

보리새우 成長중의 脂質成分 變化에 관한 研究

1. 天然 및 養殖産 보리새우의 筋肉 脂質成分의 比較

河 奉 錫 · 松野隆男* · 勝山政明*

慶尙大學校 自然科學大學, *京都藥科大學

(1985년 4월 6일 수리)

Variation in Lipid Composition during the Growing Period of the Prawn

I. Comparative Studies on the Flesh Lipid Composition of the Wild and Cultured Prawn

Bong-Seuk HA

College of Natural Science, Gyeongsang National University, Chinju 620, Korea

Takao MATSUNO and Masaaki KATSUYAMA

Kyoto College of Pharmacy, Yamashina-ku, Kyoto 607, Japan

(Received April 6, 1985)

Differences in lipid composition including fatty acid, lipid class, sterol and especially carotenoid between flesh of wild and cultured prawn, *Penaeus japonicus*, were studied. Total lipids were extracted from the flesh during the spawning period and fractionated into two lipid classes of polar and nonpolar lipids by silicic acid column chromatography. The fatty acid composition of each lipid classes, total lipid (TL), nonpolar lipid (NL) and polar lipid (PL) were analyzed by gas liquid chromatography. The sterol and carotenoid composition of total lipids were determined by using thin layer chromatography, gas liquid chromatography and column chromatography using MgO-celite 545 and silicic acid-celite 545 as an absorbent, and by UV spectrophotometry.

Total lipid contents of both flesh of the wild and cultured prawn were about 2.0% on average, but the content of the unsaponifiable matters in the cultured prawn (about 16.2% in total lipid) showed a little higher than that of the wild prawn (about 13.9% in total lipid) and the ratio of NL to PL in total lipid was 1:1.7.

In the fatty acid composition of TL, the contents of C_{16:0} and C_{20:3} fatty acids were higher in wild prawn than in cultured prawn, while the contents of C_{18:1} and C_{20:5} fatty acids in cultured prawn were higher than those in wild prawn. The cultured prawn contained higher amounts of monoenoic acids and lower amounts of polyenoic acids than the wild prawn.

In the fatty acid composition of NL, the wild prawn showed higher levels in C_{18:0} and C_{20:1} fatty acid contents than the cultured prawn, while the cultured prawn contained much amount of C_{16:0} and C_{18:1} fatty acids. On the other hand, the fatty acid composition of PL showed that C_{16:1} and C_{17:1} fatty acid were higher in the wild prawn than in the cultured prawn, but in C_{16:0} and C_{18:1} fatty acids, the levels were reversed.

Consequently, the cultured prawn contained higher amount of monoenoic acids, and similar amounts of saturated acids and polyenoic acids to the wild prawn in NL. And the cultured prawn contained lower amount of monoenoic acids, and similar amounts of saturated acids and polyenoic acids to the wild

prawn in PL.

In sterol composition of both the wild and cultured prawn, the predominant sterol was cholesterol with the proportion of 78.7~88.9% to the total sterol. In addition to the cholesterol, the other minor sterols such as 24-methylene cholesterol and sitosterol were detected.

Total carotenoid content in flesh of the wild prawn was relatively higher than that of the cultured prawn marking 70 mg/100 g of lipid in wild prawn and 40 mg/100 g of lipid in cultured prawn, respectively. The main carotenoids of the both prawns were astaxanthin(54.1~60.8%), phoenicoxanthin 16.5~22.9%), β -carotene (20.0~22.0%).

緒 論

보리새우의 지방에 관하여는 많은 연구가 이루어져 있다. 즉 보리새우의 지방의 성분組成에 관하여는 Guary 等¹⁾, Bottino 等²⁾ 그리고 Johnston 等³⁾이 卵巢, 肝脾臟 및 筋肉의 總脂質을 構成하는 各 脂質成分과 脂肪酸組成 그리고 卵巢와 筋肉脂質의 脂肪酸組成의 差異 等에 관하여 報告하였고, 餌料脂質이 보리새우의 成長과 筋肉脂質의 脂肪酸組成에 미치는 效果에 관한 研究로는, Teshima 等⁴⁾, Kanazawa 等⁵⁾ 그리고 Teshima 等⁶⁾이 餌料에 含有된 cholesterol 및 기타 sterol의 成長效果에 관하여 報告하였다. 또, Kayama 等⁷⁾과 Kanazawa 等^{8,9)}은 餌料에 含有된 必須脂肪酸의 成長效果에 관하여, 그리고 Kanazawa 等^{10, 11)}과 Deshimaru 等¹²⁾은 餌料에 含有된 lecithin의 成長效果에 미치는 影響 等에 관하여 報告하였다. 보리새우의 脫皮期間중의 體內 脂質의 生合成 및 脂質의 體內移動에 관한 研究로는, Ando 等¹³⁾과 Patrois 等¹⁴⁾이 脫皮期間중에 極性脂質이 肝脾臟에서 生合成된다는 것과, 그리고 Teshima와 Kanazawa¹⁵⁻¹⁸⁾가 肝·脾臟에서 生合成된 脂質이 血淋巴와 血淸 lipoprotein 等에 의하여 體內移動이 되는데 대하여 報告하였다. 그리고 보리새우의 sterol組成에 관하여는, Teshima와 Kanazawa¹⁹⁾의 甲殼類의 筋肉脂質에 含有하는 sterol組成, Kanazawa 等²⁰⁾의 脫皮期間중의 體內 各組織중에 含有하는 脂質成分과 cholesterol의 含量에 關하여 報告하였다. 그러나 天然 및 養殖보리새우의 脂質成分의 組成을 比較하여 研究한 報告는 찾아보기 힘들다.

한편, 보리새우의 色素成分에 관한 研究로는, Katayama 等²¹⁾이 보리새우의 殼 및 皮下組織의 carotenoid成分에 관하여 報告하였고, 松野 等²²⁾은 담새우의 殼, 卵 그리고 內臟 等에 含有하는 carotenoid成分에 관하여 報告하였다. 本 實驗에서는 天然 및 養殖産 보리새우의 脂質에 관한 營養學的인 基礎資料를

얻기 위하여 主産卵期를 前後한 天然 및 養殖産보리새우의 筋肉脂質의 組成과 carotenoid含量의 差異를 比較·檢討 하였다.

材料 및 方法

1. 材 料

本 實驗에 使用한 天然産보리새우, *penaeus japonicus*는 慶南 三千浦市, 綜合魚市場에서 살아있는 狀態로 購入하였고, 養殖産은 慶南 南海郡 古縣面 葛花里 所在 斗山産業株式會社 南海 養殖場에서 採取하여 얼음 箱子에 담아서 實驗室에 運搬한 直後에 殼을 벗겨서 筋肉만을 取하여(肉의 收率; 天然産 수컷 49.9%, 암컷 67.9%, 養殖産 수컷 53.2%, 암컷 70.7%)分析試料로 하였으며, 一般成分은 常法에 따라 分析하였다.

2. 脂質의 抽出 및 分劃

細切한 筋肉을 試料 무게의 2 倍量 되는 chloroform-methanol(2:1) 溶液에 一晝夜 浸漬 放置한 後 Bligh & Dyer法²³⁾으로 總脂質을 抽出하였다. 試料 보리새우의 性別, 體重, 採取時期, 總脂質의 含量 및 不燻化物量을 Table 4에 表示 하였고 抽出된 總脂質(TL)은 矽酸 column chromatography²⁴⁻²⁵⁾에 의하여 非極性脂質(NL)과 極性脂質(PL)의 lipid class로 分劃하였다. 즉 精製活性化한 矽酸(100 mesh, Mallinkrodt社製) 15 g을 chloroform 30~50 ml에 懸濁시켜 유리 column(ϕ 1.8×40 cm)에 均一히 充填한 다음, 總脂質 200~300 mg을 chloroform 5 ml에 溶解한 것을 column에 注入시키고, chloroform 200 ml로 NL을, methanol 200 ml로서 PL을 各各 溶離·分劃하였다. 이들 脂質分劃은 減壓濃縮한 다음 秤量하여 이들의 含量을 計算하였다.

3. 脂肪酸組成의 分析

總脂質 및 分割된 NL과 PL을 基準油脂分析試驗法²⁶⁾으로 鹼化한 後, 不鹼化物은 ether로 抽出하여 完全 除去하였다. 그리고 分離된 脂肪酸을 ester化²⁷⁾하여 混合脂肪酸 methylester를 調製하였고, 이를 acetone溶液으로 만들어 GLC에 依하여 前報²⁸⁻²⁹⁾에 示와 같이 定量하였으며 GLC 分析條件은 Table 1과 같다.

4. Sterol組成의 分析

總脂質을 鹼化하여 얻은 各 試料의 不鹼化物은 TLC에 依하여 純粹한 fraction(Fr.)으로 分離·確認하였다. 이때의 TLC-chromatogram은 Fig 1과 같으며, 分離된 劃分중 Fr. 1을 試料로 하여 sterol 組成

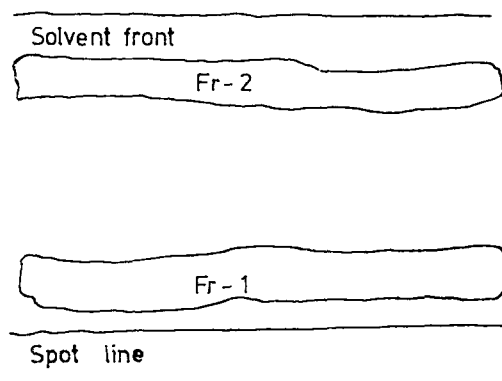


Fig. 1. Thin layer chromatogram for separation of the unsaponifiable matter from lipid of the prawns.

Absorbent, Wakogel B-10 (500 μ in thickness); Developing solvent, hexane—ethyl ether(7:3); Indicator: 0.01% rhodamin 6G-ethanol soln.

을 分析하였다. 그리고 GLC의 分析條件은 Table 1과 같으며 使用한 標準 sterol 및 定量方法은 前報²⁸⁻²⁹⁾와 같다.

5. Carotenoid의 分析

試料의 處理: 採取時期別 各 試料의 總脂質(天然產; 8月 24日 採捕, 雄 0.4331 g, 雌 1.5693 g, 9月 13日 採捕, 雄 1.1842 g, 雌 0.2396 g, 그리고 養殖產 8月 24日 採捕, 雄 0.4771 g, 雌 0.6356 g, 9月 13日 採捕, 雌 0.7815 g, 雌 0.6782 g)을 ether를 使用하면서 acetone에 定溶시켜 總 carotenoid를 抽出하였다. 그리고 다시 petroleum ether(P. E.)-ether(1:1, V/V)의 混合溶媒에 定溶시킨 後, 總 carotenoid의 抽出液(P. E. 溶媒中.)을 만들어서 定容하고 다음 式에 따라 總 carotenoid의 含量을 計算 하였다.

溶媒, 吸着劑 및 測定機器: 實驗에 使用한 各種溶媒는 蒸溜·精製한 것과 市販 特級試藥이며, 特히 P. E.는 蒸溜溫度範圍 40~60°C의 것을, ether는 還元鐵을 加하여 蒸溜하고 peroxide를 除去한 것을 使用하였다. 그리고 可視部 吸收 spectrum은 Shimadzu UV-240 spectrophotometer에 依하여 測定하였다.

Carotenoid의 定量: 各 carotenoid의 定量은 P. E. 溶媒중에서의 可視部 吸收 spectrum의 λ_{max} 의 optical density에 依하여 McBeth의 方法³⁰⁾에 따라 吸光係數 $E_{1cm}^{1\%} = 2,400$ 으로 하여 計算 하였다.

$$mg(\text{carotenoid}) = \frac{O. D. (\lambda_{max}) \times Vol \times 10^3}{E_{1cm}^{1\%} (2,400)}$$

$$\% = \frac{100 \times Vol \times O. D. (\lambda_{max}) (\text{for each fraction})}{\sum [Vol \times O. D. (\lambda_{max}) (\text{each fraction})]}$$

Carotenoid의 分離: 天然產브리새우의 4個 檢體와 養殖產브리새우의 4個 檢體를 各各 合併하여 試料로 使用하였다. 試料를 10% KOH-methanol 溶

Table 1. Operation condition for gas liquid chromatography

Item	Fatty acid methyl ester analysis	Sterol analysis
Instrument	GLC (shimadzu GC-6A)	GLC (Shimadzu GC-6A)
Column	DEGS (15%) glass 2 m × 3 mm I. D.	OV-17 (1.5%) glass 2 m × 3 mm I. D.
Column temp.	165°C	264°C
Detector oven temp.	180°C	280°C
Carrier gas	N ₂ . 60 ml/min.	N ₂ . 60 ml/min.
Chart speed	5 mm/min.	5 mm/min.

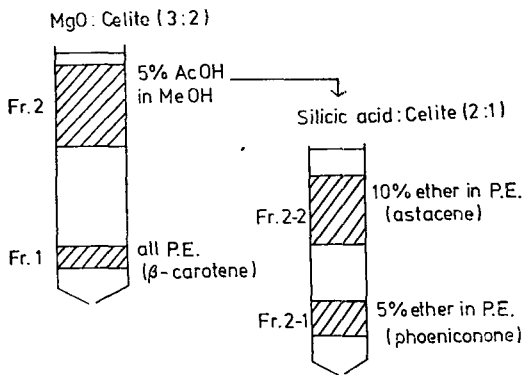


Fig. 2. Diagram of column chromatographic separation for saponified carotenoids from flesh of the prawn.

Table 2. Absorption maxima of the carotenoids identified in prawn fleashes

Fraction	Identification	Absorption maxima (nm, in P. E. solvent)
1	β-Carotene	448, 475
2-1	Phoeniconone	470
2-2	Astacene	473

液으로 鹼化하고, 不鹼化物을 P. E.-ether 混合液에 轉溶시킨後, MgO: celite-545(3:2)를 吸着劑로 하여 展開溶媒로는 P. E.→acetone→methanol로서 漸次的으로 極性を 增加시키면서 column chromatography를 行하였다. 그리고 上記의 column chromatography에서 methanol로 溶離되지 않는 carotenoid區分은 acetic acid methanol(5:95)로 溶離하였고, 이것을 다시 silicic acid: celite 545(2:1)를 吸着劑로 하여, 展開溶媒 P. E.-ether 溶媒系로서 分離하였다(Fig. 2).

이상과 같은 方法에 依하여 3 個의 劃分이 얻어졌고 이들 可視部 吸收 spectrum은 Table 2에 表示하였다.

結果 및 考察

1. 總脂質의 含量

試料의 一般成分의 組成은 Table 3과 같으며, 總脂質과 總脂質에 대한 NL, PL의 含量比率 및 不鹼化物量은 Table 4와 같다.

粗脂肪의 含量은 平均 1.7%이고, 總脂質의 含量은 平均 2.0%가 되어 天然 및 養殖産 보리새우의 脂質含量差異는 찾아 볼 수 없었다. 그리고 總脂質을

Table 3. Proximate composition in wild and cultured prawn fleashes

Composition	wet basis(%)							
	Wild				Cultured			
	Aug. 24*		Sept. 13*		Aug. 24*		Sept. 13*	
	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female
Moisture	73.4	73.5	75.0	76.8	75.8	78.3	79.3	80.2
Crude lipid	1.8	1.6	1.7	1.7	1.9	1.7	1.5	1.6
Crude protein	18.2	18.3	19.3	18.2	15.5	15.7	17.8	19.6
Ash	4.4	3.7	2.7	2.3	4.3	3.9	2.5	2.5

* Date of sampling

Table 4. Body length, weight and lipid content in wild and cultured prawn fleashes

Date of sampling	Body length (cm)		Body weight (g)		Total lipid* (%)		Percentage in total lipid NL** PL**				Unsaponifiable matters in total lipid(%)	
	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female
Wild												
Aug. 24	11.9	12.4	16.1	17.8	1.9	1.8	21.8	26.8	50.7	57.5	13.9	14.1
Sept. 13	14.3	15.6	18.3	19.4	2.0	2.2	30.5	32.5	60.4	60.2	13.2	14.2
Cultured												
Aug. 24	9.0	9.2	9.8	10.0	2.0	1.8	41.4	40.4	58.3	54.0	15.7	16.8
Sept. 13	9.7	9.8	11.5	12.0	2.0	2.1	41.2	41.0	56.1	58.8	15.2	16.9

* Extracted by chloroform-methanol solvent (by Bligh & Dyer's method).

**NL, nonpolar lipid; PL, polar lipid.

構成하는 NL과 PL의 含量은 性別에 對한 差異는 나타나지 않으며, NL과 PL의 含量比率이 27.9~41.0% : 56.8~57.2% 로서 平均 1:1.7이 되어 PL의 含量이 NL의 含量보다 훨씬 높은 값을 보였다.

이 結果는 Guary 等¹⁾이 보리새우, *P. japonicus*의 筋肉脂質에 대한 實驗을 하여 보리새우의 수컷에는 2.80%, 암컷에는 2.75%의 總脂質을 各各 含有 한다는 것과, 그리고 Johnston 等³⁾이 보리새우科의 갈색 새우, *penaeus aztecus*의 筋肉總脂質에 대한 中性脂質과 極性脂質의 含量比率이 1:1.7 로서 極性脂質의 含量이 越等히 높다고 한 報告와 比較하여 一致한다.

그러나 이것은 Ohshima 等³¹⁾이 養殖産 은어, *plecoglossus altivelis*의 筋肉에 含有하는 總脂質의 含量이 平均 9.9% 로서 天然産 은어의 平均 7.9% 보다 多少 높은 含量値를 나타내며, 總脂質에 대한 NL과 PL의 含量比率이 87.4~95.3% : 4.7~12.6% 로서 平均 10.6:1이 되어 NL의 含量이 PL의 含量보다 顯著히 높다고 한 것과, 그리고 崔 等³²⁾이 淡水産 鰻장어, *Anguilla japonicus*의 總脂質에 대한 中性脂質과 磷脂質의 含量比率이 91.62% : 7.89% 로서, 즉 11.6:1 이 된다고 報告한 一般魚類의 脂質成分의 含量과 比較하여 對照的이었다.

한편, 總脂質에 含有하는 不鹼化物量은 總脂質에 대하여 天然産 수컷이 平均 13.6%, 암컷이 平均 14.2% 이고, 養殖産 수컷이 平均 15.5%, 암컷이 平均 16.9% 로서 養殖産이 天然産보다 약간 높은 含量値를 나타내고 있다.

이것은, Teshima와 Kanazawa¹⁰⁾가 보리새우, *P. japonicus*의 筋肉에는 總脂質에 대하여 不鹼化物量이 27.0% 가 된다고 한 것과 比較하여 多少 낮은 含量을 보였다. 그러나, 新聞와 田口³³⁾가 天然産 은어, *P. altivelis* 에는 總 cholesterol 量이 42.9 mg/g of oil 인 데 比하여 養殖産에는 46.7 mg/g of oil 로서 養殖産의 不鹼化物量이 天然産 보다 높다고 한 報告와는 類似한 傾向이었다.

2. 脂肪酸 組成

天然 및 養殖産 보리새우의 TL, NL 그리고 PL 을 加水分解하여 얻은 脂肪酸의 組成을 GLC 로 分析한 結果를 Table 5, Table 6 그리고 Table 7 에 各各 表示하였다. 그리고 이들 脂質成分에 대한 各 脂肪酸의 含量差를 求하여 天然産의 含量이 높은 境遇에는 中央線의 上部에 表示하고, 養殖産의 含量이 높은 境

Table 5. Comparison between fatty acid compositions of total lipid in wild and cultured prawn fleshes (% peak area)

Fatty acid	Wild				Cultured			
	Aug. 24*		Sept. 13*		Aug. 24*		Sept. 13*	
	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female
C _{14:0}	1.0	1.4	1.8	1.5	2.7	2.8	2.2	2.6
C _{15:0}	1.8	1.7	2.5	0.9	1.0	1.2	1.6	0.8
C _{16:0}	16.1	18.8	21.5	16.6	22.3	21.1	18.0	11.7
C _{17:0}	3.2	3.8	3.2	1.1	2.0	1.7	1.8	2.1
C _{18:0}	6.9	8.2	7.0	3.1	4.6	4.2	5.1	3.3
C _{20:0}	0.5	0.5	1.4	0.3	0.3	0.3	2.4	0.4
Total	29.5	34.4	37.4	23.5	32.9	31.3	31.1	20.9
C _{16:1}	5.9	7.7	7.7	5.1	7.6	10.1	8.0	8.0
C _{17:1}	1.5	2.2	2.1	0.9	1.7	2.2	2.0	1.7
C _{18:1}	13.1	15.4	14.6	19.2	29.0	26.4	22.8	29.5
C _{20:1}	5.6	4.8	6.3	3.7	3.5	2.7	18.3	4.1
Total	26.1	30.1	30.7	28.9	41.8	41.4	51.1	43.3
C _{18:2}	3.0	4.3	2.4	2.3	2.0	3.0	2.9	1.8
C _{18:3}	1.1	2.7	3.8	1.5	0.6	0.5	0.8	0.7
C _{20:2}	—	1.6	1.3	2.1	0.8	—	—	1.7
C _{20:3}	24.1	6.5	5.4	31.6	5.0	4.0	2.5	3.5
C _{20:5}	12.6	13.7	10.4	9.1	14.2	17.2	8.4	25.7
Total	40.8	28.8	23.3	46.0	22.6	24.7	14.6	33.4

* Date of sampling

Table 6. Comparison between fatty acid compositions of nonpolar lipid in wild and cultured prawn fleshs (% peak area)

Fatty acid	Wild				Cultured			
	Avg. 24*		Sept. 13*		Aug. 24*		Sept. 13*	
	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female
C _{14:0}	2.7	3.6	6.8	3.0	5.0	6.9	4.0	7.5
C _{15:0}	2.0	2.2	2.2	2.2	0.9	0.9	1.0	1.1
C _{16:0}	22.4	22.8	20.3	24.6	25.2	45.1	29.7	23.7
C _{17:0}	3.0	2.9	2.6	2.8	2.3	1.6	2.4	5.6
C _{18:0}	8.4	9.3	8.0	7.5	—	—	—	—
C _{20:0}	0.8	0.5	—	—	0.8	0.2	—	—
Total	39.3	41.3	39.9	40.1	34.2	54.7	37.1	37.9
C _{16:1}	5.2	6.6	8.6	8.7	10.6	9.0	9.6	16.3
C _{17:1}	0.9	1.6	1.1	1.2	1.0	0.8	0.9	1.5
C _{18:1}	10.9	11.5	12.9	15.4	35.8	15.1	30.7	22.6
C _{20:1}	9.3	10.8	10.8	14.1	4.2	5.5	4.4	2.9
Total	26.3	30.5	33.4	39.4	51.6	30.4	45.6	43.3
C _{18:2}	3.9	1.0	1.0	1.2	2.8	1.7	1.4	10.8
C _{18:3}	2.4	1.7	1.7	1.9	1.2	0.7	0.7	1.3
C _{20:2}	—	1.8	1.8	1.1	—	—	—	—
C _{20:3}	3.4	3.2	3.2	1.2	1.6	2.1	0.8	—
C _{20:5}	8.1	5.1	5.1	—	5.4	2.3	12.2	—
Total	17.8	12.8	12.8	5.4	11.0	6.8	15.1	12.1

* Date of sampling

Table 7. Comparison between fatty acid compositions of polar lipid in wild and cultured prawn fleshs (% peak area)

Fatty acid	Wild				Cultured			
	Aug. 24*		Sept. 13*		Aug. 24*		Sept. 13*	
	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female
C _{14:0}	2.8	0.9	3.6	1.0	1.4	1.4	1.1	0.8
C _{15:0}	18.9	2.5	1.5	1.5	2.8	1.6	2.2	4.2
C _{16:0}	14.2	12.2	20.2	22.0	33.6	18.4	43.6	23.2
C _{17:0}	2.0	3.6	3.1	3.1	2.0	1.2	1.2	—
C _{18:0}	—	3.3	9.7	6.5	—	—	—	—
C _{20:0}	—	—	0.3	0.4	—	0.4	—	—
Total	37.9	22.5	38.4	34.5	39.8	23.0	48.1	28.2
C _{16:1}	18.3	15.5	17.3	16.5	11.0	4.2	6.9	9.5
C _{17:1}	17.8	11.5	2.2	2.9	4.3	3.4	3.0	4.4
C _{18:1}	14.0	29.2	21.9	23.2	21.2	35.4	29.7	30.9
C _{20:1}	1.5	3.2	2.4	3.0	3.2	2.7	2.1	1.9
Total	51.6	59.4	43.8	45.6	39.7	45.6	41.7	46.7
C _{18:2}	1.4	3.9	4.1	1.9	2.7	3.4	2.4	3.1
C _{18:3}	0.6	1.1	0.7	0.3	0.7	1.0	0.4	—
C _{20:2}	—	—	—	—	0.8	1.0	0.7	—
C _{20:3}	1.9	4.9	3.0	7.1	4.1	6.6	1.8	7.4
C _{20:5}	2.7	4.8	8.7	8.6	9.1	16.1	3.3	8.1
Total	6.6	18.3	16.5	17.9	17.4	28.1	8.6	18.6

* Date of sampling.

遇에는 中央線의 下部에 表示하여 Fig. 3(8月 24日 및 9月 13日의 試料採取 時期別 脂質成分에 對한 各 脂肪酸의 含量差를 表示한 圖表는 그 pattern이 비슷하였다.)을 얻었고, 天然 및 養殖產브리새우의 脂肪酸 組成의 差異를 比較 하였다.

TL의 天然 및 養殖產의 脂肪酸組成을 比較하여 보면, 天然產브리새우에는 C_{16:0}(平均 18.3%), C_{20:3}(平均 16.9%), C_{18:1}(平均 15.6%) 및 C_{20:5}酸(平均 11.4%)의 順으로 이들 脂肪酸이 主成分을 이루며, 此外 C_{18:0}, C_{16:1} 그리고 C_{20:1}酸의 含量도 相當히 많아 構成脂肪酸의 主體를 이루고 있었다. 한편, 養殖產브리새우에는 C_{18:1}(平均 26.9%), C_{16:0}(平均 18.3%) 및 C_{20:5}酸(平均 16.4%)의 順으로 含有하여 主成分을 이루며, 此外 C_{16:1}, C_{18:0}, C_{20:1} 그리고 C_{20:3}酸의 含量도 相當히 많아서 構成脂肪酸의 主體를 이루고 있었다.

따라서 Fig. 3에서와 같이 天然產은 C_{18:0} 및 C_{20:3}酸의 組成비가 높았고, 養殖產은 C_{18:1} 및 C_{20:5}酸의 組成비가 높게 나타나는 特徵이 있었다. 그리고 天然產 브리새우의 TL은 飽和酸이 平均 31.2%, monoene酸이 平均 31.5% 그리고 polyene酸이 平均 34.7%로 各各 構成되어 이들 脂肪酸의 含量 合計值가 97.4%가 되는 反面에, 養殖產브리새우의 TL은

飽和酸이 平均 29.1%, monoene酸이 平均 44.4% 그리고 polyene酸이 平均 23.8%로 各各 構成되어 이들 脂肪酸의 含量 合計值가 97.3%가 되므로써 養殖產브리새우는 天然產에 比하여 monoene酸의 含量이 높고, polyene酸의 含量이 낮게 나타나는 特徵 등이 天然 및 養殖產의 差異였다.

한편, NL의 天然 및 養殖產의 脂肪酸組成을 比較하여 보면, 天然產 브리새우는 C_{16:0}(平均 22.5%), C_{18:1}(平均 12.7%), C_{20:1}(平均 11.3%) 및 C_{18:0}酸(平均 8.3%)의 順으로 이들 脂肪酸이 主成分을 이루며, 此外 C_{16:1}, C_{20:5} 그리고 C_{14:0}酸의 含量도 相當히 많아 構成脂肪酸의 主體를 이루고 있었다. 한편, 養殖產브리새우에는 C_{16:0}(平均 30.9%), C_{18:1}(平均 26.1%) 및 C_{16:1}酸(平均 11.4%)의 順으로 이들 脂肪酸이 主成分을 이루며, 此外 C_{14:0}, C_{20:5} 그리고 C_{20:1}酸의 含量도 相當히 많아서 構成脂肪酸의 主體를 이루고 있었다.

따라서 Fig. 3에서와 같이 天然產은 C_{18:0} 및 C_{20:1}酸의 組成비가 높았고, 養殖產은 C_{16:0} 및 C_{18:1}酸의 組成비가 높게 나타나고 있으며, 特히 C_{18:0}酸은 養殖產에는 尠히 나타나지 않는 特徵을 보여 TL의 경우와는 差異가 있었다. 그리고 天然產브리새우의 NL은 飽和酸이 平均 40.2%, monoene酸이 平均 32.4%, 그리고 polyene酸이 平均 12.2%로 各各 構成되어 이들 脂肪酸을 合한 값이 84.8%가 되며, 養殖產브리새우의 NL은 飽和酸이 平均 41.0%, monoene酸이 平均 42.7%, 그리고 polyene酸이 平均 11.3%로 各各 構成되어 이들 脂肪酸을 合한 값이 94.9%가 되므로써, 養殖產 브리새우는 天然產에 比하여 monoene酸의 含量만이 높고 그 밖에는 비슷한 含量을 나타내는 特徵 등이 天然 및 養殖產의 差異였다.

이 結果는 Guary 等¹⁾이 天然產 브리새우, *P. japonicus*는 암수에서 共通의으로 C_{16:0}, C_{18:1}, C_{18:0}, C_{20:5} 및 C_{22:6}酸들이 다른 海產 一般魚類에서와 같이 筋肉의 TL을 構成하는 主要脂肪酸을 이룬다고 한 報告와 一致한다. 그리고 金 等³⁴⁾이 養殖產뱀장어, *Anguilla japonica*의 TL 및 NL의 脂肪酸 組成에서 C_{18:1} 및 C_{22:6}酸의 組成비가 天然產에 比하여 높았다는 報告와, Ohshima 等³¹⁾이 養殖產 은어, *Plecoglossus altivelis*의 TL 및 NL의 脂肪酸 組成에서 C_{16:0}, C_{18:1} 그리고 C_{18:2}酸의 組成비가 天然產에서 보다 높았다는 報告와도 類似하였다.

PL의 天然 및 養殖產의 脂肪酸組成을 比較하여 보면, 天然產브리새우에는 C_{18:1}(平均 22.1%), C_{16:0}

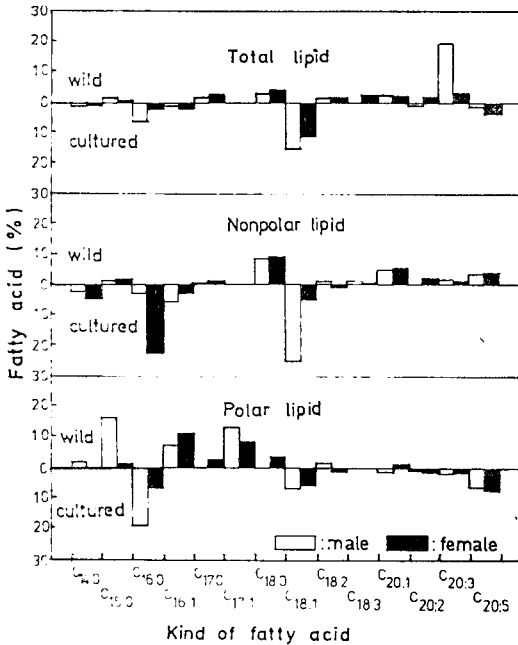


Fig. 3. Comparison of fatty acid content between the wild and cultured prawn in each lipid class.

(平均 17.2%), C_{16:1}(平均 16.9%) 및 C_{17:1}酸(平均 8.6%)의 順으로 含有하여 이들 脂肪酸이 主成分을 이루며, 그 밖에 C_{20:5}, C_{15:0}, C_{18:2} 그리고 C_{20:3}酸의 含量도 많아서 構成脂肪酸의 主體를 이룬다. 한편, 養殖産 브리새우에는 C_{16:0}(平均 29.7%), C_{18:1}(平均 29.3%) 및 C_{20:5}酸(平均 9.2%)의 順으로 이들 脂肪酸이 主成分을 이루며, 그 밖에 C_{16:1}, C_{20:3} 그리고 C_{18:2}酸의 含量도 많아 構成脂肪酸의 主體를 이룬다.

따라서 Fig. 3에서와 같이 天然産은 C_{16:1} 및 C_{17:1}酸의 組成비가 높았고, 養殖産은 C_{16:0} 및 C_{18:1}酸의 組成비가 높게 나타나고 있으며, 특히 C_{18:0}酸은 NL에서와 같이 養殖産에 全혀 나타나지 않고, C_{20:2}酸은 天然産에 全혀 나타나지 않는 特徵을 보여, TL 및 NL과 多少의 差異가 있었다. 그리고 天然産 브리새우의 PL은 飽和酸이 平均 33.3%, monoene酸이 平均 50.1%, 그리고 polyene酸이 平均 14.8%로 各各 構成되어 이들 脂肪酸을 合한 값이 98.2%가 되며, 養殖産 브리새우의 TL은 飽和酸이 平均 34.8%, monoene酸이 平均 43.4% 그리고 polyene酸이 平均 18.2%로 各各 構成되어 이들 脂肪酸을 合한 값이 96.4%가 됨으로서, 養殖産 브리새우는 天然産에 比하여 monoene酸의 含量이 낮고 그 밖에는 비슷한 값을 보였다.

이 結果는 Kanazawa 等¹⁰⁾이 餌料에 含有하는 脂質成分이 브리새우, *P. japonicus*의 成長과 脂肪酸組成에 미치는 效果에 관한 研究에서 브리새우의 極性脂質을 構成하는 主要脂肪酸은 C_{18:1}, C_{16:0}, C_{20:5}, C_{22:6}, C_{16:1} 및 C_{20:3} 酸이라고 한 報告와 類似하였다.

3. Sterol 組成

試料別로 TLC에 의하여 Fig. 1과 같이 分離된 Fr. 1(4-desmethyl sterol)을 GLC로서 標準 sterol의

RRT와 같이 比較하여 分析한 sterol組成은 Table 8과 같다.

試料 브리새우의 筋肉에서 抽出한 不鹼化物을 TLC로 分離한 結果, 一般植物油²⁹⁾와는 달리 spot line의 上端, Rf值가 0.12 되는 곳에 1個의 Fr. 1(4-desmethyl sterol)이 나타났으며 그外 Rf值가 0.83 되는 곳에 Fr. 2(less polar compound)가 나타나서 本實驗의 不鹼化物 中에는 4-methyl sterol과 triterpene alcohol은 存在하지 않거나 또는 TLC-band로 나타날 程度以下의 極少量일 것으로 推測된다. Table 8에서 天然 및 養殖 브리새우의 sterol組成을 比較하면, 天然産 브리새우에는 cholesterol(RRT; 1.00)이 平均 83.4%를 含有하여 4-desmethylsterol의 主成分을 이루고 있고, 그 밖에 sitosterol(RRT; 1.61)이 平均 3.1% 그리고 RRT가 0.69인 未同定의 sterol이 平均 0.8%를 各各 含有하여 少量成分으로 存在하고 있다. 한편, 養殖産 브리새우에는 cholesterol이 平均 83.5%를 含有하여 主成分을 이루고, 그 밖에 24-methylene cholesterol(RRT; 1.38)이 平均 4.0%, sitosterol이 平均 3.3% 그리고 RRT가 0.69인 未同定의 sterol이 平均 0.7%를 各各 含有하여 少量成分으로 存在하고 있었다. 따라서, 天然 및 養殖産 브리새우의 sterol組成의 差異는 24-methylene cholesterol의 含量值가 養殖産에서 多少 높게 나타났으며, 天然産에서는 거의 나타나지 않거나 極少量이 存在하고 있음을 알 수 있었다.

이 結果는, Teshima와 Kanazawa¹⁹⁾가 甲殼類의 sterol成分은 cholesterol이 主成分이고 특히 브리새우, *P. japonicus*에는 그外 少量成分으로서 24-methylene cholesterol, stigmasterol 그리고 sitosterol等이 存在한다고 한 報告와 類似하였다.

Table 8. Comparison between sterol compositions isolated from wild and cultured prawn fleshes (% peak area)

Peak	Sterol in RRT*	Wild				Cultured			
		Aug. 24**		Sept. 13**		Aug. 24**		Sept. 13**	
		Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female
1	0.69	—	0.2	1.9	1.0	2.1	0.5	0.2	0.1
2	1.00	81.9	85.3	81.8	84.4	78.7	83.0	88.9	83.3
3	1.38	—	—	—	2.2	4.4	3.6	2.8	5.1
4	1.61	6.8	1.7	3.7	—	3.4	3.5	1.9	4.4

* Relative retention times (RRT) of sterols in prawn flesh calculated in relation to the retention time of cholesterol as 1.00 and sterols identified are: 1.38 in 24-methylene cholesterol, 1.61 in sitosterol and 0.69 in unidentified one.

** Date of sampling.

4. Carotenoid의 同定 및 組成

carotenoid의 同定은 各 劃分에서 얻어진 carotenoid의 可視部 吸收 spectrum의 測定, 標準品과의 co-TLC 및 co-column chromatography, acetyl化, allylic-OH 活性 test, 그리고 ketocarotenoid인 경우에는 NaBH_4 에 의한 還元生成物의 物理化學的性質의 檢索 등에 의하여 同定하였다. β -carotene은 市販品(Merk社製)을, astaxanthin 및 phoenicoxanthin은 蝸새우, *Panulirus japonicus*²²⁾로부터 分離한 것을 各 標準品으로 使用하였다.

Fr. 1, β -carotene. 市販의 β -carotene標準品과 co-TLC, co-column chromatography에 의하여 各 各 單一 班點, 單一 帶가 얻어졌고 可視部 吸收 spectrum을 測定한 結果 Fig. 4 와 같이 β -carotene type spectrum이 나타났다.

Fr. 2-1, phoeniconone. 可視部 吸收 spectrum은 Fig. 5에서 처럼 ketocarotenoid 特有의 single band가 얻어졌다. 또한 95% ethanol 중에서 NaBH_4 로 還元하여 얻어진 反應生成物의 可視部 吸收 spectrum은 β -carotene type였다.

그리고 還元反應生成物에는 acetyl化 및 TLC의 Rf 值로부터 水酸基 3 個가 存在하는 것을 推定할 수 있었다. 이상의 結果로부터 Fr. 2-1은 phoeniconone인 것으로 判斷되며, 蝸새우²²⁾에서 얻은 phoenicoxanthin을 原料로 하여 phoeniconone을 만들고, 이것과 直接 co-TLC, co-column chromatography를 實施한 結果 各 各 單一 班點, 單一 帶가 얻어졌으므로 Fr. 2-1

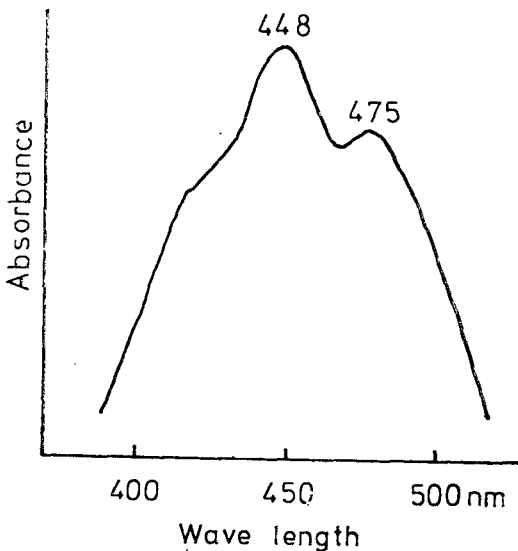


Fig. 4. Absorption spectrum of β -carotene in P.E.

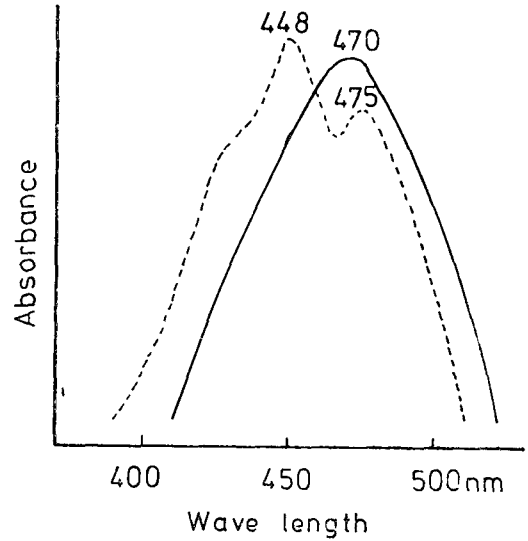


Fig. 5. Absorption spectra of phoeniconone (—) and its reduction product (---) in P.E.

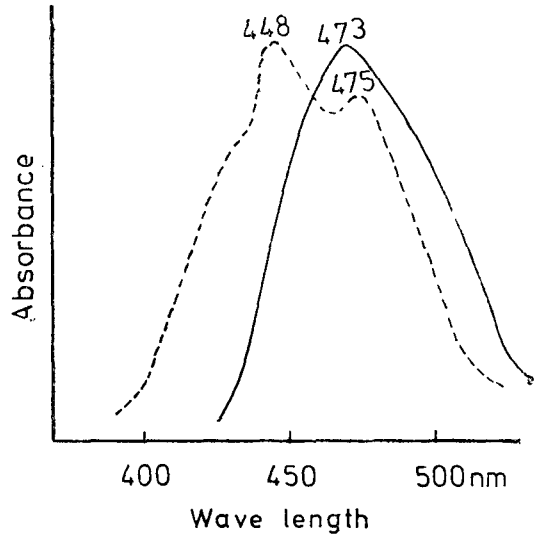


Fig. 6. Absorption spectra of astacene (—) and its reduction product (---) in P.E.

을 phoeniconone으로 同定하였다. 鹼化後에 phoeniconone으로 同定되었으므로 鹼化前에는 phoenicoxanthin으로 存在하고 있었음을 알 수 있다.

Fr. 2-2, astacene. 可視部 吸收 spectrum은 Fig. 6에서 처럼 ketocarotenoid 特有의 單一 帶가 얻어졌다. 또한 95% ethanol 중에서 NaBH_4 로 還元하여 얻어진 反應生成物의 可視部 吸收 spectrum은 β -carotene type였다.

Table 9. Total carotenoid content in wild and cultured prawn fleshes

(mg/100 g of lipid)

	Wild				Cultured			
	Aug. 24*		Sept. 13*		Aug. 24*		Sept. 13*	
	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female
Total	81.0	68.0	68.2	64.3	46.9	59.8	32.0	24.0

* Date of sampling.

Table 10. Composition of the carotenoids in prawn fleshes (% in total carotenoid)

Carotenoid	Wild	Cultured
β -Carotene	20.0	22.0
Phoenicoxanthin	22.9	16.5
Astaxanthin	54.1	60.8
Unidentified	3.0	0.7

그리고還元反應生成物에는 acetyl化 및 TLC의 Rf 値로 부터 水酸基 4個가 存在하는 것을 推定할 수 있었다. 이상의 結果에서 Fr. 2-2는 astacene인 것으로 判斷되며, 또한 닭새우²²⁾에서 얻은 astaxanthin을 原料로 하여 astacene을 만들고, 이것과 直接 co-TLC, co-column chromatography를 實施한 結果 各各 單一班點 및 單一帶가 얻어졌으므로 Fr. 2-2를 astacene으로 同定하였다. 鹼化後에 astacene으로 同定되었음으로 鹼化前에는 astaxanthin으로 存在하고 있었음을 알 수 있다.

이상의 結果는 Katayama 等²¹⁾이 報告한 보리새우, *P. japonicus*의 殼 및 皮下組織에서 檢出한 carotenoid 成分組成과는 多少의 差異가 있었다.

그리고 天然 및 養殖産 보리새우 筋肉의 總 carotenoid 含量은 Table 9에, 筋肉 carotenoid 組成은 Table 10에 各各 表示하였다. 天然産 보리새우는 養殖産에 比하여 總 carotenoid의 含量이 높았고, 보리새우 筋肉의 carotenoid는 astaxanthin이 主成分이고 그 밖에 phoenicoxanthin, β -carotene이 主體를 이루고 있었다.

要 約

天然 및 養殖産 보리새우의 脂質成分을 比較하기 위하여, 主産卵期를 前後하여 採取한 各 試料에서 總脂質을 抽出하였고, 이를 TLC, GLC 및 column chromatography를 利用하여 總脂質의 脂肪酸組成, sterol組成 그리고 非極性脂質과 極性脂質의 脂肪酸組成을 測定하였다. 그리고 UV spectrophotometer, 기타 物理化學的 試驗으로 天然 및 養殖産 보리새우

筋肉의 carotenoid組成을 定量하여 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. 보리새우 筋肉의 總脂質含量은 平均 2.0%로서 天然 및 養殖産 보리새우의 脂質含量 差異는 없었다. 그러나 不鹼化物量은 總脂質에 對하여 天然産이 平均 13.9%, 養殖産이 平均 16.2% 로서 養殖産보리새우가 天然産 보다 若干 높은 含量値를 보였다. 그리고 總脂質에 對한 NL과 PL의 含量比率는 平均 1:1.7로서 PL의 含量이 높았다.

2. TL의 脂肪酸組成에서, 天然産은 $C_{18:0}$ 및 $C_{20:3}$ 酸의 組成비가 높았고, 養殖産은 $C_{18:1}$ 및 $C_{20:5}$ 酸의 組成비가 높게 나타났으며, 養殖産은 天然産에 比하여 monoene酸의 含量이 높고 polyene酸의 含量値가 낮았다.

3. NL의 脂肪酸組成에서, 天然産은 $C_{18:0}$ 및 $C_{20:1}$ 酸의 組成비가 높았고, 養殖産은 $C_{16:0}$ 및 $C_{18:1}$ 酸의 組成비가 높게 나타났으며, 養殖産은 天然産에 比하여 monoene 酸의 含量이 높고 그 밖에 飽和酸 및 polyene 酸의 含量은 비슷하였다.

4. PL의 脂肪酸組成에서, 天然産은 $C_{16:1}$ 및 $C_{17:1}$ 酸의 組成비가 높았고, 養殖産은 $C_{16:0}$ 및 $C_{18:1}$ 酸의 組成비가 높게 나타났으며, 養殖産은 天然産에 比하여 monoene 酸의 含量이 낮고 그 밖에 飽和酸 및 polyene 酸의 含量은 비슷 하였다.

5. 天然 및 養殖産 보리새우의 sterol은 cholesterol이 78.7~88.9%의 含量分布를 보여 主成分을 이루고 그 밖에 24-methylene cholesterol, sitosterol 등이 少量成分으로 檢出되었다. 특히 24-methylene cholesterol은 養殖産에서 多少 높게 나타난 反面, 天然産에서는 거의 나타나지 않거나 極少量이 存在하여 天然 및 養殖産 보리새우의 sterol 組成의 差異를 보였다.

6. 養殖産 보리새우 筋肉의 總 carotenoid 含量(平均 40.7 mg/100g of lipid)은 天然産(平均 70.4 mg/100 g of lipid)에 比하여 현저히 낮았고, 보리새우 筋肉의 carotenoid는 astaxanthine (54.1~60.8%)이 主成分이고 그 밖에 phoenicoxanthin(16.5~22.9%),

β -carotene(20.0~22.6%)이 主體를 이루고 있었다.

文 獻

1. Guary, J. C., M. Kayama and Y. Murakami. 1974. Lipid class distribution and fatty acid composition of prawn, *Penaeus japonicus* Bate. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 40(10), 1027—1032.
2. Bottino, N. R., J. Gennity, M. L. Lilly, E. Simmons and G. Finne. 1980. Seasonal and nutritional effects on the fatty acids of the three species of shrimp, *Penaeus setiferus*, *P. aztecus*, and *P. duorarum*. Aquaculture. 19, 139—148.
3. Johnston, J. J., H. A. Ghanbari, W. B. Wheeler and J. R. Kirk. 1983. Characterization of shrimp lipids. J. Food Sci. 48, 33—35.
4. Teshima, S., A. Kanazawa and H. Okamoto. 1974. Absorption of sterols and cholesterol ester in a prawn, *Penaeus japonicus*. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 40(10), 1015—1019.
5. Kanazawa, A., S. Teshima and Y. Sakamoto. 1975. Utilization of dietary cholesterol during the molting cycle of prawn. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 41(11), 1185—1189.
6. Teshima, S., A. Kanazawa and H. Sasada. 1983. Nutritional value of dietary cholesterol and other sterols to larval prawn, *Penaeus japonicus* Bate. Aquaculture. 31, 159—167.
7. Kayama, M., M. Hirata, Kanazawa, S. Tokiwa and M. Saito. 1980. Essential fatty acids in diet of prawn—Ⅲ. Lipid metabolism and fatty acid composition. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 46(4), 483—488.
8. Kanazawa, A., S. Teshima, S. Tokiwa, M. Kayama and M. Hirata. 1979. Essential fatty acids in the diet of prawn—Ⅱ. Effect of docosahexaenoic acid on growth. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 45(9), 1151—1153.
9. Kanazawa, A., S. Tokiwa, M. Kayama and M. Hirata. 1977. Essential fatty acids in diet of prawn—I. Effects of linoleic and linolenic acids on growth. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 43(9), 1111—1114.
10. Kanazawa, A., S. Teshima and S. Tokiwa. 1977. Nutritional requirements of prawn—Ⅶ. Effect of dietary lipids on growth. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 43(7), 849—856.
11. Kanazawa, A., S. Teshima, S. Tokiwa, M. Endo and F. A. Abdel Razek. 1979. Effect of short necked clam phospholipids on the growth of prawn. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 45(8), 961—965.
12. Deshimaru, O., K. Kuroki and Y. Yone. 1979. The composition and level of dietary lipid appropriate for growth of prawn. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 45(5), 591—594.
13. Ando, T., A. Kanazawa, S. Teshima, J. Patrois and H. J. Ceccaldi. 1977. Variation in the lipids of tissues during the molting cycle of prawn. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 43(12), 1445—1449.
14. Patrois, J., H. J. Ceccaldi, T. Ando, A. Kanazawa and S. Teshima. 1978. Variation in lipid synthesis from acetate during the cycle of prawn. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 44(2), 139—141.
15. Teshima, S. and A. Kanazawa. 1978. Release and transport of lipids in the prawn. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 44(11), 1269—1274.
16. Teshima, S. and A. Kanazawa. 1979. Lipid transport mechanism in the prawn. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 45(10), 1341—1346.
17. Teshima, S. and A. Kanazawa. 1980. Transport of dietary lipids and role of serum lipoproteins in the prawn. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 46(1), 51—55.
18. Teshima, S. and A. Kanazawa. 1980. Lipid constituents of serum lipoproteins in the prawn. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 46(1), 57—62.
19. Teshima, S. and A. Kanazawa. 1971. Sterol compositions of marine crustaceans. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 37(1), 63—67.
20. Kanazawa, A., S. Teshima, Y. Sakamoto and J. C. Guary. 1976. The variation of lipids and cholesterol contents in the tissues of prawn, *Penaeus japonicus*, during the molting cycle. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 42(9), 1003—1007.
21. Katayama, T., K. Hirata and C. O. Chichester.

1971. The biosynthesis of astaxanthin-IX. The carotenoids in the prawn, *Penaeus japonicus* Bate. (part 1). Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 37(7), 614—620.
22. 松野隆男・楠本貴久・渡邊哲夫・石原靖郎. 1973. イセエビのカロテノイド色素成分. 日水誌. 39(1), 43—50.
23. Bligh, E. G. and W. J. Dyer. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. Can. J. Biochem. Physiol. 37, 911—917.
24. Bader, H. and H. E. Morgan. 1962. Gradient elution of phosphatides from silicic acid column. Biochem. Biophys. Acta. 57, 562—568.
25. 上田 正. 1971. 魚油の構成脂肪酸-II. マアジ體油における非極性及び極性脂質の脂肪酸組成と全脂質 脂肪酸組成との關係. 水大研報(Shimono-seki) 20(3), 145—161.
26. 日本油化學協會. 1966. 基準油脂分析法. 朝倉書店. 東京. pp.163—166.
27. 日本日清製油會社研究所. 1966. ガスクロマトグラフィーによる脂肪酸の定量分析法. 改定案. 第701號.
28. 河奉錫. 1982. 水産物の脂質에 관한 研究(第4報). 頭足類의 筋肉 脂質成分에 對하여. 韓水誌. 15(1), 59—73.
29. 河奉錫. 1981. 海藻類의 脂質組成에 관한 研究. 慶尙大學校 論文集(自然) 20, 1—38.
30. McBeth, J. W. 1972. Carotenoid from nudibranchs. Comp. Biochem. Physiol. 41B, 55—68.
31. Ohshima, T., H. D. Widjaja, S. Wada and C. Koizumi. 1982. A comparison between cultured and wild ayu lipids. Bull. Soc. Sci. Fish. 48 (12), 1795—1801.
32. 崔鎮浩・盧在一・卞在亨. 1984. 淡水魚의 脂質에 관한 研究. (3) 뱀장어 (*Anguilla japonicus*) 의 部位別 脂質成分의 分布. 韓水誌 17(6), 477—484.
33. 新聞彌一郎・田口脩子. 1964. 天然および養殖アユの脂肪酸組成について. 日水誌 30(11), 918—925.
34. 金敬三・吳光秀・李應吳. 1984. 養殖 및 天然産魚類의 化學成分에 관한 研究. (1) 養殖 및 天然産 뱀장어의 脂質成分. 韓水誌 17(6), 506—510.