

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์โปรตีน

การวิเคราะห์ไขมัน

การวิเคราะห์กรดไขมัน

การวิเคราะห์โปรตีน

อุปกรณ์

1. Digestion Unit
2. Distillation Unit
3. Titration Unit

สารเคมี

1. Cone. H_2SO_4
2. K_2SO_4
3. $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
4. 40% NaOH
5. 4% Boric Acid
6. Standard 0.1 N H_2SO_4
7. Indicator (0.625 g Methyl Red, 0.480 g Methylene Blue ผสมลงใน 95% Ethyl

Alcohol)

วิธีการวิเคราะห์แบ่งเป็น 3 ขั้นตอน

1. การย่อยสลาย (Digestion)

- 1.1 ชั่งตัวอย่างประมาณ 0.7-2.2 กรัม ใส่ลงใน Kjeldahl Flask
- 1.2 เติม $\text{Cu}_2\text{SO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0.5 กรัม เพื่อเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา และเติม K_2SO_4 10 กรัม

เพื่อเพิ่มจุดเดือดของสารผสม

- 1.3 เติม Conc. H_2SO_4 25 มิลลิลิตร เพื่อเป็นตัวออกซิไดส์

- 1.4 นำ Kjeldahl Flask ไปตั้งบนเตาย่อย ที่เปิดเครื่องปรับอุณหภูมิไว้ที่ 250

องศาเซลเซียสแล้ว ประมาณ 25 นาที จึงเพิ่มอุณหภูมิเป็น 380 องศาเซลเซียส ใช้เวลาย่อยประมาณ 2 ชั่วโมง และย่อยต่อไปอีก 1 ชั่วโมง หลังจากที่ย่อยจนใส แล้วเพื่อให้ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นมีความสมบูรณ์ (ถ้าที่คอของ Kjeldahl Flask มีจุดดำๆ ให้ทิ้งไว้จนเย็น ล้างด้วยน้ำกลั่นแล้วย่อยต่อไปใหม่จนจุดดำหมดใช้เวลาอีกประมาณ 1 ชั่วโมง)

- 1.5 ตั้ง Flask ทิ้งไว้ให้เย็น เพื่อเติมน้ำและทำการกลั่น

2. การกลั่น (Distillation)

- 2.1 เติม Pimmice Stone (กัน Bumping) ในขวดต้มน้ำ

- 2.2 นำ Flask ของตัวอย่างที่ย่อยเสร็จแล้วและตั้งทิ้งไว้ให้เย็น เติมน้ำ 100 มิลลิลิตร

- 2.3 ต่อ Kjeldahl Flask เข้าเครื่องกลั่น เติม 40% NaOH เพื่อจับกับ SO_4^{2-} ใน

สารประกอบ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ให้ได้แอมโมเนียลงใน Kjeldahl Flask ประมาณ 100 มิลลิลิตร

- 2.4 เติม 4% Boric Acid 50 มิลลิลิตร ลงใน Flask ขนาด 500 มิลลิลิตร หยด Indicator

6 หยด แล้วนำไปต่อเข้ากับเครื่องกลั่นที่ปลายอีกด้านหนึ่งเพื่อจับกับแอมโมเนีย กลั่นจนปริมาตรสารละลายใน Flask ได้ 250 มิลลิลิตร

3. การไทเทรต (Titration)

3.1 นำตัวอย่างที่กลั่นแอมโมเนียมาได้ นำมาไทเทรตกับ Standard 0.1 NH_2SO_4 จนถึงจุดยุติ สารละลายจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีชมพูม่วง
ตรวจสอบค่า Blank โดยทำตามขั้นตอนทั้งหมด แต่ไม่ใส่ตัวอย่างสาหร่าย
การคำนวณ

$$\% \text{ Nitrogen} = \frac{(S - B) \times (14.007) \times (N) \times 100}{\text{Weight of sample} \times 1000}$$

S = มิลลิลิตร ของ H_2SO_4

B = มิลลิลิตร ของ Blank

N = Normality of Acid (0.1)

% Crude Protein = % Nitrogen 6.25

การวิเคราะห์ไขมัน

อุปกรณ์

1. Extration Thimble สำหรับใส่ตัวอย่าง
2. Extration Cup สำหรับใส่ Chloroform
3. เตาอบ 200 องศาเซลเซียส
4. กระดาษกรอง
5. Soxtec System: Extration Unit และ Service Unit
6. เครื่องทำความเย็น

สารเคมี

1. Chloroform

วิธีการวิเคราะห์

1. อบ Extration Cup ที่อุณหภูมิ 105-110 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วทำให้เย็นในเคซิเคเตอร์ นำไปชั่งน้ำหนักคงที่ของ Extration Cup (W_2)
2. ต่อเครื่องทำความเย็นเข้ากับ Extractor แล้วปรับอุณหภูมิของเครื่องทำความเย็นให้น้อยกว่า 10 องศาเซลเซียส เปิดสวิตช์ให้น้ำไหลเข้า Extractor
3. ตั้งอุณหภูมิของ Service Unit ที่ 110 องศาเซลเซียส เปิด Power Warm Heater ให้ได้ 110 องศาเซลเซียส
4. ชั่งตัวอย่างประมาณ 2 กรัม อย่างละเอียด (W_1) โดยชั่งใส่กระดาษกรอง แล้วม้วนใส่ใน Thimble
5. ใส่ Thimble เข้ากับ Thimble Adaptor แล้วยก Thimble Support ซึ่ง Fix อยู่กับ Support Holder แล้วนำไปใส่เครื่อง Extrator แล้วเลื่อนไปติดตั้งที่ตำแหน่ง Rinsing แล้วนำ Thimble Support Holder ออกมา
6. ใส่ Chloroform ลงใน Extration cup 50 มิลลิลิตร แล้วใช้ Cup holder ช่วยนำไปวางที่ต่อกับเครื่อง Extractor

7. เริ่มทำการสกัด โดยเลื่อนปุ่มบังคับ ไปอยู่ที่ตำแหน่ง Boiling แล้วเปิด Valve ของ Condensor
8. สกัดที่ตำแหน่ง boiling 2 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาสกัดแล้วเลื่อนปุ่มบังคับ ไปอยู่ที่ตำแหน่ง Rinsing เพื่อให้ Thimble แขนงอยู่และให้ Chloroform ไหลชะตัวอย่างประมาณ 1 ชั่วโมง
9. ระเหย Chloroform ปิด Valve ของ Condenser กดสวิตช์ Air ที่เครื่อง Thermostart และเลื่อนปุ่ม Evaporation เพื่อทำการระเหย Chloroform ที่ตกค้างอยู่ใน Extraction Cup ออกให้หมดนาน 2-3 นาที แล้วเลื่อนปุ่ม Evaporation ลง ปิดสวิตช์ Air ปิดเครื่องทำความเย็น
10. เอา Extraction cup ออกโดยเลื่อนคันโยกทางซ้ายมือขึ้น แล้วดึง Cup ออกมานำ Extraction Cup ไปอบที่อุณหภูมิ 105-110 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วทำให้เย็นในเดซิเตอร์ ชั่งน้ำหนัก (W₃)
11. นำ Extraction Cup Holder ไปวางบน Hotplate ของ Extration Unit นำ Thimble ออกมาโดยเอียง Thimble Support Holder เล็กน้อย เพื่อให้ Thimble หลุดออกมาจากแม่เหล็กแล้วดึงออกมา
12. เอา Thimble ออกจาก Thimble Adapter
13. นำ Extraction Cup ที่ล้างสะอาดแล้วไปวางบน Hotplate ของ Extration Unit เพื่อรองรับตัวสกัด จาก Condensor ซึ่งสามารถนำกลับไปใช้ได้อีก

การคำนวณ

$$\% \text{ Crude lipid} = \frac{W_3 - W_2}{W_1} \times 100$$

W₁ = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

W₂ = น้ำหนัก extraction cup (กรัม)

W₃ = น้ำหนัก extraction cup กับ ไขมันที่สกัดได้

การวิเคราะห์กรดไขมัน (Shimaryu, 1988)

อุปกรณ์

1. เครื่อง Gas-Liquid Chromatography (GC) HP 6890 Series GC
2. เครื่องทำความร้อน (Hot Plate)

3. แท่งแม่เหล็ก (Magnetic Stirrer)

4. ขวดแก้วขนาด 50 มิลลิลิตร

5. Pasteur Pipette

สารเคมี

1. กลอโรฟอร์ม

2. เมทิลแอลกอฮอล์

3. กรดซัลฟิวริก

4. โซเดียมซัลเฟตแอนไฮดรัส

5. ก๊าซไนโตรเจน

6. กรดไขมันมาตรฐาน 19: 0 Nonadecanoic Acid (Internal Standard)

วิธีการทดลอง

1. ชั่งตัวอย่างแห้งที่บดละเอียดแล้วประมาณ 0.15 กรัม ใส่ในขวดปริมาตรปากเกลียวมีฝาปิดขนาด 20 มิลลิลิตร

2. นำขวดตัวอย่างเติม 2% H_2SO_4 ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ใน Methanol แล้วเติม internal standard 0.2 มิลลิลิตร ผ่านด้วยก๊าซไนโตรเจน แล้วให้ความร้อน ที่อุณหภูมิ 60-80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

3. ทิ้งตัวอย่างให้เย็น เติม Hexanes (10 ppm BHT) 2 มิลลิลิตร และ 5% NaCl 2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ทิ้งให้แยกชั้น

4. ดูดของเหลวชั้นบน (ชั้น Hexanes) ใส่ในหลอดทดลองกรองผ่านสาร โซเดียมซัลเฟต เพื่อได้น้ำออก

5. ดูดของเหลวมาใส่ในขวดปริมาตรปากเกลียวมีฝาปิดและผ่านด้วยก๊าซไนโตรเจนจนแห้งเก็บใส่ในตู้เย็นเพื่อรอการวัด

6. ก่อนวัดนำตัวอย่างจากข้อ 5 เติม Hexanes 200 ไมโครลิตร เขย่าให้ผสมกันอย่างดี แล้วฉีดเข้าเครื่อง GC (Gas Chromatography) สภาวะเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี

ใช้ Flame Ionization Detector เป็นเครื่องตรวจวัดสัญญาณ และคอลัมน์ ใช้ Capillary Column HP-INNOWax Polyethylene Glycol (25 m x 200 μm x 0.40 μm) อุณหภูมิของคอลัมน์ เริ่มต้น 150 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 1 นาที และค่อยๆ เพิ่มขึ้น 15 องศาเซลเซียส / นาที คงไว้ 1 นาที และจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นที่ละ 1 องศาเซลเซียส / นาที คงไว้ 3 นาที จากนั้นอุณหภูมิจะเพิ่มที่ละ 2 องศาเซลเซียส / นาที จนกระทั่งถึงอุณหภูมิสิ้นสุดที่ 250 องศาเซลเซียส คงไว้ 10 นาที ส่วน อุณหภูมิของ Injector และ Detector 250 องศาเซลเซียส โดยมีไนโตรเจนเป็นแก๊สตัวพา

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ตารางที่ 13 ผลการทดสอบความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณโปรตีนในอาหารทั้ง 3
สูตร คือ A, B และ C และขนาดอาหาร 4 เบอร์ คือ 1, 2, 3 และ 3L
ที่ใช้เลี้ยงกุ้งในระบบความเค็มต่ำ

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	14.556	11	1.323	1.505	.194
Intercept	55613.788	1	55613.788	63271.072	.000
DIET	1.879	2	.940	1.069	.359
SIZE	3.935	3	1.312	1.492	.242
DIET * SIZE	8.741	6	1.457	1.657	.175

a R Squared = .408 (Adjusted R Squared = .137)

ตารางที่ 14 ผลการทดสอบความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณไขมันในอาหารทั้ง 3 สูตร
คือ A, B และ C และขนาดอาหาร 4 เบอร์ คือ 1, 2, 3 และ 3L
ที่ใช้เลี้ยงกุ้งในระบบความเค็มต่ำ

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	57.315	11	5.210	7.134	.000
Intercept	2801.047	1	2801.047	3835.121	.000
DIET	23.388	2	11.694	16.011	.000
SIZE	1.390	3	.463	.634	.600
DIET * SIZE	32.537	6	5.423	7.425	.000

a R Squared = .766 (Adjusted R Squared = .658)

ตารางที่ 15 ผลการทดสอบความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณอีพีเอ (EPA) ในอาหาร
 สำเร็จรูป 3 สูตร คือ A, B และ C และขนาดอาหาร 4 เบอร์ คือ 1, 2, 3
 และ 3L ที่ใช้เลี้ยงกุ้งด้วยระบบความเค็มต่ำ

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	68.064	11	6.188	6.209	.000
Intercept	76.504	1	76.504	76.767	.000
DIET	.302	2	.151	.152	.860
SIZE	34.154	3	11.385	11.424	.000
DIET * SIZE	33.607	6	5.601	5.620	.001

a R Squared = .740 (Adjusted R Squared = .621)

ตารางที่ 16 ผลการทดสอบความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณดีเอชเอ (DHA) ในอาหาร
 สำเร็จรูป 3 สูตร คือ A, B และ C และขนาดอาหาร 4 เบอร์ คือ 1, 2, 3
 และ 3L ที่ใช้เลี้ยงกุ้งด้วยระบบความเค็มต่ำ

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	141.447	11	12.859	2.902	.014
Intercept	906.211	1	906.211	204.545	.000
DIET	18.825	2	9.412	2.125	.141
SIZE	57.050	3	19.017	4.292	.015
DIET * SIZE	65.573	6	10.929	2.467	.053

a R Squared = .571 (Adjusted R Squared = .374)

ตารางที่ 17 ผลการทดสอบความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณโปรตีนในเนื้อกุ้ง ที่เลี้ยง
ด้วยระบบความเค็มต่ำ

Source	Type III Sum of Squares	<i>df</i>	Mean Square	<i>F</i>	Sig.
Corrected Model	7395.492	27	273.907	13.888	.000
Intercept	762588.336	1	762588.336	38666.241	.000
DIET	101.151	3	33.717	1.710	.168
TIME	5046.663	6	841.110	42.648	.000
DIET * TIME	2247.679	18	124.871	6.331	.000

a R Squared = .728 (Adjusted R Squared = .676)

ตารางที่ 18 ผลการทดสอบความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณไขมันในเนื้อกุ้งที่เลี้ยง
ด้วยระบบความเค็มต่ำ

Source	Type III Sum of Squares	<i>df</i>	Mean Square	<i>F</i>	Sig.
Corrected Model	121.069	27	4.484	34.475	.000
Intercept	1014.001	1	1014.001	7796.043	.000
DIET	2.308	3	.769	5.914	.001
TIME	105.732	6	17.622	135.485	.000
DIET * TIME	13.029	18	.724	5.565	.000

a R Squared = .869 (Adjusted R Squared = .844)

Dependent Variable: L20_5_N3

ตารางที่ 19 ผลการทดสอบความแปรปรวนทางสถิติปริมาณ EPA และ DHA ในเนื้อกุ้ง
 กุ้งดำที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปทั้ง 3 สูตร คือ A, B และ C ที่ใช้เลี้ยงกุ้ง
 ด้วยระบบความเค็มต่ำ

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	147.052	27	5.446	2.838	.004
Intercept	408.923	1	408.923	213.073	.000
DIET	5.520	3	1.840	.959	.426
TIME	94.062	6	15.677	8.169	.000
DIET * TIME	45.987	18	2.555	1.331	.242

a R Squared = .732 (Adjusted R Squared = .474)

ตารางที่ 20 ผลการทดสอบความแปรปรวนทางสถิติปริมาณ DHA ในเนื้อกุ้งดำ
 ที่เลี้ยง ด้วยอาหารสำเร็จรูปทั้ง 3 สูตร คือ A, B และ C ที่ใช้เลี้ยงกุ้ง
 ด้วยระบบความเค็มต่ำ

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	147.026	27	5.445	1.940	.043
Intercept	464.912	1	464.912	165.662	.000
DIET	19.374	3	6.458	2.301	.099
TIME	49.489	6	8.248	2.939	.024
DIET * TIME	76.620	18	4.257	1.517	.157

a R Squared = .652 (Adjusted R Squared = .316)

ภาคผนวก ค

ตารางแสดงปริมาณกรดไขมัน

ตารางที่ 21 ปริมาณกรดไขมันในอาหารสูตร A สูตร B และสูตร C (%W/W) ที่ใช้เลี้ยงกุ้งด้วยระบบความเค็มต่ำ

กรดไขมัน	อาหารสูตร A				อาหารสูตร B				อาหารสูตร C			
	เค็มเฉลี่ยและค่าเฉลี่ยของค่าผิดปกติ (ค่าเฉลี่ย $\pm$ S.E)				เค็มเฉลี่ยและค่าผิดปกติ (ค่าเฉลี่ย $\pm$ S.E)				ไม่เค็มเฉลี่ยและค่าเฉลี่ยของค่าผิดปกติ (ค่าเฉลี่ย $\pm$ S.E)			
	เบอร์ 1	เบอร์ 2	เบอร์ 3	เบอร์ 3L	เบอร์ 1	เบอร์ 2	เบอร์ 3	เบอร์ 3L	เบอร์ 1	เบอร์ 2	เบอร์ 3	เบอร์ 3L
16: 0	1.74 $\pm$ 0.87	1.93 $\pm$ 0.18	1.64 $\pm$ 0.82	1.91 $\pm$ 0.13	2.26 $\pm$ 0.25	2.09 $\pm$ 0.19	1.63 $\pm$ 0.82	1.64 $\pm$ 0.83	1.97 $\pm$ 0.15	1.36 $\pm$ 0.44	1.69 $\pm$ 0.14	0.88 $\pm$ 0.44
16: 1	0.30 $\pm$ 0.15	0.37 $\pm$ 0.04	0.28 $\pm$ 0.14	0.36 $\pm$ 0.04	0.31 $\pm$ 0.13	0.39 $\pm$ 0.03	0.27 $\pm$ 0.14	0.27 $\pm$ 0.13	0.48 $\pm$ 0.03	0.28 $\pm$ 0.12	0.43 $\pm$ 0.02	0.20 $\pm$ 0.10
18: 0	0.41 $\pm$ 0.21	0.70 $\pm$ 0.19	0.40 $\pm$ 0.20	0.70 $\pm$ 0.18	0.47 $\pm$ 0.17	0.54 $\pm$ 0.04	0.41 $\pm$ 0.21	0.42 $\pm$ 0.21	0.60 $\pm$ 0.11	0.61 $\pm$ 0.15	0.44 $\pm$ 0.01	0.41 $\pm$ 0.25
18: 1n-9	1.06 $\pm$ 0.53	0.90 $\pm$ 0.36	0.82 $\pm$ 0.41	0.70 $\pm$ 0.18	1.20 $\pm$ 0.13	1.37 $\pm$ 0.03	0.81 $\pm$ 0.41	0.78 $\pm$ 0.39	0.89 $\pm$ 0.23	0.64 $\pm$ 0.25	0.77 $\pm$ 0.00	0.58 $\pm$ 0.31
20: 4n-6	0.08 $\pm$ 0.04	0.12 $\pm$ 0.01	0.06 $\pm$ 0.03	0.11 $\pm$ 0.00	0.10 $\pm$ 0.02	0.13 $\pm$ 0.00	0.04 $\pm$ 0.02	0.02 $\pm$ 0.02	0.36 $\pm$ 0.23	0.13 $\pm$ 0.01	0.15 $\pm$ 0.01	0.07 $\pm$ 0.04
20: 5n-3	0.03 $\pm$ 0.00	0.01 $\pm$ 0.00	0.01 $\pm$ 0.00	0.02 $\pm$ 0.00	0.02 $\pm$ 0.00	0.01 $\pm$ 0.00	0.02 $\pm$ 0.00	0.01 $\pm$ 0.00	0.03 $\pm$ 0.00	0.01 $\pm$ 0.00	0.02 $\pm$ 0.00	0.01 $\pm$ 0.00
22: 6n-1	0.01 $\pm$ 0.00	0.01 $\pm$ 0.00	0.01 $\pm$ 0.00	0.01 $\pm$ 0.00	0.01 $\pm$ 0.00	0.01 $\pm$ 0.00	0.01 $\pm$ 0.00	0.01 $\pm$ 0.00	0.01 $\pm$ 0.00	0.01 $\pm$ 0.00	0.01 $\pm$ 0.00	0.01 $\pm$ 0.00
Other	2.33 $\pm$ 1.19	3.07 $\pm$ 0.17	1.45 $\pm$ 0.72	4.74 $\pm$ 2.01	3.82 $\pm$ 0.51	3.20 $\pm$ 0.28	1.46 $\pm$ 0.74	1.41 $\pm$ 0.72	2.29 $\pm$ 0.27	3.12 $\pm$ 0.91	1.81 $\pm$ 0.06	0.78 $\pm$ 0.39
Total	6.68 $\pm$ 3.36	8.47 $\pm$ 0.59	5.43 $\pm$ 2.72	9.59 $\pm$ 2.07	9.04 $\pm$ 0.96	9.35 $\pm$ 0.64	5.21 $\pm$ 2.60	4.93 $\pm$ 2.47	0.79 $\pm$ 0.87	7.33 $\pm$ 0.27	6.68 $\pm$ 0.33	3.59 $\pm$ 1.82

ตารางที่ 22 ปริมาณกรดไขมันในอาหารสูตร A สูตร B และสูตร C (เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันทั้งหมด) ที่ใช้เลี้ยงกุ้งด้วยระบบความเค็มต่ำ

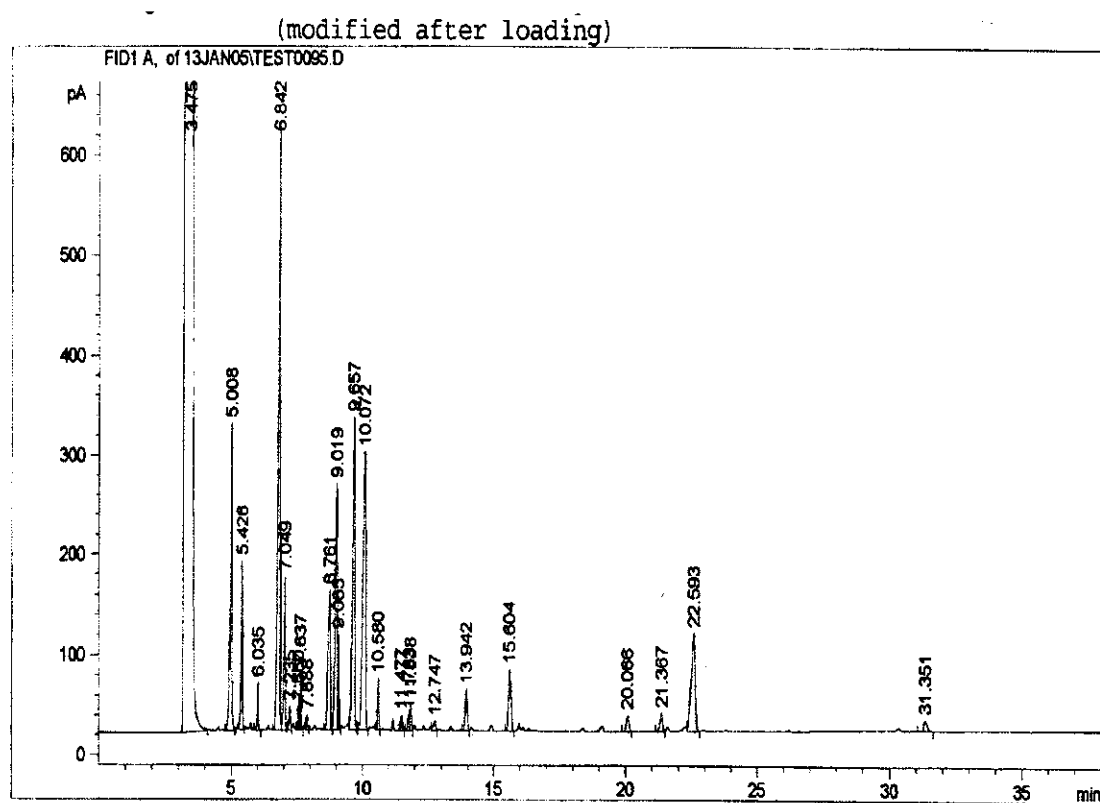
กรดไขมัน	อาหารสูตร A คิมเลติคและเคเลเซียมฟอสเฟต (ค่าเฉลี่ย $\pm$ S.E)				อาหารสูตร B คิมเลติคและเคเลเซียมฟอสเฟต (ค่าเฉลี่ย $\pm$ S.E)				อาหารสูตร C ไมคิมเลติคและเคเลเซียมฟอสเฟต (ค่าเฉลี่ย $\pm$ S.E)			
	เบอร์ 1	เบอร์ 2	เบอร์ 3	เบอร์ 3L	เบอร์ 1	เบอร์ 2	เบอร์ 3	เบอร์ 3L	เบอร์ 1	เบอร์ 2	เบอร์ 3	เบอร์ 3L
16:0	17.45 $\pm$ 8.74	22.68 $\pm$ 1.19	20.13 $\pm$ 10.07	21.09 $\pm$ 2.68	24.92 $\pm$ 0.28	22.36 $\pm$ 0.48	20.90 $\pm$ 10.49	22.13 $\pm$ 11.07	26.93 $\pm$ 1.17	18.85 $\pm$ 6.38	25.26 $\pm$ 0.80	16.67 $\pm$ 8.61
16:1	2.97 $\pm$ 1.49	4.32 $\pm$ 0.25	3.42 $\pm$ 1.71	3.96 $\pm$ 0.40	3.08 $\pm$ 1.30	4.17 $\pm$ 0.09	3.43 $\pm$ 1.71	3.60 $\pm$ 1.80	6.64 $\pm$ 0.48	3.92 $\pm$ 1.66	6.43 $\pm$ 0.01	3.59 $\pm$ 1.80
18:0	4.10 $\pm$ 2.08	8.58 $\pm$ 2.81	4.85 $\pm$ 2.43	7.14 $\pm$ 0.30	5.33 $\pm$ 1.89	5.82 $\pm$ 0.02	5.30 $\pm$ 2.65	5.73 $\pm$ 2.87	8.75 $\pm$ 2.76	8.19 $\pm$ 1.65	6.51 $\pm$ 0.14	7.46 $\pm$ 4.16
18:1n-9	10.56 $\pm$ 5.30	10.31 $\pm$ 3.88	10.11 $\pm$ 5.06	9.33 $\pm$ 4.54	13.25 $\pm$ 0.11	14.73 $\pm$ 0.61	10.44 $\pm$ 5.23	10.54 $\pm$ 5.27	11.58 $\pm$ 1.99	8.96 $\pm$ 3.59	11.57 $\pm$ 0.57	10.54 $\pm$ 5.43
20:4n-6	0.77 $\pm$ 0.39	1.41 $\pm$ 0.11	0.74 $\pm$ 0.37	1.27 $\pm$ 0.23	1.11 $\pm$ 0.05	1.42 $\pm$ 0.06	0.56 $\pm$ 0.28	0.27 $\pm$ 0.27	5.84 $\pm$ 4.22	1.84 $\pm$ 0.05	2.20 $\pm$ 0.22	1.31 $\pm$ 0.67
20:5n-3	0.32 $\pm$ 0.16	0.45 $\pm$ 0.10	0.42 $\pm$ 0.10	0.47 $\pm$ 0.05	0.45 $\pm$ 0.01	0.47 $\pm$ 0.06	0.15 $\pm$ 0.60	0.66 $\pm$ 0.50	0.30 $\pm$ 0.25	0.71 $\pm$ 0.03	4.34 $\pm$ 0.02	2.48 $\pm$ 1.28
22:6n-3	0.52 $\pm$ 0.17	0.10 $\pm$ 0.04	0.10 $\pm$ 0.04	0.15 $\pm$ 0.05	0.52 $\pm$ 0.12	0.77 $\pm$ 0.39	0.38 $\pm$ 0.19	0.75 $\pm$ 0.18	0.72 $\pm$ 0.10	8.70 $\pm$ 0.15	10.30 $\pm$ 0.31	7.10 $\pm$ 0.75
Other	23.18 $\pm$ 11.6	36.36 $\pm$ 0.85	17.82 $\pm$ 8.95	45.40 $\pm$ 9.21	42.34 $\pm$ 3.36	34.13 $\pm$ 0.54	18.67 $\pm$ 9.39	19.05 $\pm$ 9.58	30.96 $\pm$ 0.09	41.87 $\pm$ 10.68	27.08 $\pm$ 0.46	14.68 $\pm$ 7.68
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

ตารางที่ 23 ปริมาณกรดไขมันในเนื้อกุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารของสูตร A, สูตร B และสูตร C (%W/W) ที่ใช้เลี้ยงกุ้ง ด้วยระบบความเค็มต่ำ

กรดไขมัน	บ่อทดลองที่ 1		บ่อทดลองที่ 2		บ่อทดลองที่ 3		บ่อทดลองที่ 4	
	เลี้ยงด้วยอาหารสูตร A	เลี้ยงด้วยอาหารสูตร A	เลี้ยงด้วยอาหารสูตร A	เลี้ยงด้วยอาหารสูตร A	เลี้ยงด้วยอาหารสูตร B	เลี้ยงด้วยอาหารสูตร B	เลี้ยงด้วยอาหารสูตร C	เลี้ยงด้วยอาหารสูตร C
	เดมเลชิตินและแคลเซียมฟอสเฟต	เดมเลชิตินและแคลเซียมฟอสเฟต	เดมเลชิตินและแคลเซียมฟอสเฟต	เดมเลชิตินและแคลเซียมฟอสเฟต	เดมเลชิตินและแคลเซียมฟอสเฟต	เดมเลชิตินและแคลเซียมฟอสเฟต	เดมเลชิตินและแคลเซียมฟอสเฟต	เดมเลชิตินและแคลเซียมฟอสเฟต
	พิสัย	พิสัย	พิสัย	พิสัย	พิสัย	พิสัย	พิสัย	พิสัย
	(ค่าเฉลี่ย ± S.E)	(ค่าเฉลี่ย ± S.E)	(ค่าเฉลี่ย ± S.E)	(ค่าเฉลี่ย ± S.E)	(ค่าเฉลี่ย ± S.E)	(ค่าเฉลี่ย ± S.E)	(ค่าเฉลี่ย ± S.E)	(ค่าเฉลี่ย ± S.E)
16: 0	0.14-1.10	0.53±0.10	0.03-1.30	0.79±0.14	0.31-1.10	0.76±0.10	0.00-1.37	0.57±0.16
16: 1	0.00-0.26	0.11±0.04	0.00-0.13	0.06±0.02	0.00-0.13	0.06±0.02	0.00-0.14	0.07±0.02
18: 0	0.09-0.46	0.26±0.04	0.16-0.67	0.37±0.06	0.16-0.46	0.34±0.04	0.00-0.60	0.31±0.07
18: 1n-9	0.00-0.82	0.33±0.07	0.03-0.82	0.41±0.07	0.00-0.82	0.35±0.08	0.00-0.82	0.38±0.09
20: 4n-6	0.00-0.18	0.10±0.02	0.06-0.23	0.13±0.03	0.06-0.24	0.15±0.02	0.00-0.28	0.15±0.03
20: 5n-3	0.07-0.49	0.24±0.05	0.12-0.49	0.31±0.05	0.07-0.49	0.30±0.05	0.00-0.51	0.26±0.06
22: 6n-3	0.00-0.40	0.23±0.04	0.16-0.52	0.37±0.06	0.11-0.57	0.26±0.05	0.00-0.54	0.30±0.06
Other	0.27-7.15	1.70±0.98	0.20-2.18	1.23±0.04	0.58-1.35	0.96±0.15	0.00-1.37	0.80±0.19
Total	0.71-8.24	3.51±1.08	1.30-94.99	3.37±0.51	1.42-4.77	2.85±0.37	0.52-4.77	2.90±0.60

ตารางที่ 24 ปริมาณกรดไขมันในเนื้อกุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารของสูตร A, สูตร B และสูตร C (เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันทั้งหมด) ที่ใช้เลี้ยงกุ้งด้วยระบบ
ความเค็มต่ำ

กรดไขมัน	บ่อทดลองที่ 1		บ่อทดลองที่ 2		บ่อทดลองที่ 3		บ่อทดลองที่ 4	
	เลี้ยงด้วยอาหารสูตร A	เลี้ยงด้วยอาหารสูตร A	เลี้ยงด้วยอาหารสูตร A	เลี้ยงด้วยอาหารสูตร A	เลี้ยงด้วยอาหารสูตร B	เลี้ยงด้วยอาหารสูตร B	เลี้ยงด้วยอาหารสูตร C	เลี้ยงด้วยอาหารสูตร C
	เดิมเลซิดินและแคลเซียมฟอสเฟต	เดิมเลซิดินและแคลเซียมฟอสเฟต	เดิมเลซิดินและแคลเซียมฟอสเฟต	เดิมเลซิดินและแคลเซียมฟอสเฟต	เดิมเพียงและเลซิดิน	เดิมเพียงและเลซิดิน	ไม่เติมเลซิดินและแคลเซียมฟอสเฟต	ไม่เติมเลซิดินและแคลเซียมฟอสเฟต
	พิสัย	(ค่าเฉลี่ย $\pm$ S.E)	พิสัย	(ค่าเฉลี่ย $\pm$ S.E)	พิสัย	(ค่าเฉลี่ย $\pm$ S.E)	พิสัย	(ค่าเฉลี่ย $\pm$ S.E)
16:0	0.83-25.05	17.38 $\pm$ 2.94	1.32-30.06	18.47 $\pm$ 3.03	20.66-83.43	32.31 $\pm$ 8.68	0.00-24.92	16.12 $\pm$ 2.92
16:1	0.00-6.75	2.61 $\pm$ 0.74	0.00-2.73	1.29 $\pm$ 0.34	0.00-3.30	1.92 $\pm$ 0.39	0.00-3.43	1.98 $\pm$ 0.33
18:0	0.76-11.85	8.52 $\pm$ 1.19	4.77-13.93	8.98 $\pm$ 1.37	9.62-34.73	14.35 $\pm$ 3.34	0.00-12.17	7.83 $\pm$ 1.40
18:1n-9	0.00-18.75	9.99 $\pm$ 1.90	1.32-17.13	9.65 $\pm$ 1.58	0.00-36.50	13.15 $\pm$ 4.22	0.00-17.13	10.54 $\pm$ 1.43
20:4n-6	0.00-8.03	3.62 $\pm$ 0.84	2.13-5.28	3.26 $\pm$ 0.61	2.96-12.76	5.76 $\pm$ 1.15	0.00-46.13	9.55 $\pm$ 4.23
20:5n-3	0.00-63.16	6.93 $\pm$ 1.22	3.22-10.50	7.40 $\pm$ 1.04	4.36-25.18	11.37 $\pm$ 2.44	0.00-10.50	7.39 $\pm$ 0.93
22:6n-3	0.00-40.62	6.99 $\pm$ 1.12	1.37-4.49	9.03 $\pm$ 1.07	4.51-29.29	10.57 $\pm$ 3.02	0.00-14.89	9.96 $\pm$ 1.19
Other	17.89-43.39	29.04 $\pm$ 5.56	4.32-40.41	21.76 $\pm$ 4.53	25.05-98.04	44.30 $\pm$ 13.01	0.00-31.68	21.09 $\pm$ 3.40
Total	100	100	100	100	100	100	100	100



ภาพที่ 19 โครมาโตแกรมของกรดไขมันในอาหารที่ฉีดด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟฟี

Peak no.	RT (min)	Area(%)	Fatty acid composition
1	3.475	97.6580	Hexane
5	6.842	0.5322	16: 0
6	7.049	0.0935	16: 1
11	8.761	0.1483	18: 0
12	9.019	0.2137	18: 1n-9
15	10.072	0.3043	19: 0
21	13.942	0.0319	20: 4n-6
22	16.604	0.0579	20: 5n-3
25	22.593	0.1587	22: 6n-3