาซีกเดียว มีรูปร่างยาวเรียว ลำตัวแบน ซีกของลำตัวที่มีสีส้มเข้มจะอยู่ด้านซ้าย ตาทั้งสองข้างอยู่ทางด้านซีกซ้ายของลำตัว และอยู่ชิดกันมาก หัวค่อนข้างแหลม ปากโค้งงอมีลักษณะคล้ายตะขอ เกล็ดมีขนาดใหญ่ ด้านซีกซ้ายมีเกล็ดแบบมีขอบเป็นหนาม ทางซีกขวามีเกล็ดแบบมีขอบเรียบ เส้นข้างลำตัวทั้งสองเส้นอยู่ซีกซ้าย ครีบหลังและครีบก้นเชื่อมติดกับครีบหาง ไม่มีครีบหู ลำตัวซีกซ้ายมีสีน้ำตาลและมีรอยแต้มสีดำอยู่บนกระพุ้งแก้ม ด้านล่างมีสีขาวเนื่องจากคลานไปกับพื้นท้องทะเล กินสัตว์น้ำขนาดเล็กที่อาศัยอยู่ตามบริเวณหน้าดิน ความยาวสูงสุดประมาณ 50 เซนติเมตร **ถิ่นอาศัย** เป็นปลาที่ชอบอาศัยอยู่กับพื้นท้องทะเล ตามสถานที่พื้นทะเลเป็นโคลน โคลนเหลว บริเวณสถานที่ตามปากแม่น้ำโดยทั่วไป พบมากที่เพชรบุรี บางปะกง สมุทรสาคร สุราษฎร์ธานี ปากพนัง ภูเก็ตและระนอง **ประโยชน์** เนื้อใช้ปรุงอาหาร โดยนำมาใส่เกลือตากแห้ง ทอดน้ำมันลอย ใช้รับประทานเป็นอาหารข้าวต้มได้ดีมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



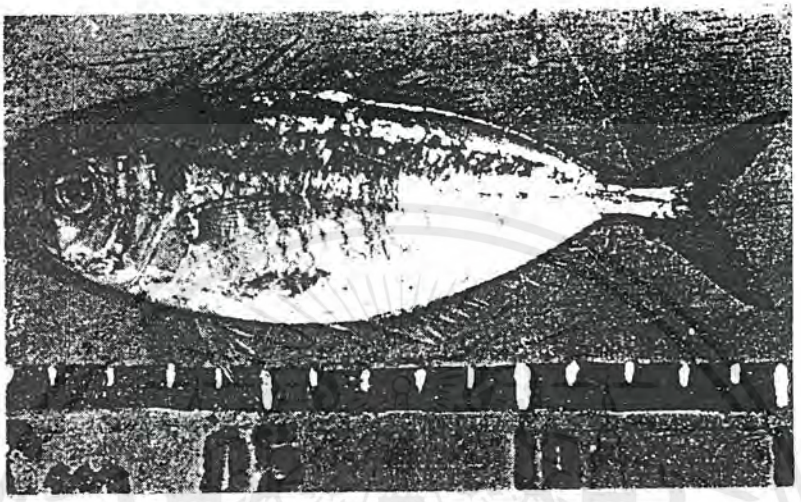
รูปที่ ก-8 ปลากระบอก

8. ปลากระบอก (MULLET)

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Liza dussumieri* (Valenciennes)

ลักษณะทั่วไป เป็นปลากระบอกชนิดหนึ่งที่อาศัยอยู่ในย่านน้ำตื้น ที่มีลำตัวยาวเรียว แบนด้านข้างหัวแหลม ตากลมโต แนวสันหลังเกือบเป็นเส้นตรง เกล็ดค่อนข้างใหญ่เมื่อเทียบกันกับปลากะเมาะ ครีบหลังมีสองครีบครีบหลังที่ 1 เป็นก้านแข็งจำนวน 4 ก้าน ตาค่อนข้างโตเมื่อเทียบกับปลากะเมาะ หลังมีสีดำปนเทาอ่อนหรือบางครั้งอาจจะออกเป็นสีเหลืองอ่อนจากส่วนหลังมาถึงท้องเป็นสีขาวเงิน ครีบทั้งหมดมีสีขาวอมเหลือง ปลายหางมีสีดำเรื่อ ๆ และเว้าน้อย ขนาดยาวสูงสุดประมาณ 20-25 เซนติเมตร **ถิ่นอาศัย** อาศัยอยู่ในย่านน้ำตื้นริมฝั่งทะเลโดยทั่วไปตามสถานที่พื้นท้องทะเลเป็นโคลน โคลนปนทราย ตามแอ่งน้ำริมฝั่งทะเล บริเวณปากแม่น้ำที่มีน้ำเค็มต่อกับน้ำจืดนั้น ปลาชนิดนี้ชอบอาศัยอยู่มาก และเป็นปลาที่สามารถเลี้ยงในบ่อที่มีความเค็มต่ำได้ดี กระโดดเก่งและสูงประมาณ 1 เมตร หรือมากกว่านั้น อาศัยอยู่ตามที่ตื้นเป็นฝูงใหญ่ ๆ มักจะตามน้ำขึ้นเข้ามาเพื่อหาอาหารตามสถานที่ตื้นโดยทั่วไปในขณะเมื่อเป็นลูกปลาอยู่และสะดวกในการจับ พบมากที่จังหวัดชลบุรี สมุทรปราการ สมุทรสาคร จันทบุรี เพชรบุรี **ประโยชน์** เป็นปลาที่มีเนื้อแข็งกว่าปลากะเมาะ แต่ถึงอย่างไรก็ดี เหมาะกับการประกอบอาหารประเภทต้มยำ ทอด และทำเค็ม ปลากระบอกเค็มที่เป็นตัว ๆ ส่วนมากนั้นได้จากการนำปลากระบอกชนิดนี้มาทำเค็ม สามารถเลี้ยงในบ่อตามป่าชายเลนโดยการกินตะไคร่น้ำ และมีความเจริญเติบโตเร็วดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



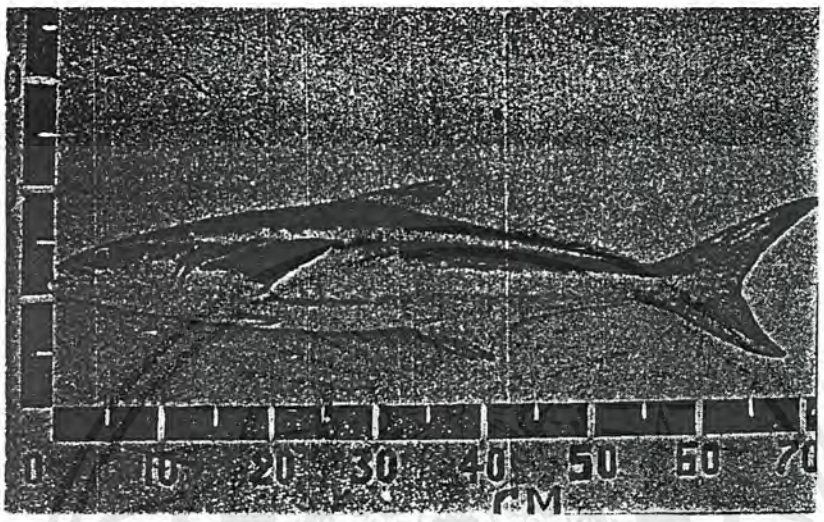
รูปที่ ก-9 ปลาข้างเหลือง

9. ปลาข้างเหลือง สีกุนข้างเหลือง ข้างลวด สีกุนข้างลวด กิมซัว (BLACKSPOTTED TREVALLY , SLENDER TREVALLY)

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Caranx leptolepis* (Cuv. & Val.)

ลักษณะทั่วไป ปลาชนิดนี้อยู่ในตระกูลปลาหางแข็งชนิดหนึ่งที่มีขนาดเล็ก เป็นปลาที่รูปร่างแบนเรียวยาว ส่วนโค้งด้านหลังเท่ากับด้านท้อง ครีบหูเรียวปลายแหลมยาวถึงจุดเริ่มต้นของครีบก้น ครีบหางเว้าลึกเส้นข้างตัวโค้งตามแนวเส้นหลังเป็นเส้นตรงบริเวณกึ่งกลางครีบหลังอันที่สอง หลังมีสีน้ำเงินอมเขียวอ่อน ข้างตัวสีจางลง ท้องเป็นสีขาวเงิน เหนือครีบหูมีจุดดำขนาดกลางด้านละ 1 จุด ครีบทุกครีบมีสีเหลืองอ่อน ลักษณะเด่นที่เห็นได้ชัดก็คือ แถบเหลืองที่ข้างตัวตามยาวเป็นแนวจากบริเวณจุดดำข้างครีบหูจนมาถึงโคนหาง บริเวณหางเห็นเกล็ดแข็งไม่ค่อยชัดเจนแบบปลาหางแข็งอื่น ๆ ความยาวประมาณ 9-16 เซนติเมตร ขนาดยาวที่สุดประมาณ 20 เซนติเมตร **ถิ่นอาศัย** เป็นปลาฝูงที่ชอบอาศัยตามผิวพื้นทะเล และบางครั้งอาจลงสู่พื้นทะเล และมักเป็นปลาที่ชอบเคลียเคล้ากับสิ่งลอยน้ำหรือข้างโป๊ะเป็นจำนวนมาก กินพืชและสัตว์ขนาดเล็กที่ล่องลอยในน้ำ พบมากที่บางละมุง บางแสน สามร้อยยอด เพ ระยอง ระนอง ตรัง **ประโยชน์** ใช้ประกอบอาหารได้ดีในการบริโภคสด แกง ต้ม สำหรับทอดมัน และลูกชิ้นดีที่สุด นอกจากนั้นแล้วก็ใส่เค็มทั้งตัวก็นับว่ามีรสที่ค่อนข้างดี

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก-10 ปลาซ่อนทะเล

10. ปลาซ่อนทะเล ไหลเหลย ไฮโหลย (COBIA)

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Rachycentron canadus* (Linnaeus)

ลักษณะทั่วไป เป็นปลาที่มีรูปร่างคล้ายกับปลาซ่อนจึงนิยมเรียกว่าปลาซ่อนทะเล มีลำตัวที่ค่อนข้างยาวเรียวกลม หัวหลิม หางเรียว ปลาตัวนี้มีหัวแบนกว้าง ปากกว้างใหญ่ฟันเล็กคม มีครีบหางที่เว้าแฉกเข้าด้านใน ครีบหลังตอนแรกเป็นหนามสั้นแยกกัน 7-8 อันนำหน้าครีบอ่อนจนเจดโคนหาง ครีบก้นเริ่มประมาณกลางตัวตอนแรกสูงและลาดต่ำจนไปสุดโคนหาง ครีบหูใหญ่มีสีดำเหมาะในการว่ายน้ำ เกล็ดเล็ก ตาเล็กเมื่อเทียบกันกับขนาดของตัว หลังเป็นสีดำอมเหลือง และเมื่อยังเล็กอยู่นั้นเป็นลายขาวขนานลำตัวอย่างเด่นชัดด้านละ 2 ลาย แต่เมื่อโตขึ้นลายนี้จะค่อยๆจางไปจนมองเห็นปลานี้มีสีดำ ท้องมีสีขาวอมเหลือง โดยทั่วไปมีความยาว 80-100 เซนติเมตร ขนาดใหญ่ที่สุดเท่าที่พบมีความยาวถึง 180 เซนติเมตร **ถิ่นอาศัย** เป็นปลาที่ชอบอาศัยเป็นฝูงๆละจำนวนหลายๆตัว ตามบริเวณผิวพื้นทะเลตามก้นทะเลโดยทั่วไป ตามสถานที่พื้นท้องทะเลเป็นโคลนโคลนปนทราย มักจะอาศัยติดตามฝูงปลากระเบนรางกระแสไปเพื่อกินเศษอาหารตามสถานที่ต่างๆเป็นฝูง พบมากที่เพ ระยอง ชลบุรี แสมสาร พะงัน สงขลา ภูเก็ต **ประโยชน์** เนื้อใช้ปรุงอาหารหรือตากแห้ง เป็นปลาที่สู้เบ็ด นิยมตกเป็นเกมกีฬา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

การตากแห้ง (Drying)

การตากแห้ง เป็นวิธีแปรรูปสัตว์น้ำที่สำคัญมากวิธีหนึ่ง ในหลายพื้นที่ การตากแห้งยังเป็นวิธีหลักในการถนอมสัตว์น้ำ มีการนำเทคโนโลยีใหม่ๆไปใช้เช่น การใช้เครื่องอบแห้ง เครื่องตากแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ อย่างไรก็ตาม ปริมาณปลาตากแห้งที่ผลิตทั้งหมดไม่สามารถทราบจำนวนแน่นอนได้ แต่ก็มีการคาดคะเนอย่างกว้างๆว่า ปริมาณปลาแห้งที่ผลิตทั้งหมดในปี 2513 มีประมาณ 8 ล้านตัน ซึ่งเป็นร้อยละ 20-25 ของปริมาณปลาที่จับเพื่อเป็นอาหารมนุษย์ และเชื่อว่าในช่วง 10 ปีมานี้ ปริมาณการผลิตค่อนข้างจะคงที่ [10] จากการสำรวจโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำในประเทศไทย ปี 2539 พบว่า มีโรงงานทำปลาเค็ม ตากแห้งถึง 722 แห่ง ซึ่งมากกว่าโรงงานแปรรูปประเภทอื่นๆ [10]

ความสำคัญของการตากแห้ง

เมื่อปลาตายจะมีการเน่าเสียทันที โดยปฏิกิริยาของเอนไซม์และจุลินทรีย์ การตากแห้งช่วยลดปริมาณ water activity (A_w) ทำให้การเจริญเติบโตของราและแบคทีเรียชะงักลง วิธีโบราณที่สุดในการตากแห้งคือ แขวนปลาตากไว้ให้โดนแดดและลม หรือไว้เหนือกองไฟในที่ที่หาเกลือยาก วิธีนี้จะช่วยเก็บปลาไว้ได้ ถึงแม้จะมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อและรสชาติทำให้ไม่เหมือนปลาสด เพราะเนื้อจะแข็งและยืดหยุ่นขึ้น ถ้าตากแห้งช้าๆ ปฏิกิริยาของเอนไซม์ที่เหลืออยู่จะทำให้เกิดลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์นั้นๆ นอกจากนั้น ปลาตากแห้งก็ยังเป็นแหล่งอาหารโปรตีนที่ดี จากการทดลองพบว่า คุณค่าทางอาหารของปลาตากแห้งไม่แตกต่างจากปลาสดมากนัก ถ้าระมัดระวังในการตากโดยไม่ใช้ความร้อนสูงเกินไป

ข้อดีของการทำอาหารตากแห้ง

Desrosier (1970) กล่าวถึงข้อดีของการทำอาหารตากแห้งไว้ดังนี้

1. ต้นทุนในการผลิตต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ใช้แรงงานน้อย
3. ไม่ต้องการเครื่องมือเครื่องใช้พิเศษ
4. ค่าใช้จ่ายในการเก็บต่ำ
5. ค่าใช้จ่ายในการขนส่งลดลง

ทฤษฎีของกระบวนการตากแห้ง

ปลาที่นำมาตากแห้งภายใต้สภาวะธรรมชาติที่อุณหภูมิไม่เกิน 35 องศาเซลเซียส จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีรสชาติดีและมีราคาแพง ปลาส่วนใหญ่มักจะแขวนให้แห้งในที่โล่งและมีอากาศค่อนข้างแห้งหรือไม่ก็ทำแห้งในห้องพิเศษซึ่งมีลมอุ่นถ่ายเทสภาพของอุณหภูมิในการตากแห้งดัง กล่าวจะไม่ทำให้โปรตีนของเนื้อปลาแปรสภาพไปจากธรรมชาติ โปรตีนอาจจะเปลี่ยนไปได้เล็กน้อย แต่เอนไซม์ในตัวปลาและในเซลล์ไม่สลายไป ยังสามารถที่จะทำให้มีการเปลี่ยนแปลงของโปรตีนและไขมันภายในเซลล์และในเนื้อเยื่อได้ สรุปก็คือ สภาวะดังกล่าวเหมาะสำหรับจะให้ปลา mature ได้ดี

กระบวนการตากแห้งดังกล่าวหมายถึง การที่ทำให้น้ำหนักของปลาค่อยๆลดลงไปเนื่องจากการระเหยของน้ำ ขณะเดียวกันกระบวนการทางชีวเคมีที่ซับซ้อนก็จะเกิดขึ้นด้วย ทำให้รสชาติและลักษณะภายนอกของปลาเปลี่ยนไป และในที่สุดก็พร้อมที่จะบริโภคได้ทันทีโดยไม่ต้องทำให้สุกอีกครั้งได้

ชนิดของผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำตากแห้ง

ผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำตากแห้ง แบ่งออกได้เป็น 4 ประเภทคือ

1. Plain dried products คือ ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกรรมวิธีทำให้แห้งเพียงอย่างเดียว ได้แก่ หูฉลาม ปลาหมึกแห้ง สาหร่ายแห้ง ปลาตากแห้งบางชนิด

2. Salted dried products คือ ผลิตภัณฑ์ที่แช่เกลือก่อนตากแห้ง ได้แก่ ปลาเค็มแห้ง แมงกะพรุนแห้ง

3. Boiled dried products คือ ผลิตภัณฑ์ที่นำไปต้มก่อนตากแห้ง ได้แก่ ปลากะตักต้มตากแห้ง ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่นิยมรับประทานในแถบเอเชียอาคเนย์ เป็นแหล่งแคลเซียมที่ดี วิธีการผลิตโดยทั่วไป จะต้มปลาในน้ำเกลือเข้มข้นประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ แล้วตากแห้ง ก่อนบรรจุในถุงพลาสติกขนาดใหญ่ หรือบรรจุกระสอบ เพื่อส่งจำหน่าย

4. Seasoned dried products คือ ผลิตภัณฑ์ที่ปรุงรสก่อนตากแห้ง อาจเป็นผลิตภัณฑ์ที่รับประทานได้เลย หรือต้องนำไปทำให้สุกก่อน เช่น ปลาหวาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำปลาหวาน

ส่วนผสม

- เนื้อปลา 1 กิโลกรัม
- น้ำตาลทราย 2 ขีด (20 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักปลา)
- เกลือป่น 1 ½ ช้อนโต๊ะ (1.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักปลา)
- น้ำเกลือเข้มข้น 4 เปอร์เซ็นต์ (น้ำ 1 ลิตร เกลือป่น 2 ช้อนโต๊ะ) ใช้ล้างปลาให้หมดคาว

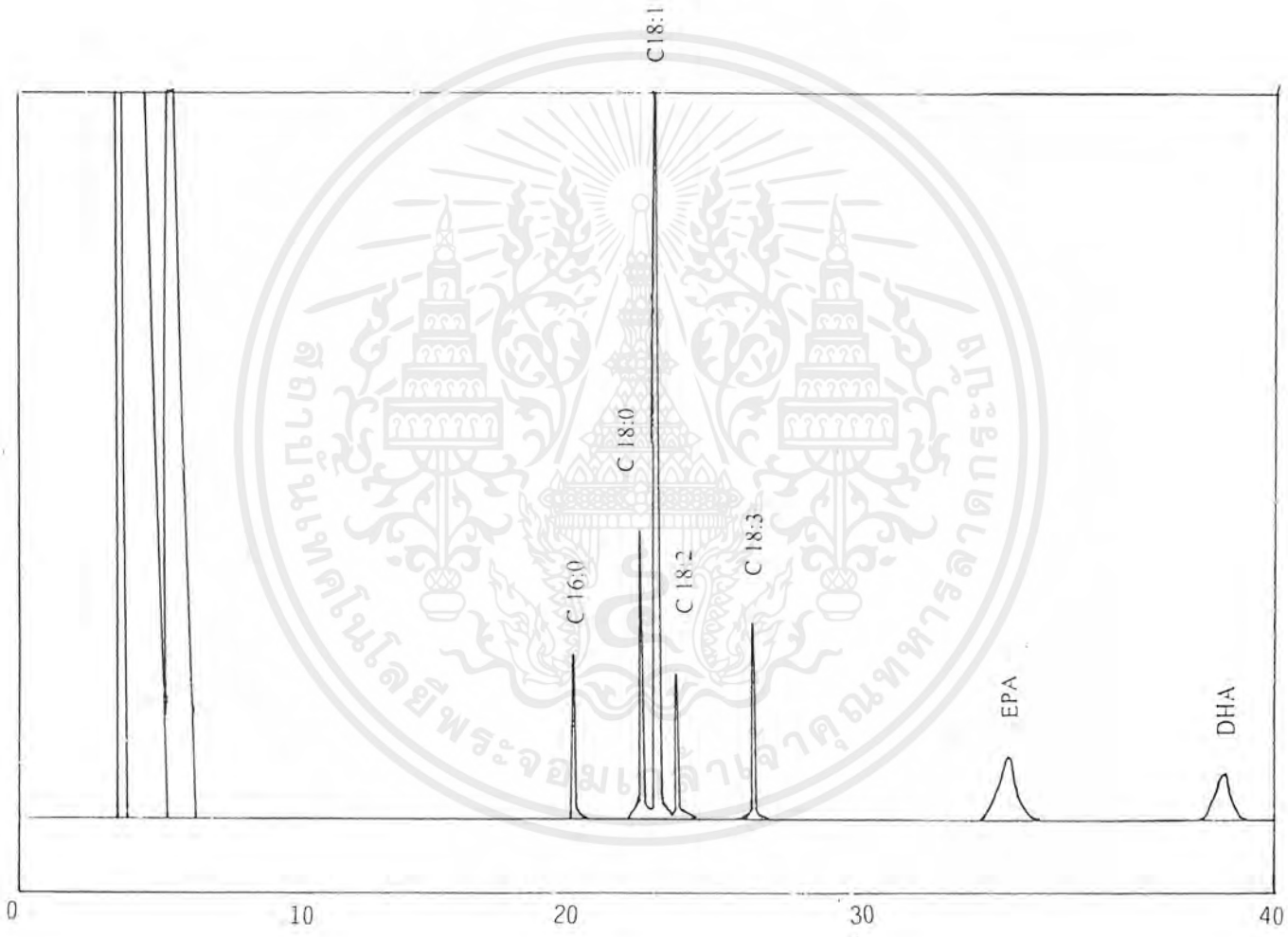
วิธีทำ

1. นำปลามาล้างเมือกออกให้หมด ตัดหัว ผ่าท้องเอาไส้ออก ล้างเลือดออกให้หมด แล้วชำแหละเนื้อปลาให้เป็นชิ้นตามยาวของตัวปลา
2. นำเนื้อปลาที่แล่ตามยาวมาตัดครึ่ง แล้วใช้มีดคมๆแล่เนื้อปลาตามยาวให้เป็นแผ่นบางๆ
3. ล้างเนื้อปลาด้วยน้ำเกลือความเข้มข้น 4 เปอร์เซ็นต์ นำขึ้นทันทีให้สะเด็ดน้ำ
4. ชั่งส่วนผสมตามอัตราส่วนที่กำหนด เทส่วนผสมเคล้ากับเนื้อปลาจนเข้ากันดี หมักทิ้งไว้ 1 คืน
5. นำปลาที่หมักได้ที่ ไปเรียงบนแผงตากปลาและนำไปตากแดดประมาณ 6 ชั่วโมง หรือจะนำไปอบด้วยความร้อนประมาณ 60 องศาเซลเซียสประมาณ 3-4 ชั่วโมง
6. นำมาทอดไฟกลางๆจนสุกทั่วกันดี จึงรับประทานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

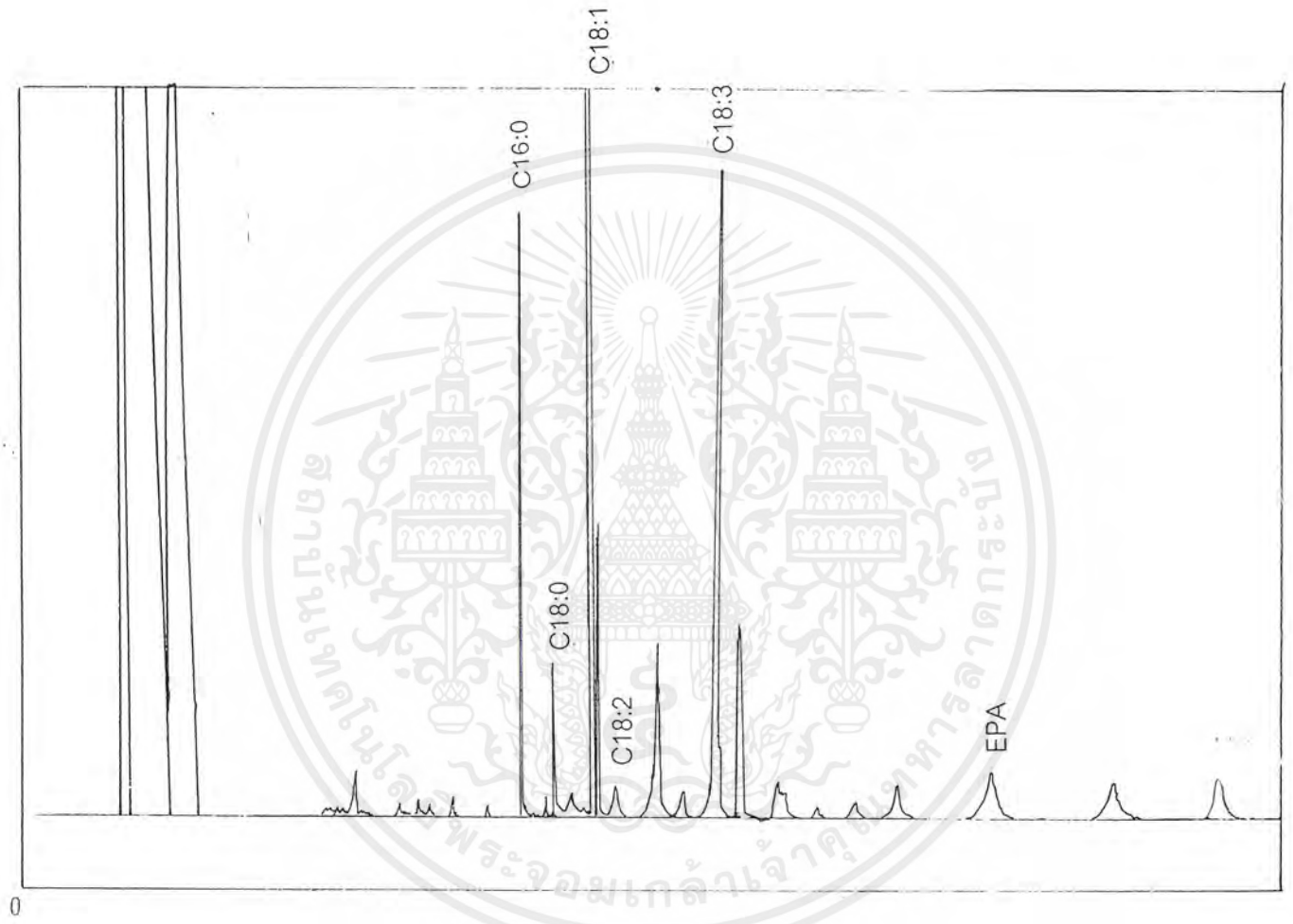
ภาคผนวก ค

โครมาโตแกรมของกรดไขมันมาตรฐาน และตัวอย่างผลิตภัณฑ์ปลาทะเลตากแห้งบางชนิด



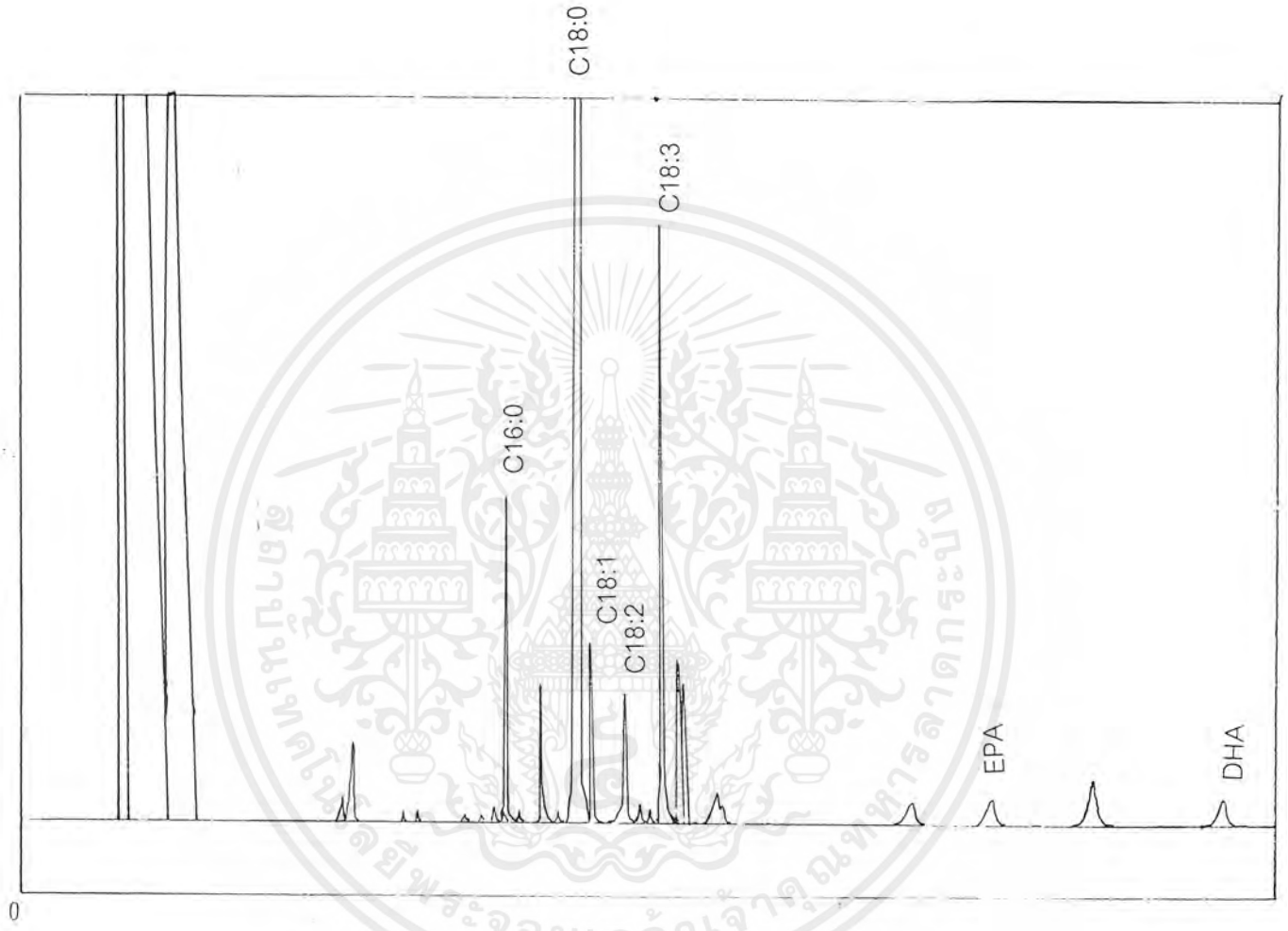
รูปที่ ค-1 โครมาโตแกรมของกรดไขมันมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



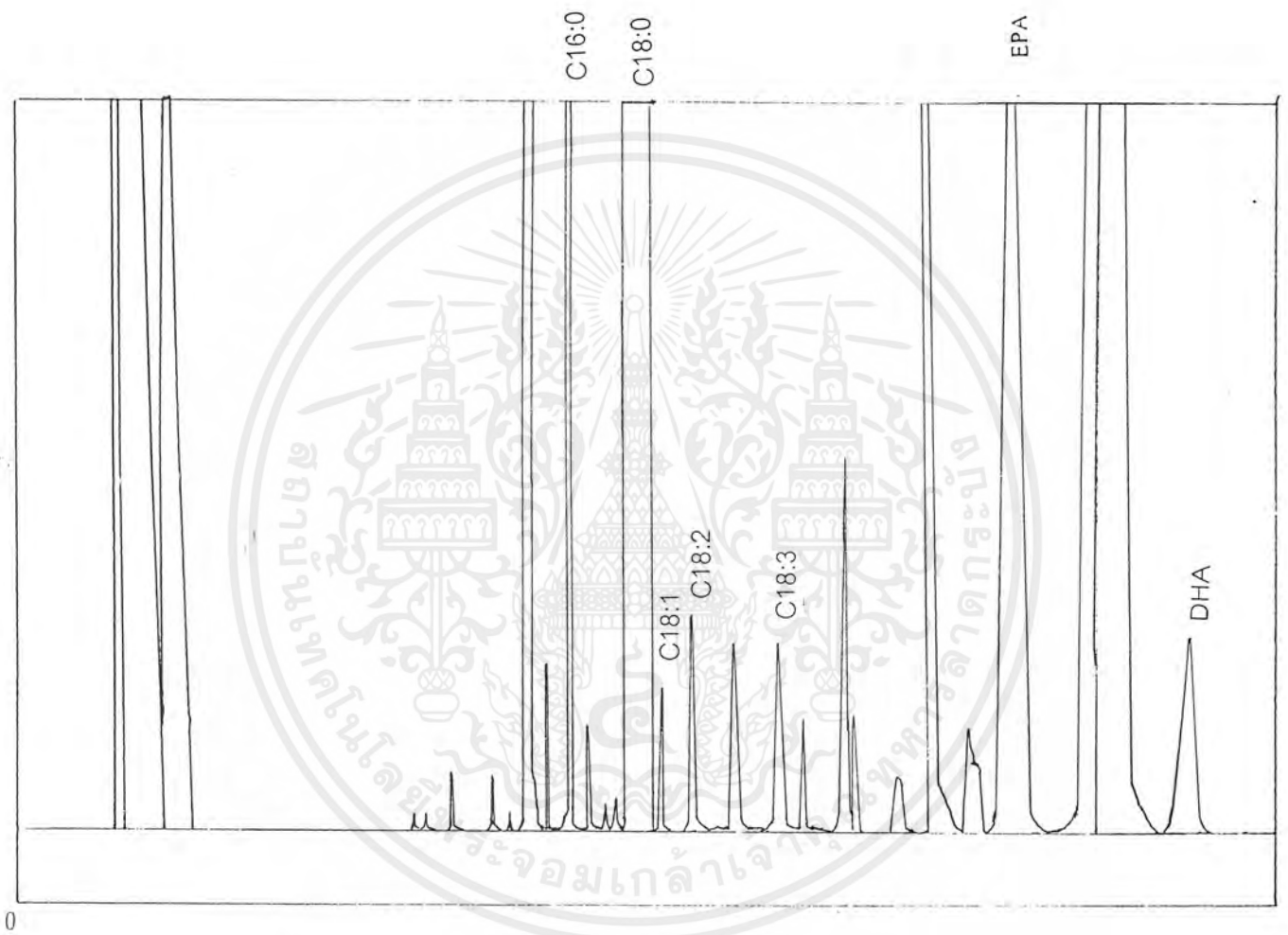
รูปที่ ค-2 โครมาโตแกรมของกรดไขมันต่างๆของปลาแก้วตากแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



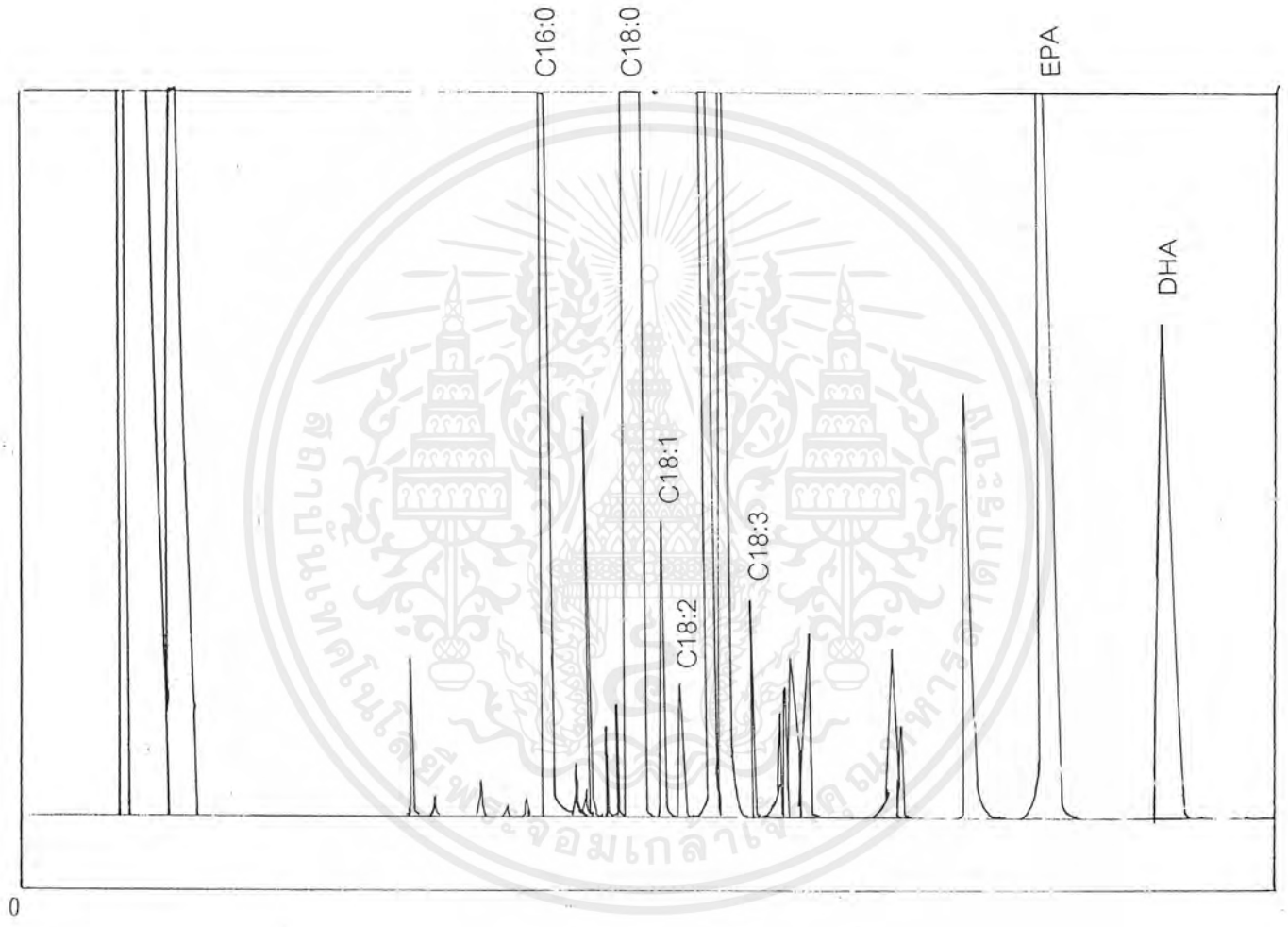
รูปที่ ค-3 โครมาโตแกรมของกรดไขมันต่างๆของปลาข้างเหลืองตากแห้ง (ภาคตะวันออก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค-4 โครมาโตแกรมของกรดไขมันต่างๆของปลาช่อนทะเลตากแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค-5 โครมาโตแกรมของกรดไขมันต่างๆของปลาข้าวสารตากแห้ง (ภาคตะวันออก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

การคำนวณปริมาณกรดไขมัน

การคำนวณเปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันสามารถหาได้จากการเปรียบเทียบพื้นที่peak สัมพัทธ์ระหว่าง peak ของกรดไขมันจากโครมาโตแกรมมาตรฐานกับ peak ของกรดไขมันจากน้ำมันตัวอย่าง

$$\text{พื้นที่ peak สัมพัทธ์ของกรดไขมัน X} = \frac{\text{พื้นที่ peak ของกรดไขมัน X}}{\text{พื้นที่ peak ของเบนซีน}}$$

** (พื้นที่ peak ของเบนซีน ได้จากการเติมเบนซีนลงในตัวอย่างที่จะฉีดเข้าเครื่องแกสโครมาโตกราฟีเพื่อทำอินเทอร์นอล สแตนดาร์ด)

<u>ตัวอย่างเช่น</u>

ในการวิเคราะห์หากรดไขมัน X ในตัวอย่างน้ำมันปลา ทำการฉีดสารมาตรฐานกรดไขมัน X 0.2 กรัม/มิลลิลิตร ปริมาตร 1 ไมโครลิตร เขาเครื่องแกสโครมาโตกราฟได้พื้นที่ peak 10 ตารางเซนติเมตร พื้นที่ peak ของเบนซีน 12 ตารางเซนติเมตร

$$\text{พื้นที่ peak สัมพัทธ์ของกรดไขมัน X มาตรฐาน} = \frac{10}{12}$$

$$= 0.85$$

1 มิลลิลิตร ของสารละลายกรดไขมัน X มีกรดไขมัน 0.2 กรัม

1 ไมโครลิตร ของสารละลายกรดไขมัน X มีกรดไขมัน 2×10^{-4} กรัม

เมื่อฉีดสารตัวอย่างกับเบนซีนได้พื้นที่peak 8 ตารางเซนติเมตร และพื้นที่ peak ของเบนซีน 10 ตารางเซนติเมตร

ดังนั้น พื้นที่ peak สัมพัทธ์ของกรดไขมัน X $= \frac{8}{10} = 0.8$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณกรดไขมัน X ในตัวอย่าง สามารถหาโดยการเปรียบเทียบพื้นที่ peak สัมพัทธ์

พื้นที่ peak สัมพัทธ์ 0.85 มีกรดไขมัน X = 2×10^{-4} กรัม

พื้นที่ peak สัมพัทธ์ 0.80 มีกรดไขมัน X = $\frac{2 \times 10^{-4} \times 0.80}{0.85}$

= 1.8×10^{-4} กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้