การสกัดและสมบัติของน้ำมันจากตับปลาทูน่า

Extraction and Properties of Oil from Tuna Liver

ถาวร จันทโชติ

Thavorn Juntachote

วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

Master of Science Thesis in Food Technology

Prince of Songkla University

2540

เลขหมู่ TP453.V5 ถ165 2540 ฉ.2

137489

Bib Key.....

ชื่อวิทยานิพนธ์ การสกัดและสมบัติของน้ำมันจากตับปลาทูน่า

ผู้เขียน นายถาวร จันทโชติ

สาขาวิชา เทคโนโลยีอาหาร

คณะกรรมการที่ปรึกษา

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เสาวลักษณ์ จิตรบรรเจิดกุล)

.....(ลาศึกษาต่อ).....กรรมการ
(อาจารย์มุทิตา มีนุ่น)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เสาวลักษณ์ จิตรบรรเจิดกุล)

.....(ลาศึกษาต่อ).....กรรมการ
(อาจารย์มุทิตา มีนุ่น)

.....กรรมการ
(อาจารย์สุรสิทธิ์ ประสารปราน)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ก้าน จันทร์พรหมมา)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร. ก้าน จันทร์พรหมมา)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อวิทยานิพนธ์	การสกัดและสมบัติของน้ำมันจากตับปลาทูน่า
ผู้เขียน	นายถาวร จันทโชติ
สาขาวิชา	เทคโนโลยีอาหาร
ปีการศึกษา	2540

บทคัดย่อ

การศึกษากรรมวิธีการสกัดน้ำมันจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ คือ ทูน่าพันธุ์โอแถบ ทูน่าพันธุ์ครีบเหลือง และทูน่าพันธุ์ครีบยาว ที่สกัดด้วยทำละลายอินทรีย์โดยวิธีการใช้ซอคเลต วิธี Bligh and Dyer และวิธีการใช้ไอน้ำ พบว่าการสกัดโดยวิธีการใช้ซอคเลต มีชนิดตัวทำละลายอินทรีย์ที่เหมาะสมในสกัด คือ อะซิโตน สภาวะที่เหมาะสมในการสกัด คือ การใช้อัตราส่วนวัตถุดิบต่อตัวทำละลาย เท่ากับ 1:5 อุณหภูมิและระยะเวลาการสกัดน้ำมันจากตับปลาทูน่าพันธุ์โอแถบ คือ อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ระยะเวลานาน 9 ชั่วโมง สำหรับตับปลาทูน่าพันธุ์ครีบเหลือง และตับปลาทูน่าพันธุ์ครีบยาว คือ อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ระยะเวลานาน 9 ชั่วโมง และผลผลิตของน้ำมันดิบที่สกัดโดยวิธีการใช้ซอคเลตมีปริมาณสูงกว่าผลผลิตจากการสกัดโดยวิธี Bligh and Dyer โดยน้ำมันดิบที่สกัดโดยวิธีการใช้ซอคเลตจากตับปลาทูน่าพันธุ์โอแถบ ตับปลาทูน่าพันธุ์ครีบเหลือง และตับปลาทูน่าพันธุ์ครีบยาว มีปริมาณผลผลิตเท่ากับ 47.63 32.85 และ 26.33 (ร้อยละน้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ และโดยวิธี Bligh and Dyer มีปริมาณผลผลิต เท่ากับ 37.86 23.82 และ 20.67 (ร้อยละน้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ สำหรับการสกัดน้ำมันโดยการใช้ไอน้ำไม่สามารถสกัดน้ำมันได้

สมบัติของน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ ที่สกัดโดยวิธีการใช้ซอคเลต มีความชื้น ค่าเปอร์ออกไซด์ ปริมาณกรดไขมันอิสระ สารสปอนนิฟายไม่ได้ ค่า TBA และจุดหลอมเหลว สูง แต่ดัชนีหักเหแสง ค่าไอโอดีน ค่าสปอนนิฟิเคชั่น และปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัว ชนิด EPA และ DHA มีค่าต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันดิบที่สกัดโดย

วิธี Bligh and Dyer ส่วนสีของน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าที่สกัดได้จากทั้ง 2 วิธี มีสีค่อนข้างคล้ำ

การประเมินต้นทุนการผลิตน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าพันธุ์โอแถบ ตับปลาทูน่าพันธุ์ครีบเหลือง และตับปลาทูน่าพันธุ์ครีบยาว พบว่าการสกัดโดยวิธีการใช้ซอคเลตมีต้นทุนการผลิต เท่ากับ 2.13 3.23 และ 4.90 บาทต่อกรัม ตามลำดับ และวิธี Bligh and Dyer มีต้นทุนการผลิต เท่ากับ 9.51 15.06 และ 17.21 บาทต่อกรัม ตามลำดับ ดังนั้นน่าจะมีความเป็นไปได้ในการผลิตในเชิงอุตสาหกรรมต่อไปในอนาคต

Thesis Title	Extraction and Properties of Oil from Tuna Liver
Author	Mr. Thavorn Juntachote
Major Program	Food Technology
Academic Year	1997

Abstract

Various extraction methods in this model system including solvent extraction methods (Soxhlet method and Bligh and Dyer method) and steaming method were used to extract liver oil from 3 species of tuna, skipjack, yellowfin and albacore. Acetone was shown as the most potential solvent for Soxhlet method. The optimum conditions for tuna liver oil extraction by Soxhlet method were a liver to solvent ratio of 1:5 (w/v) with an extraction time of 9 hr at 60 $^{\circ}$C for skipjack and at 65 $^{\circ}$C for yellowfin and albacore. Yield obtained by Soxhlet method was higher than that attained by Bligh and Dyer method. By using Soxhlet method, liver oil yield from skipjack, yellowfin and albacore was 47.63, 32.85, and 26.3% (dry basis), respectively. For Bligh and Dyer method, yield of 37.86, 23.82, and 20.67% (dry basis) was observed for skipjack, yellowfin and albacore, respectively. However, the extraction of liver oil could not be achieved by steaming method.

Tuna liver oil from all species used, extracted by Soxhlet method contained higher moisture, peroxide value, free fatty acid, unsponifiable matter, TBA and showed higher melting point but low iodine value, sponification value, EPA and DHA content and showed lower refractive index, when compared with those extracted by Bligh and Dyer method. Color of tuna liver oil extracted by both methods was slightly dark.

From cost analysis, the production of liver oil from skipjack, yellowfin and albacore by Soxhlet method costed 2.13, 3.23 and 4.90 baht/g oil, respectively.

For Bligh and Dyer method, it costed 9.51, 15.06 and 17.21 baht/g oil, respectively. Therefore, the feasible application for industry in the future should be taken into consideration.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เสาวลักษณ์ จิตรบรรเจิดกุล ประธานกรรมการที่ปรึกษา อาจารย์มุทิตา มีนุ่น กรรมการที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาให้คำแนะนำในการค้นคว้าวิจัยและเขียนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ และขอขอบพระคุณ อาจารย์สุรสิทธิ์ ประสารปราน กรรมการผู้แทนคณะอุตสาหกรรมเกษตร รองศาสตราจารย์ ดร. ก้าน จันทร์พรหมมา กรรมการผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย และดร. สุทธวัฒน์ เบญจกุล ที่กรุณาให้คำแนะนำและแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก และอาจารย์ธรรมนูญ โปรดปราน ที่ให้คำแนะนำและช่วยเหลือในระหว่างการเขียนวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ที่ให้ทุนอุดหนุนการศึกษาและค้นคว้าวิจัย ขอขอบคุณ บริษัทสงขลาแคนนิ่งจำกัด มหาชน และบริษัททรอปิคอลแคนนิ่งจำกัด มหาชน ที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านวัตถุดิบ

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และพี่สะใภ้ ด้วยความเคารพยิ่งที่ให้การสนับสนุนการศึกษา ให้ความห่วงใยและเป็นกำลังใจสำคัญในการศึกษาตลอดมา ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ และน้องๆ ทุกคน ที่เป็นกำลังใจด้วยดีตลอดมา

ถาวร จันทโชติ

สารบาญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
Abstract	(5)
กิตติกรรมประกาศ	(7)
สารบาญ	(8)
รายการตาราง	(9)
รายการตารางภาคผนวก	(11)
รายการภาพ	(15)
บทที่	
1. บทนำ	1
บทนำต้นเรื่อง	1
ตรวจเอกสาร	4
วัตถุประสงค์	21
2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ	22
3. ผลและวิจารณ์	32
4. สรุป	66
เอกสารอ้างอิง	69
ภาคผนวก	77
ภาคผนวก ก การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี	77
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์ปริมาณ ชนิดและองค์ประกอบของกรดไขมัน	97
ภาคผนวก ค ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ	101
ประวัติผู้เขียน	113

รายการตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ปริมาณน้ำมันและวิตามินเอของตับปลาทูน่า	9
2	องค์ประกอบทางเคมีของตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์	33
3	ปริมาณน้ำมันและปริมาณกรดไขมันอิสระในรูปกรดโอเลอิกของน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ที่สกัดโดยใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ต่างชนิดกัน	36
4	ปริมาณน้ำมันและปริมาณกรดไขมันอิสระในรูปกรดโอเลอิกของน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ที่สกัดโดยใช้อะซิโตนเป็นตัวทำละลายและใช้อัตราส่วนวัตถุดิบต่อตัวทำละลายต่างกัน	39
5	ปริมาณน้ำมัน ปริมาณกรดไขมันอิสระในรูปกรดโอเลอิกของน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ ที่สกัดโดยใช้อะซิโตนเป็นตัวทำละลาย	41
6	ความชื้น และค่าเปอร์ออกไซด์ ของน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ ที่สกัดโดยใช้อะซิโตนเป็นตัวทำละลาย	43
7	ปริมาณน้ำมัน ปริมาณกรดไขมันอิสระในรูปกรดโอเลอิก ค่าเปอร์ออกไซด์ และความชื้นของน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ ที่สกัดโดยใช้อะซิโตนเป็นตัวทำละลาย	45
8	ปริมาณน้ำมัน ปริมาณกรดไขมันอิสระในรูปกรดโอเลอิก ค่าเปอร์ออกไซด์ และความชื้นของน้ำมันดิบจากปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ ที่สกัดโดยวิธี Bligh and Dyer	48

รายการตาราง

ตารางที่		หน้า
9	สมบัติของน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ ที่สกัดโดยวิธีการใช้ซอคเลตและวิธี Bligh and Dyer เปรียบเทียบกับน้ำมันปลาดิบ	52
10	ค่าสีของน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ ที่สกัดโดยวิธีการใช้ซอคเลตและวิธี Bligh and Dyer	58
11	องค์ประกอบของกรดไขมันของน้ำมันดิบจากตับปลา ทูน่า 3 สายพันธุ์ ที่สกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ โดยวิธีการใช้ซอคเลต	60
12	องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันดิบจากตับปลา ทูน่า 3 สายพันธุ์ ที่สกัดโดยวิธี Bligh and Dyer	61
13	ต้นทุนการผลิตน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ ที่สกัดโดยวิธีการใช้ซอคเลต และวิธี Bligh and Dyer	65

รายการตารางภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่ หน้า

1. ปริมาณตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ค่าเปอร์ออกไซด์ 90
2. ปริมาณตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ค่าไอโอดีน 93
3. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าพันธุ์โอแถบ ที่สกัดโดยใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ต่างชนิดกัน 101
4. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าพันธุ์ครีบเหลือง ที่สกัดโดยใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ต่างชนิดกัน 101
5. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าพันธุ์ครีบยาว ที่สกัดโดยใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ต่างชนิดกัน 102
6. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยของปริมาณกรดไขมันอิสระ (ร้อยละ) ในรูปกรดโอเลอิกของน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ ที่สกัดโดยใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ต่างชนิดกัน 102
7. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าพันธุ์โอแถบ ที่สกัดโดยใช้อะซิโตนเป็นตัวทำละลายและใช้อัตราส่วนวัตถุดิบต่อตัวทำละลายต่างกัน 103
8. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าพันธุ์ครีบเหลือง ที่สกัดโดยใช้

ตารางภาคผนวกที่ หน้า

อะซิโตนเป็นตัวทำละลายและใช้อัตราส่วนวัตถุดิบต่อตัวทำละลายต่างกัน 103
9. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าพันธุ์ครีบยาว ที่สกัดโดยใช้อะซิโตนเป็นตัวทำละลายและใช้อัตราส่วนวัตถุดิบต่อตัวทำละลายต่างกัน 104
10. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าพันธุ์โอแถบ ที่สกัดโดยใช้อะซิโตนเป็นตัวทำละลายและใช้อัตราส่วนวัตถุดิบต่อตัวทำละลาย 1:5 อุณหภูมิและระยะเวลาการสกัดต่างกัน 104
11. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยของปริมาณกรดไขมันอิสระ (ร้อยละ) ในรูปกรดโอเลอิกของน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ ที่สกัดโดยใช้อะซิโตนเป็นตัวทำละลายและใช้อัตราส่วนวัตถุดิบต่อตัวทำละลายต่างกัน 105
12. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าพันธุ์ครีบเหลือง ที่สกัดโดยใช้อะซิโตนเป็นตัวทำละลายและใช้อัตราส่วนวัตถุดิบต่อตัวทำละลาย 1:5 อุณหภูมิและระยะเวลาการสกัดต่างกัน 106
13. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าพันธุ์ครีบยาว ที่สกัดโดยใช้

ตารางภาคผนวกที่ หน้า

อะซิโตนเป็นตัวทำละลายและใช้อัตราส่วนวัตถุดิบต่อตัวทำละลาย 1:5 อุณหภูมิและระยะเวลาการสกัดต่างกัน 107
14. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยปริมาณกรดไขมันอิสระ (ร้อยละ) ในรูปกรดโอเลอิกของน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ ที่สกัดโดยใช้อะซิโตนเป็นตัวทำละลายละลายและใช้อัตราส่วนวัตถุดิบต่อตัวทำละลาย 1:5 อุณหภูมิและระยะเวลาการสกัดต่างกัน 108
15. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยของปริมาณความชื้นของน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ ที่สกัดโดยใช้อะซิโตนเป็นตัวทำละลายและใช้อัตราส่วนวัตถุดิบต่อตัวทำละลาย 1:5 อุณหภูมิและระยะเวลาการสกัดต่างกัน 109
16. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยของค่าเปอร์ออกไซด์ของน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ ที่สกัดโดยใช้อะซิโตนเป็นตัวทำละลาย และใช้อัตราส่วนวัตถุดิบต่อตัวทำละลาย 1:5 อุณหภูมิและระยะเวลาการสกัดต่างกัน 110
17. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ ที่สกัดโดยวิธี Bligh and Dyer 111
18. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยของปริมาณกรดไขมันอิสระ (ร้อยละ) ในรูปกรดโอเลอิกของน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ ที่สกัดโดยวิธี Bligh and Dyer 111

ตารางภาคผนวกที่ หน้า

19. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยของปริมาณความชื้นของน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ที่สกัดโดยวิธี Bligh and Dyer 112

20. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยของค่าเปอร์ออกไซด์ของน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ ที่สกัดโดยวิธี Bligh and Dyer 112

รายการภาพ

ภาพที่ หน้า

1 กระบวนการผลิตปลาทูน่าบรรจุกระป๋องและของเสียที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการผลิต 3

2 โครงสร้างทางเคมีของ docosahexaenoic acid (DHA) 11

3 โครงสร้างทางเคมีของ eicosapentaenoic acid (EPA) 12

4 ตับปลาทูน่าสด 23

5 ตับปลาทูน่าหลังทำแห้งความชื้นร้อยละ 18-20 23

6 การสกัดน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าโดยวิธี Bligh and Dyer 28

7 การสกัดน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าโดยการใช้ไอน้ำ 29

8 เครื่องสกัดน้ำมันแบบซอคเลต 30

9 เครื่องโฮโมจิไนส์ที่ใช้ในการสกัดน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าโดยวิธี Bligh and Dyer 31

10 หม้อนึ่งฆ่าเชื้อที่ใช้ในการทดลองสกัดน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าโดยการใช้ไอน้ำ 31

บทที่ 1

บทนำ

บทนำต้นเรื่อง

อุตสาหกรรมการแปรรูปสัตว์น้ำเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศ โดยในปัจุบันอุตสาหกรรมการผลิตปลาทูน่าบรรจุกระป๋องของประเทศไทยมีการผลิตในปริมาณสูงและเป็นสินค้าส่งออกที่ทำรายได้ให้แก่ประเทศสูงสุดในกลุ่มสินค้าผลิตภัณฑ์อาหารสัตว์น้ำที่ส่งออก จากการสำรวจในปี พ.ศ. 2537 ประเทศไทยมีโรงงานผลิตปลาทูน่ากระป๋องรวมทั้งสิ้น 21 โรงงาน โดยมีกำลังผลิต 647,000 ตันปลาสดต่อปี (สุมาลัย ศรีกำไลทอง และคณะ, 2538) และในปีหนึ่งๆ ประเทศไทยมีรายได้จากการส่งออกปลาทูน่าบรรจุกระป๋องคิดเป็นมูลค่ากว่าหนึ่งหมื่นล้านบาท ในปี พ.ศ. 2537 ประเทศไทยได้ส่งออกปลาทูน่าบรรจุกระป๋อง คิดเป็นมูลค่า 15,600 ล้านบาท (กองเศรษฐกิจการประมง ข, 2537) โดยแหล่งการผลิตปลาทูน่าบรรจุกระป๋องตั้งอยู่ที่จังหวัดสมุทรสงครามและหลายจังหวัดในภาคใต้ อุตสาหกรรมการผลิตปลาทูน่าบรรจุกระป๋องในช่วงที่ผ่านมาประสบปัญหาการขาดแคลนวัตถุดิบป้อนโรงงาน วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตปลาทูน่าบรรจุกระป๋องร้อยละ 90 ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ปลาทูน่าที่นำเข้า ได้แก่ ปลาทูน่าพันธุ์โอแถบ (skipjack tuna) ปลาทูน่าพันธุ์ครีบเหลือง (yellowfin tuna) และปลาทูน่าพันธุ์ครีบยาว (albacore tuna) ส่วนอีกร้อยละ 10 เป็นวัตถุดิบภายในประเทศ ได้แก่ ปลาทูน่าพันธุ์โอดำ (longtail tuna) และปลาทูน่าพันธุ์โอลาย (eastern little tuna) (สุมาลัย ศรีกำไลทอง และคณะ, 2538)

กระบวนการผลิตปลาทูน่าบรรจุกระป๋อง (ภาพที่ 1) จากวัตถุดิบเริ่มต้นจะแยกได้เป็นเนื้อปลาปริมาณร้อยละ 35 และส่วนที่เหลือประกอบด้วยวัสดุเศษเหลืออื่นๆ เช่น พวกหัว ก้าง หาง และหนังปลา ร้อยละ 28-30 เลือดปลา ร้อยละ 10-12 น้ำนึ่งปลา ร้อยละ 20 และเครื่องในปลา ร้อยละ 7-8 (สุมาลัย ศรีกำไลทอง และคณะ, 2538) ซึ่งวัสดุ

เศษเหลือเหล่านี้ได้มีการนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่ม เช่น ผลิตเป็นอาหารสัตว์ ปลาป่น สกัดเอนไซม์โปรติเอส เครื่องในผง และทูน่าแคลเซียม เป็นต้น (Ockerman, 1992) นอกจากนี้วัสดุเศษเหลือในส่วนตับปลาทูน่าซึ่งประกอบด้วยน้ำมันและเป็นแหล่งที่สำคัญของวิตามินเอและวิตามินดีสามารถนำมาใช้ผลิตเป็นน้ำมันตับปลาที่มีวิตามินสูง น้ำมันจากตับปลาทูน่าสามารถนำมาใช้ประโยชน์ทางด้านโภชนาการ ทางการแพทย์ และเภสัชกรรม โดยใช้ในรูปยาและอาหารเสริมสุขภาพ (Bimbo and Crowther, 1992) เนื่องจากในน้ำมันตับปลาประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวประเภทโอเมก้า-3 เช่น eicosapentaenoic acid (EPA) และ docosahexaenoic acid (DHA) ซึ่ง EPA และ DHA มีความสำคัญต่อร่างกายมนุษย์ โดยมีคุณสมบัติในการป้องกันโรคหัวใจ ลดปริมาณไขมันในเลือด ป้องกันโรคความดันโลหิตสูง และลดอัตราเสี่ยงของการเกิดโรคมะเร็ง นอกจากนี้ยังเป็นส่วนสำคัญในการพัฒนาสมองอีกด้วย (Hunter, 1987 ; Phillipson, *et al.*, 1985 ; Kinsella, 1986)

จากความสำคัญของกรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดโอเมก้า-3 ของน้ำมันตับปลาและการมีวัสดุเศษเหลือพวกเครื่องในจากตับปลาทูน่าเหลือทิ้งในปริมาณสูงในระหว่างกระบวนการผลิตปลาทูน่าบรรจุกระป๋อง ดังนั้นแนวทางในการนำตับปลาทูน่ามาศึกษาการสกัดน้ำมันจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจเพื่อก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มกับวัสดุเศษเหลือใช้ในอุตสาหกรรมปลาทูน่าบรรจุกระป๋องและเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมอีกทางหนึ่ง นอกจากนี้ยังได้รับน้ำมันจากตับปลาทูน่าเป็นผลพลอยได้ไปใช้ประโยชน์อันจะนำไปสู่การส่งเสริมให้เกิดการเจริญเติบโตของอุตสาหกรรมปลาทูน่าบรรจุกระป๋องและการใช้ประโยชน์จากวัสดุเศษเหลือให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อไป

กระบวนการผลิตปลาทูน่าบรรจุกระป๋อง		ของเสียระหว่างกระบวนการผลิต
ปลาทูน่าแช่เยือกแข็ง		
↓		
ละลายน้ำแข็ง	→	น้ำ , ส่วนที่แตกหัก
↓		
นำเครื่องในออก	→	น้ำ , เครื่องใน , เลือด
↓		
ล้างทำความสะอาด	→	น้ำ , น้ำมัน , เมือกปลา
↓		
นึ่ง	→	น้ำนึ่งปลาทูน่า
↓		
ทิ้งไว้ให้เย็น	→	น้ำ
↓		
แยกเนื้อขาว	→	หัว,กระดูก,หนัง,เนื้อดำ,เศษเนื้อขาว
↓		
บรรจุกระป๋อง	→	เศษเนื้อขาว
↓		
เติมน้ำมันหรือน้ำเกลือ	→	น้ำมันหรือน้ำเกลือ
↓		
ปิดฝากระป๋อง		
↓		
ล้างทำความสะอาดกระป๋อง	→	น้ำ , น้ำมัน
↓		
ฆ่าเชื้อ	→	น้ำ
↓		
ทำให้เย็น	→	น้ำ
↓		
ผลิตภัณฑ์ปลาทูน่าบรรจุกระป๋อง		

ภาพที่ 1 กระบวนการผลิตปลาทูน่าบรรจุกระป๋องและของเสียที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการผลิต
ที่มา : สุมาลัย ศรีกำไลทอง และคณะ (2538)

ตรวจเอกสาร

1.ชนิดและลักษณะทั่วไปของปลาทูน่า

ปลาทูน่าจัดอยู่ในกลุ่มปลากระดูกแข็ง (Osteichthyes) และเป็นปลาผิวน้ำ (Epipelagic) จัดอยู่ในสกุล Scombroidae วงศ์ Thunnidae (วิมล เหมะจันทร์, 2528) ปลาทูน่ามีลักษณะรูปร่างคล้ายกระสวยและมีลำตัวเรียวเล็ก ส่วนหัวโต หางค่อนข้างแบน เคลื่อนไหวว่องไว กล้ามเนื้อแข็งแรง อาศัยอยู่บริเวณผิวน้ำ ตามชายฝั่งและน้ำลึก (ประเสริฐ สายสิทธิ์, 2527)

นงลักษณ์ สุทธิวานิช (2531) รายงานลักษณะของปลาทูน่าที่จะนำมาแปรรูป มีลักษณะสำคัญดังนี้

-ปลาทูน่าพันธุ์โอแถบ (skipjack tuna) ลักษณะลำตัวค่อนข้างกลม ความยาวของลำตัว โดยเฉลี่ย 40-80 เซนติเมตร มีขนาดปานกลาง มีแถบยาวสีดำปนน้ำเงินและม่วงบริเวณลำตัว ใต้ท้องจนถึงบริเวณหาง บริเวณลำตัวด้านบนมีจุดสีดำเล็กๆ กระจายตลอดความยาวลำตัว

-ปลาทูน่าพันธุ์ครีบเหลือง (yellowfin tuna) รูปร่างคล้ายกระสวย มีขนาดใหญ่ ลำตัวท่อนหัวโต ความยาวเฉลี่ยของลำตัว โดยเฉลี่ย 50-150 เซนติเมตร มีกล้ามเนื้อหนา บริเวณส่วนหัวสีน้ำเงินดำ พื้นท้องสีเหลืองและสีน้ำเงินมีจุดประทั่วไป

-ปลาทูน่าพันธุ์ครีบยาว (albacore tuna) ความยาวของลำตัว โดยเฉลี่ยจะอยู่ในช่วง 40-100 เซนติเมตร ปลายครีบหางสีขาว เนื้อสีขาว

-ปลาทูน่าพันธุ์โอลาย (eastern little tuna) เป็นปลาขนาดกลาง ความยาวโดยเฉลี่ยที่พบทั่วไปอยู่ในช่วง 50-60 เซนติเมตร ลำตัวเหนือเส้นข้างตัวมีสีน้ำเงินเข้มและมีลวดลายสีดำเฉียงกับลำตัว

-ปลาทูน่าพันธุ์โอดำ (longtail tuna) เป็นปลาผิวน้ำ ลำตัวยาวเพรียว ครีบฝอยของครีบหลังและครีบก้นมีสีเทาแกมเหลือง

2.ความสำคัญของน้ำมันจากตับปลา

น้ำมันตับปลาได้นำมาใช้ในการรักษาโรคมาเป็นเวลานานแล้ว โดยใช้ในรูปยาเสริมวิตามินเอและวิตามินดี จากการศึกษาต่อมาพบว่าในน้ำมันตับปลาประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวกลุ่มโอเมก้า-3 ความสนใจต่อกรดไขมันไม่อิ่มตัวกลุ่มโอเมก้า-3 มีมากขึ้นหลังจากการศึกษาในชาวเอสกิโมแถบกรีนแลนด์ โดย Dyerberg และคณะ (1978) พบว่าชาวเอสกิโมมีอัตราการเป็นโรคหัวใจและโรคหลอดเลือดต่ำ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากอาหารที่บริโภค การศึกษาต่อมาพบว่าสัตว์น้ำและปลาทะเลที่ชาวเอสกิโมบริโภคในชีวิตประจำวันมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวกลุ่มโอเมก้า-3 ปริมาณสูง นอกจากนี้กรดไขมันไม่อิ่มตัวกลุ่มโอเมก้า-3 สามารถป้องกันโรคและภาวะผิดปกติบางชนิดได้ เช่น การลดปริมาณไตรกลีเซอร์ไรด์ที่สูงในเลือด ลดอาการของโรคที่เกี่ยวข้องกับภูมิต้านทาน เช่น โรคข้อ โรคเรื้อนกวางหรือสะเก็ดเงิน (psoriasis) โรคลำไส้ใหญ่อักเสบเป็นแผลเปื่อย (วินัย ดะห์ลัน, 2539)

นอกจากนี้กรดไขมันไม่อิ่มตัวกลุ่มโอเมก้า-3 มีความสำคัญต่อการพัฒนาการของร่างกาย ทั้งนี้เนื่องจากกรดไขมันไม่อิ่มตัวกลุ่มโอเมก้า-3 จัดเป็นกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย เนื่องจากร่างกายไม่สามารถสังเคราะห์เองได้ (Goodnight, *et al.*, 1982) โดยจะพบกรดไขมันไม่อิ่มตัวกลุ่มโอเมก้า-3 มากบริเวณสมอง เรตินาของดวงตา อัณฑะ และรก (Crawford, *et al.*, 1976) ดังนั้นการรับประทานอาหารที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวกลุ่มโอเมก้า-3 จะมีผลเกี่ยวข้องกับการพัฒนาของสมองการเรียนรู้และการมองเห็น (Holman, *et al.*, 1982) เนื่องจากปลาทะเลมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวกลุ่มโอเมก้า-3 ในปริมาณสูง เนื้อปลาและสัตว์ทะเล จึงเป็นแหล่งของกรดไขมันไม่อิ่มตัวกลุ่มโอเมก้า-3 ที่สำคัญ และนอกเหนือจากเนื้อปลาทะเลแล้ว พบว่าในน้ำมันตับปลา เช่น น้ำมันจากตับปลาคอด ยังเป็นแหล่งของกรดไขมันไม่อิ่มตัวกลุ่มโอเมก้า-3 ที่สำคัญ โดยในประเทศแคนาดาได้กำหนดความต้องการของคนต่อปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวกลุ่มโอเมก้า-3 ขึ้นเป็นประเทศแรก โดยระบุความต้องการของคนต่อปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวกลุ่มโอเมก้า-3 เช่น ทารกอายุ 0-12 เดือน ต้องการวันละ 0.5 กรัมต่อวัน ขณะที่ผู้ชายและผู้หญิงต้องการวันละ 1.4-1.7 และ 1.0-1.2 กรัมต่อวันตามลำดับ (จงจิตร อังคทะวานิช, 2538)

3. แหล่งและองค์ประกอบที่สำคัญของน้ำมันจากตับปลา

น้ำมันตับปลามีลักษณะคล้ายกับน้ำมันพืชโดยทั่วไป คือ องค์ประกอบของไขมัน 1 โมเลกุล ประกอบด้วยกรดไขมัน 3 โมเลกุลและกลีเซอรอล 1 โมเลกุล กรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบมีความแตกต่างจากน้ำมันพืช โดยกรดไขมันในน้ำมันจากตับปลาจะประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงมาก (highly polyunsaturated fatty acid) ที่มีจำนวนพันธะคู่มากกว่า 4 พันธะ อยู่ในสัดส่วนที่สูง (Huss, 1988)

3.1 แหล่งของน้ำมันที่พบในปลา สามารถแบ่งได้เป็น 2 แหล่ง ใหญ่ ๆ ได้ดังนี้ คือ

3.1.1 น้ำมันจากตัวปลา ได้จากไขมันซึ่งที่พบในส่วนเนื้อเยื่อคอลลาเจนซึ่งเป็นไขมันที่ตัวปลาเก็บไว้ใช้เป็นแหล่งพลังงาน ไขมันในส่วนนี้จะประกอบด้วยไตรกลีเซอร์ไรด์ เช่นเดียวกับสัตว์มีกระดูกสันหลังทั่วไป แต่ไขมันในปลาจะประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีจำนวนคาร์บอน 14-22 อะตอม มีพันธะคู่ 5-6 พันธะ (Huss, 1988)

ปลาที่นิยมนำมาใช้สกัดน้ำมันจากตัวปลา เช่น ปลาแฮริ่ง ปลาซาร์ดีน ปลาคอด ปลาแฮดดอก ปลาแซลมอน และปลาทูน่า (Bimbo and Crowther, 1992) โดยพบว่าน้ำมันที่สกัดได้จากตัวปลาทูน่า มีปริมาณร้อยละ 23 ของน้ำหนักสด มีสารสปอนนิฟายไม่ได้ ร้อยละ 0.7 ของน้ำมันทั้งหมด มีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัว $C_{14:0}$ และ $C_{16:0}$ ร้อยละ 4.2 และ 18.6 ของกรดไขมันทั้งหมด ตามลำดับ และมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัว C_{18} C_{20} และ C_{22} ร้อยละ 26.0 23.5 และ 18.0 ของกรดไขมันทั้งหมด ตามลำดับ (Bailey, *et al.*, 1952)

Saito และคณะ (1996) ศึกษาการสกัดน้ำมันจากเนื้อส่วนต่างๆ ของปลาทูน่าพันธุ์ครีบเหลือง ที่จับบริเวณเขต East Caroline Basin ด้วยวิธีของ Foloh โดยใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ คลอโรฟอร์มและเมธานอล อัตราส่วน 2:1 พบว่าชนิดของกรดไขมันของน้ำมันที่สกัดได้จากเนื้อปลาทูน่าส่วนต่างๆ ได้แก่ เนื้อส่วนหลัง (dorsal ordinary muscle) เนื้อส่วนท้อง (ventral ordinary muscle) และเนื้อดำ (dark muscle) ประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัว $C_{16:0}$ และ $C_{18:0}$ และกรดไขมันไม่อิ่มตัว $C_{16:1}$ $C_{18:1}$ $C_{20:4}$ $C_{20:5}$ และ $C_{22:6}$ เป็นองค์ประกอบหลัก โดยเนื้อส่วนหลัง มีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัว $C_{16:0}$ และ $C_{18:0}$ ร้อยละ

22.7 และ 13.1 ของกรดไขมันทั้งหมด ตามลำดับ และมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัว $C_{16:1}$ $C_{18:1}$ $C_{20:4}$ $C_{20:5}$ และ $C_{22:6}$ ร้อยละ 2.4 13.8 3.7 3.5 และ 27.3 ของกรดไขมันทั้งหมด ตามลำดับ เนื้อส่วนท้อง มีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัว $C_{16:0}$ และ $C_{18:0}$ ร้อยละ 23.2 และ 8.1 ของกรดไขมันทั้งหมด ตามลำดับ และมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัว $C_{16:1}$ $C_{18:1}$ $C_{20:4}$ $C_{20:5}$ และ $C_{22:6}$ ร้อยละ 3.3 14.6 2.6 3.9 และ 25.7 ของกรดไขมันทั้งหมด ตามลำดับ และเนื้อดำ มีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัว $C_{16:0}$ และ $C_{18:0}$ ร้อยละ 18.4 และ 10.4 ของกรดไขมันทั้งหมด ตามลำดับ และมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัว $C_{16:1}$ $C_{18:1}$ $C_{20:4}$ $C_{20:5}$ และ $C_{22:6}$ ร้อยละ 2.6 12.8 2.5 3.3 และ 29.8 ของกรดไขมันทั้งหมด ตามลำดับ จากการสกัดน้ำมันจากเนื้อส่วนต่างๆ ของปลาทูน่าพันธุ์ Bonito ที่จับบริเวณเขตทะเลแปซิฟิก โดยวิธีของ Foloh พบว่าน้ำมันที่สกัดได้จากเนื้อปลาทูน่าส่วนต่างๆ ได้แก่ เนื้อส่วนหลัง เนื้อส่วนท้อง และเนื้อดำ ประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัว $C_{16:0}$ และ $C_{18:0}$ มีปริมาณร้อยละ 15.2-21.8 และ 7.6-10.6 ของกรดไขมันทั้งหมด ตามลำดับ และมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัว $C_{16:1}$ $C_{18:1}$ $C_{20:4}$ $C_{20:5}$ และ $C_{22:6}$ ร้อยละ 11.2-5.3 11.2-13.4 2.0-2.7 5.7-7.2 และ 26.4-38.7 ของกรดไขมันทั้งหมด ตามลำดับ นอกจากนี้การสกัดน้ำมันจากเนื้อส่วนต่างๆ ของปลาทูน่าพันธุ์โอหลอด และปลาทูน่าพันธุ์โอแกลบ ที่จับบริเวณทะเลแปซิฟิกเขตประเทศญี่ปุ่น ด้วยวิธีของ Foloh พบว่าเนื้อส่วนหลัง เนื้อส่วนท้อง และเนื้อดำของปลาทูน่าทั้ง 2 สายพันธุ์ ประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัว $C_{16:0}$ และ $C_{18:0}$ และกรดไขมันไม่อิ่มตัว $C_{16:1}$ $C_{18:1}$ $C_{20:4}$ $C_{20:5}$ และ $C_{22:6}$ เป็นองค์ประกอบหลัก โดยเนื้อปลาทูน่าพันธุ์โอหลอด มีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัว $C_{16:0}$ และ $C_{18:0}$ ร้อยละ 20.6-24.5 และ 5.4-9.3 ของกรดไขมันทั้งหมด ตามลำดับ และมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัว $C_{16:1}$ $C_{18:1}$ $C_{20:4}$ $C_{20:5}$ และ $C_{22:6}$ ร้อยละ 4.1-6.7 8.2-2.1 0.4-1.1 6.7-7.9 และ 18.2-27.8 ของกรดไขมันทั้งหมด ตามลำดับ และเนื้อปลาทูน่าพันธุ์โอแกลบ มีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัว $C_{16:0}$ และ $C_{18:0}$ ร้อยละ 16.8-18.4 และ 4.8-9.7 ของกรดไขมันทั้งหมด ตามลำดับ และมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัว $C_{16:1}$ $C_{18:1}$ $C_{20:4}$ $C_{20:5}$ และ $C_{22:6}$ ร้อยละ 3.1-5.9 7.1-9.8 0.4-1.8 7.1-10.1 และ 26.4-34.8 .ของกรดไขมันทั้งหมด ตามลำดับ

อัธยา กังสุวรรณ และคณะ (2539) ศึกษาการสกัดน้ำมันจากเนื้อส่วนหลังและลำตัวของปลาทูน่าพันธุ์โอดำ ปลาทูน่าพันธุ์โอแถบ ปลาทูน่าพันธุ์ครีบเหลือง และปลาทูน่าพันธุ์โอลาย โดยวิธีของ Foloh พบว่าน้ำมันที่สกัดได้ประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัว $C_{18:1}$ $C_{18:2}$ $C_{18:3}$ $C_{20:5}$ และ $C_{22:6}$ เป็นองค์ประกอบหลัก

3.1.2 น้ำมันจากตับปลา ปลาโดยทั่วไปมีน้ำหนักของตับอยู่ระหว่าง ร้อยละ 4-9 ของน้ำหนักตัว ซึ่งในตับปลาจะมีปริมาณน้ำมันเป็นองค์ประกอบ ประมาณร้อยละ 45-67 ขนาดและปริมาณน้ำมันของตับปลามีความสัมพันธ์โดยตรงกับแหล่งที่อยู่และอาหารที่ปลากิน นอกจากนี้ยังขึ้นกับปัจจัยอื่นๆอีก เช่น ชนิดของปลา อายุของปลา การวางไข่ และฤดูกาล เป็นต้น (Stansby, 1967 ; 1990)

Saito และคณะ (1996) ศึกษาปริมาณน้ำมันในตับปลาทูน่าพันธุ์ครีบเหลือง ที่จับบริเวณเขต East Caroline Basin และบริเวณเขตฝั่งทะเลประเทศญี่ปุ่น พบว่าปริมาณน้ำมันเฉลี่ยของตับปลาทูน่าพันธุ์ครีบเหลือง ที่จับบริเวณเขต East Caroline Basin และบริเวณเขตฝั่งทะเลประเทศญี่ปุ่น มีปริมาณเท่ากับ ร้อยละ 0.5 และ 0.8 ตามลำดับ นอกจากนี้พบว่าปริมาณน้ำมันในตับปลาทูน่าพันธุ์โอหลอด และตับปลาทูน่าพันธุ์โอแกลบ ที่จับบริเวณทะเลแปซิฟิกเขตประเทศญี่ปุ่น มีปริมาณน้ำมันเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 18.2 และ 16.6 ตามลำดับ

ปลาทูน่ามีน้ำหนักของตับประมาณร้อยละ 1 ของน้ำหนักตัว และในตับปลาทูน่ามีน้ำมันเป็นองค์ประกอบอยู่ร้อยละ 4-25 ซึ่งน้ำมันจากตับปลาทูน่ามีวิตามินเอปริมาณสูงบางครั้งเรียกว่า น้ำมันวิตามิน (vitamin oils) (Stansby, 1967) ปริมาณน้ำมันและวิตามินเอของตับปลาทูน่าจะแตกต่างกันตามสายพันธุ์ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ปริมาณน้ำมันและวิตามินเอของตับปลาทูน่า

ชนิดปลาทูน่า	ปริมาณน้ำมัน (ร้อยละของน้ำหนักตับสด)	ปริมาณวิตามินเอ (U.S.P.* ต่อกรัมน้ำมัน)
ทูน่าครีบยาว (albacore tuna)	7-20	25,000
ทูน่าครีบน้ำเงิน (bluefin tuna)	4-6	75,000
ทูน่าครีบเหลือง (yellowfin tuna)	3-5	50,000
ทูน่าโอแถบ (skipjack tuna)	4-6	40,000
ทูน่า (oriental bonito)	2-4	35,000

* U.S.P. คือ หน่วยวัดทางเภสัชกรรมของสหรัฐอเมริกา (United States Phamacopia Unit)

ที่มา : ดัดแปลงจาก Tressler และ Lemon (1951)

3.2 องค์ประกอบของน้ำมันตับปลา องค์ประกอบของน้ำมันจากตับปลาประกอบด้วยไตรกลีเซอร์ไรด์ เอสเทอร์ของกรดไขมัน กรดไขมันอิสระ สารให้สี ไฮโดรคาร์บอน ฟอสโฟลิปิด สเตอรอยด์ เป็นต้น (Huss, 1988) กรดไขมันในตับปลาส่วนใหญ่มีจำนวนคาร์บอนอะตอมเป็นเลขคู่ แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

3.2.1 กรดไขมันอิ่มตัว (Saturated fatty acid) เป็นกรดไขมันที่มีโซ่คาร์บอนสั้นและไม่มีพันธะคู่ จึงทำให้มีจุดหลอมเหลวสูง (มากกว่า 60 องศาเซลเซียส) ดังนั้นกรดไขมันชนิดนี้จึงแข็งตัวที่อุณหภูมิห้อง (Stansby, 1990)

Bailey และคณะ (1952) ศึกษาชนิดและปริมาณกรดไขมันของน้ำมันที่สกัดจากตับปลาทูน่า พบว่าน้ำมันที่สกัดได้ประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัว $C_{16:0}$ และ $C_{18:0}$ ร้อยละ 17.9 และ 8.9 ของปริมาณกรดไขมันทั้งหมด ตามลำดับ Stansby (1967) พบว่าน้ำมันจากปลาประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัว ร้อยละ 15-40 ของปริมาณกรดไขมันทั้งหมด กรดไขมันอิ่มตัวส่วนใหญ่มีจำนวนคาร์บอนตั้งแต่ 12 อะตอมขึ้นไป เช่น กรดลอริก กรดไมริสติก และกรดพาลมิติก เป็นต้น

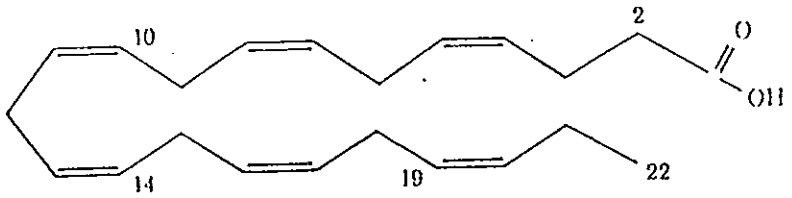
Sunarya และคณะ (1991) ศึกษาการสกัดน้ำมันจากตับปลาฉลามโดยวิธี Bligh and Dyer พบว่าน้ำมันที่สกัดได้ประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัว $C_{14:0}$ และ $C_{16:0}$ ร้อยละ 1.0-2.0 และ 13.3-15.4 ของปริมาณกรดไขมันทั้งหมด ตามลำดับ และจากการสกัดโดยวิธีใช้ไอน้ำ พบว่าน้ำมันที่สกัดได้ประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัว $C_{14:0}$ และ $C_{16:0}$ อยู่ในช่วงร้อยละ 13.3-15.1 และ 6.5-6.6 ของปริมาณกรดไขมันทั้งหมด ตามลำดับ

Benjakul และ Taylor (1994) สกัดน้ำมันจากตับปลาฉลามด้วยวิธีการใช้ไอน้ำ พบว่าน้ำมันที่สกัดได้มีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัว $C_{14:0}$ และ $C_{16:0}$ เท่ากับ 14.0 และ 140.6 มิลลิกรัมต่อกรัมของน้ำมัน ตามลำดับ และสกัดด้วยวิธี Bligh and Dyer พบว่าน้ำมันที่สกัดได้มีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัว $C_{14:0}$ และ $C_{16:0}$ เท่ากับ 13.6 และ 129.7 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำมัน ตามลำดับ

Saito และคณะ (1996) ศึกษาการสกัดน้ำมันจากตับปลาทูน่าพันธุ์ครีบเหลือง ที่จับบริเวณเขต East Caroline Basin โดยวิธีของ Foloh พบว่าน้ำมันจากตับปลาทูน่าพันธุ์ครีบเหลืองที่สกัดได้ประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัว $C_{14:0}$ $C_{15:0}$ $C_{16:0}$ $C_{17:0}$ และ $C_{18:0}$ ปริมาณร้อยละ 0.6 1.0 25.4 1.6 และ 9.4 ของปริมาณกรดไขมันทั้งหมด ตามลำดับ จากการสกัดน้ำมันจากตับปลาทูน่าพันธุ์ Bonito ที่จับบริเวณเขตทะเลแปซิฟิก ด้วยวิธีของ Foloh พบว่าน้ำมันจากตับปลาทูน่าพันธุ์ Bonito ที่สกัดได้ประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัว $C_{14:0}$ $C_{15:0}$ $C_{16:0}$ $C_{17:0}$ และ $C_{18:0}$ ปริมาณร้อยละ 3.8 1.3 21.5 2.3 และ 7.6 ของปริมาณกรดไขมันทั้งหมด ตามลำดับ นอกจากนี้จากการสกัดน้ำมันจากตับปลาทูน่าพันธุ์โอหลอด และปลาทูน่าพันธุ์โอแกลบ ที่จับบริเวณทะเลแปซิฟิกเขตประเทศญี่ปุ่น ด้วยวิธีของ Foloh พบว่าตับปลาทูน่าพันธุ์โอลายประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัว $C_{14:0}$ $C_{15:0}$ $C_{16:0}$ $C_{17:0}$ และ $C_{18:0}$ ปริมาณร้อยละ 1.4 0.5 19.7 0.8 และ 7.0 ของปริมาณกรดไขมัน ทั้งหมด ตามลำดับ และตับปลาทูน่าพันธุ์โอแกลบ ประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัว $C_{14:0}$ $C_{15:0}$ $C_{16:0}$ $C_{17:0}$ และ $C_{18:0}$ ปริมาณร้อยละ 1.7 0.6 18.2 0.9 6.6 และ 0.4 ของปริมาณกรดไขมันทั้งหมด ตามลำดับ

3.2.2 กรดไขมันไม่อิ่มตัว (Unsaturated fatty acid) เป็นกรดไขมันที่มีโซ่คาร์บอนยาว โดยมีจำนวน 18-22 อะตอม และมีพันธะคู่อยู่ในโมเลกุลตั้งแต่ 1-6 คู่ กรดไขมันกลุ่มนี้มีจุดหลอมเหลวต่ำ จุดหลอมเหลวของกรดไขมันแต่ละชนิดขึ้นอยู่กับจำนวนคาร์บอนอะตอมจำนวนพันธะคู่ในโมเลกุล และตำแหน่งของพันธะคู่ โดยทั่วไปกรดไขมันไม่อิ่มตัวอยู่ในสภาพที่เป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง น้ำมันจากปลามีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงถึงร้อยละ 40 ในจำนวนนี้มีกรดไขมันชนิดที่ไม่อิ่มตัวสูงมาก เป็นองค์ประกอบถึงร้อยละ 10 โดยทั่วไปไขมันจากปลาทะเลมีส่วนประกอบที่ซับซ้อนและมีกรดไขมัน C_{18} C_{20} และ C_{22} จำนวนมากเป็นองค์ประกอบ (Stansby, 1990) น้ำมันตับปลาทูน่า (*Seriola quingueradiata*) มีกรดไขมัน C_{20} และ C_{23} อยู่มากกว่าร้อยละ 50 และมีกรดไขมัน C_{24} อยู่ประมาณร้อยละ 8 (ประเสริฐ สายประสิทธิ์, 2527)

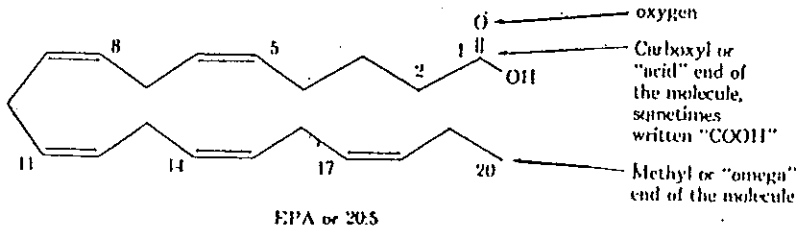
กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่มีความสำคัญ และมีบทบาทสูงในน้ำมันจากตับปลา คือ กลุ่มของกรดไขมันที่เรียกว่า "omega-3 fatty acid" สำหรับน้ำมันตับปลาจะมีกรดไขมันในกลุ่มโอเมก้า-3 ประมาณ 10 ชนิด แต่มีเพียง 2 ชนิด ที่มีบทบาทเด่นและสำคัญ ได้แก่ docosahexaenoic acid หรือ DHA และ eicosapentaenoic acid หรือ EPA โดยที่ EPA เป็นกรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอน 20 อะตอม และมีพันธะคู่ 5 พันธะ ขณะที่ DHA เป็นกรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอน 22 อะตอม และมีพันธะคู่ 6 พันธะ (Stansby, 1990) แสดงดังภาพที่ 2 และ 3



DHA 22:6

ภาพที่ 2 โครงสร้างทางเคมีของ docosahexaenoic acid (DHA)

ที่มา : Kinsella (1986)



ภาพที่ 3 โครงสร้างทางเคมีของ eicosapentaenoic acid (EPA)

ที่มา : Kinsella (1986)

Bailey และคณะ (1952) รายงานถึงปริมาณกรดไขมันของน้ำมันที่สกัดได้จากตับปลาทูน่า พบว่าประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัว $C_{18:1}$ $C_{20:1}$ และ $C_{22:1}$ ร้อยละ 26.0 23.5 และ 18.0 ของปริมาณกรดไขมันทั้งหมด ตามลำดับ Haagsma และคณะ (1982) ศึกษาการสกัดน้ำมันจากตับปลาคอด โดยใช้เฮกเซนเป็นตัวทำละลาย พบว่าน้ำมันที่สกัดได้ประกอบด้วยกรดไขมัน $C_{18:1}$ $C_{20:1}$ และ $C_{22:1}$ ร้อยละ 24.9 12.0 และ 4.8 ของปริมาณกรดไขมันทั้งหมด ตามลำดับ Sunarya และคณะ (1991) ทดลองสกัดน้ำมันจากตับปลาฉลามด้วยการใช้ไอน้ำ พบว่าน้ำมันที่สกัดได้ประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัว $C_{18:1}$ $C_{20:1}$ และ $C_{22:1}$ ร้อยละ 23.7-27.9 14.5-14.6 และ 12.7-12.8 ของปริมาณกรดไขมันทั้งหมด ตามลำดับ Benjakul และ Taylor (1994) ทดลองสกัดน้ำมันจากตับปลาฉลาม ด้วยการใช้ไอน้ำ พบว่าน้ำมันที่สกัดได้มีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัว $C_{18:1}$ $C_{20:1}$ และ $C_{22:1}$ เท่ากับ 202.5 52.2 และ 86.8 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำมัน ตามลำดับ

Saito และคณะ (1996) ศึกษาการสกัดน้ำมันจากตับปลาทูน่าพันธุ์ครีบเหลือง ที่จับบริเวณเขต East Caroline Basin ด้วยวิธีของ Foloh พบว่าน้ำมันจากตับปลาทูน่าพันธุ์ครีบเหลืองที่สกัดได้ ประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัว $C_{16:1}$ $C_{18:1}$ $C_{20:4}$ $C_{22:5}$ และ $C_{22:6}$ ร้อยละ 2.9 19.0 3.6 4.0 1.2 และ 20.7 ของปริมาณกรดไขมันทั้งหมด ตามลำดับ

จากการสกัดน้ำมันจากตับปลาทูน่าพันธุ์ Bonito ที่จับบริเวณเขตทะเลแปซิฟิก ด้วยวิธีของ Foloh พบว่าน้ำมันจากตับปลาทูน่าพันธุ์ Bonito ที่สกัดได้ ประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัว $C_{16:1}$ $C_{18:1}$ $C_{18:2}$ $C_{20:4}$ $C_{20:5}$ $C_{22:4}$ และ $C_{22:6}$ ร้อยละ 3.2 7.7 1.7 4.8 11.5 1.1 และ 34.8 ของปริมาณกรดไขมันทั้งหมด ตามลำดับ นอกจากนี้จากการสกัดน้ำมันจากตับปลาทูน่า 2 สายพันธุ์ คือ ปลาทูน่าพันธุ์โอหลอด และปลาทูน่าพันธุ์โอแกลบ ที่จับบริเวณทะเลแปซิฟิกเขตประเทศญี่ปุ่น ด้วยวิธีของ Foloh พบว่าตับปลาของปลาทูน่าพันธุ์โอหลอด และพันธุ์โอแกลบ ประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัว $C_{16:1}$ $C_{18:1}$ $C_{20:4}$ $C_{20:5}$ $C_{22:5}$ และ $C_{22:6}$ เป็นองค์ประกอบหลัก โดยกรดไขมันไม่อิ่มตัวในปลาทูน่าพันธุ์โอหลอด มีปริมาณร้อยละ 3.7 20.0 1.3 7.4 4.6 และ 18.8 ของกรดไขมันทั้งหมด ตามลำดับ และในตับปลาทูน่าพันธุ์โอแกลบ ปริมาณร้อยละ 4.2 10.3 1.8 8.4 3.8 และ 24.2 ของกรดไขมันทั้งหมดตามลำดับ

Butler (1948) และ Brody (1965) จัดแบ่งกลุ่มน้ำมันจากตับปลาออกเป็น 3 กลุ่ม คือ

1.น้ำมันจากตับปลาที่ได้จากปลาที่มีปริมาณน้ำมันในตับสูง แต่มีปริมาณวิตามินเอต่ำ ปลาในกลุ่มนี้ได้แก่ ปลาคอด (cod) ปลาเกรย์ฟิช (grayfish) ปลาแฮดดอก (haddock) ปลาเฮก (hake) ซึ่งปลาในกลุ่มนี้จะมีน้ำมันในตับ ร้อยละ 50-70 และมีปริมาณวิตามินเอ 500-20,000 U.S.P.

2.น้ำมันจากตับปลาที่ได้จากปลาที่มีปริมาณน้ำมันในตับน้อยแต่มีปริมาณวิตามินเอสูง ซึ่งจะมีปริมาณน้ำมันในตับ ร้อยละ 4-28 มีปริมาณวิตามินเอ 25,000-600,000 U.S.P. ปลาในกลุ่มนี้ ได้แก่ ปลาฮาลิบัติ (halibut) ปลาลิงคอด (ling cod) ปลารอค (rock fish) ปลาเซเบิล (sable fish) และปลาทูน่า เป็นต้น

3.น้ำมันจากตับปลาที่ได้จากปลาที่มีปริมาณน้ำมันในตับสูงและมีปริมาณวิตามินเอสูง ซึ่งจะมีปริมาณน้ำมันในตับ อยู่ในช่วงร้อยละ 30-75 และปริมาณวิตามินเอ 0-340,000 U.S.P. ปลาในกลุ่มนี้ ได้แก่ ปลาฉลามในกลุ่ม basking shark ซึ่งจะมีวิตามินเอต่ำ และปลาฉลามในกลุ่ม hammerhead shark จะมีปริมาณวิตามินเอสูง ปริมาณน้ำมันในตับ อยู่ในช่วงร้อยละ 45-75 และปริมาณวิตามินเอ 20,000-200,000 U.S.P.

4. การสกัดไขมันจากตับปลา

ปลาแต่ละชนิดมีปริมาณน้ำมันและองค์ประกอบที่แตกต่างกัน ดังนั้นการสกัดน้ำมันจากตับปลาและเครื่องในปลาแต่ละชนิด จึงมีวิธีที่เหมาะสมในการสกัดที่แตกต่างกัน วิธีการสกัดน้ำมันจากตับปลาแบ่งได้ ดังนี้

4.1 การใช้ไอน้ำ

Tressler และ Lemon (1951) รายงานว่าการสกัดน้ำมันจากตับปลาโดยการใช้ไอน้ำจะใช้สกัดน้ำมันจากตับปลา ที่มีปริมาณน้ำมันในตับร้อยละ 50 และมีปริมาณวิตามินเอ 8,000-15,000 U.S.P. Kulikove (1971) รายงานว่าสามารถสกัดน้ำมันจากตับปลาคอด ได้ปริมาณน้ำมันร้อยละ 70 ของน้ำหนักตับสด เมื่อใช้ไอน้ำที่อุณหภูมิ 70-80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1.5 ชั่วโมง จากการทดลองของ Gerasimove และ Antonova (1978) ศึกษาการสกัดน้ำมันจากตับปลาคอดโดยให้ความร้อนด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 60-70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 50-70 นาที พบว่าปริมาณน้ำมันที่สกัดได้ เท่ากับร้อยละ 70 ของน้ำหนักตับสด

Sunarya และคณะ (1991) สกัดน้ำมันจากตับปลาฉลามโดยการใช้ไอน้ำที่อุณหภูมิ 70-80 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 30 นาที หลังจากนั้นนำมาหมุนเหวี่ยงแยกน้ำมัน ที่ความเร็วรอบ 2,000 รอบต่อนาที เป็นเวลานาน 15 นาที ปริมาณน้ำมันที่สกัดได้เท่ากับร้อยละ 22.1 ของน้ำหนักตับปลาสด

Hall (1992) รายงานถึงการสกัดน้ำมันจากตับปลาโดยการใช้ไอน้ำที่อุณหภูมิ 85-88 องศาเซลเซียส ซึ่งมีผลทำให้ตับปลามีอุณหภูมิประมาณ 70-75 องศาเซลเซียส สามารถสกัดน้ำมันได้ ถึงประมาณร้อยละ 70-75 Benjakul และ Taylor (1994) ทดลองสกัดน้ำมันจากตับปลาฉลามโดยการใช้ไอน้ำ ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 30 นาที หลังจากนั้นหมุนเหวี่ยงแยกน้ำมันออกจากตับปลาที่ความเร็วรอบ 16,000 รอบต่อนาที เป็นเวลานาน 30 นาที ปริมาณน้ำมันที่สกัดได้ เท่ากับร้อยละ 30.9 ของน้ำหนักตับสด

4.2 การใช้ตัวทำละลาย

Hall (1992) รายงานว่าในการสกัดน้ำมันจากตับปลา ตัวทำละลายที่นิยมใช้ในการสกัดได้แก่ อะซิโตน เบนซิน คาร์บอนไดซัลไฟด์ คาร์บอนเตตราคลอไรด์ ไดออกเซน เอทธิลีนไดคลอไรด์ และ ปิโตรเลียมอีเธอร์ นอกจากนี้มีการใช้ไอโซโพรพานอลร้อนเป็นตัวทำละลายในการสกัดน้ำมันจากปลาสด (Lee, 1954) จากการทดลองของ Nielsen (1937) พบว่าไดเอทธิลอีเธอร์ จะมีประสิทธิภาพสูงในการสกัดน้ำมันจากตับปลาคอด

Stansby (1967) รายงานว่าการสกัดน้ำมันจากตับปลาที่มีปริมาณน้ำมันในตับน้อย ควรทำการสกัดโดยใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น ปิโตรเลียมอีเธอร์ แต่การสกัดโดยใช้ตัวทำละลายจะทำให้น้ำมันที่สกัดได้จะมีสีเข้ม เนื่องจากตัวทำละลายจะสกัดเม็ดสีออกมาด้วย และน้ำมันที่สกัดได้มีความหนืดสูง และไม่สามารถแยกกรดไขมันอิสระออกระหว่างการสกัด นอกจากนี้ตัวทำละลายที่ใช้สกัดจะทำให้เกิดการออกซิเดชั่นของวิตามินเอ Sunarya และคณะ (1991) ทดลองสกัดน้ำมันจากตับปลาฉลาม พบว่าการสกัดด้วยวิธีการใช้ซอคเลต (Soxhlet) โดยใช้ปิโตรเลียมอีเธอร์เป็นตัวทำละลายและใช้อัตราส่วนตับปลาฉลามสดต่อตัวทำละลาย เท่ากับ 1:5 โดยผสมตับปลาฉลามสดด้วยโซเดียมซัลเฟตแอนไฮดรัส อัตราส่วน 1:1 ใช้เวลาในการสกัด 5 ชั่วโมง ปริมาณน้ำมันที่สกัดได้เท่ากับร้อยละ 65.6 ของน้ำหนักตับปลาสด และเมื่อสกัดด้วยวิธี Bligh and Dyer ปริมาณน้ำมันที่สกัดได้ เท่ากับร้อยละ 66.7 ของน้ำหนักตับปลาสด

Gunnlaugsdottir และ Ackman (1993) ทดลองสกัดน้ำมันจากปลาป่นซึ่งผลิตจากปลาเมนฮาเดน โดยใช้วิธีของ Smith-Ambrose-Knobl (1964) ซึ่งใช้ตัวทำละลายผสมของคลอโรฟอร์ม เมธานอล และน้ำ ในอัตราส่วน 1.5:1:0.4 โดยปริมาตร และใช้วิธีของ Bligh and Dyer (1959) ซึ่งใช้ตัวทำละลายผสมระหว่างคลอโรฟอร์ม เมธานอล และในอัตราส่วน 1:2:0.8 โดยปริมาตร และใช้วิธีของ Hara และ Radin (1978) ซึ่งใช้ตัวทำละลายผสมระหว่างเฮกเซนและไอโซโพรพานอลเป็นตัวทำละลาย โดยสกัดน้ำมันทั้ง 3 วิธี ที่อุณหภูมิ 30-40 องศาเซลเซียส ภายใต้สภาวะสุญญากาศ พบว่าปริมาณน้ำมันที่สกัดได้ โดยวิธี Smith-Ambrose-Knobl (1964) Bligh and Dyer (1959) และ

Hara and Radin (1978) มีปริมาณ เท่ากับ 126.8 122.5 และ 103.8 กรัมต่อกิโลก
ตามลำดับ

de Koning และคณะ (1985) ได้ทดลองสกัดน้ำมันจากปลาป่นซึ่งผลิตจากปลาเรดอาย (red-eye) โดยใช้เฮกเซนเป็นตัวทำละลายและใช้วัตถุดิบต่อตัวทำละลายในอัตราส่วน 1:40 น้ำหนักต่อปริมาตร โดยผสมวัตถุดิบด้วยโซเดียมซัลเฟตแอนไฮดรัสในอัตราส่วน 5:3 สกัดเป็นเวลานาน 6 ชั่วโมง พบว่าปริมาณน้ำมันที่สกัดได้ เท่ากับร้อยละ 10.59 และเมื่อสกัดด้วยวิธี Bligh and Dyer ปริมาณน้ำมันที่สกัดได้ เท่ากับร้อยละ 12.45

Yunizal และคณะ (1986) ทดลองสกัดน้ำมันจากตับปลาฉลามโดยใช้ตัวทำละลาย 2 ชนิด โดยชนิดที่หนึ่งใช้ตัวทำละลายผสมระหว่างกรดฟอร์มิกและไฮโดรคลอริก ในอัตราส่วน 1:1 และชนิดที่สองใช้กรดซัลฟุริกเป็นตัวทำละลาย พบว่าสามารถสกัดน้ำมันได้ ปริมาณร้อยละ 28.32 และ 26.60 ของน้ำหนักตับปลาสด ตามลำดับ

Takahashi และ Takeuchi (1989) ทดลองสกัดน้ำมันจากปลาซาร์ดีน โดยใช้ตัวทำละลาย คือ 1-โพรพานอล และ 2-โพรพานอล และใช้อัตราส่วนวัตถุดิบต่อตัวทำละลายเป็น 1:2 พบว่าปริมาณน้ำมันที่สกัดได้ เท่ากับร้อยละ 18 และ 20 ตามลำดับ

Lee และคณะ (1985) ทดลองศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการสกัดน้ำมันจากปลาซาร์ดีน เช่น อุณหภูมิ ความชื้น อัตราการกวน ระยะเวลาสกัดและชนิดตัวทำละลาย ได้แก่ เบนซิน อะซิโตน ไอโซโพรพิวอัลกอฮอล์ และเฮกเซน พบว่าประสิทธิภาพการสกัดจะเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นและเพิ่มระยะเวลาการสกัด และเมื่อเปรียบเทียบชนิดตัวทำละลาย พบว่าไอโซโพรพิวอัลกอฮอล์ อะซิโตน เบนซิน และเฮกเซน มีประสิทธิภาพในการสกัดลดลง ตามลำดับ จากการศึกษาผลความชื้นและอัตราการกวนที่ความเร็วรอบ 100 200 300 และ 500 รอบต่อนาที พบว่าอัตราการกวนเพิ่มขึ้นมีผลให้ประสิทธิภาพการสกัดดีขึ้นและเมื่อความชื้นเพิ่มขึ้นประสิทธิภาพการสกัดจะลดลง

Gerasimove และ Antonova (1978) ศึกษาการสกัดน้ำมันจากตับปลาคอดที่ผ่านการอบแห้ง และนำมาสกัดด้วยตัวทำละลาย เช่น ไดคลอโรอีเธน ไตรคลอโรอีเธน และคลอโรฟอร์ม ที่อุณหภูมิ 60-80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3-4 ชั่วโมง พบว่าตัวทำละลายทั้งสามชนิดให้ประสิทธิภาพในการสกัดน้ำมันใกล้เคียงกัน โดยเฉลี่ยร้อยละ 72.5 ของน้ำหนักตับแห้ง

Benjakul และ Taylor (1994) ทดลองสกัดน้ำมันจากตับปลาฉลามโดยวิธี Bligh and Dyer พบว่าจะได้ปริมาณน้ำมัน ร้อยละ 50.23 ซึ่งสูงกว่าวิธีการสกัดด้วยการใช้ไอน้ำ และวิธีการสกัดโดยใช้ความร้อนโดยตรง ซึ่งมีปริมาณน้ำมันที่สกัดได้ ร้อยละ 37.0 และ 30.9 ตามลำดับ

Saito และคณะ (1996) ศึกษาการสกัดน้ำมันโดยใช้วิธีของ Foloh พบว่าปริมาณน้ำมันที่สกัดได้จากตับปลาทูน่าพันธุ์ครีบเหลือง ตับปลาทูน่าพันธุ์ Bonito ตับปลาทูน่าพันธุ์โอหลอด และตับปลาทูน่าพันธุ์โอแกลบ มีปริมาณร้อยละ 4.1-6.0 1.1 18.2 และ 16.1 ของน้ำหนักตับสด ตามลำดับ

อัธยา กังสุวรรณ และคณะ (2539) ศึกษาการสกัดน้ำมันโดยใช้วิธีของ Foloh พบว่าปริมาณน้ำมันที่สกัดได้จากเครื่องในปลาทูน่าพันธุ์โอแถบ เครื่องในปลาทูน่าพันธุ์โอลาย เครื่องในปลาทูน่าพันธุ์โอดำ และเครื่องในปลาทูน่าพันธุ์ครีบเหลือง มีปริมาณร้อยละ 3.93 2.8 3.05 และ 2.88 ของน้ำหนักสด ตามลำดับ

5. สมบัติทางเคมีของน้ำมันจากตับปลา

สมบัติทางเคมีของน้ำมันแต่ละชนิดจะขึ้นกับชนิดและปริมาณของกรดไขมันที่เป็นส่วนประกอบ สมบัติทางเคมีของน้ำมันที่สำคัญ ได้แก่ ค่าไอโอดีน ค่าสปอนนิฟิเคชั่น สารสปอนนิฟายไม่ได้ ค่ากรด และค่าเปอร์ออกไซด์ เป็นต้น

5.1 ค่าไอโอดีน (Iodine Value) จะเป็นตัวบ่งชี้ความไม่อิ่มตัวของกรดไขมันที่มีในน้ำมัน ค่าไอโอดีนของน้ำมันแต่ละชนิดจะคงที่ ยกเว้นเมื่อน้ำมันเกิดการหืนแบบออกซิเดชั่น (oxidative rancidity) จะทำให้ค่าไอโอดีนลดลง (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2529) ค่าไอโอดีนมีความสัมพันธ์กับจุดหลอมเหลวของน้ำมัน ถ้าค่าไอโอดีนสูงแสดงว่ามีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงจึงทำให้น้ำมันมีจุดหลอมเหลวต่ำ

Sunarya และคณะ (1991) วิเคราะห์ค่าไอโอดีนของน้ำมันที่สกัดได้จากตับปลาฉลามโดยวิธีการใช้ซอคเลต พบว่าน้ำมันที่สกัดได้มีค่าไอโอดีน เท่ากับ 109.4 กรัมของไอโอดีนต่อ 100 กรัมน้ำมัน ซึ่งมีค่าน้อยกว่าวิธีการสกัดโดยการใช้ไอน้ำและวิธีการ Bligh and Dyer ซึ่งมีค่าไอโอดีน เท่ากับ 132.7 และ 117.7 กรัมไอโอดีนต่อ 100 กรัมน้ำมัน ตามลำดับ

Benjakul และ Taylor (1994) วิเคราะห์ค่าไอโอดีนของน้ำมันที่สกัดได้จากตับปลาฉลามด้วยวิธี Bligh and Dyer พบว่าน้ำมันที่สกัดได้มีค่าไอโอดีน เท่ากับ 118.2 กรัมของไอโอดีนต่อ 100 กรัมน้ำมัน ซึ่งมีค่าน้อยกว่าวิธีการสกัดโดยการใช้ไอน้ำและวิธีการสกัดโดยใช้ความร้อนโดยตรง ซึ่งมีค่าไอโอดีน เท่ากับ 121.2 และ 120.9 กรัมของไอโอดีนต่อ 100 กรัมน้ำมัน ตามลำดับ

5.2 ค่าสปอนนิฟิเคชั่น (Saponification Value) ของน้ำมันเป็นตัวบ่งชี้ให้ทราบถึงขนาดหรือน้ำหนักโมเลกุลของกรดไขมันที่เป็นส่วนประกอบอยู่ในโมเลกุลของน้ำมัน น้ำมันที่ประกอบด้วยกรดไขมันที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำหรือโมเลกุลขนาดเล็กหรือมีจำนวนคาร์บอนในโมเลกุลน้อยจะมีค่าสปอนนิฟิเคชั่นสูง ในทางตรงกันข้ามน้ำมันที่ประกอบด้วยกรดไขมันที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงหรือขนาดของโมเลกุลใหญ่ หรือมีจำนวนคาร์บอนในโมเลกุลมากทำให้ค่าสปอนนิฟิเคชั่นต่ำ (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2529)

Sunarya และคณะ (1991) วิเคราะห์ค่าสปอนนิฟิเคชั่นของน้ำมันที่สกัดได้จากตับปลาฉลามด้วยวิธี Bligh and Dyer พบว่าน้ำมันที่สกัดได้มีค่าสปอนนิฟิเคชั่น เท่ากับ 310.4 มิลลิกรัมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อกรัมน้ำมัน ซึ่งมีค่ามากกว่าการสกัดโดยวิธีการใช้ซอคเลตและวิธีการสกัดโดยการใช้ไอน้ำ ซึ่งมีค่าสปอนนิฟิเคชั่น เท่ากับ 122.7 และ 138.7 มิลลิกรัมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อกรัมน้ำมัน ตามลำดับ

Benjakul และ Taylor (1994) วิเคราะห์ค่าสปอนนิฟิเคชั่นของน้ำมันที่สกัดได้จากตับปลาฉลามด้วยวิธี Bligh and Dyer พบว่าน้ำมันที่สกัดได้มีค่าสปอนนิฟิเคชั่น เท่ากับ 215.8 มิลลิกรัมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อกรัมน้ำมัน ซึ่งมีค่ามากกว่าวิธีการสกัดโดยการใช้ไอน้ำและวิธีการสกัดโดยใช้ความร้อนโดยตรง ซึ่งมีค่าสปอนนิฟิเคชั่น เท่ากับ 160.8 และ 157.3 มิลลิกรัมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อกรัมน้ำมัน ตามลำดับ

5.3 สารสปอนนิฟายไม่ได้ หมายถึงส่วนประกอบที่เหลืออยู่ภายหลังการทำสปอนนิฟิเคชั่น เป็นสารประกอบจำพวก ไฮโดรคาร์บอน แอลกอฮอล์ ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงและสเตอรอล โดยปกติน้ำมันทั่วไปจะมีสารสปอนนิฟายไม่ได้ ไม่เกินร้อยละ 2 (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2529)

Sunarya และคณะ (1991) วิเคราะห์สารสปอนนิฟายไม่ได้ของน้ำมันที่สกัดได้จากตับปลาฉลามด้วยวิธี Bligh and Dyer พบว่าน้ำมันที่สกัดได้มีสารสปอนนิฟายไม่ได้เท่ากับร้อยละ 17.33 ซึ่งมีค่ามากกว่าวิธีการสกัดด้วยซอคเลตและวิธีการสกัดโดยการใช้ไอน้ำ ซึ่งมีสารสปอนนิฟายไม่ได้ เท่ากับร้อยละ 16.44 และ 16.04 ตามลำดับ

5.4 ค่ากรด (Acid Value) หรือ กรดไขมันอิสระ (Free fatty acid) ใช้เป็นตัวบ่งชี้ว่าไตรกลีเซอร์ไรด์ที่มีอยู่ในน้ำมันถูกทำลายด้วยเอนไซม์ไลเปสเป็นกรดไขมันอิสระมากน้อยเพียงใด ถ้าค่ากรดสูงแสดงว่าไตรกลีเซอร์ไรด์ถูกทำลายได้เป็นกรดไขมันอิสระมาก แสดงว่ามีการหืนชนิดไฮโดรไลลิส (hydrolytic rancidity) เกิดขึ้นแก่น้ำมันนั้น ความร้อน ความชื้น และแสงสว่าง ยังมีผลช่วยให้การหืนเกิดได้เร็วขึ้น (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2529)

Sunarya และคณะ (1991) วิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันอิสระในรูปกรดโอเลอิกของน้ำมันที่สกัดได้จากตับปลาฉลามโดยการใช้ไอน้ำ พบว่าน้ำมันที่สกัดได้มีปริมาณกรดไขมันอิสระในรูปกรดโอเลอิก เท่ากับร้อยละ 0.24 ซึ่งน้อยกว่าการสกัดโดยใช้วิธี Bligh and

ฝ่ายหอสมุด
คุณหญิงหลง อรรถกระวีสุนทร

Dyer และการสกัดโดยวิธีใช้ซอคเลต ซึ่งจะปริมาณกรดไขมันอิสระในรูปกรดโอเลอิก อยู่ในช่วงร้อยละ 0.41 และ 0.47 ตามลำดับ

Benjakul และ Taylor (1994) วิเคราะห์ค่ากรดของน้ำมันที่สกัดได้จากตับปลาฉลามโดยการใช้ไอน้ำและวิธีการให้ความร้อนโดยตรง พบว่าน้ำมันที่สกัดได้มีค่ากรดเท่ากัน เท่ากับ 0.5 มิลลิกรัมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อกรัมน้ำมัน และค่ากรดของน้ำมันที่สกัดโดยวิธี Bligh and Dyer มีค่าเท่ากับ 1.4 มิลลิกรัมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อกรัมน้ำมัน และปริมาณกรดไขมันอิสระในรูปกรดโอเลอิกของน้ำมันที่สกัดได้โดยการใช้ไอน้ำและวิธีให้ความร้อนโดยตรงมีค่าเท่ากัน เท่ากับร้อยละ 0.3 ส่วนปริมาณกรดไขมันอิสระในรูปกรดโอเลอิกของน้ำมันที่สกัดโดยวิธี Bligh and Dyer เท่ากับร้อยละ 0.7

5.5 ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide Value) เป็นการวัดปริมาณเปอร์ออกไซด์ที่มีอยู่ในน้ำมัน สารเปอร์ออกไซด์จะเกิดขึ้นในน้ำมันอย่างช้าๆ ขณะที่น้ำมันถูกเก็บไว้ให้สัมผัสอากาศ โดยจะเกิดการหืนแบบออกซิเดชั่นที่พันธะคู่ของกรดไขมันไม่อิ่มตัว ความร้อนและแสง ยังมีผลช่วยเร่งปฏิกริยาออกซิเดชั่นทำให้ค่าเปอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้น ดังนั้นไขมันหรือน้ำมันที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็นส่วนประกอบอยู่ในโมเลกุลหรือมีค่าไอโอดีนสูงจะเกิดการหืนได้ง่าย (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2529)

Sunarya และคณะ (1991) วิเคราะห์ค่าเปอร์ออกไซด์ของน้ำมันที่สกัดได้จากตับปลาฉลามโดยการใช้ไอน้ำ พบว่าน้ำมันที่สกัดได้มีค่าเปอร์ออกไซด์ เท่ากับ 0.39 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำมัน ซึ่งมีค่าน้อยกว่าการสกัดโดยวิธี Bligh and Dyer และการสกัดโดยวิธีการใช้ซอคเลต ซึ่งมีค่าเปอร์ออกไซด์ เท่ากับ 0.84 และ 0.66 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำมัน ตามลำดับ

Benjakul และ Taylor (1994) วิเคราะห์ค่าเปอร์ออกไซด์ของน้ำมันที่สกัดได้จากตับปลาฉลามโดยการใช้ไอน้ำ พบว่าน้ำมันที่สกัดได้มีค่าเปอร์ออกไซด์ เท่ากับ 0.9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำมัน ซึ่งมีค่าน้อยกว่าการสกัดด้วยวิธี Bligh and Dyer และวิธีการสกัดโดยใช้ความร้อนโดยตรง ซึ่งมีค่าเปอร์ออกไซด์ เท่ากับ 2.2 และ 2.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำมันตามลำดับ

วัตถุประสงค์

1.เพื่อศึกษากรรมวิธีและปัจจัยที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันจากตับปลาทูน่า

2.ศึกษาสมบัติและองค์ประกอบของน้ำมันที่สกัดได้จากตับปลาทูน่า

3.ประเมินต้นทุนการผลิตของการสกัดน้ำมันจากตับปลาทูน่า

บทที่ 2

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

วัสดุ

1. วัตถุดิบ ประกอบด้วย

ตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ คือ

-ตับปลาทูน่าพันธุ์โอแถบ (skipjack tuna)

-ตับปลาทูน่าพันธุ์ครีบเหลือง (yellowfin tuna)

-ตับปลาทูน่าพันธุ์ครีบยาว (albacore tuna)

จากบริษัทสงขลาแคนนิ่งจำกัด มหาชน อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา และบริษัททรอปิคอลแคนนิ่งจำกัด มหาชน อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา โดยตับปลาทูน่ามีขนาดความยาวเฉลี่ย 5-10 เซนติเมตร ผ่านการแช่เยือกแข็งและนำเข้าจากต่างประเทศแถบมหาสมุทรแปซิฟิก ในช่วงเดือนมีนาคม 2538 ถึง พฤษภาคม 2538 ล้างทำความสะอาดวัตถุดิบเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

2. สารเคมี

- สารเคมีต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางเคมี และที่ใช้ในการสกัด

อุปกรณ์

1. เครื่องสกัดไขมันแบบซอคเลต ยี่ห้อ Electromantle ME ประเทศอังกฤษ

2. เครื่องระเหยตัวทำละลาย ยี่ห้อ Brinkmann รุ่น CH-9230 ประเทศสวิสเซอร์แลนด์

ภาพที่ 4 ตับปลาทูน่าสด

ภาพที่ 5 ตับปลาทูน่าหลังจากทำแห้งความชื้นร้อยละ 18-20

3. เครื่องหมุนเหวี่ยงแบบควบคุมอุณหภูมิ ยี่ห้อ Hitachi รุ่น SCR 20B ประเทศญี่ปุ่น

4.เครื่องโฮโมจิไนส์ ยี่ห้อ Nissei รุ่น AM-8 ประเทศญี่ปุ่น

5.ชุดเครื่องมือวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ค่า TBA ค่า TVB ค่า K ปริมาณกรดไขมันอิสระ ค่าสปอนนิฟิเคชั่น ค่าเปอร์ออกไซด์ ค่าไอโอดีน สารสปอนนิฟายไม่ได้ โปรตีน ไขมัน ความชื้นและปริมาณของแข็งทั้งหมด

6.เครื่องวัดค่าสี Juki รุ่น JP 7100F ประเทศญี่ปุ่น

7.เครื่องอบแห้งสุญญากาศ

8.หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ ยี่ห้อ TOMY รุ่น SS-320 ประเทศญี่ปุ่น

9.เครื่องวัดจุดหลอมเหลว ยี่ห้อ Fisher-Jonns ประเทศสหรัฐอเมริกา

10.เครื่องวัดดัชนีหักเห (Abbe Refractometer) ยี่ห้อ Bausch & Lomb ประเทศสหรัฐอเมริกา

11.เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟฟี (GC) ยี่ห้อ Shimadzu รุ่น 14 A ประเทศญี่ปุ่น

วิธีการ

1. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ

สุ่มตัวอย่างตับปลาทูน่าแช่แข็ง 3 สายพันธุ์ คือ ตับปลาทูน่าพันธุ์โอแถบ ตับปลาทูน่าพันธุ์ครีบเหลือง และตับปลาทูน่าพันธุ์ครีบยาว ทำละลายตับปลาทูน่าให้มีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง บดละเอียดแล้วทำการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ประกอบด้วย ความชื้น ปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมัน และปริมาณของแข็งทั้งหมด โดยวิธี A.O.A.C. (1990) ค่า TBA โดยวิธี Egan และคณะ (1981) ค่า TVB และ ค่า K โดยวิธี Hasegawa (1987)

2. ศึกษากรรมวิธีที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันจากตับปลาทูน่า

2.1 การสกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลายอินทรีย์

ทำละลายตับปลาทูน่าบดละเอียด อบแห้งภายใต้สภาวะสุญญากาศที่อุณหภูมิ 40-50 องศาเซลเซียส กำหนดให้มีความชื้นร้อยละ 18-20 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

2.1.1 การสกัดน้ำมันโดยวิธีการใช้ซอคเลต

2.1.1.1 ชนิดของตัวทำละลายอินทรีย์

สกัดน้ำมันจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ โดยใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ 5 ชนิด คือ ปิโตรเลียมอีเธอร์ เฮกเซน ไอโซโพรพานอล อะซิโตน และเบนซิน โดยใช้อัตราส่วนวัตถุดิบ (น้ำหนักสด) ต่อตัวทำละลาย เท่ากับ 1:5 ระยะเวลาการสกัดนาน 5 ชั่วโมง ระเหยตัวทำละลาย แล้วเก็บตัวอย่างน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าเพื่อวิเคราะห์

-ปริมาณน้ำมัน (A.O.A.C., 1990)

-ปริมาณกรดไขมันอิสระ (IUPAC, 1979)

การวางแผนการทดลองแบบ 3x5 Factorial in RCBD แต่ละสิ่งทดลองทำ 3 ซ้ำ การวิเคราะห์ข้อมูลใช้ Analysis of Varience และวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างสิ่งทดลองโดยใช้ Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (ไพศาล เหล่าสุวรรณ, 2531)

2.1.1.2 อัตราส่วนของวัตถุดิบต่อตัวทำละลาย

สกัดน้ำมันจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ โดยใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ที่คัดเลือกจากข้อ 2.1.1.1 มาศึกษาอัตราส่วนของวัตถุดิบต่อตัวทำละลาย ดังนี้คือ 1:3 1:4 1:5 และ 1:6 หลังจากนั้นเก็บตัวอย่างน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าเพื่อวิเคราะห์ เช่นเดียวกับข้อ 2.1.1.1

การวางแผนการทดลองแบบ 3x4 Factorial in RCBD แต่ละสิ่งทดลองทำ 3 ซ้ำการวิเคราะห์ข้อมูลใช้วิธีการเดียวกับข้อ 2.1.1.1

2.1.1.3 อุณหภูมิและระยะเวลาการสกัด

ศึกษาอุณหภูมิและระยะเวลาการสกัดน้ำมันจากตับปลาทูน่าแต่ละสายพันธุ์ โดยใช้ตัวทำละลายที่ดีที่สุดที่คัดเลือกได้จากข้อ 2.1.1.1 และใช้อัตราส่วนวัตถุดิบต่อตัวทำละลายที่คัดเลือกได้จากข้อ 2.1.1.2 กำหนดอุณหภูมิสกัดที่ 55 60 และ 65 องศาเซลเซียส และระยะเวลานาน 5 7 และ 9 ชั่วโมง เก็บตัวอย่างน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่ามาวิเคราะห์ เพื่อเลือกอุณหภูมิและระยะเวลาสกัดที่เหมาะสม โดยการวิเคราะห์

-ปริมาณความชื้น (A.O.A.C., 1990)

-ปริมาณน้ำมันดิบ (A.O.A.C., 1990)

-ปริมาณกรดไขมันอิสระ (IUPAC, 1979)

-ปริมาณค่าเปอร์ออกไซด์ (IUPAC, 1979)

การวางแผนการทดลองแบบ 3x3 Factorial in CRD แต่ละสิ่งทดลองทำ 3 ซ้ำ การวิเคราะห์ข้อมูลวิธีการเดียวกับข้อ 2.1.1.1

2.1.2 การสกัดน้ำมันโดยวิธี Bligh and Dyer

สกัดน้ำมันจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ โดยใช้ตัวทำละลายผสมระหว่างคลอโรฟอร์ม และเมธานอล ตามวิธีการดังแสดงในภาพที่ 9 เก็บตัวอย่างน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าและวิเคราะห์คุณภาพเช่นเดียวกับข้อ 2.1.1.3

การวางแผนการทดลองใช้แบบ RCBD แต่ละสิ่งทดลองทำ 3 ซ้ำ การวิเคราะห์ข้อมูลวิธีการเดียวกับข้อ 2.1.1.1

2.2 การสกัดน้ำมันโดยการใช้ไอน้ำ

นำวัตถุดิบตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ มาบดละเอียดแล้วให้ความร้อนด้วยไอน้ำ โดยใช้หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ ควบคุมอุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียส ระยะเวลาการให้ไอน้ำนาน 1 และ 1.5 ชั่วโมง แล้วหมุนเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 16,000 รอบต่อนาที นาน 30 นาที ตามวิธีการดังแสดงในภาพที่ 10 เก็บตัวอย่างน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่ามาวิเคราะห์คุณภาพเช่นเดียวกับข้อ 2.1.1.3

การวางแผนการทดลองใช้แบบ 3x2 Factorial in RCBD แต่ละสิ่งทดลองทำ 3 ซ้ำ การวิเคราะห์ข้อมูลเช่นเดียวข้อกับ 2.1.1.1

3. ศึกษาสมบัติของน้ำมันที่สกัดได้

เลือกชุดการทดลองที่ดีที่สุดจากแต่ละวิธีการสกัดน้ำมันจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ ทำการวิเคราะห์สมบัติน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าที่สกัดได้ ดังนี้

3.1 จุดหลอมเหลว โดยใช้เครื่อง Fisher- Johns Apparatus

3.2 ดัชนีหักเหแสง โดยใช้เครื่อง Abbe Refractometer

3.3 ค่าไอโอดีน โดยวิธี IUPAC (1979)

3.4 ค่าสปอนนิฟิเคชั่น โดยวิธี IUPAC (1979)

3.5 สารสปอนนิฟายไม่ได้ โดยวิธี IUPAC (1979)

3.6 ค่าเปอร์ออกไซด์ โดยวิธี IUPAC (1979)

3.7 ปริมาณกรดไขมันอิสระ โดยวิธี IUPAC (1979)

3.8 ค่า TBA โดยวิธี Egan และคณะ (1981)

3.9 ค่าสีในระบบ Hunter โดยใช้เครื่องวัดสี Juki

3.10 ชนิดและปริมาณกรดไขมัน โดยใช้เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี

4. ประเมินต้นทุนการผลิต

ทำการประเมินต้นทุนการผลิตในแต่ละวิธีของการสกัดน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์

วัตถุดิบบดละเอียด 100 กรัม

⇓

เติมน้ำกลั่นปริมาตร 100 มิลลิลิตร

⇓

เติมคลอโรฟอร์ม 200 มิลลิลิตรและเมธานอล 400 มิลลิลิตร

โฮโมจิไนส์นาน 2 นาที

⇓

เติมคลอโรฟอร์ม 200 มิลลิลิตร

โฮโมจิไนส์นาน 1 นาที

⇓

เติมน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร

โฮโมจิไนส์นาน 30 วินาที

⇓

หมุนเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที เวลานาน 20 นาที

⇓

แยกสารละลายชั้นคลอโรฟอร์ม

⇓

เติมโซเดียมซัลเฟตแอนไฮดรัสและกรองออก

โดยใช้กรวยกรองสุญญากาศ

⇓

ระเหยคลอโรฟอร์มด้วยเครื่องระเหยตัวทำละลาย

ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

⇓

เก็บตัวอย่างน้ำมันเพื่อวิเคราะห์

ชนิด ปริมาณ และสมบัติของน้ำมัน

ภาพที่ 6 การสกัดน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าโดยวิธี Bligh and Dyer

ที่มา : Sunaya และคณะ (1991)

วัตถุดิบ

⇓

ให้ความร้อนด้วยไอน้ำอิ่มตัวอุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียส
เป็นเวลานาน 1 และ 1.5 ชั่วโมง

⇓

หมุนเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 16,000 รอบต่อนาที
เป็นเวลานาน 30 นาที

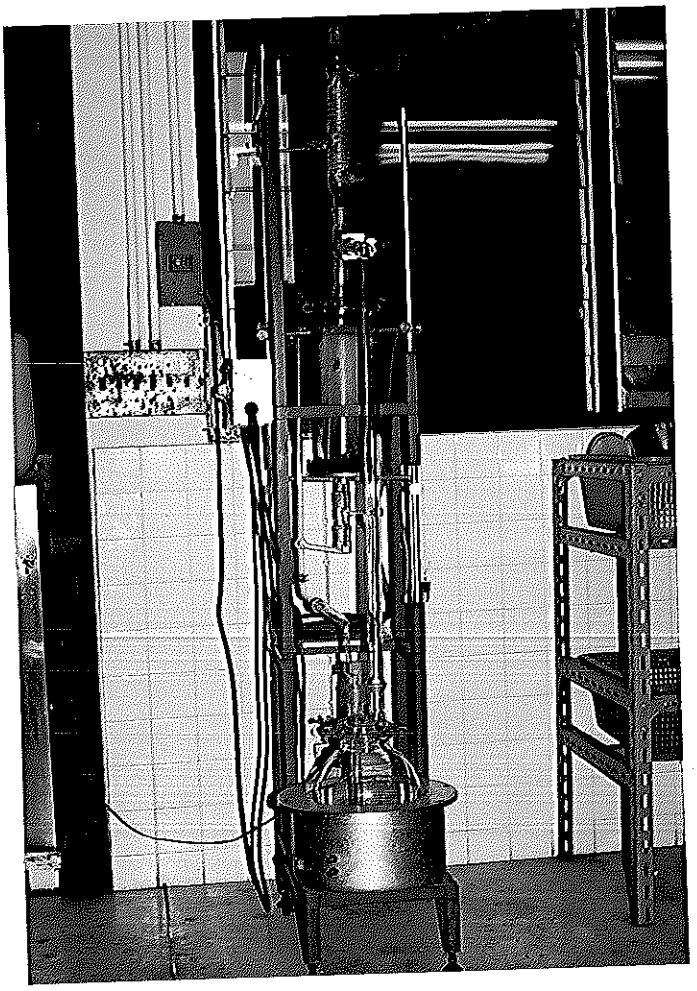
⇓

เติมโซเดียมซัลเฟตแอนไฮดรัสและ
กรองออกโดยใช้กรวยกรองสุญญากาศ

⇓

เก็บตัวอย่างน้ำมันเพื่อวิเคราะห์
ชนิด ปริมาณ และสมบัติของน้ำมัน

ภาพที่ 7 การสกัดน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าโดยการใช้ไอน้ำ
ที่มา : ดัดแปลงจาก Benjakul และ Tayor (1994)



ภาพที่ 8 เครื่องสกัดน้ำมันแบบซอคเลต

ภาพที่ 9 เครื่องโฮโมจิไนส์ที่ใช้ในการสกัดน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าโดยวิธี Bligh and Dyer

ภาพที่ 10 หม้อนึ่งฆ่าเชื้อที่ใช้ในการทดลองสกัดน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าโดยการใช้ไอน้ำ

บทที่ 3

ผลและวิจารณ์

1. องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของตับปลาทูน่าทั้ง 3 สายพันธุ์ ให้ผลดังตารางที่ 2 พบว่าตับปลาทูน่าพันธุ์โอแถบ (skipjack tuna) ตับปลาทูน่าพันธุ์ครีบเหลือง (yellowfin tuna) และตับปลาทูน่าพันธุ์ครีบยาว (albacore tuna) มีความชื้นเท่ากับร้อยละ 64.85 63.37 และ 72.82 โปรตีน เท่ากับร้อยละ 24.85 30.11 และ 19.16 และไขมัน เท่ากับร้อยละ 49.72 24.35 และ 20.14 โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าความชื้น โปรตีน และไขมันของตับปลาทูน่าทั้ง 3 สายพันธุ์ มีค่าแตกต่างกัน แสดงว่าสายพันธุ์ของปลาทูน่าจะมีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของตับปลา และนอกจากนี้อาจเกิดจากปัจจัยอื่นๆ เช่น อายุ ขนาด เพศ แหล่งอาหาร ที่อยู่อาศัย ฤดูกาลที่จับ และสภาพแวดล้อมอื่นๆ เป็นต้น (Wheaton and Lawson, 1985) โดยในช่วงฤดูการวางไข่ ไขมันในตับปลาจะมีปริมาณต่ำ เนื่องจากไขมันจะไปสะสมบริเวณอวัยวะสืบพันธุ์ แต่หลังจากฤดูการวางไข่ ไขมันในตับปลาจะมีปริมาณสูงขึ้น (Sikorski *et al.*, 1990)

จากการวิเคราะห์คุณภาพของตับปลาทูน่าทั้ง 3 สายพันธุ์ เพื่อบ่งบอกความสด พบว่าคุณภาพโดยทั่วๆไปของตับปลาทูน่าทั้ง 3 สายพันธุ์ อยู่ในระดับที่ยอมรับ โดยพิจารณาจาก ค่า TVB ค่า K และค่า TBA โดยที่ค่า TVB สามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้การย่อยสลายโปรตีนของสัตว์น้ำหลังการตายโดยมีสาเหตุจากแบคทีเรียและเอนไซม์ในสัตว์น้ำ Hasegawa (1987) รายงานว่าค่า TVB สามารถใช้เป็นดัชนีบอกความสดของปลาได้โดยปลาที่มีค่า TVB ต่ำกว่า 20 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อ 100 กรัม ถือว่ามีความสดมาก ค่า TVB ที่เกินกว่า 30 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อ 100 กรัม จะเริ่มไม่สด และค่า TVB ถึง 40 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อ 100 กรัม จัดเป็นคุณภาพที่ไม่เหมาะสมต่อการบริโภค จากการทดลองพบว่าค่า TVB ของตับปลาทูน่าพันธุ์โอแถบ พันธุ์ครีบเหลือง และพันธุ์ครีบยาว

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีของตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์

องค์ประกอบทางเคมี	ทูน่าพันธุ์โอแถบ	ทูน่าพันธุ์ครีบเหลือง	ทูน่าพันธุ์ครีบยาว
ความชื้น (ร้อยละ)	64.85±0.07	63.37±0.11	72.82±0.07
โปรตีน (ร้อยละ)	24.85±0.23	30.11±0.14	19.16±0.04
ไขมัน [1] (ร้อยละ)	49.72±0.15	24.35±0.08	20.14±0.16
ค่า K (ร้อยละ)	36.61±0.01	32.16±0.02	38.71±0.02
ค่า TVB (มก.ไนโตรเจนต่อ100กรัม)	29.04±0.01	28.49±0.03	30.08±0.01
ค่า TBA (มก.มาโลนอลดีไฮด์ต่อกก.ตัวอย่าง)	3.01±0.14	3.02±0.08	3.32±0.19
ปริมาณของแข็งทั้งหมด (ร้อยละ)	35.56±0.18	35.66±0.25	27.96±0.13

หมายเหตุ [1] คำนวณจากน้ำหนักแห้งของตัวอย่าง

2. ศึกษากรรมวิธีที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันจากตับปลาทูน่า

2.1 การสกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลายอินทรีย์

2.1.1 การสกัดน้ำมันโดยวิธีการใช้ซอคเลต

2.1.1.1 ชนิดของตัวทำละลายอินทรีย์

จากการศึกษาชนิดของตัวทำละลายอินทรีย์ที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันจากตับปลาทูน่าทั้ง 3 สายพันธุ์ โดยใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ 5 ชนิด คือ ปิโตรเลียมอีเธอร์ 2-โพรพานอล เบนซิน เฮกเซน และอะซิโตน โดยใช้อัตราส่วนวัตถุดิบ(น้ำหนักสด)ต่อตัวทำละลาย 1:5 อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 5 ชั่วโมง พบว่าตัวทำละลายต่างชนิดกันมีผลต่อปริมาณน้ำมันที่สกัดได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ดังตารางที่ 3 โดยที่ประสิทธิภาพในการสกัดน้ำมันของตัวทำละลายอินทรีย์เรียงจากมากไปหาน้อยได้ดังนี้ คือ อะซิโตน 2-โพรพานอล เบนซิน เฮกเซน และปิโตรเลียมอีเธอร์ ตามลำดับ

ประสิทธิภาพของตัวทำละลายอินทรีย์แต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน เนื่องจากตัวทำละลายอินทรีย์แต่ละชนิดมีความเป็นขั้ว (polarity) ที่แตกต่างกัน จากการทดลองพบว่าการสกัดน้ำมันจากตับปลาทูน่าโดยใช้อะซิโตนเป็นตัวทำละลายสามารถสกัดน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าได้ปริมาณสูงสุด ขณะที่การใช้ปิโตรเลียมอีเธอร์เป็นตัวทำละลายสกัดน้ำมันได้ปริมาณต่ำสุด ทั้งนี้เนื่องจากการสกัดน้ำมันโดยใช้ปิโตรเลียมอีเธอร์ซึ่งเป็นตัวทำละลายที่ไม่มีขั้วจะสกัดลิปิดไม่มีขั้วกลุ่ม simple lipids ได้แก่ ไตรกลีเซอร์ไรด์ ไดกลีเซอร์ไรด์ โมโนกลีเซอร์ไรด์ และกรดไขมันอิสระ เป็นต้น ซึ่งสารพวกนี้จะละลายได้ดีในตัวทำละลายที่ไม่มีขั้ว ขณะที่การสกัดน้ำมันโดยใช้อะซิโตนซึ่งเป็นตัวทำละลายที่มีขั้วสูงสามารถสกัดลิปิดกลุ่ม simple lipids และลิปิดกลุ่ม compound lipids ได้แก่ ฟอสโฟลิปิด ไกลโคไลปิด ลิโปโปรตีน และ derived lipids (Christie, 1982) นอกจากนี้การสกัดโดยใช้อะซิโตนเป็นตัวทำละลายสามารถสกัดกรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิด EPA และ DHA ซึ่งเป็นลิปิดที่มีขั้วได้ดี (Christie, 1982) จากรายงานของ Yang และคณะ (1992) พบว่าอะซิโตนมีประสิทธิภาพในการสกัดกรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิด EPA และ DHA

ตารางที่ 3 ปริมาณน้ำมันและปริมาณกรดไขมันอิสระรูปกรดโอเลอิกของน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ ที่สกัดโดยใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ต่างชนิดกัน

ชนิดตัวทำละลายอินทรีย์	ทูน่าพันธุ์โอแถบ		ทูน่าพันธุ์ครีบเหลือง		ทูน่าพันธุ์ครีบยาว	
	ปริมาณน้ำมัน (ร้อยละน้ำหนักแห้ง)	กรดไขมันอิสระ (ร้อยละ)	ปริมาณน้ำมัน (ร้อยละน้ำหนักแห้ง)	กรดไขมันอิสระ (ร้อยละ)	ปริมาณน้ำมัน (ร้อยละน้ำหนักแห้ง)	กรดไขมันอิสระ (ร้อยละ)
อะซิโตน	40.17 ^{a} ±0.45	57.37 ^{d} ±0.03	29.58 ^{a} ±0.52	48.82 ^{c} ±0.13	23.34 ^{a} ±0.57	55.60 ^{c} ±0.34
2-โพรพานอล	36.79 ^{b} ±0.74	57.88 ^{c} ±0.12	26.39 ^{b} ±0.46	48.52 ^{d} ±0.22	20.77 ^{b} ±0.83	55.57 ^{d} ±0.16
เบนซิน	34.89 ^{c} ±0.58	58.82 ^{a} ±0.24	23.60 ^{c} ±0.73	49.23 ^{b} ±0.08	18.16 ^{c} ±0.59	56.22 ^{b} ±0.03
เฮกเซน	33.69 ^{d} ±0.61	58.74 ^{b} ±0.17	19.72 ^{d} ±0.30	49.47 ^{a} ±0.19	16.91 ^{dc} ±0.50	56.79 ^{a} ±0.08
ปิโตรเลียมอีเธอร์	31.17 ^{e} ±0.79	54.88 ^{e} ±0.11	18.96 ^{d} ±0.66	47.47 ^{e} ±0.33	16.61 ^{d} ±0.68	54.51 ^{e} ±0.15

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในสดมภ์เดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

จากสเตียรีนของน้ำมันจากเครื่องในปลาหมึกสูงกว่าเฮกเซน เนื่องจากอะซิโตนที่ใช้สกัดมีความเป็นขั้วสูงกว่าเฮกเซน และจากรายงานของ Sargent และ Henderson (1995) พบว่าการสกัดไตรกลีเซอร์ไรด์ที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิด EPA และ DHA ปริมาณสูงจากน้ำมันปลาควรใช้อะซิโตนเข้มข้นร้อยละ 85-90 นอกจากนี้พบว่าตับปลาทูน่าสายพันธุ์ต่างกันจะสกัดน้ำมันดิบได้ปริมาณแตกต่างกัน โดยน้ำมันดิบที่สกัดได้จากตับปลาทูน่าพันธุ์โอแถบ พันธุ์ครีบเหลือง และพันธุ์ครีบยาว โดยใช้อะซิโตนเป็นตัวทำละลายมีปริมาณเท่ากับร้อยละ 40.17 29.58 และ 23.34 โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ

จากการวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันอิสระของน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ ที่สกัดโดยใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ต่างชนิดกัน พบว่าปริมาณกรดไขมันอิสระในรูปกรดโอเลอิก มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ดังตารางที่ 3 ทั้งนี้เนื่องจากตัวทำละลายอินทรีย์แต่ละชนิดมีความเป็นขั้วที่แตกต่างกัน นอกจากนี้พบว่าน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าสายพันธุ์ต่างกันมีปริมาณกรดไขมันอิสระต่างกัน โดยน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าพันธุ์โอแถบ มีปริมาณกรดไขมันอิสระสูงกว่าน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าพันธุ์ครีบเหลือง และพันธุ์ครีบยาว เนื่องจากปลาสายพันธุ์ต่างกันจะมีปริมาณเอนไซม์ไลเปสในตับต่างกัน (Brody, 1965) ซึ่งจะส่งผลต่อการไฮโดรไลซ์พันธะเอสเทอร์ที่แตกต่างกัน นอกจากนี้สภาวะการขนส่งภายหลังการจับอาจแตกต่างกัน ดังนั้นปริมาณกรดไขมันอิสระในวัตถุดิบเริ่มต้นอาจแตกต่างกัน

การสกัดน้ำมันจากตับปลาทูน่าด้วยตัวทำละลายอินทรีย์โดยวิธีการใช้ซอคเลต พบว่าน้ำมันดิบที่สกัดได้มีปริมาณกรดไขมันอิสระสูง ทั้งนี้เนื่องจากในระหว่างการสกัดน้ำมัน ความร้อน แสงสว่าง และออกซิเจน จะเป็นตัวเร่งทำให้เกิดการสลายของน้ำมันเกิดเป็นกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้น (Min, 1994)

การเลือกชนิดของตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันจากตับปลาทูน่าทั้ง 3 สายพันธุ์ จะพิจารณาจากปริมาณน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าที่สกัดได้และปริมาณกรดไขมันอิสระ พบว่าการใช้อะซิโตนเป็นตัวทำละลายสามารถสกัดน้ำมันจากตับปลาทูน่าทั้ง 3 สายพันธุ์ ได้สูงสุด และสามารถสกัดกรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิด EPA และ

DHA ได้ดี ต่างจากเมื่อใช้ปิโตรเลียมอีเธอร์เป็นตัวทำละลาย ซึ่งสกัดน้ำมันดิบได้ปริมาณต่ำสุด และน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าที่สกัดโดยใช้อะซิโตนเป็นตัวทำละลายมีปริมาณกรดไขมันอิสระแตกต่างกันเล็กน้อย (อยู่ในช่วงร้อยละ 1-2) กับปริมาณกรดไขมันอิสระของน้ำมันดิบที่สกัดโดยใช้ตัวทำละลายชนิดอื่น ฉะนั้นจากการทดลองพบว่าชนิดของตัวทำละลายอินทรีย์ที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันจากตับปลาทูน่าทั้ง 3 สายพันธุ์ คือ อะซิโตน ดังนั้นจึงเลือกใช้อะซิโตนเป็นตัวทำละลาย ในการศึกษาขั้นต่อไป

2.1.1.2 อัตราส่วนวัตถุดิบต่อตัวทำละลาย

การศึกษาอัตราส่วนวัตถุดิบต่อตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ โดยใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ที่คัดเลือกได้จากข้อ 2.1.1.1 คือ อะซิโตน โดยใช้อัตราส่วนวัตถุดิบต่อตัวทำละลาย ดังนี้ 1:3 1:4 1:5 และ 1:6 สกัดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 5 ชั่วโมง การสกัดน้ำมันจากตับปลาทูน่าพันธุ์โอแถบ โดยใช้อัตราส่วนวัตถุดิบต่อตัวทำละลาย 1:3 1:4 และ 1:5 พบว่าเมื่ออัตราส่วนวัตถุดิบต่อตัวทำละลายเพิ่มขึ้นปริมาณน้ำมันที่สกัดได้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ระหว่างการใช้อัตราส่วน 1:5 และ 1:6 สำหรับปริมาณน้ำมันดิบที่สกัดได้จากตับปลาทูน่าพันธุ์ครีบเหลืองและครีบยาว เมื่อเปรียบเทียบการสกัดโดยใช้อัตราส่วนวัตถุดิบต่อตัวทำละลาย 1:3 กับ 1:4 และอัตราส่วน 1:5 กับ 1:6 พบว่าปริมาณน้ำมันดิบที่สกัดได้จากตับปลาทูน่าทั้ง 2 สายพันธุ์ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และการใช้อัตราส่วน 1:5 กับ 1:6 จะสกัดน้ำมันดิบได้มากกว่าการใช้อัตราส่วน 1:3 กับ 1:4 ดังตารางที่ 4

สำหรับผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันอิสระของน้ำมันดิบที่สกัดจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ โดยใช้อัตราส่วนวัตถุดิบต่อตัวทำละลาย 1:3 1:4 1:5 และ 1:6 (ตารางที่ 4) พบว่าเมื่ออัตราส่วนวัตถุดิบต่อตัวทำละลายเพิ่มขึ้นปริมาณกรดไขมันอิสระของน้ำมันดิบที่สกัดได้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อตัวทำละลายเพิ่มขึ้น ทำให้น้ำในวัตถุดิบสามารถละลายในตัวทำละลายเพิ่มขึ้น น้ำมันที่สกัดได้จึงมีปริมาณความชื้นปะปนสูงมีผลทำให้เกิดการไฮโดรไลซิสของน้ำมันเกิดเป็น

ตารางที่ 4 ปริมาณน้ำมันและปริมาณกรดไขมันอิสระรูปกรดโอเลอิกของน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ ที่สกัดโดยใช้อะซิโตนเป็นตัวทำละลายและใช้อัตราส่วนวัตถุดิบต่อตัวทำละลายต่างกันต่างชนิดกัน

อัตราส่วนวัตถุดิบต่อตัวทำละลาย	ทูน่าพันธุ์โอแถบ		ทูน่าพันธุ์ครีบเหลือง		ทูน่าพันธุ์ครีบยาว	
	ปริมาณน้ำมัน (ร้อยละน้ำหนักแห้ง)	กรดไขมันอิสระ (ร้อยละ)	ปริมาณน้ำมัน (ร้อยละน้ำหนักแห้ง)	กรดไขมันอิสระ (ร้อยละ)	ปริมาณน้ำมัน (ร้อยละน้ำหนักแห้ง)	กรดไขมันอิสระ (ร้อยละ)
1:3	$37.10^{c} \pm 0.44$	$57.04^{d} \pm 0.23$	$28.17^{b} \pm 0.81$	$48.58^{c} \pm 0.32$	$21.51^{b} \pm 0.73$	$55.50^{d} \pm 0.09$
1:4	$38.44^{b} \pm 0.32$	$58.11^{c} \pm 0.17$	$28.53^{b} \pm 0.62$	$48.22^{d} \pm 0.08$	$21.76^{b} \pm 0.55$	$55.87^{b} \pm 0.13$
1:5	$40.17^{a} \pm 0.58$	$58.37^{b} \pm 0.06$	$29.58^{a} \pm 0.53$	$48.82^{b} \pm 0.25$	$23.33^{a} \pm 0.67$	$55.60^{c} \pm 0.24$
1:6	$40.43^{a} \pm 0.74$	$58.62^{a} \pm 0.11$	$29.59^{a} \pm 0.45$	$49.57^{a} \pm 0.12$	$23.34^{a} \pm 0.15$	$56.15^{a} \pm 0.31$

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในสดมภ์เดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

กรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้น (Rossell and Pritchard, 1991)

จากการศึกษาอัตราส่วนวัตถุดิบต่อตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ จะพิจารณาจากปริมาณน้ำมันดิบที่สกัดได้ร่วมกับปริมาณกรดไขมันอิสระรูปกรดโอเลอิก พบว่าการสกัดน้ำมันจากตับปลาทูน่าทั้ง 3 สายพันธุ์ โดยใช้อัตราส่วนวัตถุดิบต่อตัวทำละลาย 1:6 และ 1:5 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และที่อัตราส่วน 1:5 มีปริมาณกรดไขมันอิสระต่ำกว่าอัตราส่วน 1:6 ดังนั้นอัตราส่วนวัตถุดิบต่อตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันจากตับปลาทูน่าทั้ง 3 สายพันธุ์ คือ อัตราส่วนวัตถุดิบต่อตัวทำละลาย เท่ากับ 1:5 ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Sunaya และคณะ (1991) ที่สกัดน้ำมันจากตับปลาฉลามโดยวิธีการใช้ซอคเลต และใช้อัตราส่วนวัตถุดิบสดต่อตัวทำละลาย เท่ากับ 1:5

2.1.1.3 อุณหภูมิและระยะเวลาการสกัด

ผลการศึกษาอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันจากตับปลาทูน่าทั้ง 3 สายพันธุ์ โดยใช้อะซิโตนเป็นตัวทำละลาย และใช้อัตราส่วนวัตถุดิบต่อตัวทำละลาย 1:5 อุณหภูมิ 55 60 และ 65 องศาเซลเซียส นาน 5 7 และ 9 ชั่วโมง พบว่าเมื่ออุณหภูมิและระยะเวลาการสกัดเพิ่มขึ้นมีผลให้ปริมาณน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ ที่สกัดได้มีปริมาณเพิ่มขึ้น ดังตารางที่ 5 ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Lee และคณะ (1985) ซึ่งได้ศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาในการสกัดน้ำมันจากปลาซาร์ดีน พบว่าเมื่ออุณหภูมิและระยะเวลาการสกัดเพิ่มขึ้นปริมาณน้ำมันที่สกัดได้เพิ่มขึ้น การสกัดน้ำมันจากตับปลาทูน่าพันธุ์โอแถบ ที่อุณหภูมิ 60 และ 65 องศาเซลเซียส นาน 9 ชั่วโมง ให้ปริมาณน้ำมันดิบที่สกัดได้ เท่ากับร้อยละ 47.63 และ 48.62 โดยน้ำหนักแห้งตามลำดับ และพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และการสกัดน้ำมันจากตับปลาทูน่าพันธุ์ครีบเหลือง และพันธุ์ครีบยาว ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส นาน 9 ชั่วโมง ให้ปริมาณน้ำมันดิบที่สกัดได้สูงสุด เท่ากับร้อยละ 32.85 และ 26.33 โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับปริมาณน้ำมันที่สกัดในชุดการทดลองอื่น ซึ่งใช้อุณหภูมิและระยะเวลาการสกัดที่แตกต่าง

ตารางที่ 5 ปริมาณน้ำมัน และปริมาณกรดไขมันอิสระรูปกรดโอเลอิกของน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ ที่สกัดโดยใช้อะซิโตนเป็นตัวทำละลาย

เวลา (ชั่วโมง)	อุณหภูมิ (°ซ)	ทูน่าพันธุ์โอแถบ		ทูน่าพันธุ์ครีบเหลือง		ทูน่าพันธุ์ครีบยาว	
		ปริมาณน้ำมัน (ร้อยละน้ำหนักแห้ง)	กรดไขมันอิสระ (ร้อยละ)	ปริมาณน้ำมัน (ร้อยละน้ำหนักแห้ง)	กรดไขมันอิสระ (ร้อยละ)	ปริมาณน้ำมัน (ร้อยละน้ำหนักแห้ง)	กรดไขมันอิสระ (ร้อยละ)
	55	38.62 ^{e} ±0.62	55.08 ^{a} ±0.15	27.90 ^{f} ±0.32	48.05 ^{a} ±0.26	20.72 ^{h} ±0.58	55.58 ^{a} ±0.09
5	60	40.17 ^{d} ±0.58	55.37 ^{a} ±0.27	28.80 ^{e} ±0.74	48.82 ^{a} ±0.34	21.55 ^{g} ±0.62	55.60 ^{a} ±0.15
	65	43.33 ^{c} ±0.34	56.25 ^{a} ±0.22	29.49 ^{d} ±0.58	50.29 ^{a} ±0.31	22.83 ^{def} ±0.79	55.88 ^{a} ±0.24
	55	40.75 ^{d} ±0.55	55.97 ^{a} ±0.03	29.58 ^{d} ±0.39	48.95 ^{a} ±0.17	23.33 ^{def} ±0.35	55.98 ^{a} ±0.18
7	60	43.57 ^{c} ±0.73	56.54 ^{a} ±0.16	30.14 ^{c} ±0.64	48.98 ^{a} ±0.23	23.77 ^{bcde} ±0.62	55.86 ^{a} ±0.22
	65	46.61 ^{b} ±0.79	56.64 ^{a} ±0.35	31.46 ^{b} ±0.52	50.10 ^{a} ±0.09	24.70 ^{b} ±0.59	56.01 ^{a} ±0.39
	55	46.04 ^{b} ±0.68	56.84 ^{a} ±0.18	30.39 ^{c} ±0.75	49.87 ^{a} ±0.44	23.91 ^{bcd} ±0.75	56.17 ^{a} ±0.15
9	60	47.63 ^{a} ±0.52	57.29 ^{a} ±0.07	31.30 ^{b} ±0.44	48.75 ^{a} ±0.03	24.49 ^{bc} ±0.55	56.49 ^{a} ±0.33
	65	48.62 ^{a} ±0.83	57.31 ^{a} ±0.25	32.85 ^{a} ±0.68	50.79 ^{a} ±0.27	26.33 ^{a} ±0.41	56.74 ^{a} ±0.21

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในสดมภ์เดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

กัน

ปริมาณกรดไขมันอิสระของน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ ที่สกัดโดยใช้อุณหภูมิและระยะเวลาการสกัดในข้อ 2.1.1.3 พบว่าเมื่ออุณหภูมิและระยะเวลาเพิ่มขึ้นมีผลให้ปริมาณกรดไขมันอิสระของน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ ที่สกัดได้มีปริมาณเพิ่มขึ้น ดังตารางที่ 5 ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิการสกัดที่เพิ่มขึ้นจะเป็นตัวเร่งให้ไขมันเปลี่ยนเป็นกรดไขมันอิสระเพิ่มมากขึ้น (Low, 1987) และการเพิ่มระยะเวลาการสกัดจะทำให้น้ำมันสัมผัสกับความร้อนนานขึ้นทำให้ปริมาณกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้น และความชื้นที่ปะปนในน้ำมันจะเร่งการเกิดปฏิกริยาไฮโดรไลซิสของน้ำมันเกิดเป็นกรดไขมันอิสระ (Rossell and Pritchard, 1991) โดยน้ำมันดิบที่สกัดได้จากตับปลาทูน่าพันธุ์โอแถบ พันธุ์ครีบเหลือง และพันธุ์ครีบยาว ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส นาน 9 ชั่วโมง มีปริมาณกรดไขมันอิสระสูงสุด เท่ากับร้อยละ 57.31 50.79 และ 56.74 ตามลำดับ และพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับปริมาณกรดไขมันอิสระในชุดการทดลองอื่นที่ใช้อุณหภูมิและระยะเวลาการสกัดที่แตกต่างกัน

จากการศึกษาความชื้นของน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าทั้ง 3 สายพันธุ์ ที่สกัดโดยใช้อุณหภูมิและระยะเวลาการสกัดในข้อ 2.1.1.3 พบว่าเมื่ออุณหภูมิและระยะเวลาเพิ่มขึ้นมีผลให้ความชื้นของน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ที่สกัดได้เพิ่มขึ้น ดังตารางที่ 6 เนื่องจากการใช้อุณหภูมิและระยะเวลาการสกัดที่เพิ่มขึ้นทำให้การหมุนเวียนของตัวทำละลายเพิ่มมากขึ้นส่งผลให้น้ำในวัตถุดิบสามารถละลายในตัวทำละลายเพิ่มขึ้น ดังนั้นปริมาณความชื้นที่ปะปนในน้ำมันจึงเพิ่มสูงขึ้น (Rossell and Pritchard, 1991) และเมื่อครบระยะเวลาการสกัดการระเหยตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดไม่สามารถระเหยน้ำออกมาพร้อมกันได้ เพราะการระเหยตัวทำละลายกระทำที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส การเพิ่มอุณหภูมิการสกัดจาก 60 องศาเซลเซียสเป็น 65 องศาเซลเซียส นาน 9 ชั่วโมง พบว่าความชื้นของน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ มีค่าเพิ่มขึ้นแต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 6 ความชื้นและค่าเปอร์ออกไซด์ของน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ ที่สกัดโดยใช้อะซิโตนเป็นตัวทำละลาย

เวลา (ชั่วโมง)	อุณหภูมิ (°ซ)	ทูน่าพันธุ์โอแถบ		ทูน่าพันธุ์ครีบเหลือง		ทูน่าพันธุ์ครีบยาว	
		ความชื้น (ร้อยละ)	ค่าเปอร์ออกไซด์ (มก.สมมูลย์ต่อกก.น้ำมัน)	ความชื้น (ร้อยละ)	ค่าเปอร์ออกไซด์ (มก.สมมูลย์ต่อกก.น้ำมัน)	ความชื้น (ร้อยละ)	ค่าเปอร์ออกไซด์ (มก.สมมูลย์ต่อกก.น้ำมัน)
	55	$7.63^{abc}\pm0.17$	$63.54^{f}\pm0.31$	$7.45^{c}\pm0.35$	$59.41^{c}\pm0.25$	$7.78^{bc}\pm0.17$	$65.67^{f}\pm0.14$
5	60	$6.54^{c}\pm0.25$	$66.40^{de}\pm0.27$	$7.27^{c}\pm0.08$	$61.65^{c}\pm0.17$	$7.44^{c}\pm0.22$	$69.52^{de}\pm0.30$
	65	$7.79^{abc}\pm0.08$	$69.22^{c}\pm0.11$	$8.31^{bc}\pm0.36$	$63.08^{bc}\pm0.08$	$8.73^{ab}\pm0.03$	$72.48^{ab}\pm0.09$
	55	$7.72^{abc}\pm0.24$	$64.17^{ef}\pm0.06$	$8.43^{bc}\pm0.28$	$61.55^{c}\pm0.44$	$8.58^{abc}\pm0.41$	$68.31^{e}\pm0.21$
7	60	$8.08^{ab}\pm0.14$	$68.82^{cd}\pm0.09$	$8.02^{cd}\pm0.17$	$62.82^{bc}\pm0.38$	$8.93^{ab}\pm0.19$	$70.05^{cde}\pm0.10$
	55	$8.65^{a}\pm0.22$	$70.07^{bc}\pm0.13$	$9.15^{ab}\pm0.03$	$65.91^{ab}\pm0.19$	$8.52^{abc}\pm0.24$	$71.43^{a-d}\pm0.24$
	55	$7.13^{bc}\pm0.33$	$70.56^{abc}\pm0.31$	$8.78^{abc}\pm0.35$	$62.48^{bc}\pm0.33$	$8.67^{ab}\pm0.16$	$70.65^{bcd}\pm0.37$
9	60	$8.02^{ab}\pm0.19$	$72.30^{ab}\pm0.42$	$9.46^{a}\pm0.12$	$67.95^{a}\pm0.28$	$9.60^{a}\pm0.27$	$72.09^{abc}\pm0.49$
	65	$9.01^{a}\pm0.41$	$73.12^{a}\pm0.29$	$9.53^{a}\pm0.11$	$68.28^{a}\pm0.39$	$8.53^{abc}\pm0.33$	$73.33^{a}\pm0.46$

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในสดมภ์เดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

จากการวิเคราะห์ค่าเปอร์ออกไซด์ของน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ เมื่อใช้อุณหภูมิและระยะเวลาการสกัดในข้อ 2.1.1.3 พบว่าเมื่ออุณหภูมิและระยะเวลาเพิ่มขึ้น ค่าเปอร์ออกไซด์ของน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ที่สกัดได้มีค่าเพิ่มขึ้น ดังตารางที่ 6 เนื่องจากเมื่อระยะเวลาการสกัดเพิ่มขึ้นน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าซึ่งมีส่วนประกอบของกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงมีโอกาสถูกออกซิไดซ์ด้วยออกซิเจนได้นานขึ้น และการเพิ่มอุณหภูมิการสกัดมีผลช่วยเร่งปฏิกริยาการเกิดออกซิเดชันที่พันธะคู่ของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว ซึ่งการออกซิเดชั่นจะเกิดขึ้นเองตลอดเวลา (Kinsella, 1986) การสกัดน้ำมันจากตับปลาทูน่าพันธุ์โอแถบ พันธุ์ครีบเหลือง และพันธุ์ครีบยาว ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส นาน 9 ชั่วโมง ให้ค่าเปอร์ออกไซด์สูงสุด เท่ากับ 73.12 68.28 และ 73.33 มิลลิกรัมสมมูลย์ต่อกิโลกรัมน้ำมัน ตามลำดับ การสกัดน้ำมันจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และ 65 องศาเซลเซียส นาน 9 ชั่วโมง ให้ค่าเปอร์ออกไซด์ที่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ดังนั้นจากการศึกษากรรมวิธีที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันจากตับปลาทูน่าทั้ง 3 สายพันธุ์ โดยวิธีการใช้ซอคเลต พบว่าชนิดตัวทำละลายอินทรีย์ที่เหมาะสมในการสกัดคือ อะซิโตน อัตราส่วนวัตถุดิบ(น้ำหนักสด)ต่อตัวทำละลาย เท่ากับ 1:5 และจากผลการศึกษาอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันจากตับปลาทูน่าทั้ง 3 สายพันธุ์ โดยพิจารณาจากปริมาณน้ำมัน ปริมาณกรดไขมันอิสระ ค่าเปอร์ออกไซด์ และความชื้น พบว่าอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันจากตับปลาทูน่าพันธุ์โอแถบ คือ อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 9 ชั่วโมง และการสกัดน้ำมันจากตับปลาทูน่าพันธุ์ครีบเหลืองและพันธุ์ครีบยาว คือ อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส นาน 9 ชั่วโมง

ผลการสกัดน้ำมันจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ โดยวิธีการใช้ซอคเลตและใช้อะซิโตนเป็นตัวทำละลาย ดังตารางที่ 7 พบว่าปริมาณน้ำมันดิบที่สกัดได้จากตับปลาทูน่าพันธุ์โอแถบ มีปริมาณสูงกว่าน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าพันธุ์ครีบเหลือง และพันธุ์ครีบยาว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยมีปริมาณน้ำมันดิบที่สกัดได้ เท่ากับ

ตารางที่ 7 ปริมาณน้ำมันดิบ ปริมาณกรดไขมันอิสระรูปกรดโอเลอิก ค่าเปอร์ออกไซด์ และความชื้น ของน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ ที่สกัดโดยใช้อะซิโตนเป็นตัวทำละลาย

สายพันธุ์	ปริมาณน้ำมันดิบ (ร้อยละน.น.แห้ง)	ปริมาณกรดไขมันอิสระ (ร้อยละ)	ความชื้น (ร้อยละ)	ค่าเปอร์ออกไซด์ (มก.สมมูลย์ต่อกก.น้ำมัน)
ทูน่าพันธุ์โอแถบ*	47.63^{a} ±0.52	57.29^{a} ±0.07	8.02^{a} ±0.19	72.30^{b} ±0.42
ทูน่าพันธุ์ครีบเหลือง**	32.85^{b} ±0.68	50.79^{c} ±0.27	9.53^{a} ±0.11	68.28^{c} ±0.39
ทูน่าพันธุ์ครีบยาว**	26.33^{c} ±0.41	56.74^{a} ±0.21	8.53^{a} ±0.33	73.33^{a} ±0.46

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในสดมภ์เดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

* สกัดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 9 ชั่วโมง

** สกัดที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส นาน 9 ชั่วโมง

ร้อยละ 47.63 32.85 และ 26.33 โดยน้ำหนักแห้ง และจากการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าทั้ง 3 สายพันธุ์ พบว่าน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าพันธุ์โอแถบมีปริมาณกรดไขมันอิสระสูงกว่าน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าพันธุ์ครีบเหลือง และพันธุ์ครีบยาว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยมีปริมาณกรดไขมันอิสระ เท่ากับร้อยละ 57.29 50.79 และ 56.74 ตามลำดับ น้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าพันธุ์โอแถบ พันธุ์ครีบเหลือง และพันธุ์ครีบยาว มีความชื้น เท่ากับร้อยละ 8.02 9.53 และ 8.53 ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และค่าเปอร์ออกไซด์ของน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าพันธุ์ครีบยาว มีค่าสูงกว่าน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าพันธุ์โอแถบ และพันธุ์ครีบเหลือง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยมีค่าเปอร์ออกไซด์ เท่ากับ 73.33 72.30 และ 68.28 มิลลิกรัมสมมูลย์ต่อกิโลกรัมน้ำมัน ตามลำดับ

2.1.2 การสกัดน้ำมันโดยวิธี Bligh and Dyer

ผลการสกัดน้ำมันจากตับปลาทูน่าทั้ง 3 สายพันธุ์ โดยวิธี Bligh and Dyer ดังตารางที่ 8 พบว่าปริมาณน้ำมันดิบที่สกัดได้จากตับปลาทูน่าพันธุ์โอแถบ มีปริมาณสูงกว่าน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าพันธุ์ครีบเหลือง และพันธุ์ครีบยาว โดยมีปริมาณน้ำมันดิบเท่ากับร้อยละ 37.86 23.82 และ 20.67 โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งปริมาณน้ำมันดิบที่สกัดได้โดยวิธี Bligh and Dyer มีปริมาณน้อยกว่าการสกัดโดยวิธีการใช้ซอคเลต เนื่องจากการสกัดโดยวิธีการใช้ซอคเลตมีการใช้อุณหภูมิสูงช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดและใช้ระยะเวลาในการสกัดนานกว่าการสกัดโดยวิธี Bligh and Dyer

จากการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าทั้ง 3 สายพันธุ์ที่สกัดโดยวิธี Bligh and Dyer ดังตารางที่ 8 พบว่าปริมาณกรดไขมันอิสระในรูปกรดโอเลอิก ความชื้น และค่าเปอร์ออกไซด์ ของน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าทั้ง 3 สายพันธุ์ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าพันธุ์โอแถบมีปริมาณกรดไขมันอิสระในรูปกรดโอเลอิกสูงกว่าน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าพันธุ์ครีบเหลืองและพันธุ์ครีบยาว โดยมีปริมาณกรดไขมันอิสระ เท่ากับร้อยละ 35.46 32.57 และ 34.99 ตามลำดับ ความชื้นของน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าพันธุ์ครีบเหลืองและพันธุ์ครีบยาวมีค่าใกล้เคียงกัน และมีค่าสูงกว่าน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าพันธุ์โอแถบ โดยมีความชื้น เท่ากับร้อยละ 6.33 6.42 และ 5.56 ตามลำดับ และค่าเปอร์ออกไซด์ของน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าพันธุ์โอแถบมีค่าต่ำกว่าน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าพันธุ์ครีบเหลืองและพันธุ์ครีบยาว โดยมีค่าเปอร์ออกไซด์ เท่ากับ 50.49 54.24 และ 56.38 มิลลิกรัมสมมูลย์ต่อกิโลกรัมน้ำมัน ตามลำดับ การสกัดน้ำมันจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ โดยวิธี Bligh and Dyer พบว่าน้ำมันที่สกัดได้มีปริมาณกรดไขมันอิสระ และค่าเปอร์ออกไซด์ต่ำกว่าการสกัดด้วยวิธีการใช้ซอคเลต เนื่องจากวิธี Bligh and Dyer ไม่ใช้ความร้อนในการสกัดและน้ำมันที่สกัดได้มีปริมาณความชื้นปะปนน้อย

ตารางที่ 8 ปริมาณน้ำมันดิบ ปริมาณกรดไขมันอิสระรูปกรดโอเลอิก ค่าเปอร์ออกไซด์ และความชื้น ของน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ ที่สกัดโดยวิธี Bligh and Dyer

สายพันธุ์	ปริมาณน้ำมันดิบ (ร้อยละน.น.แห้ง)	ปริมาณกรดไขมันอิสระ (ร้อยละ)	ความชื้น (ร้อยละ)	ค่าเปอร์ออกไซด์ (มก.สมมูลย์ต่อกก. น้ำมัน)
ทูน่าพันธุ์โอแถบ	$37.86^{a} \pm 0.34$	$35.46^{a} \pm 0.04$	$5.56^{b} \pm 0.11$	$50.49^{c} \pm 0.09$
ทูน่าพันธุ์ครีบเหลือง	$23.82^{b} +0.17$	$32.57^{b} \pm 0.14$	$6.33^{a} \pm 0.07$	$54.24^{b} \pm 0.15$
ทูน่าพันธุ์ครีบยาว	$20.67^{c} \pm 0.21$	$34.99^{a} \pm 0.08$	$6.42^{a} \pm 0.13$	$56.38^{a} \pm 0.22$

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในสดมภ์เดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

2.2 การสกัดน้ำมันโดยการใช้ไอน้ำ

ผลการสกัดน้ำมันจากตับปลาทูน่าทั้ง 3 สายพันธุ์ โดยการใช้ไอน้ำ พบว่าการให้ความร้อนด้วยไอน้ำ โดยใช้หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ไม่สามารถสกัดน้ำมันออกจากตับปลาทูน่าได้ การใช้ไอน้ำทำให้โปรตีนในตับปลาทูน่าสูญเสียสภาพและแยกได้ส่วนที่เป็นของเหลวที่มีลักษณะคล้ายน้ำนึ่งปลาทูน่า ซึ่งประกอบด้วย น้ำ และน้ำมันที่รวมอยู่กับโปรตีนออกมา ส่วนที่เป็นของเหลวนี้ไม่สามารถนำมาแยกน้ำมันออกได้โดยการหมุนเหวี่ยงที่ความเร็วสูง เนื่องจากปริมาณน้ำมันที่ปะปนในส่วนที่เป็นของเหลวมีปริมาณต่ำ ดังนั้นการสกัดด้วยการใช้ไอน้ำเพียงอย่างเดียวนั้นจึงไม่เพียงพอที่จะแยกน้ำมันที่รวมอยู่กับโปรตีนหรือเนื้อเยื่ออื่นๆ ได้ ดังนั้นจึงต้องมีการใช้วิธีการอื่นร่วมด้วย เช่น วิธีการย่อยด้วยกรดหรือด่าง หรือการใช้เอนไซม์ในการสกัด และวิธีการสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ เป็นต้น (Brody, 1965)

การสกัดน้ำมันจากตับปลาโดยการใช้ไอน้ำร่วมกับการย่อยด้วยด่างเป็นวิธีที่สามารถนำมาใช้ในการสกัดน้ำมันจากตับปลาทูน่าที่มีปริมาณน้ำมันในตับน้อยแต่มีปริมาณวิตามินเอสูงได้ โดยกรรมวิธีการสกัดสามารถทำได้โดยการเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้นร้อยละ 2-5 และให้ความร้อนด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 82-87 องศาเซลเซียส กวนตลอดเวลา แยกน้ำมันออกโดยใช้เครื่องแยกหมุนเหวี่ยง ระยะเวลาการสกัดจะขึ้นอยู่กับพีเอช อุณหภูมิ ขนาดวัตถุดิบและอัตราการกวน เป็นต้น แต่ในการสกัดถ้ามีการเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์มากเกินไปจะทำให้น้ำมันเกิดเป็นสบู่และอิมัลชั่นได้ และทำให้เกิดการสูญเสียวิตามินเอ เนื่องจากวิตามินเอจะรวมในส่วนของสบู่ (Brody, 1965) นอกจากนี้สามารถสกัดน้ำมันจากตับปลาโดยการใช้ไอน้ำร่วมกับการย่อยด้วยด่างและเอนไซม์ กรรมวิธีการสกัดน้ำมันสามารถทำได้โดย บดตับปลาให้ละเอียด เติมน้ำในอัตราส่วน 1:1 ปรับพีเอชให้อยู่ในช่วง 1.2-1.5 โดยใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริก เข้มข้นร้อยละ 25 เติมสารละลายเอนไซม์เปปซิน เข้มข้นร้อยละ 0.05 ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 43-48 องศาเซลเซียส นาน 35-38 ชั่วโมง จากนั้นปรับพีเอชเป็น 9 โดยการเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตอิ่มตัว จากนั้นให้ความร้อน ที่อุณหภูมิ 79 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง

แยกน้ำมันออกโดยใช้เครื่องแยกหมุนเหวี่ยง ซึ่งส่วนที่เหลือจากการแยกน้ำมันสามารถมาสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์เพื่อเพิ่มปริมาณผลผลิต (Brody, 1965)

ดังนั้นวิธีการย่อยด้วยกรด ด่างหรือเอนไซม์ร่วมกับการใช้ไอน้ำจึงเป็นอีกแนวทางในการศึกษาพัฒนาการสกัดน้ำมันจากตับปลาทูน่าเพื่อเพิ่มผลผลิต

3. สมบัติของน้ำมันที่สกัดได้

3.1 จุดหลอมเหลว

จากการวิเคราะห์จุดหลอมเหลวของน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ที่สกัดโดยวิธีการใช้ซอคเลตโดยใช้อะซิโตนเป็นตัวทำละลาย (ตารางที่ 9) พบว่าน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าพันธุ์ครีบเหลือง และพันธุ์ครีบยาว มีจุดหลอมเหลวเท่ากันและสูงกว่าน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าพันธุ์โอแถบ โดยมีจุดหลอมเหลว เท่ากับ 27 27 26 องศาเซลเซียส ตามลำดับ สำหรับการสกัดน้ำมันจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ โดยวิธี Bligh and Dyer พบว่าน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าพันธุ์โอแถบ และทูน่าพันธุ์ครีบเหลือง มีจุดหลอมเหลวเท่ากันและสูงกว่าน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าพันธุ์ครีบยาว โดยมีจุดหลอมเหลวเท่ากับ 24 24 23 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ที่สกัดโดยวิธี Bligh and Dyer มีจุดหลอมเหลวต่ำกว่าน้ำมันดิบที่สกัดด้วยวิธีการใช้ซอคเลต แสดงว่าน้ำมันดิบที่สกัดโดยวิธี Bligh and Dyer ประกอบด้วยกรดไขมันที่มีจำนวนพันธะคู่ในโมเลกุลสูง

3.2 ดัชนีการหักเหแสง

จากการวิเคราะห์ดัชนีการหักเหแสงของน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ที่สกัดโดยวิธีการใช้ซอคเลตและใช้อะซิโตนเป็นตัวทำละลาย (ตารางที่ 9) พบว่าน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าพันธุ์โอแถบ พันธุ์ครีบเหลืองและพันธุ์ครีบยาว มีดัชนีการหักเหแสงเท่ากับ 1.4755 1.4753 และ 1.4759 ตามลำดับ และการสกัดน้ำมันจากตับปลาทูน่าโดยวิธี Bligh and Dyer พบว่าน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าที่สกัดได้จากตับปลาทูน่าพันธุ์โอแถบ พันธุ์ครีบเหลืองและพันธุ์ครีบยาว มีดัชนีการหักเหแสงใกล้เคียงกัน เท่ากับ 1.4771 1.4779 และ 1.4779 ตามลำดับ โดยน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าที่สกัดโดยวิธี Bligh and Dyer มีดัชนีหักเหแสงสูงกว่าน้ำมันดิบที่สกัดโดยวิธีการใช้ซอคเลต แสดงว่าน้ำมันดิบที่สกัดโดยวิธี Bligh and Dyer ประกอบด้วยกรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนและจำนวนพันธะคู่ในโมเลกุลสูง

ตารางที่ 9 สมบัติของน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ ที่สกัดโดยวิธีการใช้ซอคเลต และวิธี Bligh and Dyer เปรียบเทียบกับน้ำมันปลาดิบ

สมบัติ	ทูน่าพันธุ์โอแถบ		ทูน่าพันธุ์ครีบแหลือง		ทูน่าพันธุ์ครีบยาว		น้ำมันปลาดิบ[1]
	ซอคเลต	Bligh and dyer	ซอคเลต	Bligh and dyer	ซอคเลต	Bligh and dyer	
จุดหลอมเหลว(°ซ)	26	24	27	24	27	23	ไม่กำหนด
ดัชนีหักเหแสง	1.4755	1.4771	1.4753	1.4779	1.4759	1.4779	ไม่กำหนด
ค่าไอโอดีน (กรัมไอโอดีนต่อ 100 กรัมน้ำมัน)	109.81	124.85	109.56	128.32	103.21	110.94	ไม่กำหนด
ค่าสปอนนิฟิเคชั่น (มก.โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อกรัมน้ำมัน)	186.37	193.47	185.54	190.63	180.62	191.63	ไม่กำหนด
สารสปอนนิฟายไม่ได้ (กรัมต่อกก. น้ำมัน)	27.18	24.49	27.55	27.17	29.60	25.24	ไม่กำหนด
ค่าเปอร์ออกไซด์ (มก.สมมูลย์ต่อกก. น้ำมัน)	72.30	50.49	68.28	54.24	73.33	56.38	3-20
ปริมาณกรดไขมันอิสระ (ร้อยละในรูปกรดโอเลอิก)	57.29	35.46	50.79	32.57	56.74	34.99	2-5
ค่า TBA (มก.มาโลนอลดีไฮด์ต่อกก. น้ำมัน)	28.97	27.16	22.42	21.53	27.27	25.07	ไม่กำหนด

หมายเหตุ [1]Young (1985A)

3.3 ค่าไอโอดีน (Iodine Value)

จากการวิเคราะห์ค่าไอโอดีนของน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ที่สกัดโดยวิธีการใช้ซอคเลตโดยใช้อะซิโตนเป็นตัวทำละลาย (ตารางที่ 9) พบว่าน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าพันธุ์โอแถบและพันธุ์ครีบเหลือง มีค่าไอโอดีนใกล้เคียงกันและมีค่าสูงกว่าค่าไอโอดีนของน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าพันธุ์ครีบยาว โดยมีค่าไอโอดีน เท่ากับ 109.81 109.56 และ 103.21 กรัมไอโอดีนต่อ 100 กรัมน้ำมัน ตามลำดับ และการสกัดน้ำมันจากตับปลาทูน่าโดยวิธี Bligh and Dyer พบว่าน้ำมันดิบที่สกัดได้จากตับปลาทูน่าพันธุ์ครีบเหลือง มีค่าไอโอดีนสูงกว่าน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าพันธุ์โอแถบและพันธุ์ครีบยาว โดยมีค่าไอโอดีน เท่ากับ 128.32 124.85 และ 110.94 กรัมไอโอดีนต่อ 100 กรัมน้ำมัน ตามลำดับ ซึ่งน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าที่สกัดโดยวิธีการใช้ซอคเลตจะมีค่าไอโอดีนต่ำกว่าน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าที่สกัดโดยวิธี Bligh and Dyer แสดงว่าน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าที่สกัดโดยวิธี Bligh and Dyer มีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวอยู่ปริมาณมากกว่า ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของกรดไขมันในน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่า ดังตารางที่ 11 และ 12 นอกจากนี้การสกัดน้ำมันจากตับปลาทูน่าโดยวิธีการใช้ซอคเลตอาจมีผลให้น้ำมันดิบจากตับปลาที่สกัดได้เกิดออกซิเดชั่นที่พันธะคู่ในอัตราที่สูง ส่งผลให้ค่าไอโอดีนที่วิเคราะห์ได้ลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานน้ำมันปลาดิบจากปลาซาร์ดีนของ Young (1985A) พบว่าน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าที่สกัดได้มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนด ซึ่งกำหนดค่าไอโอดีนของน้ำมันปลาดิบจากปลาซาร์ดีนไว้เท่ากับ 160-200 กรัมไอโอดีนต่อ 100 กรัมน้ำมัน

3.4 ค่าสปอนนิฟิเคชั่น (Saponification Value)

จากการวิเคราะห์ค่าสปอนนิฟิเคชั่นของน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ที่สกัดโดยวิธีการใช้ซอคเลตโดยใช้อะซิโตนเป็นตัวทำละลาย (ตารางที่ 9) พบว่าน้ำมันดิบที่สกัดได้จากตับปลาทูน่าพันธุ์โอแถบ มีค่าสปอนนิฟิเคชั่นสูงกว่าน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าพันธุ์ครีบเหลืองและพันธุ์ครีบยาว ซึ่งมีค่าสปอนนิฟิเคชั่น เท่ากับ 186.37 185.54 และ 180.62 มิลลิกรัมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อกรัมน้ำมัน ตามลำดับ และการ

สกัดน้ำมันจากตับปลาทูน่าโดยวิธี Bligh and Dyer พบว่าน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าที่สกัดได้จากตับปลาทูน่าพันธุ์โอแถบ มีค่าสปอนนิฟิเคชั่นสูงกว่าน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าพันธุ์ครีบเหลืองและพันธุ์ครีบยาว ซึ่งมีค่าสปอนนิฟิเคชั่นเท่ากับ 193.47 190.63 และ 191.63 มิลลิกรัมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อกรัมน้ำมัน ตามลำดับ ซึ่งน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าที่สกัดโดยวิธี Bligh and Dyer จะมีค่าสปอนนิฟิเคชั่นสูงกว่าน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าที่สกัดโดยวิธีการใช้ซอคเลต ทั้งนี้เนื่องจากการสกัดน้ำมันจากตับปลาทูน่าโดยวิธี Bligh and Dyer ใช้คลอโรฟอร์มเป็นตัวทำละลาย สามารถสกัดสารพวกฟอสโฟไลปิดได้สูงกว่าการสกัดโดยวิธีการใช้ซอคเลตโดยใช้อะซิโตนเป็นตัวทำละลาย (Christie, 1982) ซึ่งสารพวกฟอสโฟไลปิดสามารถทำปฏิกริยากับโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ทำให้มีค่าสปอนนิฟิเคชั่นสูง นอกจากนี้น้ำมันที่มีค่าสปอนนิฟิเคชั่นที่สูงแสดงว่ากรดไขมันในไตรกลีเซอร์ไรด์มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ (Hadziyev, 1987) แต่จากการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณกรดไขมันของน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าที่สกัดโดยวิธี Bligh and Dyer ดังตารางที่ 11 และ 12 พบว่าประกอบด้วยกรดไขมันที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง น้ำมันดิบที่สกัดโดยวิธี Bligh and Dyer มีค่าสปอนนิฟิเคชั่นใกล้เคียงกับน้ำมันปลาดิบจากน้ำนึ่งปลาทูน่าที่ได้จากการเหวี่ยงแยกจากการศึกษาของสุมาลัย และคณะ (2538) ซึ่งมีค่าสปอนนิฟิเคชั่น เท่ากับ 189.44-193.96 มิลลิกรัมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อกรัมน้ำมัน

3.5 สารสปอนนิฟายไม่ได้

จากการวิเคราะห์สารสปอนนิฟายไม่ได้ของน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ที่สกัดโดยวิธีการใช้ซอคเลตโดยใช้อะซิโตนเป็นตัวทำละลาย (ตารางที่ 9) พบว่าน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าพันธุ์ครีบยาว มีสารสปอนนิฟายไม่ได้สูงกว่าน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าพันธุ์โอแถบและพันธุ์ครีบเหลือง โดยมีสารสปอนนิฟายไม่ได้ เท่ากับ 29.60 27.18 และ 27.55 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำมัน ตามลำดับ และการสกัดน้ำมันจากตับปลาทูน่าโดยวิธี Bligh and Dyer พบว่าน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าพันธุ์ครีบเหลือง มีสารสปอนนิฟายไม่ได้สูงกว่าน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าพันธุ์โอแถบและพันธุ์ครีบยาว โดยมีสารสปอนนิฟายไม่ได้ เท่ากับ 27.17 24.49 และ 25.24 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำมัน ตามลำดับ

ซึ่งพบว่าน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าทั้ง 3 สายพันธุ์ ที่สกัดได้จากทั้ง 2 วิธีมีสารสปอนนิฟายไม่ได้สูง ทั้งนี้เนื่องจากตับของปลาทูน่าส่วนใหญ่จะประกอบด้วยสารพวกคลอเลสเตอรอลในปริมาณสูง (Brody, 1965) และน้ำมันดิบที่สกัดได้จากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ มีสารสปอนนิฟายไม่ได้แตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับฤดูกาลและองค์ประกอบในตัวปลา และปริมาณสารสปอนนิฟายไม่ได้ในน้ำมันจากตับปลาจะมีค่ามากกว่าในส่วนเนื้อปลา (Rossell and Pritchard, 1991) และน้ำมันดิบที่สกัดได้จากทั้ง 2 วิธีมีสารสปอนนิฟายไม่ได้สูงกว่าน้ำมันปลาดิบจากน้ำนึ่งปลาทูน่าที่ได้จากการแยกเหวี่ยงจากการศึกษาของสุมาลัย และคณะ (2528) ซึ่งมีสารสปอนนิฟายไม่ได้ เท่ากับ 10.5 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำมัน

3.6 ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide Value)

จากการวิเคราะห์ค่าเปอร์ออกไซด์ของน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ ที่สกัดโดยวิธีการใช้ซอคเลตโดยใช้อะซิโตนเป็นตัวทำละลาย (ตารางที่ 9) พบว่าน้ำมันดิบที่สกัดได้จากตับปลาทูน่าพันธุ์ครีบยาว มีค่าเปอร์ออกไซด์สูงกว่าน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าพันธุ์โอแถบและพันธุ์ครีบเหลือง โดยมีค่าเปอร์ออกไซด์ เท่ากับ 73.33 72.30 และ 68.28 มิลลิกรัมสมมูลย์ต่อกิโลกรัมน้ำมัน ตามลำดับ และการสกัดน้ำมันจากตับปลาทูน่าโดยวิธี Bligh and Dyer พบว่าน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าพันธุ์ครีบยาวมีค่าเปอร์ออกไซด์สูงกว่าน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าพันธุ์โอแถบและพันธุ์ครีบเหลือง โดยค่าเปอร์ออกไซด์ เท่ากับ 56.38 50.49และ 54.24 มิลลิกรัมสมมูลย์ต่อกิโลกรัมน้ำมัน ซึ่งค่าเปอร์ออกไซด์ของน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าที่สกัดโดยวิธีการใช้ซอคเลตมีค่าสูงกว่าน้ำมันดิบที่สกัดโดยวิธี Bligh and Dyer แม้ว่าน้ำมันดิบที่สกัดโดยวิธี Bligh and Dyer มีจำนวนพันธะคู่มากกว่าน้ำมันดิบที่สกัดโดยวิธีการใช้ซอคเลต ทั้งนี้เนื่องจากการสกัดโดยวิธีการใช้ซอคเลต อุณหภูมิสูงที่ใช้ในการสกัดมีผลช่วยเร่งปฏิกริยาออกซิเดชั่นที่พันธะคู่ของกรดไขมันในน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่า ซึ่งมีส่วนประกอบของกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง การเกิดออกซิเดชั่นสามารถเกิดขึ้นตลอดระยะเวลาการสกัด และการสกัดเป็นระยะเวลานาน ทำให้น้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าซึ่งมีส่วนประกอบของกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงมีโอกาส

ถูกออกซิไดซ์ด้วยออกซิเจนได้นานขึ้น และการที่น้ำมันดิบที่สกัดโดยวิธี Bligh and Dyer มีค่าเปอร์ออกไซด์ต่ำ เนื่องจากการสกัดโดยวิธี Bligh and Dyer ไม่ใช้ความร้อนในการสกัด มีผลให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นต่ำ นอกจากนี้ตัวทำละลายอะซิโตนที่ใช้ในการสกัดโดยวิธีการใช้ซอคเลต และคลอโรฟอร์มและเมธานอลที่ใช้ในการสกัดโดยวิธี Bligh and Dyer สามารถออกซิไดส์น้ำมันได้ (Ockerman, 1992) จากการศึกษาของ Rossell and Pritchard (1991) พบว่าการสกัดน้ำมันโดยวิธี Bligh and Dyer โดยใช้คลอโรฟอร์มและหลีกเลี่ยงการใช้ความร้อนจะมีผลช่วยให้ได้ค่าเปอร์ออกไซด์ต่ำ ค่าเปอร์ออกไซด์ของน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าที่สกัดได้จากทั้ง 2 วิธีมีค่าสูงกว่าเกณฑ์กำหนดของมาตรฐานน้ำมันปลาดิบตามที่ Young (1985A) กำหนดค่าเปอร์ออกไซด์ของน้ำมันปลาดิบ อยู่ในช่วง 3-20 มิลลิกรัมสมมูลย์ต่อกิโลกรัมน้ำมัน

3.7 กรดไขมันอิสระ (Free fatty acid)

จากการวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันอิสระของน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ ที่สกัดโดยวิธีการใช้ซอคเลตโดยใช้อะซิโตนเป็นตัวทำละลาย (ตารางที่ 9) พบว่าน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าพันธุ์โอแถบ มีปริมาณกรดไขมันอิสระในรูปกรดโอเลอิกสูงกว่าน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าพันธุ์ครีบเหลืองและพันธุ์ครีบยาว โดยมีปริมาณกรดไขมันอิสระ เท่ากับร้อยละ 57.29 50.79 และ 56.74 ตามลำดับ สำหรับการสกัดน้ำมันจากตับปลาทูน่าโดยวิธี Bligh and Dyer พบว่าน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าพันธุ์โอแถบมีปริมาณกรดไขมันอิสระสูงกว่าน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าพันธุ์ครีบเหลืองและพันธุ์ครีบยาว โดยมีปริมาณกรดไขมันอิสระ เท่ากับร้อยละ 35.46 32.57 และ 34.99 ตามลำดับ การสกัดน้ำมันตับปลาทูน่าโดยวิธีการใช้ซอคเลตให้ปริมาณกรดไขมันอิสระสูงกว่าการสกัดด้วยวิธี Bligh and Dyer ทั้งนี้เนื่องอุณหภูมิสูงที่ใช้ในการสกัดน้ำมันตับปลาโดยวิธีการใช้ซอคเลตจะเป็นตัวเร่งให้เกิดการแตกตัวของไตรกลีเซอร์ไรด์เป็นกรดไขมันอิสระได้สูงขึ้น และการที่ปริมาณกรดไขมันอิสระของน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าที่สกัดได้มีปริมาณสูงอาจเกิดจากเอนไซม์ไลเปส น้ำ และสารประกอบฮีมาตินในตับปลา (Brody, 1965) ซึ่งเป็นตัวเร่งให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัวในน้ำมันดิบจากตับปลาได้และนอกจากนี้กรดไขมันอิสระปริมาณสูงในน้ำมันตับปลา สามารถเร่งให้เกิดปฏิกริยา

ออกซิเดชั่นของน้ำมันได้ (Weiss, 1970) จึงเป็นผลให้ปริมาณกรดไขมันอิสระของน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าที่สกัดได้มีค่าสูงกว่าเกณฑ์กำหนดของมาตรฐานน้ำมันปลาดิบของ Young (1985A) ซึ่งกำหนดให้ปริมาณของกรดไขมันอิสระของน้ำมันปลาดิบ อยู่ในช่วงร้อยละ 2-5

3.8 ค่า TBA

จากการวิเคราะห์ค่า TBA ของน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ที่สกัดโดยวิธีการใช้ซอคเลตโดยใช้อะซิโตนเป็นตัวทำละลาย (ตารางที่ 9) พบว่าน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าพันธุ์โอแถบ มีค่า TBA สูงกว่าน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าพันธุ์ครีบเหลืองและพันธุ์ครีบยาว โดยมีค่า TBA เท่ากับ 28.97 22.42 และ 27.27 มิลลิกรัมมาโลนอลดีไฮด์ต่อกิโลกรัมน้ำมัน ตามลำดับ และการสกัดน้ำมันจากตับปลาทูน่าโดยวิธี Bligh and Dyer พบว่าน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าพันธุ์โอแถบ มีค่า TBA สูงกว่าน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าพันธุ์ครีบเหลืองและพันธุ์ครีบยาว โดยมีค่า TBA เท่ากับ 27.16 21.53 และ 25.07 มิลลิกรัมมาโลนอลดีไฮด์ต่อกิโลกรัมน้ำมัน ตามลำดับ และการสกัดน้ำมันจากตับปลาโดยวิธีการใช้ซอคเลตจะมีค่า TBA สูงกว่าการสกัดโดยวิธี Bligh and Dyer เพราะความร้อนที่ใช้ในการสกัดน้ำมันโดยวิธีการใช้ซอคเลตเป็นตัวเร่งให้น้ำมันถูกออกซิไดซ์มากขึ้นซึ่งถ้าค่า TBA อยู่ในช่วง 4-27 มิลลิกรัมมาโลนอลดีไฮด์ต่อกิโลกรัมตัวอย่าง แสดงว่าเกิดการหืนน้ำมัน (Sinnhuber and Yu, 1985)

3.9.ค่าสี

จากการวิเคราะห์ค่าสีในระบบ Hunter ของน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ ที่สกัดโดยวิธีการใช้ซอคเลตโดยใช้อะซิโตนเป็นตัวทำละลาย และวิธี Bligh and Dyer ดังตารางที่ 10 พบว่าน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ ที่สกัดโดยวิธี Bligh and Dyer มีค่า L ต่ำกว่าน้ำมันดิบที่สกัดโดยวิธีการใช้ซอคเลต แสดงว่าน้ำมันดิบที่สกัดโดยวิธี Bligh and Dyer มีสีคล้ำกว่าน้ำมันดิบที่สกัดโดยวิธีการใช้ซอคเลต และน้ำมันดิบที่สกัดโดยวิธีการใช้ซอคเลต มีค่า a และ b สูงกว่าน้ำมันดิบที่สกัดโดยวิธี Bligh and Dyer

ตารางที่ 10 ค่าสีของน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ ที่สกัดโดยวิธีการใช้ซอคเลต และวิธี Bligh and Dyer

สายพันธุ์	วิธีการใช้ซอคเลต			วิธี Bligh and Dyer		
	L	a	b	L	a	b
ทูน่าพันธุ์โอแถบ	17.14	7.69	7.99	8.14	-1.03	-0.82
ทูน่าพันธุ์ครีบเหลือง	10.59	0.28	1.88	8.41	-0.22	1.27
ทูน่าพันธุ์ครีบยาว	10.75	2.61	3.38	8.97	-0.82	0.48

หมายเหตุ L = ความสว่างของสี (lightness)

a =ค่าของสีแดงถึงสีเขียว (red/green chromaticity)

b=ค่าของสีเหลืองถึงสีน้ำเงิน (yellow/blue chromaticity)

แสดงว่าน้ำมันดิบที่สกัดด้วยวิธีการใช้ซอคเลตมีความเข้มของสีแดงและสีเหลืองสูงกว่าน้ำมันดิบที่สกัดโดยวิธี Bligh and Dyer น้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าทั้ง 3 สายพันธุ์ที่สกัดได้จากทั้ง 2 วิธี มีสีค่อนข้างคล้ำ และมีค่า L ต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากตัวทำละลายอินทรีย์ที่ใช้ในการสกัดน้ำมันจากตับปลาทูน่าสามารถสกัดเม็ดสีจากตับปลา โดยเม็ดสีในน้ำมันตับปลาได้แก่ สารในกลุ่มแคโรทีนอยด์ ที่มีสีแดง ส้ม และเหลือง นอกจากนี้กรดไขมันอิสระในน้ำมันสามารถเร่งให้เกิดสีคล้ำในน้ำมันได้ (Brody, 1965)

3.10 ชนิดและปริมาณกรดไขมัน

จากการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณกรดไขมันของน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ ที่สกัดโดยวิธีการใช้ซอคเลตและใช้อะซิโตนเป็นตัวทำละลายและสกัดโดยวิธี Bligh and Dyer พบว่าน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่ามีกรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acid) กรดไขมันไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) กรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง (highly unsaturated fatty acid) เป็นองค์ประกอบ ดังตารางที่ 11 และ 12 โดยชนิดของกรดไขมัน ที่พบในน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าทั้ง 3 สายพันธุ์ ที่สกัดจากทั้ง 2 วิธี มีความคล้ายคลึงกัน โดยกรดไขมันที่พบมากในน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าทั้ง 3 สายพันธุ์ ได้แก่ กรดไขมันอิ่มตัว เช่น กรดปาลมิติก ($C_{16:0}$) และกรดสเตียริก ($C_{18:0}$) ร้อยละ 11.24-48.36 และ 8.65-15.94 ของกรดไขมันทั้งหมด ตามลำดับ กรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่ 1 พันธะ (monoethylenic) เช่น กรดพาลมิโตเลอิก ($C_{16:1}$) และกรดโอลิอิก ($C_{18:1}$) ร้อยละ 3.71-5.98 และ 28.89-38.93 ของกรดไขมันทั้งหมด ตามลำดับ และกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีจำนวนพันธะคู่ตั้งแต่ 2 พันธะขึ้นไป (polyunsaturated fatty acid) เช่น eicosapentaenoic acid หรือ EPA ($C_{20:5}$) และ docosahexaenoic acid หรือ DHA ($C_{22:6}$) ร้อยละ 0.69-20.82 และ 0.92-14.76 ของกรดไขมันทั้งหมด ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกรรมวิธีการสกัดน้ำมันจากตับปลาทูน่าทั้ง 3 สายพันธุ์ โดยวิธีการใช้ซอคเลตและวิธี Bligh and Dyer พบว่าน้ำมันที่สกัดโดยวิธี Bligh and Dyer มีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดโอเมก้า-3 โดยเฉพาะ EPA และ DHA สูงกว่าน้ำมันที่สกัดโดยวิธีการใช้ซอคเลต ทั้งนี้เนื่องจากการสกัดโดยวิธีการใช้ซอคเลต อาจเป็นสาเหตุให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของน้ำมันระหว่างการสกัดและอุณหภูมิสูงที่ใช้ในการสกัดทำให้เกิดการสลายตัวของกรดไขมันไม่อิ่มตัวตรงตำแหน่งพันธะคู่ของน้ำมัน

ตารางที่ 11 องค์ประกอบของกรดไขมันของน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ที่สกัดด้วยทำละลายอินทรีย์โดยวิธีการใช้ซอคเลต

ชนิดกรดไขมัน	ปริมาณกรดไขมัน (ร้อยละของกรดไขมันทั้งหมด)		
	ทูน่าพันธุ์โอแถบ	ทูน่าพันธุ์ครีบเหลือง	ทูน่าพันธุ์ครีบยาว
C 14:0	1.75	ND	ND
C 16:0	48.36	37.66	33.53
C 16:1	5.98	4.01	4.42
C 18:0	11.24	15.16	15.52
C 18:1(n-7)	30.10	34.45	23.37
C 18:1(n-9)	ND	4.48	5.52
C 18:2(n-6)	ND	ND	1.66
C 18:3(n-3)	ND	ND	1.10
C 20:4(n-6)	0.18	ND	ND
C 20:5(n-3)	0.69	1.76	2.82
C 22:4(n-3)	ND	ND	0.63
C 22:5(n-6)	0.74	1.15	5.25
C 22:5(n-3)	ND	ND	0.49
C 22:6(n-3)	0.96	0.92	5.55

ND คือ ตรวจไม่พบ (not detected)

หมายเหตุ วิเคราะห์โดยโครงการวิจัยพัฒนาและฝึกอบรมการผลิตน้ำมันและผลิตภัณฑ์(ไทย-เบลเยี่ยม) หน่วยงานวิจัยพืชน้ำมันและสารธรรมชาติ กองเกษตรเคมี

ตารางที่ 12 องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ ที่สกัดโดยวิธี Bligh and Dyer

ชนิดกรดไขมัน	ปริมาณกรดไขมัน (ร้อยละของกรดไขมันทั้งหมด)		
	ทูน่าพันธุ์โอแถบ	ทูน่าพันธุ์ครีบเหลือง	ทูน่าพันธุ์ครีบยาว
C 14:0	1.62	ND	7.73
C 16:0	48.06	36.29	11.24
C 16:1	5.71	3.71	ND
C 18:0	11.37	15.94	8.65
C 18:1(n-7)	ND	32.42	ND
C 18:1(n-9)	ND	4.51	ND
C 18:3(n-3)	1.86	0.55	ND
C 18:4(n-3)	ND	0.45	7.02
C 20:4(n-6)	ND	0.59	6.82
C 20:5(n-3)	0.86	2.20	20.82
C 22:5(n-6)	ND	1.60	9.02
C 22:6(n-3)	ND	1.70	14.76

ND คือ ตรวจไม่พบ (not detected)

หมายเหตุ วิเคราะห์โดยโครงการวิจัยพัฒนาและฝึกอบรมการผลิตน้ำมันและผลิตภัณฑ์(ไทย-เบลเยี่ยม) หน่วยงานวิจัยพืชน้ำมันและสารธรรมชาติ กองเกษตรเคมี

น้ำมันดิบจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ ที่สกัดโดยวิธีการใช้ซอคเลตและสกัดโดยวิธี Bligh and Dyer มีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิด EPA และ DHA ต่ำกว่าน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าพันธุ์ครีบเหลืองที่สกัดโดยวิธีของ Foloh จากการทดลองของ Saito และคณะ (1996) ซึ่งมีปริมาณ EPA และ DHA เท่ากับร้อยละ 4.0 และ 20.7 ของกรดไขมันทั้งหมดตามลำดับ

4.การประเมินต้นทุนการผลิต

การประเมินต้นทุนการผลิตน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ ที่สกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์โดยวิธีการใช้ซอคเลต และวิธี Bligh and Dyer พบว่าต้นทุนในการผลิตน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่า ประกอบด้วยต้นทุนทางตรงและต้นทุนทางอ้อม

การคำนวน การประเมินต้นทุนการผลิตน้ำมันตับปลาทูน่าพันธุ์โอแถบที่สกัดโดยวิธีการใช้ซอคเลต

1. ต้นทุนทางตรงประกอบด้วย

1.1 วัตถุดิบตับปลาทูน่าพันธุ์โอแถบจำนวน 1 กิโลกรัม ราคาเฉลี่ยกิโลกรัมละ 1 บาท คิดเป็นจำนวนเงิน 1 บาท

1.2 สารเคมี สารเคมีที่ใช้ คือ อะซิโตน ซึ่งจากการสกัดน้ำมันจากตับปลาทูน่าใช้อัตราส่วนวัตถุดิบ(สด)ต่อตัวทำละลาย เท่ากับ 1:5 ฉะนั้นจากตับปลาทูน่าสดจำนวน 1 กิโลกรัม ต้องใช้สารละลายอะซิโตน ปริมาตร 5000 มิลลิลิตร และการสูญเสียของตัวทำละลายอะซิโตนภายหลังการสกัด เท่ากับร้อยละ 40 ดังนั้นใช้ตัวทำละลายในการสกัดไปปริมาตร 2000 มิลลิลิตร ราคาอะซิโตน ลิตรละ 130 บาท คิดเป็นจำนวนเงิน 260 บาท

2. ต้นทุนทางอ้อม เป็นค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับกิจกรรมการผลิต เนื่องจากเป็นการผลิตในระดับห้องการทดลอง จึงไม่คิดค่าดำเนินการ ค่าเครื่องมือ และค่าบำรุงรักษาเครื่องมือ ดังนั้นค่าใช้จ่ายในการผลิตจึงวิเคราะห์เฉพาะค่าใช้จ่ายผันแปรบางค่า คือ

2.1 ค่าไฟฟ้า สำหรับกิจการขนาดเล็ก

-ค่าไฟฟ้า ที่ใช้ในการอบแห้งตัวอย่าง ใช้ไฟฟ้า 1 กิโลวัตต์ชั่วโมง

อบแห้งเป็นระยะเวลา 5 ชั่วโมง รวมใช้ไฟฟ้า 5 กิโลวัตต์ชั่วโมง โดยกำลังไฟฟ้าวัดผ่านกิโลวัตต์มิเตอร์

-ค่าไฟฟ้า ที่ใช้ในการสกัดน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่า 0.1 กิโลวัตต์ชั่วโมง สกัดนาน 9 ชั่วโมง รวมใช้ไฟฟ้า 0.9 กิโลวัตต์ชั่วโมง

รวมใช้ไฟฟ้าทั้งหมด 5.9 กิโลวัตต์ชั่วโมง (1 กิโลวัตต์ชั่วโมงเท่ากับ 1 หน่วย) เนื่องจากน้อยกว่า 35 หน่วย จึงคิดเป็นจำนวนเงิน 94 บาท (ข้อมูลจากกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม พศ. 2538)

2.2 ค่าน้ำที่ใช้ในการล้างตับปลาและใช้หล่อเย็นในเครื่องสกัดน้ำมันแบบซอคเลต ปริมาตร 1 ลูกบาศก์เมตรๆ ละ 3 บาท คิดเป็นจำนวนเงิน 3 บาท

ดังนั้นตับปลาทูน่าพันธุ์โอแถบ 1 กิโลกรัม มีต้นทุนการผลิตน้ำมัน คิดเป็นจำนวนเงิน 358 บาท และสกัดน้ำมันดิบได้ 168 กรัม ต้นทุนต่อหน่วย (บาทต่อกรัมน้ำมันดิบ) เท่ากับ 2.13 บาทต่อกรัมน้ำมัน

การคำนวน การประเมินต้นทุนการผลิตน้ำมันตับปลาทูน่าพันธุ์โอแถบที่สกัดโดยวิธี Bligh and Dyer

1. ต้นทุนทางตรงประกอบด้วย

1.1 วัตถุดิบตับปลาทูน่าพันธุ์โอแถบจำนวน 1 กิโลกรัม ราคาเฉลี่ยกิโลกรัมละ 1 บาท คิดเป็นจำนวนเงิน 1 บาท

1.2 สารเคมี สารเคมีที่ใช้ คือ คลอโรฟอร์ม ปริมาตร 800 มิลลิลิตร ราคาลิตรละ 580 บาท คิดเป็นจำนวนเงิน 464 บาท เมธานอล ปริมาตร 800 มิลลิลิตร ราคาลิตรละ 202 บาท คิดเป็นจำนวนเงิน 162 บาท ดังนั้น ค่าสารเคมีทั้งหมด คิดเป็นจำนวนเงิน 626 บาท

2. ต้นทุนทางอ้อม เป็นค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับกิจกรรมการผลิต เนื่องจากเป็นการผลิตในระดับห้องการทดลอง จึงไม่คิดค่าดำเนินการ ค่าเครื่องมือ และค่าบำรุงรักษาเครื่องมือ ดังนั้นค่าใช้จ่ายในการผลิตจึงวิเคราะห์เฉพาะค่าใช้จ่ายผันแปรบางค่า คือ

2.1 ค่าไฟฟ้า สำหรับกิจการขนาดเล็ก

-ค่าไฟฟ้า ที่ใช้ในการอบแห้งตัวอย่าง ใช้ไฟฟ้า 1 กิโลวัตต์ชั่วโมง

อบแห้งเป็นระยะเวลา 5 ชั่วโมง รวมใช้ไฟฟ้า 5 กิโลวัตต์ชั่วโมง โดยกำลังไฟฟ้าวัดผ่านกิโลวัตต์มิเตอร์

-ค่าไฟฟ้า ที่ใช้ในการโฮโมจิไนส์ตัวอย่างและระเหยตัวทำละลายเท่ากับ 1 กิโลวัตต์ชั่วโมง

รวมใช้ไฟฟ้าทั้งหมด 6 กิโลวัตต์ชั่วโมง (1 กิโลวัตต์ชั่วโมงเท่ากับ 1 หน่วย) เนื่องจากน้อยกว่า 35 หน่วย จึงคิดเป็นจำนวนเงิน 94 บาท (ข้อมูลจากกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม พศ. 2538)

2.2 ค่าน้ำที่ใช้ในการล้างตับปลาและใช้ในการสกัดน้ำมัน ปริมาตร 0.5 ลูกบาศก์เมตรๆ ละ 3 บาท คิดเป็นจำนวนเงิน 1.5 บาท

ดังนั้นตับปลาทูน่าพันธุ์โอแถบ 1 กิโลกรัม มีต้นทุนการผลิตน้ำมัน คิดเป็นจำนวนเงิน 723 บาท และสกัดน้ำมันดิบได้ 76 กรัม ต้นทุนต่อหน่วย (บาทต่อกรัมน้ำมันดิบ) เท่ากับ 9.51 บาทต่อกรัมน้ำมัน

จากการประเมินต้นทุนการผลิตน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ที่สกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์โดยวิธีการใช้ซอคเลต และวิธี Bligh and Dyer พบว่าน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าพันธุ์โอแถบ พันธุ์ครีบเหลือง และพันธุ์ครีบยาว ที่สกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์โดยวิธีการใช้ซอคเลต มีต้นทุนการผลิต คิดเป็นจำนวนเงิน 2.13 3.23 และ 4.90 บาทต่อกรัมน้ำมัน ตามลำดับ และสกัดโดยวิธี Bligh and Dyer มีต้นทุนการผลิตคิดเป็นจำนวนเงิน 9.51 15.06 และ 17.21 บาทต่อกรัมน้ำมัน ตามลำดับ ดังตารางที่ 13 ซึ่งการสกัดน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าโดยวิธี Bligh and Dyer มีต้นทุนการผลิตสูงกว่าการสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์โดยวิธีการใช้ซอคเลต เนื่องจากการสกัดโดยวิธี Bligh and Dyer ปริมาณน้ำมันดิบที่สกัดได้น้อยและสารเคมีที่ใช้ในการผลิตมีราคาสูง

ตารางที่ 13 ต้นทุนการผลิตน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ ที่สกัดโดยวิธีการใช้ซอคเลตและวิธี Bligh and Dyer

สายพันธุ์	ต้นทุนการผลิต (บาทต่อกรัมน้ำมัน)	
	วิธีการใช้ซอคเลต	วิธี Bligh and Dyer
ทูน่าพันธุ์โอแถบ	2.13	9.51
ทูน่าพันธุ์ครีบเหลือง	3.23	15.06
ทูน่าพันธุ์ครีบยาว	4.90	17.21

บทที่ 4

สรุป

จากการศึกษาองค์ประกอบและกรรมวิธีการสกัดน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าทั้ง 3 สายพันธุ์ คือ ตับปลาทูน่าพันธุ์โอแถบ ตับปลาทูน่าพันธุ์ครีบเหลือง และตับปลาทูน่าพันธุ์ครีบยาว พบว่า

องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น โปรตีน และไขมัน ของตับปลาทูน่าทั้ง 3 สายพันธุ์ มีค่าแตกต่างกัน โดยปริมาณน้ำมันของตับปลาทูน่าพันธุ์โอแถบมีปริมาณสูงกว่าตับปลาทูน่าพันธุ์ครีบเหลืองและพันธุ์ครีบยาว โดยมีปริมาณน้ำมัน เท่ากับร้อยละ 49.72 24.35 และ 20.14 โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ

กรรมวิธีที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าทั้ง 3 สายพันธุ์ ด้วยตัวทำละลายอินทรีย์โดยวิธีการใช้ซอคเลต พบว่าชนิดตัวทำละลายอินทรีย์ที่เหมาะสมในสกัด คือ อะซิโตน สภาวะการสกัดดังนี้ คือ อัตราส่วนวัตถุ(น้ำหนักสด)ต่อตัวทำละลาย เท่ากับ 1:5 อุณหภูมิและระยะเวลาการสกัดน้ำมันจากตับปลาทูน่าพันธุ์โอแถบ คืออุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 9 ชั่วโมง ตับปลาทูน่าพันธุ์ครีบเหลืองและพันธุ์ครีบยาว คือ อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส นาน 9 ชั่วโมง โดยปริมาณน้ำมันดิบที่สกัดได้จากตับปลาทูน่าพันธุ์โอแถบ พันธุ์ครีบเหลือง และพันธุ์ครีบยาว เท่ากับร้อยละ 47.63 32.85 และ 26.33 โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ สำหรับการสกัดน้ำมันโดยวิธี Bligh and Dyer ปริมาณน้ำมันดิบที่สกัดได้ เท่ากับร้อยละ 37.86 23.82 และ 20.67 โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ การสกัดน้ำมันจากตับปลาทูน่าทั้ง 3 สายพันธุ์ โดยการใช้ไอน้ำ พบว่าไม่สามารถสกัดน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าได้

สมบัติของน้ำมันดิบที่สกัดได้จากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ ด้วยตัวทำละลายอินทรีย์โดยวิธีการใช้ซอคเลต มีจุดหลอมเหลว อยู่ในช่วง 26-27 องศาเซลเซียส ดัชนีหักเหแสง อยู่ในช่วง 1.4753-1.4759 ปริมาณกรดไขมันอิสระในรูปกรด

โอเลอิกอยู่ในช่วงร้อยละ 50.79-57.29 ค่าเปอร์ออกไซด์ อยู่ในช่วง 68.28-73.33 มิลลิกรัมสมมูลย์ต่อกิโลกรัมน้ำมัน ค่าไอโอดีน อยู่ในช่วง 103.21-109.56 กรัมไอโอดีนต่อ 100 กรัมน้ำมัน ค่าสปอนนิฟิเคชั่น อยู่ในช่วง 180.62-186.37 มิลลิกรัมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อกรัมน้ำมัน สารสปอนนิฟายไม่ได้ อยู่ในช่วง 27.18-29.60 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำมัน ค่า TBA อยู่ในช่วง 22.42-28.97 มิลลิกรัมมาโลนอลดีไฮด์ต่อกิโลกรัมน้ำมัน และน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ ที่สกัดโดยวิธี Bligh and Dyer มีจุดหลอมเหลว อยู่ในช่วง 23-24 องศาเซลเซียส ดัชนีหักเหแสง อยู่ในช่วง 1.4771-1.4779 ปริมาณกรดไขมันอิสระรูปกรดโอเลอิก อยู่ในช่วงร้อยละ 32.57-35.46 ค่าเปอร์ออกไซด์ อยู่ในช่วง 50.49-56.38 มิลลิกรัมสมมูลย์ต่อกิโลกรัมน้ำมัน ค่าไอโอดีน อยู่ในช่วง 110.91-128.32 กรัมไอโอดีนต่อ 100 กรัมน้ำมัน ค่าสปอนนิฟิเคชั่น อยู่ในช่วง 190.63-193.47 มิลลิกรัมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อกรัมน้ำมัน สารสปอนนิฟายไม่ได้ อยู่ในช่วง 24.49-27.17 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำมัน ค่า TBA อยู่ในช่วง 21.53-27.16 มิลลิกรัมมาโลนอลดีไฮด์ต่อกิโลกรัมน้ำมัน สีของน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าทั้ง 3 สายพันธุ์ ที่สกัดได้จากทั้ง 2 วิธี มีค่า L ต่ำและมีค่อนข้างคล้ำ และน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ ที่สกัดโดยวิธี Bligh and Dyer มีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวกลุ่มโอเมก้า-3 ชนิด EPA และ DHA เท่ากับร้อยละ 0.69-2.82 และ 0.92-5.55 ของกรดไขมันทั้งหมด ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าการสกัดโดยวิธีการใช้ซอคเลต ที่มีค่า EPA และ DHA เท่ากับร้อยละ 0.86-20.82 และ 1.70-14.76 ของกรดไขมันทั้งหมด ตามลำดับ

ต้นทุนการผลิตน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าพันธุ์โอแถบ พันธุ์ครีบเหลือง และพันธุ์ครีบยาว ที่สกัดโดยวิธีการใช้ซอคเลต คิดเป็นจำนวนเงิน เท่ากับ 2.52 3.10 และ 4.62 บาทต่อกรัมน้ำมัน ตามลำดับ และวิธี Bligh and Dyer คิดเป็นจำนวนเงิน เท่ากับ 9.51 15.06 และ 17.21 บาทต่อกรัมน้ำมัน ตามลำดับ

ข้อเสนอแนะ

1.วัตถุดิบเศษเหลือตับปลาทูน่าที่นำมาใช้ในงานวิจัย ควรมีความสดใกล้เคียงกับตับปลาทูน่าสด

2.ควรมีการศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บตับปลาทูน่าต่อคุณภาพและสมบัติของน้ำมันในตับปลาทูน่า

3.ควรพิจารณาเลือกวัตถุดิบที่มีปริมาณไขมันสูงเพื่อนำมาสกัดน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าหรือตับปลาชนิดอื่นๆ

4.ควรมีการศึกษาวิจัยผลของการอบแห้งต่อปริมาณผลผลิต คุณภาพและสมบัติของน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่า เพื่อสามารถสกัดน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าให้ได้ผลผลิตสูงและมีคุณภาพดี

5.จากการศึกษาการสกัดน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าโดยการใช้ไอน้ำ พบว่าไม่สามารถสกัดน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าดิบได้ ดังนั้นควรมีการศึกษาเพิ่มเติมการใช้กระบวนการสกัดด้วยกรดหรือด่าง และการย่อยด้วยเอนไซม์ ร่วมกับขั้นตอนของการสกัดน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าโดยการใช้ไอน้ำ

6.ควรมีการศึกษาวิธีการทำให้น้ำมันดิบจากตับปลาทูน่ามีความบริสุทธิ์มากขึ้นต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กองเศรษฐกิจการประมง ข. 2537. สรุปสภาวะการค้าสินค้าประมงระหว่างประเทศของไทย. ในรอบปี 2537. ข่าวสารสภาวะเศรษฐกิจการประมง. ปีที่ 6. ฉบับที่ 4. กองเศรษฐกิจการประมง กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 1-26 หน้า.

จงจิตร อังคทะวานิช. 2538. นมและอาหารทารกหลักและวิทยาการก้าวหน้า. กรุงเทพ : คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

นงลักษณ์ สุทธิวานิช. 2531. คุณภาพสัตว์น้ำ. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา. 262 หน้า.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2529. วิทยาศาสตร์การอาหารของน้ำมันและไขมัน. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ประเสริฐ สายสิทธ์. 2527. กรรมวิธีอุตสาหกรรมประมง. สถาบันค้นคว้าผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 154 หน้า.

ไพศาล เหล่าสุวรรณ. 2531. สถิติสำหรับการวิจัยทางการเกษตร. คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา.

วินัย ดะห์ลัน. 2539. กรดไขมันไม่อิ่มตัวโอเมก้า-3 บทบาทใหม่ทางการแพทย์และอุตสาหกรรม. รายงานประจำปี 2538-2539. สมาคมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางอาหารแห่งประเทศไทย.

วิมล เหมะจันทร์. 2528. ชีววิทยาปลา. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ. 230 หน้า.

สุมาลัย ศรีกำลัยทอง, เรวดี นาคติ, จีรวัฒน์ เอี่ยมวัฒน์, สมนึก อาษา, พิศมัย เจนวนิชปัญจกุล และ ปาริชาติ หลายซู่ไทย. 2538. การพัฒนาเพื่อเพิ่มมูลค่าของเหลือใช้ในอุตสาหกรรมปลากระป๋อง : การผลิต PUFA จากวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมปลากระป๋อง. รายงานฉบับที่ 1 กรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดโอเมก้า-3 จากน้ำนึ่งปลาของอุตสาหกรรมปลาทูน่าบรรจุกระป๋อง. กรุงเทพ : สถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.

อัธยา กังสุวรรณ, บดินทร์ อิทธิพงษ์ และ มนูน พรมเดช. 2539. การสกัดน้ำมันจากหัวและไส้ปลาทูน่า. สถาบันวิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ.

A.O.A.C. 1990. Official Method of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists 15th ed. Virginia : The Association of Official Analytical Chemists, Inc.

A.O.A.C. 1992. Official Method of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists 15th ed. Virginia : The Association of Official Analytical Chemists, Inc.

Bailey, B.E., Cater, N.M., and Swain, L.A. 1952. Marine oils with particular reference to those of Canada. Ottawa : Bulletin 89. Fisheries Research Board of Canada.

Benjakul, S., and Taylor, K.D.A. 1994. Lipids and fatty acid of Dogfish (*Squlus acanthias*) iver oil extracted by different methods. Songklanakarin J. Sci. Technol. 16(1) :31-36.

Bimbo, A.P., and Crowther, J.B. 1992. Marine oils : fishing for industrial uses. INFORM. 3(9):988-1001.

Bligh, E.G., and Dyer, W.J. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. Can. J. Biochem. Physiol. 37:911-917.

Brody, J. 1965. Fishery by Products Technology. Westport, Conn. : The AVI Publishing Co., Inc.

Butler, C. 1948. The Fish Liver Oil Industry. U.S. Fish and Wildlife Service, Fishery Leaflet. New York.

Christie, W.W. 1982. Lipid Analysis. New York : Pergamon Press, Elmsford.

Crawford, M.A., Hassan, A.G., Williams, G., and Whitchose, W.L. 1976. Essential fatty acids and fetal brain growth. Lancet. 7957:452-453.

de Koning, A.J., Evans, A.A., Heydenrych, C., Purcell, C.J.V., and Wessels, J.P.H. 1985. A critical investigation of a number of different methods of lipid determination in fish meal with particular emphasis an correction required in these determinations. J. Sci. Food Agric. 36:177-185.

Dyerberg, J., Bang, H.O., Stofferson, E., Moncada, S., and Vane, J.R. 1978. Eicosapantaenoic acid and prevention of thrombosis and atherosclerosis. Lancet. 2(8081):117-119.

Egan, H., Rick, R.S., and Sawyer, R. 1981. Pearson's Chemical Analytical of Food 8th ed. Churchill Livingstone : Edinburgh London Melbourne and New York.

Ehira, S. 1976. A biochemical study on the freshness of fish. Bull. Tokai Reg. Fish Res. Lab. 88:1-128.

Gerasimove, G.V., and Antonova, M.T. 1978. Technology Chemical Control in the Fish Processing Industry. New York : Amerind Publishing Co., Ltd.

Goodnight, S.H., Harris, W.S., Connor, W.E., and Illingworth, D.R. 1982. Polyunsaturated fatty acids, hyperlipidemia and thrombosis. Arteriosclerosis. 2(2):87-113.

Gunnlaugsdottir, H., and Ackman, R.G. 1993. Three extraction methods for determination of lipids in fish meal : Evaluation of hexane/isopropanol method as an alternative to chloroform-based methods. J. Sci. Food Agric. 61:235-240.

Haagsma, N., van Gent, C.M., Luten, J.B., de Jong, R.W., and van Doorn, E. 1982. Preparation of an ω -3 fatty acid concentration from cod liver oil. JAOCS. 59(3) :117-118.

Hadziyev, D. 1987. Food Chemistry. Berlin, Germany : Springer-Verlag.

Hall, G.M. 1992. Fish Processing Technology. London : Blackie Academic & Professional.

Hara, A., and Radin, N.S. 1978. Lipid extraction of tissues with a low toxicity solvent. Anal. Biochem. 90:420-426.

Hasegawa, H. 1987. Laboratory Manual on Analytical Method and Procedures for Fish Products. Southeast Asian Fisheries Development Center. Singapore.

Holman, R.T., Johnson, S.B., and Hatch, T.F. 1982. A care of human linolenic acid defficiency involving neurological abnormalities. Amer. J. Clin. Nutr. 35(3):617-623.

Hunter, J.E. 1987. MIT conference : fish oil and other omega-3 sources. JAOCS. 64 (12):1592-1594.

Huss, H.H. 1988. Fresh fish : quality and quality changes. Food and Agriculture Organization of the United nation Danish International Developnment Agency. Rome.

IUPAC. 1979. Standard Methods for the Analysis of Oils, Fat and Derivatives, 6th ed. Part I. Paris : Pergamon Press.

Kinsella, E.J. 1986. Food components with potential therapeutic benifit: : the n-3 polyunsaturated fatty acid of fish oils. Food Technol. 40(2):89-97.

Kulikove, P.J. 1971. Production of Meal Oil and Protein-Vitamin Preparation on Fish Industry. New York : Amerind Publishing Co., Ltd.

Lee, C.F. 1954. Processing fish meal and oil. *In* Industrial Fishery Technology, Stanby, M.E., ed. London : Reinhold Publishing Co., Ltd.

Lee, K.T., Kim, S.M., and Kim, C.Y. 1985. Studies on extraction of fish oils. Bull. Korean Fish Soc. 18(1):23-28.

Low, L.K., and Ng, C.S. 1987. Determination on acid value. pp c-5.1 *In* Laboratory Manual on Analytical Methods and Procedures for Fish and Fish Products, Hasegawa, ed. Marine Fisheries Research Dept. SEAFDEC. Singapore.

Min, D.B. 1994. Crude fat analysis. *In* Introduction to the Chemical Analysis of Food, Nielsen, S.S., ed. London England : Jones and Bartlett Publishers.

Nielsen, C. 1937. Method of extraction liver oil. U.S. Patent. 2,078,404.

Ockerman, H.W. 1992. Fishery by products. *In* Fish Prosessing Technology, Hall, G.M., ed. New York : VCH Publishers, Inc.

Phillipson, B.E., Rothrock, D.W., Cornnor, W.E., Harris, W.S., and Illingworth, D.R. 1985. Reduction of plasma lipids, lipoproteins and apoproteins by dietary fish oils in patients with hypertriglyceridemia. The New England Journal of Medicine. 312 (9):1210-1216.

Rossell, J.B., and Pritchard, J.L.R. 1991. Analysis of Oilseeds Fats and Fatty Foods. England : Elsevier Science Publishing.

Saito, H., Ishihara, K., and Murase, T. 1996. Effect of prey fish lipids on the docosahexaenoic acid content of total fatty acids in the lipid of *Thunnus albacares* Yellowfin Tuna. Biosci. Biotech. Biochem. 60(6):962-965.

Sargent, J.R. and Henderson, R.J. 1995. Marine (n-3) polyunsaturated fatty acid. *In* Developments in Oil and Fats, Hamiton, R.J., ed. Now York : Blackie Academic & Professional.

Sikorski, Z.E. 1989. Seafood Resources, Nutritional Composition and Preservation. Boca Raton, Florida : CRC Press, Inc.

Sinnhuber, R.O., and Yu, T.C. 1958. 2-Thiobabituric acid methods of the measurement of rancidity in fishery products. The quantitative determination of malonaldehyde. Food Tech. 2:9.

Smith, P., Ambrose, M.E., and Knobl, G.N. 1964. Improved rapid method for determining total lipids in fish meal. Comm. Fish Rev. 26:1-5.

Stansby, M.E. 1967. Fish Oil. Westport, Conn. : The AVI Publishing.

Stansby, M.E. 1990. Fish Oils in Nutrition. New York : Reinhold Publishing Co., Ltd.

Sunarya, Hole, M., and Taylor, K.D.A. 1991. Extraction and composition of dogfish liver oil. Indo-Pacific Fishery Commission Working Party on Fish Technology and Marketing. Yogjakarta, Indonesia. 24 - 27 September 1991. 326-332.

Takahashi, K., and Takeuchi, T. 1989. Extraction of phospholipid containing feed oil by propylalcohol. Nippon suisam Gatkaishi. 55(6):1059-1066.

Tressler, D.K., and Lemon, J.M. 1951. Marine Products of Commerce. New York : Reinhold Publishing Co., Ltd.

Weiss, T.J. 1980. Food Oils and Their Uses. Westport, Conn. : AVI publishing.

Wheaton, F.W., and Lawson, T. B. 1985. Processing Aquatic Food Products. New York : A Wiley - Interscience Publication.

Willett, J. 1988. Gas Chromatography. London : Published on Behalf OACOL.

Yang, M.H., Chang, S.C., and Chan, R.H. 1992. Effect solvent polarlity and fractionation temperature on the physicochemical properties of squid visera stearin. JAOCS. 69(12) : 1192-1197.

Young, F.V.K. 1985A. The refining and hydrogenation of fish oil. Fish Oil Bulletin 17. International Association of Fish Meal Manufacturers.

Yunizal, Hak, N., and Nasran, S. 1986. Shark liver oil extraction. Proceeding of The First Asian Workshop on Fish Waste. Jakarta, Indonesia.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก การวิเคราะห์ทางเคมี

ก1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและคุณภาพทางเคมี

1.1 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น โดยวิธีอบตู้ไฟฟ้า (A.O.A.C., 1990)

อุปกรณ์

1.ตู้อบอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส

2.ภาชนะหาความชื้น (จานอลูมิเนียม พร้อมฝา)

3.โถดูดความชื้น

4.เครื่องชั่งไฟฟ้า

วิธีการ

1.อบภาชนะสำหรับหาความชื้นในตู้อบไฟฟ้า ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วนำออกจากตู้ใส่ไว้ในโถดูดความชื้นปล่อยทิ้งไว้จนกระทั่งอุณหภูมิของภาชนะลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้องแล้วชั่งน้ำหนัก

2.กระทำเช่นข้อ 1 ซ้ำ จนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

3.ชั่งตัวอย่างอาหารที่ต้องการหาความชื้นให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน 1-3 กรัม ใส่ลงในภาชนะหาความชื้นซึ่งทราบน้ำหนัก แล้วนำไปอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 5-6 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบใส่ไว้ในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนักภาชนะพร้อมตัวอย่างนั้น จากนั้นนำกลับไปเข้าตู้อบอีก และกระทำเช่นเดิมจนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

การคำนวน

$$M = [(W_1 - W_2) \times 1000] / W_1$$

เมื่อ M คือ ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)

W_1 คือ น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ

W_2 คือ น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ

1.2 การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน Crude fat (A.O.A.C., 1990)

อุปกรณ์

1.อุปกรณ์ชุดสกัดไขมัน (soxhlet apparatus) ประกอบด้วยขวดกลมสำหรับใส่ตัวทำละลายในซอคเลต (soxhlet) เครื่องควบแน่น (condenser) และเตาให้ความร้อน (heating mantle)

2.หลอดใส่ตัวอย่าง (extraction thimble)

3.สำลี

4.ตู้อบไฟฟ้า

5.เครื่องชั่งไฟฟ้าอย่างละเอียด

6.โถดูดความชื้น

วิธีการ

1.อบขวดกลมสำหรับหาปริมาณไขมัน ซึ่งมีขนาดความจุ 250 มิลลิลิตรในตู้อบไฟฟ้าทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น และชั่งน้ำหนักที่แน่นอน

2.ชั่งตัวอย่างบนกระดาษกรองที่ทราบน้ำหนัก ประมาณ 1-2 กรัม ห่อให้มิดชิดแล้วใส่ลงในหลอดสำหรับใส่ตัวอย่างคลุมด้วยสำลีเพื่อให้สารทำละลายมีการกระจายอย่างสม่ำเสมอ

3.นำหลอดตัวอย่างใส่ลงในซอคเลต

4.เติมสารตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเทอร์ลงในขวดหาไขมันปริมาณ 150 มิลลิลิตรแล้ววางบนเตาให้ความร้อน

5.ทำการสกัดไขมันเป็นเวลา 14 ชั่งโมง โดยปรับความร้อนให้หยดของสารทำละลายกลั่นตัวจากอุปกรณ์ควบแน่นด้วยอัตรา 150 หยดต่อนาที

6.เมื่อครบ 14 ชั่วโมง นำหลอดใส่ตัวอย่างออกจากซอคเลตและกลั่นเก็บสารทำละลายจนเหลือในขวดกลมเพียงเล็กน้อยด้วยเครื่องระเหยตัวทำละลาย

7.นำขวดหาไขมันไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียส จนแห้งทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น

8.ชั่งน้ำหนัก แล้วอบซ้ำครั้งละ 30 นาที จนกระทั่งผลต่างของน้ำหนักสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

การคำนวน

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

1.3 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน โดยวิธีเจลดาล (A.O.A.C., 1990)

อุปกรณ์

1.อุปกรณ์ย่อยโปรตีน ประกอบด้วยเตา (VELP DK 6) และหลอดใส่ตัวอย่าง

2.อุปกรณ์กลั่นโปรตีน

3.ขวดรูปชมพู่ (erlenmeyer flask) ขนาด 250 มิลลิลิตร

4.ปิเปต

5.บูเรตต์ ขนาด 25 มิลลิลิตร

6.เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง

สารเคมี

1.สารผสมระหว่างคอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4$) และโพแทสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) อัตราส่วน 1:10

2.กรดซัลฟูริกเข้มข้น (conc. H_2SO_4)

3.โซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้นร้อยละ 40

4.กรดบรอริก เข้มข้นร้อยละ 2

5.กรดเกลือ เข้มข้น 0.02 นอร์มอล

6.อินดิเคเตอร์ (indicator) เป็นสารผสมระหว่าง เมทิลเรด เมทิลีนบลู และโบรโมครีซอลกรีน

วิธีการ (ดัดแปลงจาก A.O.A.C., 1990)

1.ชั่งตัวอย่าง (ของแข็ง) ให้ได้น้ำหนักแน่นอนประมาณ 0.5-1 กรัม (ตัวอย่างของเหลว ใช้ปริมาตร 10-15 มิลลิลิตร) ใส่ลงในหลอดย่อยโปรตีน และทำแบลงค์ด้วย

2.ใส่สารผสม $CuSO_4$ และ K_2SO_4 ประมาณ 5 กรัม

3.เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น ปริมาณ 20 มิลลิลิตร

4.วางหลอดย่อยในเตาย่อยแล้วประกอบสายยางระหว่างฝาครอบ ขวดใส่ด่างและเครื่องดักจับไอกรดให้เรียบร้อย

5.เปิดสวิทซ์เครื่อง scrubber และเตาย่อย แล้วตั้งอุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที จากนั้นปรับเพิ่มอุณหภูมิเป็น 350 องศาเซลเซียส ย่อยต่ออีก 60 นาที จนได้สารละลายใส

6.ปล่อยทิ้งให้เย็น

7.จัดอุปกรณ์กลั่น แล้วเปิดสวิทซ์ไฟ แล้วเปิดน้ำหล่อเย็นเครื่องควบแน่นด้วย

8.นำขวดรูปชมพู่ ขนาด 50 มิลลิลิตร ซึ่งบรรจุกรดบรอริก (เข้มข้นร้อยละ 2) ปริมาณ 50 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร ซึ่งเติมอินดิเคเตอร์เรียบร้อยแล้วไปรองรับของเหลวที่จะกลั่นโดยให้ส่วนปลายของอุปกรณ์ควบแน่น จุ่มลงในสารละลาย

9.ใส่หลอดเข้าในเครื่องกลั่น เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ จนได้สารละลายสีดำ

10.กลั่นให้ได้ของเหลว ประมาณ 100-150 มิลลิลิตร

11.ไตเตรตสารละลายที่กลั่นได้ด้วยกรดเกลือที่มีความเข้มข้น 0.02 นอร์มอล สีของสารละลายจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีม่วง

การคำนวน

ปริมาณโปรตีน (คิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก) = $\frac{(A-B)\ N \times 14.007 \times F}{W}$

A = ปริมาตรกรดที่ใช้ไตเตรตกับตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

B = ปริมาตรกรดที่ใช้ไตเตรตกับ blank (มิลลิลิตร)

N = ความเข้มข้นของกรด (นอร์มอล)

F = แฟคเตอร์ ตัวเลขที่เหมาะสม 6.25

W = น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น (กรัม)

1.4 การวิเคราะห์ค่าความหืน ใช้วิธีการหาค่า TBA value (Egan. *et al.*, 1981)

อุปกรณ์

1.ชุดกลั่น

2.ลูกแก้ว

3.เตาไฟฟ้า

4.ปิเปต

5.หลอดทดสอบชนิดมีจุก

6.เครื่องวัดสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometer)

สารเคมี

1.สารละลายกรดเกลือ เข้มข้น 4 นอร์มอล

2.สารป้องกันการเกิดฟอง (antifoam liquid)

3.สารละลายกรดไธโอบาบิทูริก (ละลาย 0.2883 กรัม ของกรดไธโอบาบิทูริก ลงในกรดอะซิติก เข้มข้นร้อยละ 90)

วิธีการ

1.ชั่งตัวอย่างอาหาร 10 กรัม ด้วยน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร เป็นเวลา 2 นาที แล้วถ่ายลงในขวดกลั่นใช้น้ำ 47.5 มิลลิลิตร ล้างภาชนะที่ใส่ตัวอย่างแล้วเทลงขวด

2.เติม 2.5 มิลลิลิตร ของสารละลายกรดเกลือ เข้มข้น 4 นอร์มอล (pH ควรจะเป็น 1.5) แล้วเติมลูกแก้วและสารป้องกันการเกิดฟอง

3.กลั่นให้ได้ของเหลว 50 มิลลิลิตร ภายใน 10 นาที

4.ดูดสารที่กลั่นได้ 5 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองที่มีจุกปิด

5.เติม 5 มิลลิลิตร ของสารละลายกรดไธโอบาบิทูริก เขย่าและให้ความร้อนด้วยน้ำเดือด เป็นเวลา 35 นาที

6.ทำ blank โดยใช้วิธีเดียวกัน ใช้ 5 มิลลิลิตร ของน้ำกลั่นให้ความร้อนด้วยน้ำเดือด 35 นาที

7. นำตัวอย่างและ blank ที่เย็นแล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 532 นาโนเมตร

การคำนวน

ค่าความหืน = 7.8 x ค่าดูดกลืนแสงของตัวอย่างที่หัก blank แล้ว

(มก.มาโลนอลดีไฮด์ / กก. ตัวอย่าง)

1.5 การวิเคราะห์หาปริมาณรวมของด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด ใช้วิธีคอนเวย์ (Hasegawa, 1987)

อุปกรณ์

1.จานระเหยแบบคอนเวย์ (conway unit)

2.ไมโครบิวเรต (micro buret)

3.ปิเปต ขนาด 1 และ 10 มิลลิลิตร

4.ถ้วยบด

5.กระดาษกรอง

6.กรวย

สารเคมี

1.วาสลีน

2.อินดิเคเตอร์ผสม (ละลาย 0.01 กรัมของโบรโมครีซอลกรีน และ 0.02 กรัมของเมธิลเรดด้วยเอธานอล แล้วปรับจนได้ปริมาตร 10 มิลลิลิตร)

3.สารละลายวงแหวนชั้นใน (inner ring) (10 กรัม ของกรดบรอริกในเอธานอลปริมาณ 200 มิลลิลิตร เติมอินดิเคเตอร์ 10 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร)

4.สารละลายอิ่มตัวของโพแทสเซียมคาร์บอเนต (ละลายโพแทสเซียมคาร์บอเนต 60 กรัมในน้ำกลั่นปริมาณ 50 มิลลิลิตร นำไปต้มให้เดือดประมาณ 10 นาที แล้วทำให้เย็นนำผ่านกระดาษกรอง)

5.สารละลายกรดไตรคลอโรอะซิติก (trichloroacetic acid) เข้มข้นร้อยละ 4 (ชั่งกรดไตรคลอโรอะซิติก 40 กรัม ละลายในน้ำกลั่นปรับปริมาตรให้ได้ 1000 มิลลิลิตร)

6.สารละลายกรดเกลือ เข้มข้น 0.02 นอร์มอล

วิธีการ

1.สกัดตัวอย่างอาหาร นำตัวอย่างอาหารที่ทราบน้ำหนักแน่นอนประมาณ 2 กรัม ในถ้วยบด เติมสารละลายกรดไตรคลอโรอะซิติก เข้มข้นร้อยละ 4 ปริมาตร 10 มิลลิลิตร บดให้ละเอียดปล่อยทิ้งไว้ 30 นาที จากนั้นนำไป กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 41 ปรับปริมาตรให้ได้ 10 มิลลิลิตร หากไม่สามารถวิเคราะห์ได้ทันที นำไปเก็บไว้ที่ -20 องศาเซลเซียส

2.ทาวาสลีนที่ขอบจานคอนเวย์

3.ปิเปต 1 มิลลิลิตร ของสารละลายของวงแหวนชั้นใน (inner ring) ใส่ในขอบจานด้านใน

4.ปิเปต 1 มิลลิลิตร ของสารละลายอิ่มตัวของโพแทสเซียมคาร์บอเนต ใส่ในขอบจานด้านนอก

5.ปิเปต 1 มิลลิลิตร ของสารละลายตัวอย่างที่สกัดได้ ลงในขอบจานด้านนอกอีกด้านหนึ่งระวังไม่ให้ผสมกับสารละลายอิ่มตัวของสารละลายโพแทสเซียมคาร์บอเนต

6.ปิดจานคอนเวย์ ให้สารละลายตัวอย่าง และสารละลายอิ่มตัวของโพแทสเซียมคาร์บอเนตผสมกัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เวลา 1 ชั่งโมง

7. ไตเตรตสารละลายชั้นในด้วยสารละลายกรดเกลือเข้มข้น 0.02 นอร์มอล จนกระทั่งสีเขียวหายไปและได้สีชมพู

8.ทำ blank ด้วยวิธีการเดียวกันแต่ใช้สารละลายกรดไตรคลอโรอะซิติก ความเข้มข้น ร้อยละ 4 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร แทนสารละลายตัวอย่าง

การคำนวน

$$\text{ปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด} = \frac{N \times 14\ (A-B) \times V \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

(มิลลิกรัม ไนโตรเจน / 100 กรัมตัวอย่าง)

โดยที่ N = ความเข้มข้นของสารละลายกรดเกลือ (นอร์มอล)

A = ปริมาตรของสารละลายกรดเกลือที่ให้ไตเตรตกับตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

B = ปริมาตรของสารละลายกรดเกลือที่ใช้ไตเตรตกับ blank (มิลลิลิตร)

V = ปริมาตรรวมของตัวอย่างและกรดไตรคลอโรอะซิติกที่ใช้ในการเตรียมตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

(น้ำหนักกรัมสมมูลย์ของไนโตรเจน = 14.007)

1.6 การวิเคราะห์ค่า K โดยใช้วิธีของ (Hasegawa, 1987)

อุปกรณ์

1.คอลัมน์ที่ทำด้วยแก้วมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 6 มม. สูง 50 มม.

2.เครื่องแยกเหวี่ยง

3.กรวยกรอง buchner

สารเคมี

1.สำหรับการเตรียมตัวอย่าง (ควรเก็บสารเคมีไว้ในตู้เย็นหรืออุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส)

1.1 สารละลายกรดเปอร์คลอริก เข้มข้นร้อยละ 10 (ละลาย 10 กรัมของกรดเปอร์คลอริก กับน้ำกลั่นปริมาตร 90 มิลลิลิตร)

1.2 สารละลายกรดเปอร์คลอริก เข้มข้นร้อยละ 5 (ละลาย 10 กรัมของกรดเปอร์คลอริก กับน้ำกลั่นปริมาตร 190 มิลลิลิตร)

1.3 สารละลายกรดเปอร์คลอริกที่เป็นกลาง (นำสารละลายกรดเปอร์คลอริก เข้มข้นร้อยละ 5 ปริมาตร 100 มิลลิลิตร มาทำให้เป็นกลาง พีเอช 6.4 ด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 10 นอร์มอล โดยใช้พีเอชมิเตอร์ กรองตะกอนที่เกิดขึ้นโดยใช้กระดาษกรอง หลังจากนั้นทำให้สารละลายเย็นที่ 5 องศาเซลเซียส)

1.4 สารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 10 นอร์มอล (ละลาย 56 กรัมของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ด้วยน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้ได้ 100 มล.)

1.5 สารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1 นอร์มอล (ละลาย 5.6 กรัมของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ด้วยน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้ได้ 100 มล.)

2.สำหรับการเตรียม ion-exchange chromatography

2.1 สารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 0.5 โมลาร์ เตรียมโดยเจือจางสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้นร้อยละ 25 จำนวน 4 มล. ด้วยน้ำกลั่นจำนวน 96 มล.

2.2 สารละลาย A เป็นสารละลายกรดเกลือ เข้มข้น 0.001 นอร์มอล เตรียมโดยเจือจางสารละลายมาตรฐานกรดเกลือ เข้มข้น 1 นอร์มอล จำนวน 1 มล. ปรับปริมาตรให้เป็น 1000 มล. ด้วยน้ำกลั่น

2.3 สารละลาย B เป็นสารละลายกรดเกลือ เข้มข้น 0.01 นอร์มอล ที่มีโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 0.6 นอร์มอล เตรียมโดยละลาย 35.07 กรัมของโซเดียมคลอไรด์กับน้ำกลั่น แล้วจึงเติมลงไปในสารละลายมาตรฐานกรดเกลือ เข้มข้น 1 นอร์มอล จำนวน 10 มล. ปรับปริมาตรให้เป็น 1000 มล. ด้วยน้ำกลั่น

2.4 anion exchange resin - AG (R) 1-X_4, 400 mesh C1 (chloride) - form (Bio-Rad Col.)

3. สำหรับการเตรียม ion-exchange resin

1 อะซิโตน

2. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 0.1 นอร์มอล

3. สารละลายกรดเกลือ เข้มข้น 0.1 นอร์มอล

วิธีการ

1.การเตรียม ion-exchange resin

1.ใช้ anion exchange resin ประมาณ 100 กรัม ผสมกับอะซิโตน 1 ลิตร

2.ตั้งทิ้งไว้ 20 นาที พร้อมกับการคนโดยสม่ำเสมอ กรอง resin ผ่าน buchner funnel ภายใต้สุญญากาศ

3.ล้างด้วยน้ำกลั่นปราศจากอิออนจำนวน 1 ลิตร กรอง resin ผ่าน buchner funnel ภายใต้สุญญากาศ

4. ล้างด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 0.1 นอร์มอล ประมาณ 500 มล.

5. ตั้งทิ้งไว้ 20 นาที พร้อมกับการคนโดยสม่ำเสมอ กรอง resin ผ่าน

buchner funner ภายในสุญญากาศ

6. ล้างด้วยน้ำกลั่นประมาณ 1 ลิตร กรอง resin ผ่าน buchner funnl ภายใต้สุญญากาศ

7. ล้างด้วยสารละลายกรดเกลือ เข้มข้น 0.1 นอร์มอล ประมาณ 1 ลิตร

8. ตั้งทิ้งไว้ 20 นาที พร้อมกับการคนโดยสม่ำเสมอ กรอง resin ผ่าน buchner funnel ภายใต้สุญญากาศ

9. ล้างด้วยน้ำกลั่น แล้วกรอง resin ผ่าน Buchner funnel หลาย ๆ ครั้งจนกระทั่งสารละลายที่กรองได้เป็นกลาง ทดสอบโดยใช้กระดาษวัดพีเอช

10. เก็บ resin ที่ได้ในขวดที่มีน้ำกลั่นปราศจากอิออนไว้ที่ 5 องศาเซลเซียส

2. การเตรียมการสกัดเนื้อปลา

1.ชั่งตัวอย่าง 1 กรัม บดผสมด้วยสารละลายกรดเปอร์คลอริก (แช่เย็น) เข้มข้นร้อยละ 10 ปริมาตร 2 มล. ให้เข้ากัน

2.เข้าเครื่องแยกเหวี่ยงที่ 2000-3000 รอบ/นาที เป็นเวลานาน 2-3 นาที แล้วแยกส่วนใสเก็บไว้

3.นำส่วนตะกอน บดผสมด้วยสารละลายกรดเปอร์คลอริก (แช่เย็น) เข้มข้นร้อยละ 5 นำเข้าเครื่องแยกเหวี่ยงที่ 2000-3000 รอบ/นาที เป็นเวลานาน 2-3 นาที แล้วแยกส่วนใสเก็บไว้

4.นำส่วนตะกอน บดผสมด้วยสารละลายกรดเปอร์คลอริก (แช่เย็น) เข้มข้นร้อยละ 5 ปริมาตร 2 มล. ซ้ำอีกครั้ง นำเข้าเครื่องแยกเหวี่ยงที่ 2000-3000 รอบ/นาที เป็นเวลานาน 2-3 นาที แล้วแยกส่วนใสเก็บไว้

5.นำส่วนใสที่เก็บไว้ทั้งหมดมารวมกัน ปริมาตรประมาณ 6 มล.

6.ทำให้เป็นกลางด้วยการเติมสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 10 นอร์มอล (ประมาณ 6-8 หยด)

7.ปรับให้มีพีเอช 3 ด้วยกรดไฮโดรคลอริก ทดสอบโดยใช้ thymol blue (TB) paper

8.ทำให้เป็นกลางด้วยการเติมสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 1 นอร์มอล (ประมาณ 4 หยด) ปรับให้มีพีเอช 6.5-6.8 แล้วทดสอบโดยใช้ bromothymol blue (BIB) paper

9.เข้ากับเครื่องแยกหมุนเหวี่ยง ที่ความเร็วรอบ 2000-3000 รอบ/นาที เป็นเวลา 2-3 นาที และแยกส่วนใสเก็บไว้ในขวดปรับปริมาตรขนาด 10 มล.

10.นำส่วนตะกอน ล้างด้วยสารละลายกรดเปอร์คลอริกที่เป็นกลาง (แช่เย็น) ปริมาตร 2 มล. นำเข้าเครื่องแยกหมุนเหวี่ยงที่ 2000-3000 รอบ/นาที เป็นเวลานาน 2-3 นาทีแล้วแยกส่วนใสเก็บไว้ และแยกตะกอนของโพแทสเซียมเปอร์คลอเรต ($KClO_4$)

11.นำส่วนใสที่เก็บได้ทั้งหมดมารวมกันแล้วปรับปริมาตรให้ได้ 10 มล.ด้วยสารละลายกรดเปอร์คลอริกที่เป็นกลาง (ถ้ายังไม่ใช้ทันทีควรเก็บไว้ที่ -20 องศาเซลเซียส)

3. การหาค่า K

1.นำส่วนที่สกัดได้จากข้อ ข. ปริมาตร 2 มล.ปรับพีเอช ให้ได้ 9.4 ด้วยสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 0.5 นอร์มอล

2.นำเติมลงใน column ที่ได้เตรียมไว้ก่อนแล้ว

3.ล้างด้วยด้วยน้ำกลั่นปราศจากอิออนปริมาตร 20 มล.

4.ชะไฮโปแซนธีนไรโบไซด์ (HxR) และไฮโปแซนธีน (Hx) ด้วยสารละลาย A ปริมาตร 45 มล. และเก็บส่วนที่ชะได้ ใส่ในขวดปรับปริมาตรปรับปริมาตรให้ได้ 50 มล. ด้วยสารละลาย A วัดค่า OD ที่ 250 นาโนเมตร

5.ชะอะดรีโนซีนไตรฟอสเฟต (AIP) อะดรีโนซีนไดฟอสเฟต (ADP) ไอโนซีนโมโนฟอสเฟต (IMP) อะดรีโนซีนโมโนฟอสเฟต (AMP) ที่ถูกดูดซับอยู่บน resin ต่อด้วยสารละลาย B 45 มล.วัดค่า OD ที่ 250 นาโนเมตร

การคำนวน

$$\text{ค่า K (ร้อยละ)} = \frac{\text{ค่า OD ของ elute A ที่ 250 nm} \times 100}{\text{ค่า OD ของ elute A ที่ 250 nm + OD ของ elute B ที่ 250 nm}}$$

1.7 การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมด (A.O.A.C., 1990)

อุปกรณ์

1.ถ้วยกระเบื้องสำหรับระเหย

2.ตู้อบที่ควบคุมอุณหภูมิได้ที่ 100 องศาเซลเซียส

3.อ่างไอน้ำ

4.โถดูดความชื้น(desciator)

5.เครื่องชั่งชนิดละเอียด 4 ตำแหน่ง

วิธีการ

1. ล้างถ้วยระเหยให้สะอาด อบให้แห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเวลานาน 1 ชั่วโมง ทำให้เย็นเท่าอุณหภูมิห้องในโถดูดความชื้นชั่งน้ำหนักที่แน่นอน

2. ชั่งตัวอย่างประมาณ 9.5-10.5 กรัม ใส่ในถ้วยระเหยที่ทราบน้ำหนักแน่นอน

3. เติมน้ำ 20 มล. ผสมให้เข้ากัน นำไประเหยให้แห้งบนอ่างไอน้ำ

4. อบให้แห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

5. ปล่อยให้เย็นเท่าอุณหภูมิห้องในโถดูดความชื้น หรือประมาณ 45 นาที

6. ชั่งน้ำหนัก

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณของแข็งทั้งหมด(ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักของแข็ง (กรัม)} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง(กรัม)}}$$

ก2 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของน้ำมัน

2.1 การวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันอิสระ (IUPAC, 1979)

อุปกรณ์

1.ขวดแก้ว (erlenmeyer flask)

2.กระบอกตวง (cylinder)

3.บูเรตต์

สารเคมี

1.เอทิลแอลกอฮอล์ เข้มข้นร้อยละ 95

2.สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (ละลายในเอทิลแอลกอฮอล์) ที่มีความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล

3.ฟีนอฟทาลีน เข้มข้นร้อยละ 1 (ละลายในเอทิลแอลกอฮอล์)

วิธีการ

1.ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักแน่นอน 1-10 กรัม ในขวดขนาด 250 มล.

2.เตรียมสารละลายเอทิลแอลกอฮอล์ให้เป็นกลาง โดยการเติมฟีนอฟทาลีน 5 หยดและปรับให้เป็นกลางด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1 นอร์มอล หยดด่างทีละหยดพร้อมทั้งเขย่าหรือกวนจนได้สารละลายแอลกอฮอล์เป็นสีชมพูถาวร

3.เติมเอทิลแอลกอฮอล์ที่เป็นกลาง 50 มล. ลงในตัวอย่าง เขย่าอย่างแรงให้ตัวอย่างละลายในแอลกอฮอล์ ถ้าละลายได้ไม่ดีให้อุ่นที่อุณหภูมิ 60-65 องศาเซลเซียส

4.ไตเตรตสารละลายตัวอย่างด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1 นอร์มอล ขณะไตเตรตต้องเขย่าอย่างแรงจนกระทั่งได้สารละลายสีชมพูคงที่อยู่ประมาณ 1 นาที

5.คำนวณค่ากรดและปริมาณกรดไขมันอิสระจากสูตร

การคำนวณ

$$\text{กรดไขมันอิสระ (คิดเป็นร้อยละในรูปกรดโอเลอิก)} = \frac{\text{ปริมาตรด่างที่ใช้ (มล.)} \times \text{ความเข้มข้นด่างที่ใช้ (มล.)} \times 28.2}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}}$$

(น้ำหนักโมเลกุลของกรดโอเลอิก = 282)

2.2 การวิเคราะห์ค่าเปอร์ออกไซด์ (IUPAC, 1979)

อุปกรณ์

1.ขวดแก้ว (erlenmeyer flask) ขนาด 250 มล.

2.บูเรตต์ ขนาด 25 มล.

3.ปิเปต ขนาด 10 มล.

สารเคมี

1.สารละลายผสมกรดแอซิติกกับคลอโรฟอร์ม อัตราส่วน 3:2

2.สารละลายอิ่มตัวโพแทสเซียมไอโอไดด์ (KI)

3.สารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต ($Na_2S_2O_3 . 5H_2O$) เข้มข้น 0.01 นอร์มอล

4.น้ำแป้ง (soluble starch) เข้มข้นร้อยละ 1

วิธีการ

1.ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักแน่นอน (ดูจากตารางภาคผนวกที่ 1) ใส่ขวดขนาด 250 มล.

ตารางภาคผนวกที่ 1 ปริมาณตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ค่าเปอร์ออกไซด์

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

2.เติมสารละลายแอซิติก-คลอโรฟอร์ม 25 มล. เขย่าให้ตัวอย่างละลาย

3.เติมสารละลายอิ่มตัวโพแทสเซียมไอโอไดด์ 1 มล. ปิดจุกพร้อมเขย่านาน 1 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ที่มืด 5 นาที

4.เติมน้ำกลั่น 75 มล.

5.ไตเตรตกับสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต พร้อมเขย่าอย่างแรงจนได้สารละลายสีเหลืองอ่อน เติมน้ำแป้ง 0.5 มล. แล้วไตเตรตต่อไปจนสีน้ำเงินหมดไป

6.เตรียมและไตเตรต blank เช่นเดียวกับตัวอย่าง

7.คำนวณค่าเปอร์ออกไซด์จากสูตร

การคำนวณ

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

b = ปริมาตร (มล.) ของโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ไตเตรตกับ blank

a = ปริมาตร (มล.) ของโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ไตเตรตกับตัวอย่าง

N = ความเข้มข้นของโซเดียมไทโอซัลเฟต (นอร์มอล)

W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

2.3 การวิเคราะห์ค่าสปอนนิฟิเคชั่น (IUPAC, 1979)

อุปกรณ์

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

2.ลูกแก้วหรือเศษกระเบื้องสำหรับใส่กันกระแทก

สารเคมี

1.โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ในเอทิลแอลกอฮอล์ เข้มข้น 0.5 นอร์มอล ซึ่งเตรียมไว้อย่างน้อย 5 วัน ก่อนใช้และสารละลายที่ได้ควรไม่มีสีหรือมีสีเหลืองฟาง

2.กรดเกลือ เข้มข้น 0.5 นอร์มอล

3.ฟีนอฟทาลีน ร้อยละ 1

วิธีการ

1.ชั่งตัวอย่างให้ได้แน่นอน 1-2 กรัมใส่ในขวดที่สะอาดและแห้ง

2.เติมสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 25 มล.โดยใช้ปิเปตและใส่ลูกแก้วด้วย

3.จัดเครื่องกลั่นพร้อมเปิดน้ำหล่อชุดควบแน่นและเปิดสวิทซ์ไฟรีฟลักซ์สารละลาย (ให้เดือดเบาๆ) นาน 60 นาที

4.นำขวดใส่สารละลายออกจากอุปกรณ์ควบแน่นชุดกลั่น

5.เติมฟีนอฟทาลีน 5 หยด แล้วไตเตรตด้วยกรดเกลือ เข้มข้น 0.5 นอร์มอล

6.เตรียมและไตเตรต blank เช่นเดียวกับตัวอย่าง

การคำนวณ

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

(มิลลิกรัมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อกรัมน้ำมัน)

b = ปริมาตรกรดเกลือที่ใช้ไตเตรตกับ blank (มล.)

a = ปริมาตรกรดเกลือที่ใช้ไตเตรตกับตัวอย่าง (มล.)

N = ความเข้มข้นของกรดเกลือ (นอร์มอล)

W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

2.4 การวิเคราะห์ค่าไอโอดีน (IUPAC, 1979)

อุปกรณ์

1.ขวดขนาด 500 มล.

2.จุกยาง

3.ปิเปตขนาด 25 มล.

4.บูเรตต์ขนาด 25 มล.

5.ลูกแก้วกันกระแทก

สารเคมี

1.สารละลายวิจส์ (Wij 's solution)

วิธีเตรียม ชั่งสารไอโอดีนคลอไรด์ (ICl) หนัก 9 กรัม ละลายในสารละลายผสมของกรดแอซิติก 70 มิลลิลิตรกับคาร์บอนเตตราคลอไรด์ 300 มิลลิลิตร

2.โพแทสเซียมไอโอไดด์ เข้มข้นร้อยละ 10

3.โซเดียมไทโอซัลเฟต เข้มข้น 0.1 นอร์มอล

4.คาร์บอนเตตราคลอไรด์ (CCl_4)

5.น้ำแป้งเข้มข้นร้อยละ 1 (soluble starch)

วิธีการ

1.ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักแน่นอน (ดูจากตารางภาคผนวกที่ 2) ใส่ในขวดขนาด 500 มล. ที่สะอาดและแห้ง (ในกรณีตัวอย่างเป็นของแข็งให้หลอมและกรองตัวอย่างก่อนชั่ง)

2.เติมคาร์บอนเตตราคลอไรด์ ปริมาตร 15 มล.

3.เติมสารละลายวิจส์ ปริมาตร 25 มล. โดยใช้ปิเปตและให้ปลายปิเปตจรดข้างขวดด้วยจำนวนครั้งที่แน่นอนและเท่ากันทุกครั้งที่ทำการทดลอง

4.เขย่าขวดแล้วตั้งไว้ในที่มืด 1-2 ชั่วโมง

ตารางภาคผนวกที่ 2 ปริมาณตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ค่าไอโอดีน

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

ที่มา : IUPAC (1979)

5.เติมสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ เข้มข้นร้อยละ10 ปริมาตร 20 มล. และน้ำต้มใหม่ซึ่งเย็นแล้ว 150 มล.

6.ไตเตรตด้วยสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตเข้มข้น 0.1 นอร์มาล เขย่าอย่างสม่ำเสมอขณะไตเตรตจนได้สารละลายสีเหลืองอ่อน เติมน้ำแป้ง 2-3 หยด จนกลายเป็นสีน้ำเงินแล้วไตเตรตต่อไปจนสีน้ำเงินหมดไปก่อนปฏิกริยาจะสิ้นสุดถึงจุดยุติให้ปิดขวดด้วยจุกยางเขย่าอย่างแรง เพื่อให้ไอโอดีนที่เหลืออยู่ในชั้นของคาร์บอนเตตราคลอไรด์ถูกดึงออกมาให้หมด

7.เตรียม blank

การคำนวณ

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

(กรัมไอโอดีนต่อ 100 กรัมน้ำมัน)

b =ปริมาตรโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ไตเตรตกับ blank (มล.)

a =ปริมาตรโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ไตเตรตกับตัวอย่าง (มล.)

N =ความเข้มข้นโซเดียมไทโอซัลเฟต (นอร์มอล)

W =น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

2.5 การวิเคราะห์สารสปอนนิฟายไม่ได้ (IUPAC, 1979)

อุปกรณ์

1.ชุดกลั่นแบบรีฟลักซ์ (reflux) ซึ่งประกอบด้วย ขวดกลั่นขนาด 250 มล.ต่อกับเครื่องควบแน่น (reflux condenser) ตั้งบนเตา (heating mantle)

2.กรวยแยก (seperation funnel)

3.ลูกแก้ว

4.ตู้อบความร้อนที่ควบคุมอุณหภูมิได้

สารเคมี

1.สารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ในแอลกอฮอล์เข้มข้น 3 นอร์มอล และ 0.5 นอร์มอล

2.สารละลายไดเอธิลอีเทอร์

3.สารละลายฟีนอฟทาลีน

วิธีการ

1.ชั่งตัวอย่างน้ำมันประมาณ 1-2 กรัม ให้ได้น้ำหนักแน่นอน ใส่ขวดกลั่นที่สะอาดและแห้ง

2.เติมสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ปริมาตร 25 มล. โดยใช้ปิเปต และใส่ลูกแก้ว

3.จัดเครื่องกลั่นพร้อมเปิดน้ำหล่อชุดควบแน่นและเปิดสวิทซ์ไฟรีฟลักซ์สารละลาย (ให้เดือดเบาๆ) นาน 60 นาที

4.นำขวดใส่สารละลายออกจากอุปกรณ์ควบแน่นของชุดกลั่นตั้งทิ้งไว้ให้เย็น

5.เติมสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 3 นอร์มอล ปริมาตร 1 มล.

6.เทสารละลายทั้งหมดใส่ลงในกรวยแยก ล้างขวดด้วยน้ำกลั่นปริมาตร 50 มล.

7.สกัดสารละลายด้วยไดเอธิลอีเทอร์ 3 ครั้งๆ ละ 50 มิลลิลิตร

8.แยกชั้นไดเอธิลอีเทอร์ที่สกัดได้แต่ละครั้งใส่รวมในกรวยแยกอีกอันหนึ่งที่มีน้ำกลั่น 20 มล. เขย่าและล้างไดเอธิลอีเทอร์ด้วยน้ำ

9.แยกน้ำออกทิ้ง ล้างไดเอธิลอีเทอร์ซ้ำอีก 2 ครั้งด้วยน้ำกลั่นครั้งละ 20 มล.

10.ล้างไดเอธิลอีเทอร์ 2 ครั้งด้วยสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.5 นอร์มอล ครั้งละ 20 มล.

11.ล้างด้วยน้ำกลั่นครั้งละ 20 มล.อย่างน้อย 2 ครั้ง จนน้ำที่ได้เป็นด่างต่อฟีนอฟทาลีน

12.เทไดเอทิลอีเทอร์ใส่ลงในบีกเกอร์แห้งที่ผ่านการอบและทราบน้ำหนักแน่นอน

13.ระเหยเอาไดเอธิลอีเทอร์ออกจนแห้ง ที่อุณหภูมิไม่เกิน 80 องศาเซลเซียส จนได้น้ำหนักคงที่

14.ชั่งน้ำหนักที่ได้

การคำนวณ

$$\text{สารสปอนนิฟายไม่ได้ (ร้อยละ)} = \frac{w}{W} \times 100$$

เมื่อ w คือ น้ำหนักที่เหลือจาการสปอนนิฟาย (กรัม)

W คือ น้ำหนักของน้ำมัน (กรัม)

ภาคผนวก ข การวิเคราะห์ปริมาณ ชนิดและองค์ประกอบของน้ำมันตับปลา

การวิเคราะห์ปริมาณ ชนิดและองค์ประกอบของน้ำมันจากตับปลา

แก๊สโครมาโทกราฟี (Gas Chromatography, GC) เป็นเทคนิคที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณ ชนิดและองค์ประกอบของน้ำมันจากตับปลา หลักการของเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี คือ การแยกสารผสมที่สามารถเปลี่ยนให้อยู่ในรูปที่เป็นแก๊สได้ที่อุณหภูมิหนึ่ง (ไม่เกิน 450 องศาเซลเซียส) ถ้าสารใดเปลี่ยนให้เป็นสถานะแก๊สได้ยากก็อาจใช้เทคนิคอื่นๆร่วมด้วย เช่น อาศัยปฏิกิริยาเคมีเปลี่ยนให้เป็นอนุพันธ์ของสารนั้นหรืออาจใช้หลักการแยกสลายด้วยความร้อน (pyrolysis) เมื่อสารถูกเปลี่ยนให้อยู่ในสถานะแก๊สแล้วก็จะมีการผ่านสารตัวอย่างเข้าไปยังคอลัมน์ที่บรรจุอยู่ในเฟสคงที่ (stationary phase) การแยกสารผสมอาศัยการเคลื่อนที่ของเฟสเคลื่อนที่ (mobile phase) หรือแก๊สตัวพา (carrier gas) สารผสมจะเกิดการแยกออกจากกันได้ โดยพิจารณาอัตราเร็วของการเคลื่อนที่ของสารตัวอย่าง (Willett, 1988)

เครื่องโครมาโทกราฟี มีองค์ประกอบดังนี้

1. ถังแก๊สที่ใช้บรรจุตัวพา (Carrier gas) แก๊สที่ใช้ เช่น ไนโตรเจน ฮีเลียม และแก๊สไฮโดรเจน เป็นต้น ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นตัวพาสารตัวอย่างที่ถูกทำให้กลายเป็นไอหรือแก๊สแล้วให้เข้าสู่คอลัมน์

2. ระบบฉีดสารตัวอย่าง (Sample injection system)

การฉีดสารตัวอย่างเข้าสู่คอลัมน์ของแก๊สโครมาโทกราฟีและใช้สารปริมาณน้อยๆ และฉีดอย่างรวดเร็ว สารตัวอย่างที่เป็นของเหลวที่ระเหยไม่ได้จะวิเคราะห์โดยวิธีการใช้แก๊สโครมาโทกราฟีโดยตรงไม่ได้ต้องนำสารตัวอย่างมาทำปฏิกิริยาเคมีเพื่อให้ได้สารประกอบของสารที่สามารถกลายเป็นไอได้ จากนั้นจึงนำไปฉีดเข้าคอลัมน์ เช่น กรดไขมันก่อนที่จะวิเคราะห์จะต้องเปลี่ยนให้อยู่ในรูปเมทิลเอสเทอร์ (methyl esters) ซึ่งสามารถระเหยเป็นไอได้โดยทำปฏิกิริยากับโบรอนไตรคลอไรด์ หรือโบรอนไตรฟลูออไรด์ โดยใช้เมธานอลเป็นตัวทำละลาย (Willett, 1988)

3. คอลัมน์ (Colum)

คอลัมน์จะทำหน้าที่เป็นตัวแยกแก๊สหรือไอของสารที่ผสมกันออกจากกันเป็นส่วนๆ

คอลัมน์ที่ใช้กันทั่วไปในแก๊สโครมาโทกราฟีนั้น มี 2 ประเภท คือ

3.1 packed column เป็นคอลัมน์ที่บรรจุด้วยอนุภาคของแข็งหรือของสารดูดซับแล้วฉาบผิวด้วยสารอินทรีย์ซึ่งเป็นตัวทำหน้าที่แยกสารตัวอย่างในคอลัมน์

3.2 capillary column ลักษณะคอลัมน์เป็นหลอดรูเล็กๆ กลวงทำด้วยเหล็กกล้าหรือเหล็กไร้สนิม แก้ว ควอทซ์ ภายในฉาบผิวด้วยเฟสคงที่ ซึ่งเป็นของเหลวเป็นฟิล์มบางๆ ตลอดรูเล็กๆ ซึ่งอาจมีความยาว 25-100 เมตร

4. ดีเทคเตอร์ (Detector) เป็นเครื่องมือที่สามารถตรวจแปรสัญญานบอกถึงปริมาณสารที่ต้องการวิเคราะห์มีความไวสูง มีการตอบสนองที่ดีในช่วงความเข้มข้นของสารที่กว้างดีเทคเตอร์ที่ใช้ตรวจแปรสัญญานเพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบของไขมันโดยมากใช้ Flame ionization detector (FID) (Willett, 1988)

วิธีการวิเคราะห์ปริมาณ ชนิดและองค์ประกอบของกรดไขมัน

อุปกรณ์

1. เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟฟี ยี่ห้อ Shimadzu รุ่น 14 A

2. เครื่องวัดสัญญาน (Detector) แบบ Flame Ionization Detector (FID)

3. คอลัมน์แบบ Capillary column DB-WAX ความยาว 30 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.25 มิลลิเมตร เคลือบฟิล์มหนา 0.25 ไมครอน ทนความร้อนได้ในช่วง 20-250 องศาเซลเซียส

4 กระบอกฉีดมีความจุสูงสุด 10 ไมโครลิตร มีหน่วยวัดได้ถึง 1 ไมโครลิตร

อุปกรณ์

1. ไอโซออกเทน
2. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ในเมธานอล เข้มข้น 0.5 โมลาร์
3. สารละลายโบรอนไตรฟลูออไรด์ ร้อยละ 20 ในเมธานอล
4. สารละลายเกลืออิ่มตัว
5. แก๊สพา ได้แก่ ฮีเลียม ไนโตรเจน ไฮโดรเจน
6. สารละลายมาตรฐานเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน

วิธีการ

1 เตรียมสารละลายเมทิลเอสเทอร์ (AOAC, 1992)

ชั่งน้ำมัน 0.25 กรัม ใส่ในหลอดแก้วฝาเกลียวขนาด 10 มิลลิลิตร เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ในเมธานอลเข้มข้น 0.5 โมลาร์ 1.5 มิลลิลิตร เป่าด้วยไนโตรเจนบริสุทธิ์แล้วปิดฝาหลอดให้แน่น แช่ในน้ำเดือดนาน 5 นาที เติมโบรอนไตรฟลูออไรด์ในเมธานอล 2 มิลลิลิตร เป่าด้วยไนโตรเจนบริสุทธิ์แล้วปิดฝาหลอดให้แน่น แช่ในน้ำเดือดนาน 30 นาที ทำให้เย็นลงทันทีเติมไอโซออกเทน 1 มิลลิลิตร เขย่านาน 30 วินาที เติมสารละลายเกลืออิ่มตัว 5 มิลลิลิตรทันที เขย่าตั้งทิ้งให้สารละลายแยกชั้น ดูดเอาส่วนไอโซออกเทนซึ่งอยู่ชั้นบนใส่ในหลอด แล้วสกัดซ้ำอีกครั้งโดยใช้ไอโซออกเทน 1 มิลลิลิตร เขย่าและดูดส่วนบนไปรวมกับครั้งแรก เป่าด้วยไนโตรเจนบริสุทธิ์และเก็บไว้ในหลอดฝาเกลียว ฉีดเข้าเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟฟีครั้งละ 1 ไมโครลิตร ได้โครมาโตแกรม ระบุชนิดของกรดไขมันที่ได้โดยการเปรียบเทียบกับ retention time ของโครมาโตแกรมมาตรฐาน

2. การวิเคราะห์กรดไขมัน โดยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟฟี

ฉีดสารละลายผสมเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมันปริมาตร 1 ไมโครลิตร เพื่อวิเคราะห์ชนิดและปริมาณกรดไขมัน โดยมีสภาวะการทำงานของเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟฟี ดังนี้คือ

-อุณหภูมิของคอลัมน์ เท่ากับ 210 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 25 นาที

-อุณหภูมิของระบบฉีดสารตัวอย่าง เท่ากับ 240 องศาเซลเซียส

-อุณหภูมิของเครื่องวัดสัญญาน เท่ากับ 240 องศาเซลเซียส

-ความดันของคอลัมน์ เท่ากับ 110 กิโลปาสคาล

-แก๊สพา ใช้ฮีเลียม อัตราการไหลของแก๊ส เท่ากับ 1.2661 มิลลิลิตร/นาที

การคำนวณปริมาณกรดไขมันแต่ละชนิด

พื้นที่ peak = 1/2 ความกว้างของ peak x ความสูงของ peak

$$\text{ปริมาณกรดไขมัน(ร้อยละของกรดไขมันทั้งหมด)} = \frac{\text{พื้นที่ peak x 100}}{\text{ผลรวมของพื้นที่ peak ทั้งหมด}}$$

ภาคผนวก ค ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าพันธุ์โอแถบ ที่สกัดโดยใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ต่างชนิดกัน

SV	DF	SS	MS	F
Treatment (T)	4	137.4134	34.3533	145.58*
Error	10	2.3597	0.2359	
Total	14	139.7732		

CV = 1.4%

หมายเหตุ * มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าพันธุ์ครีบเหลือง ที่สกัดโดยใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ต่างชนิดกัน

SV	DF	SS	MS	F
Treatment (T)	4	240.1281	60.032	162.60*
Error	10	3.6919	0.3691	
Total	14	140.8200		

CV = 2.6%

หมายเหตุ * มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าพันธุ์ครีบยาว ที่สกัดโดยใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ต่างชนิดกัน

SV	DF	SS	MS	F
Treatment (T)	4	97.6346	24.4086	45.78*
Error	10	5.3316	0.5331	
Total	14	102.9663		

CV = 3.8%

หมายเหตุ * มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยของปริมาณกรดไขมันอิสระ (ร้อยละ) ในรูปกรดโอเลอิกของน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ ที่สกัดโดยใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ต่างชนิดกัน

SV	DF	SS	MS	F
Treatment (T)	14	700.9796	50.0699	75.65*
ตัวทำละลายอินทรีย์(A)	4	40.6150	10.1537	15.34*
พันธุ์ปลาทูน่า (B)	2	654.1009	327.0504	494.14*
AXB	8	6.2636	0.7829	1.18 ns
Error	30	19.8558	0.6618	
Total	44	720.8354		

CV = 1.5%

หมายเหตุ * มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าพันธุ์โอแถบ ที่สกัดโดยใช้อะซิโตนเป็นตัวทำละลายและใช้อัตราส่วนวัตถุดิบต่อตัวทำละลายต่างกัน

SV	DF	SS	MS	F
Treatment (T)	3	22.0684	7.3561	16.46*
Error	8	3.5744	0.4468	
Total	11	25.6429		

CV = 3.8%

หมายเหตุ * มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าพันธุ์ครีบเหลือง ที่สกัดโดยใช้อะซิโตนเป็นตัวทำละลายและใช้อัตราส่วนวัตถุดิบต่อตัวทำละลายต่างกัน

SV	DF	SS	MS	F
Treatment (T)	3	4.6989	1.5663	25.63*
Error	8	0.4888	0.0611	
Total	11	5.1878		

CV = 0.9%

หมายเหตุ * มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าพันธุ์ครีบยาว ที่สกัดโดยใช้อะซิโตนเป็นตัวทำละลายและใช้อัตราส่วนวัตถุดิบต่อตัวทำละลายต่างกัน

SV	DF	SS	MS	F
Treatment (T)	3	8.6961	2.8987	12.07*
Error	8	1.9206	0.2400	
Total	11	10.6167		

CV = 0.9%

หมายเหตุ * มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าพันธุ์โอแถบ ที่สกัดโดยใช้อะซิโตนเป็นตัวทำละลายและใช้อัตราส่วนวัตถุดิบต่อตัวทำละลาย 1:5 อุณหภูมิและระยะเวลาการสกัดต่างกัน

SV	DF	SS	MS	F
Treatment (T)	8	290.7311	36.3413	62.09*
ระยะเวลา(A)	2	196.7690	98.3845	168.10*
อุณหภูมิ(B)	2	81.9930	40.9965	70.05*
AXB	4	11.9691	2.9922	5.11*
Error	18	10.5348	0.5852	
Total	26	301.2660		

CV = 1.7%

หมายเหตุ * มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยของปริมาณกรดไขมันอิสระ (ร้อยละ) ในรูปกรดโอเลอิกของน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ ที่สกัดโดยใช้อะซิโตนเป็นตัวทำละลายและใช้อัตราส่วนวัตถุดิบต่อตัวทำละลายต่างกัน

SV	DF	SS	MS	F
Treatment (T)	11	739.6744	67.2431	2.91*
อัตราส่วนวัตถุดิบต่อตัวทำละลาย(A)	3	88.6174	29.5391	1.28 ns
พันธุ์ปลาทูน่า (B)	2	512.1262	256.0631	11.06*
AXB	6	138.9307	23.1551	1.00 ns
Error	24	555.4950	23.1456	
Total	35	1295.1694		

CV = 9.0%

หมายเหตุ * มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าพันธุ์ครีบเหลือง ที่สกัดโดยใช้อะซิโตนเป็นตัวละลายและใช้อัตราส่วนวัตถุดิบต่อตัวทำละลาย 1:5 อุณหภูมิและระยะเวลาการสกัดต่างกัน

SV	DF	SS	MS	F
Treatment (T)	8	54.0626	6.7578	67.98*
ระยะเวลา(A)	2	17.8746	8.9373	89.90*
อุณหภูมิ(B)	2	35.3075	17.6537	177.58*
AXB	4	0.8804	0.2201	2.21 ns
Error	18	1.7893	0.0994	
Total	26	55.8520		

CV = 1.0%

หมายเหตุ * มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 13 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่าพันธุ์ครีบยาว ที่สกัดโดยใช้อะซิโตนเป็นตัวทำละลายและใช้อัตราส่วนวัตถุดิบต่อตัวทำละลาย 1:5 อุณหภูมิและระยะเวลาการสกัดต่างกัน

SV	DF	SS	MS	F
Treatment (T)	8	68.0877	8.5109	23.33*
ระยะเวลา(A)	2	18.1649	9.0824	24.90*
อุณหภูมิ(B)	2	48.8397	24.4198	66.95*
AXB	4	1.0829	0.2707	<1
Error	18	6.5656	0.3647	
Total	26	74.6533		

CV = 2.6%

หมายเหตุ * มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยของปริมาณกรดไขมันอิสระ (ร้อยละ) ในรูปกรดโอเลอิกของน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ ที่สกัดโดยใช้อะซิโตนเป็นตัวทำละลายและใช้อัตราส่วนวัตถุดิบต่อตัวทำละลาย 1:5 อุณหภูมิและระยะเวลาการสกัดต่างกัน

SV	DF	SS	MS	F
Replication (R)	2	1.1826	0.5913	<1
Treatment (T)	26	870.6397	33.4861	28.02**
ระยะเวลา(A)	2	23.3226	11.6613	9.76**
อุณหภูมิ(B)	2	4.9734	2.4867	2.08 ns
พันธุ์ปลาทูน่า (C)	2	833.2981	416.6490	348.70**
AXB	4	2.0101	0.5025	<1
AXC	4	4.1012	1.0253	<1
BXC	4	0.7047	0.1761	<1
AXBXC	8	2.2292	0.2786	<1
Error	52	62.1335	1.1948	
Total	80	933.9559		

CV = 2.3%

หมายเหตุ ** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$)

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 15 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยของปริมาณความชื้นของน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ ที่สกัดโดยใช้อะซิโตนเป็นตัวทำละลายและใช้อัตราส่วนวัตถุดิบต่อตัวทำละลาย 1:5 อุณหภูมิและระยะเวลาการสกัดต่างกัน

SV	DF	SS	MS	F
Replication (R)	2	0.1012	0.5061	<1
Treatment (T)	26	45.2917	1.7419	4.69**
ระยะเวลา(A)	2	18.6109	9.3054	25.07**
อุณหภูมิ(B)	2	8.2130	4.1065	11.06**
พันธุ์ปลาทูน่า (C)	2	8.0556	4.0278	10.85**
AXB	4	3.7988	0.9497	2.56*
AXC	4	2.0939	0.5234	1.41 ns
BXC	4	1.4553	0.3638	<1
AXBXC	8	3.0639	0.3829	1.03 ns
Error	52	19.3029	0.3712	
Total	80	64.6959		

CV = 2.3%

หมายเหตุ ** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$)

* มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 16 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยของค่าเปอร์ออกไซด์ของน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ ที่สกัดโดยใช้อะซิโตนเป็นตัวทำละลายและใช้อัตราส่วนวัตถุดิบต่อตัวทำละลาย 1:5 อุณหภูมิและระยะเวลาการสกัดต่างกัน

SV	DF	SS	MS	F
Replication (R)	2	34.2726	17.1363	7.96**
Treatment (T)	26	1283.3858	49.3609	22.93**
ระยะเวลา(A)	2	277.2690	138.6345	64.41**
อุณหภูมิ(B)	2	279.8644	139.9322	65.01**
พันธุ์ปลาทูน่า (C)	2	656.8216	328.4108	152.58**
AXB	4	8.7776	2.1944	1.02 ns
AXC	4	23.1235	5.7808	2.69*
BXC	4	1.5013	0.3753	<1
AXBXC	8	36.0281	4.5035	2.09 ns
Error	52	111.9236	2.1523	
Total	80	1429.5821		

CV = 2.3%

หมายเหตุ ** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$)

* มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 17 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ ที่สกัดโดยวิธี Bligh and Dyer

SV	DF	SS	MS	F
Treatment (T)	2	502.5402	251.2701	574.81**
Error	6	2.6228	0.4371	
Total	8	505.1630		

CV = 2.4%

หมายเหตุ ** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$)

ตารางภาคผนวกที่ 18 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยของปริมาณกรดไขมันอิสระ (ร้อยละ) ในรูปกรดโอเลอิกของน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ ที่สกัดโดยวิธี Bligh and Dyer

SV	DF	SS	MS	F
Treatment (T)	2	14.4294	7.2147	9.92*
Error	6	4.3628	0.7271	
Total	8	18.7922		

CV = 2.5%

หมายเหตุ * มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 19 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยของปริมาณความชื้นของน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ ที่สกัดโดยวิธี Bligh and Dyer

SV	DF	SS	MS	F
Treatment (T)	2	1.3406	0.6703	15.39*
Error	6	0.2614	0.0435	
Total	8	1.6020		

CV = 3.4%

หมายเหตุ ** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$)

ตารางภาคผนวกที่ 20 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยของค่าเปอร์ออกไซด์ของน้ำมันดิบจากตับปลาทูน่า 3 สายพันธุ์ ที่สกัดโดยวิธี Bligh and Dyer

SV	DF	SS	MS	F
Treatment (T)	2	53.3342	26.6671	49.52**
Error	6	3.2308	0.5384	
Total	8	56.5650		

CV = 1.4%

หมายเหตุ ** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$)

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นายถาวร จันโชติ

วัน เดือน ปีเกิด 16 กันยายน 2513

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตรบัณฑิต (อุตสาหกรรมเกษตร)	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2536

ประวัติการทำงาน

-ผู้ช่วยสอนวิชาปฏิบัติการกรรมวิธีการแปรรูป 1-3 คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (พ.ศ. 2537-2539)

-ผู้ช่วยวิจัยโครงการวิจัยข้าวพอง คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (พ.ศ. 2539-ปัจจุบัน)