

우렁쉥이 껍질 추출물이 보리새우 Cholesterol 축척 및 착색에 미치는 영향

최병대 · 강석중* · 이강호**

경상대학교 수산대학 식품과학과 · *양식학과 · **부산수산대학교 식품공학과

Effect of Ascidian Tunic Extracts on Cholesterol Accumulation and Pigmentation of Kuruma Prawn, *Penaeus japonicus*

Byeong-Dae CHOI, Seok-Joong KANG* and Kang-Ho LEE**

Department of Food Science and *Aquaculture, College of Fisheries, Gyeongsang National University, Tongyeong 650-160, Korea

**Department of Food Science and Technology, National Fisheries University of Pusan, Pusan 608-737, Korea

The effect of various levels of ascidian tunic extracts and carophyll pink on the growth rate, pigmentation, lipid and total cholesterol accumulation, and fatty acid compositions were studied in kuruma prawn, *Penaeus japonicus*. The kuruma prawn was fed the purified diets with or without ascidian tunic extract and carophyll pink at the levels of 100, 200, and 400 ppm for 8 weeks.

In the experiment diet with ascidian tunic extracts or carophyll pink, the values of daily growth rate were ranged between 1.065 to 1.292%, compared with control group. The content of astaxanthin in kuruma prawn was not significantly affected by the feeding levels of tunic extracts. Feeding of the tunic extracts, on the other hand, increased the kuruma prawn lipid and total cholesterol content, and pigment deposition in concentration-dependent manners without influencing the free astaxanthin concentration of prawn flesh and heads between two feeding groups(200 and 400 ppm). And it was also demonstrated that the dietary astaxanthin was deposited in kuruma prawn body tissue mainly as astaxanthin esters.

The results suggest that the best feeding strategy for pigmentation in kuruma prawns is the diets with ascidian tunic extracts at the level of 4g/kg feed (200 ppm) for 8 weeks.

Key words : ascidian tunic extracts, kuruma prawn, pigmentation, cholesterol, free fatty acids

서 론

보리새우는 저칼로리의 고단백질이고, 맛이 좋기 때문에 그 수요가 증가하고 있다. 이와 같은 수요의 증가에 따라 보리새우의 양식이 활발해졌고, 앞으로의 발전이 기대되고 있다. 미래의 새우 양식산업은 시장 가격에 따라 좌우 될 것이며, WTO 출범으로 국내의 양식산업도 이 가격에 따라 영향을 받게 될 것이다.

1990년 새우 생산의 26%는 못에서 이루어졌고, 74%는 연안역에서 포획되었으나 포획단가가 점차 상승되고 있어, 현재의 추세대로라면 2000년이 되면 약 45%가 양식되어질 것으로 추정하고 있다. 이 중 67%는 아세안 국가에서, 33%는 그 외 다른 나라에서 생산될 것이다(Fast and Lester, 1992).

생산된 보리새우는 거의 일본에서 소비 되어지나, 양식산은 착색상태가 천연산에 비하여 좋지 않다. 이

로 말미암아 시장가격은 현저히 낮아지고 소비자들의 구매욕구도 감소하게 된다(Chien and Jeng, 1992). 이와 같이 양식산 어류는 색소가 결여되어 체색이 제대로 나지 않으면 상품가치가 떨어지므로 색소를 이용하여 체색을 개선해야 한다. 이러한 필요성 때문에 최근 어류 소비의 증가와 아울러 국내수요가 증가하는 추세에 있는 연어나 보리새우처럼 색소가 상품가치에 절대적으로 영향을 미치는 어류를 생산해 내기 위해서는 그 만큼의 색소의 수요는 증가할 것으로 보여진다.

카로테노이드와 카로테노이드-단백질 복합체는 갑각류의 색소발현과 밀접한 관계를 가지고 있다(Britton et al., 1981). Goodwin(1984), Davis(1985) 및 Matsuno and Hirao(1989) 등이 갑각류의 카로테노이드 대사과정과 분포 등에 관하여 연구하였고, Tanaka et al. (1976)은 보리새우의 식이성 카로테노이드의 대사과정을 조사하여 산화적 경로를 제안하였으며, 사료로부터 공급된 astaxanthin을 바로 체조직 내에 저장한다고 하였다. 이에 대하여 Yamada et al. (1990)과 Chien and Jeng(1992)은 어떤 종류의 카로테노이드원이 유효하며, 적정 첨가량, 사육기간 등에 관하여 연구를 하였다.

또한 갑각류는 지질과 탄수화물보다도 단백질을 에너지원으로 이용하는 것으로 추정되지만(Scheer and Scheer, 1951; Neiland and Scheer, 1953), 무지질 사료로 사육된 보리새우는 대두유, 반지략유 등의 지질 첨가 사료구에 비하여 성장이 현저히 낮았으므로(Kanazawa et al., 1977; Guary et al., 1976) 갑각류도 지질이 필수적인 영양소인 것으로 알려졌다. 따라서 갑각류 사료에 지질을 첨가하는 것을 단순히 에너지원 뿐만 아니라 sterol (Kanazawa et al., 1971; Teshima, 1972; Castell et al., 1975), 인지질(Kanazawa et al., 1979; Conklin et al., 1980), 지방산조성 등 질적인 측면도 고려해야만 한다. 특히 보리새우는 킬라피아, 잉어, 뱀장어 등과과는 달리 18:2n-6보다도 18:3n-3을 필수지방산으로 요구하며(Kanazawa et al., 1977), 사료지질의 종류가 달라지면 체지질의 지방산조성도 달라진다.

갑각류의 sterol 성분은 주로 cholesterol이며(Teshima and Kanazawa, 1971), 이것은 각종 장기 및 조직에 분포하고(Kanazawa et al., 1976), 지질성분으로

서는 꽤 다량으로 존재하기 때문에(Teshima and Kanazawa, 1976; Teshima et al., 1977), 갑각류에 있어서도 생명유지에 꼭 필요한 물질로 여겨진다. 갑각류는 sterol의 생합성능이 결여되어 있으므로 체내에 존재하는 sterol은 모두 먹이를 통해서 유입된 것이며, 정상적인 성장을 하기 위해서는 cholesterol 등의 sterol을 필수 영양소로서 섭취해야만 한다. Kanazawa et al. (1971)은 sterol이 결핍된 사료를 섭취한 보리새우는 0.5% cholesterol 첨가구에 비하여 증중율과 생존율이 낮았다고 하였다. Deshimaru and Kuroki(1974)도 보리새우가 sterol을 요구한다는 같은 결과를 보고하였다. 또 미세 갑각류인 *Artemia salina*(Provasoli and Shiraishi, 1959), *Daphnia magna*(Provasoli, 1975) 및 *Monia magna*(Provasoli, 1975) 등도 사료중에 cholesterol을 첨가하면 성장이 개선된다고 하였다.

보리새우는 양식산업에 있어 매우 중요한 위치를 차지하며, 시장가격은 붉은 정도에 따라 달라진다. 그러므로 천연색소를 사용한 사육기간, 투여량 등에 관한 연구가 조속히 이루어져야 할 것이다. 따라서 본 연구는 우렁쉥이 껍질 추출물을 사료에 첨가하여 보리새우의 체색개선 효과를 검토하려고 하였고, 합성 astaxanthin과 천연산 색소원과의 착색도 및 경제성을 비교 검토하고자 하였으며, 성장 및 생존율에 영향을 미치는 cholesterol의 첨가효과에 대하여 살펴보고자 하였으며, 색소추출물 속에 함유된 지방산이 보리새우 체 지방산조성에 미치는 영향도 조사하였다.

재료 및 방법

실험어

실험어는 거제연안에서 포획한 당년생 보리새우(평균무게 10g)를 1994년 12월 통영 중앙시장에서 구입하여 실험실로 운반하여 실내수조에 적응시킨 후 실험에 사용하였다. 실험구마다 15마리씩 수용하였고, 각 실험구는 duplicate로 하여 평균하였다.

사육실험

사육실험은 1995년 1월 9일부터 3월 6일까지 8주간 경상대학교 수산대학 어류양식 실험실에서 행하였으며, 사육장치는 순환여과식 사육장치로서 계속적인

Table 1. Composition of the basal diets^{1,2}

Feeding ingredients	Percentage
White fish meal	50
Alpha starch	1
Wheat flour	33
Yeast	4
Squid meal	9
Vitamin and mineral mixture ³⁾	3
Total	100

¹ The composition is the same for all four experimental diets except in respect to astaxanthin and tunic extracts content (Table 2).

² Proximate analysis(% dry basis); dry matter 89.1, crude protein(%N×6.25) 43.9, lipid 4.8, ash 14.0.

³ Vitamins and minerals added to supply the following levels (mg/kg unless stated otherwise); thiamin 2000, riboflavin 2000, D-calcium panthothenate 5000, biotin 10, folic acid 500, vitamin B₁₂ 5, niacin 10000, pyridoxine HCl 2000, ascorbic acid 1000, inositol 5000, choline chloride 55000, DL-camitine 10000, vitamin A 500000 IU, vitamin D₃ 100000 IU, vitamin E 5000 IU, vitamin K³ 1000, manganese 50, iron 60, zinc 120, copper 25.

보충수의 첨가에 의하여 새우의 배설물이 사육조 밖으로 유출될 수 있도록 하였으며, 바닥에 남아 있는 배설물은 사이펀을 이용하여 즉시 사육조 밖으로 제거하였다. 사육조의 크기는 65×45×45cm, 수심 30cm (수량 130l)의 직사각형 유리수조를 사용하였고 바닥에는 10cm 두께의 모래를 깔았다. 주수량은 5 l/min였으며, 용존산소량은 7ppm 전후였고, 전 사육기간 동안 티타늄히터 및 자동온도조절기를 이용하여 수온은

18.0~21.0℃(평균 20.0℃) 범위로 유지하였다. 사료의 공급은 체중의 1%에 해당하는 양을 하루 1회, 주 7일 먹는대로 주었고, 체중은 2주 간격으로 측정하였다.

사료제조

사료조성은 Table 1에 나타난 바와 같다. 어분은 미국산 백색어분을 사용하였고, 오징어 분을 9% 첨가하였다. 우렁쟁이 껍질로부터의 색소 추출은 Lee et al. (1994)의 방법에 준하였고, 색소원의 첨가량과 astaxanthin의 함량 계산과 결정도 이들 자료를 근거로 하였다. 우렁쟁이 색소추출물은 일정량의 에탄올에 녹여서 사료원료에 첨가하여 혼합기를 이용하여 30분간 균일하게 혼합한 후 펠렛사료를 제조하였다(Table 2). Carophyll pink는 수입시판용(Hoffman La-Roche, Switzerland)인 인공합성색소로서 사료중의 astaxanthin 함량이 200ppm이 되도록 하였다(Yamada et al., 1990). 제조한 실험사료는 소량 단위로 비닐포장하여 질소충진하여 -20℃의 냉동고에 보관하면서 실험에 사용하였다.

색소함량 측정

실험어는 육과 껍질로 분리하여 육은 일정량을 homogenizer(15,000rpm, 3분)에 아세톤을 용매로 마쇄하였고, 껍질은 아세톤에 침지하여 하룻밤 방치하였다. 각각 3회 반복 추출하고 이를 농축한 후 에테르와 증류수를 일정량 가하여 색소성분을 에테르층으로 이행시킨 후 농축하였다. 총카로테노이드 함량은 Mcc-Beth(1972)의 방법에 따라 최대흡광도 480 nm에서 벤젠을 용매로 흡광계수 E=2,400으로 계산하였다.

Table 2. Astaxanthin and tunic extracts content of the experimental diets

Division	Astaxanthin (mg/kg feed)	Tunic extracts* (g/kg feed)
Diet 1(basal diet, BD)	0	0
Diet 2(BD+carophyll pink)	200	0
Diet 3(BD+tunic extracts)	100	2
Diet 4(BD+tunic extracts)	200	4
Diet 5(BD+tunic extracts)	400	8

* Astaxanthin content of the tunic extracts was 5 percentage.

크로마토그래피 분석조건

육 및 껍질 중의 카로테노이드는 Okada et al. (1994)의 방법에 따라 silica column($\phi 1 \times 30$ cm)을 사용하여 분석하였다. β -carotene은 n-hexane으로 용출시키고, 남아있는 붉은색 카로테노이드는 n-hexane/benzene/ethyl acetate(5:10:1)로 diester, monoester, free astaxanthin을 분리한 후 최대흡광도를 측정하여 상대적 비율로 계산하였다.

지질 class의 조성

지질의 class는 Iatroscan(TH-10, Iatron Lab. Inc., Japan)에서 지질조성을 구했다. 분획과정은 먼저 Chroma Rod-SIII(0.9×150 mm, 석영봉 규산 코팅)를 5분간 수세한 후, 다시 증류수 10 ml로 행균 다음 수분을 증발시키기 위하여 아세톤 10 ml로 씻고 50°C로 조정된 Rod-Dryer (TK-5, Iatron Lab. Inc., Japan)에서 5분간 건조시킨 후 Iatroscan내에서 수소염이온화불꽃상에서 3회 이상 반복하여 유기물을 완전히 제거시켰다. Rod에 시료 1 μ l를 microdispenser(Drummond Sci., U.S.A)로써 점적하여 전개조(NaCl로 포화시킴)에서 10분간 포화시켰다. 비극성지질은 전개용매(1,2-dichloroethane:chloroform:acetic acid, 46:4:0.05, v/v)로 포화시킨 전개조에 rod를 넣어서 전개하였다. 약 10 cm까지 전개시킨 후, rod를 전개조에서 꺼내고 Rod-Dryer에서 5분간 건조시켜서 Iatroscan으로 분석하여 지질획분의 조성비를 구하고 그 함량을 산출하였다. 비극성지질의 동정은 triglyceride, free cholesterol, free fatty acid, diglyceride, monoglyceride 및 cho-

lesterol ester 등의 표품과 시료유의 Rf치와 비교하였다.

지질 및 지방산조성의 분석

Folch(1957)법에 따라 실험어의 육과 머리 지질을 추출하였다. 총지질의 극성 및 비극성의 분획은 Juaneda and Rocquelin(1985)방법에 준하여, SEP-PAK silica cartridge(Waters Association, Milford, MA)를 사용하였다. 지방산 조성은 약 100 mg의 총지질을 정평하여 1N KOH 95% ethanol용액으로 검화한 다음, 검화물에 10% BF_3 -methanol을 3 ml 가하여 95°C에서 30분간 환류가열하여 지방산 methylester 시료를 조제하였다. 이것을 capillary column(Supelcowax-10 fused silica wall-coated open-tubular column, 30 m×0.25 mm i.d. Supelco Japan Ltd., Tokyo)이 장착된 GC(Shimadzu GC-14A)로써 분석하였다. 지방산 조성의 분석조건은 injector 및 detector(FID) 온도 각각 250°C, column 온도는 210°C로 하였고, carrier gas는 헬륨(1.5 kg/cm³)을 사용하였으며, split ratio는 1:50으로 하였다. 각 지방산의 동정은 표준품의 retention time(RT)과 비교하였으며, 표준품이 없는 지방산은 GC-MS로서 동정된 Menhaden fish oil를 2차 표준품으로 사용하여 동정하였다.

성장도 측정

성장도는 체중의 증가, 일일성장률로서 비교하였으며, 계산방법은 Table 3에 나타내었다. 각 실험구간의 성장차는 Duncan's New Multiple Range(DNMR)

Table 3. Result of the rearing experiment for kuruma prawn from January 9 to March 6, 1995

Diet	Stocking(g)		Yield(g) ¹		Gain(g)	Mortality(No)	D.G.R.(%) ²
	Weight(No)	Mean	Weight(No)	Mean			
1	162.1(15)	10.8	228.1(15)	19.2	126.0	72.1(4)	0.610 ^a
2	166.0(15)	11.1	301.4(15)	20.1	135.4	68.8(4)	1.065 ^b
3	162.4(15)	10.8	322.8(15)	21.5	160.4	38.6(2)	1.227 ^c
4	164.2(15)	10.9	338.5(15)	22.6	174.3	57.4(3)	1.292 ^c
5	163.1(15)	10.9	331.0(15)	22.1	167.9	36.1(2)	1.264 ^c

¹ Mortality was included.

² Daily growth rate(%): $Wt = W_0 e^{g \cdot t}$ (Stickney, 1979), Wt; weight of fish at time t, W₀; the initial weight, e; the natural logarithm, g; the growth coefficient or daily growth rate. Values not sharing a common superscript letter are significantly different at P<0.05.

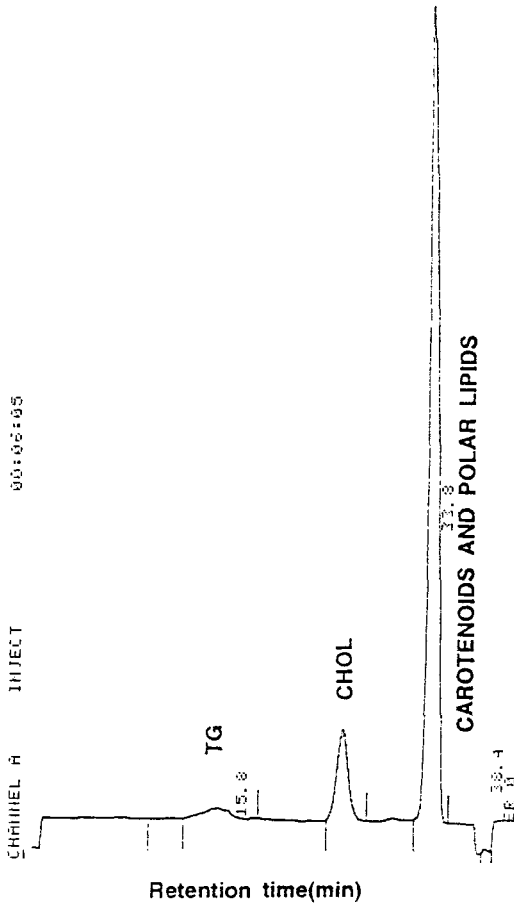


Fig. 1. latroscan chromatogram of total lipid in ascidian tunic extracts. Rods were initially developed in 1,2-dichloroethane:chloroform:acetic acid(46:4:0.05, v/v/v). TG; triglyceride, CHOL; cholesterol.

test (Duncan, 1955)로 유의차를 검정하였다.

결과 및 고찰

성장도

성장 결과는 Table 3에 나타난 바와 같이 우렁쉥이 껍질 추출물 첨가구인 Diet 3, 4, 5의 실험구가 사육전 평균체중 10.8g, 10.9g, 10.9g에서 8주 후에는 각각 21.5g, 22.6g, 22.1g으로 가장 성장이 양호하였으며, 그 다음이 carophyll pink구(Diet 2)로서 평균체중 11.1g에서 8주 후에는 20.1g으로 성장하였다. 무첨가구인 대조구(Diet 1)는 모든 실험구에 비해서 다소 성장이 떨어졌다. 본 실험에서 사료효율의 비교는 곤란하였다. 새우류는 어류와는 달리 사료 급이시 사료를 앞다리로 집어서 돌리면서 입으로 조금씩 갇아 먹기 때문에 사료 허실이 수반되었기 때문에 정확한 사료효율의 계산은 불가능하였다. 무첨가구(Diet 1)는 1일성장률에서도 0.610%로서 다른 실험구와는 현저한 유의차가 있었다. 이상의 결과에서 우렁쉥이 껍질 추출물은 보리새우의 성장을 촉진시키는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 Bordner et al. (1986)가 닭새우(*H. americanus*)에게 가재 부산물로부터 추출한 색소추출물을 사료에 첨가했을 때 닭새우의 성장을 촉진시켰다는 결과와 일치한다. 한편 같은 색소첨가구에서도 천연색소 첨가구가 인공합성 astaxanthin의 단독 첨가구(Diet 2)보다는 성장이 약간 빨랐다. 이것은 인공합성 astaxanthin은 단독의 색소성분이고 천연 색소추출

Table 4. Pigment concentration in flesh and shells of kuruma prawns fed diets containing the carophyll pink and tunic extracts for 8 weeks (mg/100g of sample)

Time period (weeks)	Diet 1*	Diet 2	Diet 3	Diet 4	Diet 5
Flesh					
4	0.290	0.645	0.375	0.735	0.751
8	0.176	1.608	0.915	2.337	2.409
Shells					
4	1.647	2.812	2.254	2.893	2.913
8	1.429	4.370	3.940	6.331	6.680

* See Table 2 for compositions and designation for the experimental diets.

물은 여러 가지의 색소가 복합되어 있을 뿐만 아니라 보리새우의 필수 지질성분인 cholesterol 화합물을 중량비로 환산했을 때 전체 지질속에 10% (w/w) 정도 함유되어 있었으므로 (Fig. 1), 이러한 물질들이 성장에 영향을 주었다고 생각된다. 이러한 측면에서 볼 때, 실제 보리새우 양식시에 단순한 색소개선을 위한 인공합성색소 보다는 착색 및 성장에 우수한 천연색소원의 사용이 바람직하다고 생각된다.

착 색

합성색소 및 우렁쟁이 껍질 추출물의 첨가량 및 급이기간에 따른 보리새우 육 및 껍질 중의 색소함량을 Table 4에 나타내었다.

보리새우 육 및 껍질의 색소침착은 기본식이 급이구 (Diet 1)는 4주째 0.290 mg, 1.647 mg에서 8주째는 0.176 mg, 1.429 mg으로 각각 감소하는 경향이였다. 껍질 추출물 색소를 포함하는 다른 4구 중 carophyll pink 첨가구 (Diet 2)는 4주째 육에서는 0.645 mg, 껍질에서는 2.812 mg이었으나, 8주 후 각각 1.608 mg, 4.370 mg으로 색소침착이 원활히 되고 있는 것으로 나타났다. 그러나, 우렁쟁이 껍질 색소추출물 100ppm 첨가구인 Diet 3는 Diet 2에 비하여 낮은 값을 보였으나, 200ppm 첨가구인 Diet 4는 Diet 2에 비하여 높은 값을 보였고, 400ppm 첨가구인 Diet 5는 4주째 육에서는 0.751 mg, 껍질에서는 2.913 mg이었으나, 8주 후 각각 2.409 mg, 6.680 mg으로 나타나 다른 구에 비하여 침착정도가 높았으나 Diet 4와 큰 차이는 나지 않았다.

육보다 껍질 속에 카로테노이드 색소함량이 높아 색소의 많은 부분이 껍질에 축적되는 것으로 나타났다. 또한 Diet 2와 Diet 4에 첨가한 astaxanthin 함량은 같았지만, Diet 4의 함량이 높은 것은 껍질 추출물에 존재하는 다른 색소 중 일부가 생화학적 대사과정을 거쳐 색소축적에 영향을 미친 것으로 여겨진다 (Choi et al., 1994; Katayama et al., 1973).

보리새우의 주 카로테노이드는 astaxanthin이며 껍질색소의 90%, 내장의 70%가 astaxanthin으로 밝혀진 이래 많은 연구자들이 보리새우 착색을 위한 천연색소원 탐색실험을 하였다 (Katayama et al., 1971; Tanaka et al., 1976; Liao et al., 1993). Yamada et al. (1990)은 사료내 보리새우의 적정 astaxanthin 첨가량

을 설정하기 위하여 50, 100, 200, 400ppm 농도로 색소침착 실험을 한 후 200ppm 첨가구가 가장 높았고 400ppm 첨가구와는 차이가 없었다고 하였으나, Chien and Jeng (1992)는 astaxanthin 100ppm 및 200ppm 첨가구 사이에 유의차가 없었다고 하였다.

Storebakken et al. (1987)은 60ppm 및 90ppm의 astaxanthin을 급이하여 대서양 연어를 사육한 결과 최종 농도에는 큰 차이가 없어 색소세포의 색소 흡착능이 한계에 이르게 되면 과잉의 카로테노이드를 공급하더라도 색소세포가 포화되어 카로테노이드 흡수 및 전이가 더 이상 안될 것이라고 추정하였으나, Katayama (1978)는 푸른색의 양식 보리새우와 천연산 보리새우를 비교한 결과 천연산 새우는 유리형 카로테노이드가 2배 이상 많은 것으로 나타나 서식환경에 따른 차이도 큰 것으로 추정하였다.

보리새우 육 및 껍질 중 astaxanthin의 축적형태를 조사하여 Table 5에 나타내었다. 기본 식이구 (Diet 1)는 육 및 껍질 모두 free형이 62~66%로 가장 많았고, diester가 23~25%, monoester가 10~13%였다. 그러나 색소원을 급이한 Diet 2, Diet 3, Diet 4 및 Diet 5에서는 free형이 감소하면서 monoester형이 증가하는 경향을 보였다. 특히, 색소축적이 가장 많은 Diet 4, Diet 5는 육에서 각각 35.3%, 35.5%, 껍질에서 각각 39.8%, 40.5%로 나타나 색소침착과 더불어 monoester가 증가되는 것으로 나타났다. 그러나 Yamada et al. (1990)는 astaxanthin 급이량을 달리하여 8주간 사육한 결과 총카로테노이드 및 ester 함량과 비교해 볼 때 free형은 거의 변화가 없었다고 하였다. 이들은 새우 육 중 free형의 농도는 일정하며 식이 카로테노이드 형태나 식이 중 astaxanthin 농도와는 상관이 없으며, in vivo 상태에서의 free astaxanthin은 단백질이나 carotenoprotein과 상관이 있을 것이라고 추정하였다. 갑각류의 많은 세포 및 기관은 carotenoprotein을 함유하며 이들 기관의 색소포 (chromophore)는 일반적으로 free형 카로테노이드인 astaxanthin으로 구성되었기 때문에 (Okada et al., 1994), 새우 육중의 carotenoprotein은 식이 카로테노이드에 의해 영향을 받지 않는다고 하였다 (Britton et al., 1981). 또한 Renstrom and Liaaen-Jensen (1981) 및 Foss et al. (1987)은 많은 수의 갑각류는 장쇄 지방산 (long chain fatty acids)을 함유하는 monoester나 diester 형태의 색소로 존재한

Table 5. Relative composition of three forms of astaxanthin after 8 weeks feeding (%)

Astaxanthin form	Diet 1*	Diet 2	Diet 3	Diet 4	Diet 5
Flesh					
Diester	23.4	23.0	20.7	22.8	22.1
Monoester	10.2	27.9	12.2	35.3	35.5
Free	66.4	50.1	67.1	41.9	42.4
Shells					
Diester	24.9	27.8	28.2	28.0	27.8
Monoester	12.7	32.9	25.5	39.8	40.5
Free	62.4	39.3	46.3	32.2	31.7

* See Table 2 for compositions and designation for the experimental diets.

Table 6. Lipid and total cholesterol content of kuruma prawn (mg/100g sample)

Division	Lipid		Total cholesterol	
	4 w*	8 w	4 w	8 w
Flesh				
Diet 1	608.9	680.0	217.6	341.5
Diet 2	854.9	925.2	227.0	481.5
Diet 3	933.2	1096.7	256.9	749.2
Diet 4	1119.9	1632.7	414.5	978.2
Diet 5	1282.4	1691.4	478.5	1008.5
Heads				
Diet 1	705.1	836.4	164.5	209.7
Diet 2	1267.5	1531.8	177.7	199.5
Diet 3	1280.1	1539.0	219.0	445.3
Diet 4	1348.9	1973.5	286.4	563.8
Diet 5	1480.2	2071.1	314.4	598.7

* Weeks

다고 하여 이를 뒷받침하고 있다.

따라서 Table 5에 나타난 결과로서는 색소첨가구의 % 함량이 감소하는 것 처럼 보이지만, 절대량에 있어서는 총카로테노이드 함량의 증가에 따라 free형도 약간씩은 증가되나, 일정수준에 다다른 개체의 경우 free형으로부터 diester, monoester로 대사되는 것으로 추정된다.

지질 및 총 cholesterol 함량

갑각류의 정상적인 성장과 생존을 위해서는 ste-

rols (Kanazawa et al., 1971; Teshima, 1972; Castell et al., 1975)과 인지질(Kanazawa et al., 1976; Conklin et al., 1980)은 필수적이고, 20 : 5n-3와 22 : 6n-6 등의 고도불포화지방산도 필수지방산으로 식이 내에 공급되어야 한다(Kanazawa et al., 1979; Teshima et al., 1989).

Table 6은 사육 중 보리새우 육과 머리의 총지질 및 총 콜레스테롤 함량을 나타낸 표이다. 기본식이(Diet 2)를 급여한 구의 육중 함량은 4주째 608.9 mg, 8주째 680.0 mg으로 큰 변화는 없었으나, 머리 중의 함량은

705.1 mg에서 836.4 mg으로 약간 증가하는 경향이었다. 색소 첨가구 중 carophyll pink구(Diet 3)는 색소 침착과 함께 지질함량도 증가하는 경향이였다. 그러나 우렁쟁이 껍질 추출물 첨가구인 Diet 3, Diet 4, Diet 5는 첨가된 색소함량이 높은 구 일수록 지질함량도 높아 육에서는 4주째 933.2 mg, 1119.9 mg, 1282.4 mg에서 8주 후 1096.7 mg, 1632.7 mg, 1691.4 mg으로 각각 증가하였고, 머리부분에서도 4주째 1280.1 mg, 1348.9 mg, 1480.9 mg에서 8주째 1539.0 mg, 1973.5 mg, 2071.1 mg으로 육보다 머리에서의 함량이 크게 증가하였다. 머리에서의 함량이 높은 것은 Chien and Jeng(1992)이 주장한 것처럼 hepatopancrease가 머리에 있어 지질성분이 여기에 축적되기 때문인 것으로 여겨진다.

총 콜레스테롤 함량은 Fig. 1에 나타낸 바와 같이 우렁쟁이 껍질 추출물 중 콜레스테롤 함량이 10% (w/w)에 이르고 있어 새우사료로서는 좋은 천연 자원이 될 수 있음을 보여주고 있다. 따라서 이 추출물을 색소원으로 사용할 때는 콜레스테롤도 함께 급이됨으로 육 중 콜레스테롤 축적은 Diet 3, Diet 4, Diet 5가 4주째 256.9 mg, 414.5 mg, 478.5 mg에서 8주 후 각각 749.2 mg, 978.2 mg, 1008.5 mg으로 성장에 크게 영향을 미치는 것으로 나타났다. 머리는 4주째 219.0 mg, 286.4 mg, 314.4 mg에서 8주 후 445.3 mg, 563.8 mg, 598.7 mg으로 육중 콜레스테롤 축적이 높은 것으로 나타났다. Teshima et al. (1986)은 ¹⁴C cholesterol을 인지질(PL)과 함께 급이하였을 때 새우 육 중 PL 첨

가구가 무첨가구보다 콜레스테롤 대사가 원활하였고, PL 무첨가구에서는 PL에 의한 콜레스테롤의 세포내 이동이 원활하지 못하여 성장이 둔화되었다고 하였다.

지방산조성

사료 중 지방산조성을 Table 7에 나타내었다. 실험 사료중 지질함량은 약 5% (건조중량)였으며, 사료중의 지방산조성도 각 구별로 큰 차이는 없었다. 각 실험구의 포화지방산(Sat) 함량은 25.87%, 25.52%, 25.16%, 25.45%, 25.68%였고, 모노엔산(Mono)은 39.53%, 38.99%, 38.62%, 38.71%, 38.21%였으며, 다가불포화산(PUFA)은 34.60%, 35.49%, 36.22%, 35.84%, 36.11%이었다. 감각류는 18:2n-6 및 18:3n-3을 생합성할 수 없기 때문에 외부로부터 공급받아야 하고, 이중 18:3n-3이 18:2n-6보다 더 중요한 지방산으로 알려져 있다. 왜냐하면 18:3n-3 자체보다는 18:3n-3에서 대사되는 20:5n-3, 22:6n-3 등의 고도불포화지방산이 필수지방산으로서의 필요성이 더 크기 때문이다(Kanazawa et al., 1979). n-3PUFA의 전구물질로 알려져 있는 18:3n-3 함량은 사료 중 각각 0.5% 정도였지만, PUFA 중 eicosapentaenoic acid(EPA) 및 docosahexaenoic acid(DHA)가 22.36~23.33%를 차지하였고, PUFA 중 n-3계 지방산의 함량도 70%를 넘는 것으로 나타나 보리새우의 필수지방산을 충족시키는데는 충분하다고 생각되었다.

보리새우 육과 머리로 부터 총지질(TL)을 추출하

Table 7. Fatty acid composition of total lipid in the diets*

(area %)

Fatty acid	Diet 1	Diet 2	Diet 3	Diet 4	Diet 5
14:0	2.06	2.05	2.06	1.96	2.00
Iso 15:0	0.10	0.10	0.10	0.11	0.12
15:0	0.26	0.26	0.26	0.27	0.29
Anteiso 16:0	0.12	0.11	0.13	0.17	0.17
Pristanic	0.23	0.22	0.21	0.22	0.22
16:0	19.55	19.19	18.78	18.69	18.74
16:1n-7	4.89	4.90	4.95	4.58	4.92
7-Me 16:0	0.22	0.23	0.23	0.21	0.23
16:1n-5	0.20	0.20	0.20	0.21	0.18
Iso 17:0	tr	0.12	0.17	0.16	0.18
16:2n-4	0.84	1.21	0.98	1.10	1.02

Table 7. Continued

Fatty acid	Diet 1	Diet 2	Diet 3	Diet 4	Diet 5
17:0	0.21	0.19	0.19	0.22	0.22
16:3n-4	0.21	0.33	0.17	0.20	0.12
16:3n-1	0.10	0.14	0.11	0.12	0.12
16:4n-3	tr	0.11	0.12	0.19	0.29
16:4n-1	0.20	0.26	0.26	0.24	0.25
18:0	3.35	3.27	3.24	3.42	3.47
18:1n-9	12.46	12.43	12.35	11.94	11.82
18:1n-7	4.77	4.56	4.72	4.63	4.80
18:1n-5	0.51	0.47	0.44	0.45	0.45
18:2n-6	6.60	6.82	6.73	6.56	6.67
18:2n-4	0.17	0.18	0.17	0.17	0.16
18:3n-6	tr	0.10	tr	0.11	0.12
18:3n-4	0.12	0.12	0.13	0.13	0.14
18:3n-3	0.50	0.50	0.52	0.50	0.53
18:4n-3	0.58	0.57	0.62	0.59	0.60
18:4n-1	0.14	0.14	0.17	0.14	0.13
20:0	tr	tr	tr	0.11	0.14
20:1n-11	4.81	4.95	4.35	4.71	4.52
20:1n-9	3.00	2.98	3.14	3.11	2.91
20:1n-7	0.31	0.30	0.31	0.33	0.36
20:2	0.14	0.12	0.12	0.16	0.11
20:2n-6	0.20	0.17	0.16	0.20	0.17
20:4n-6	0.78	0.77	0.87	0.94	1.05
20:3n-3	tr	tr	0.10	tr	0.10
20:4n-3	0.23	0.25	0.24	0.22	0.23
20:5n-3	9.38	9.56	10.11	9.61	9.94
22:0	tr	tr	tr	0.13	0.12
22:1n-11	7.16	6.90	6.67	7.31	6.85
22:1n-9	1.18	1.07	1.25	1.19	1.12
22:1n-7	0.24	0.23	0.24	0.25	0.28
21:5n-3	0.26	0.26	0.27	0.26	0.28
21:5n-6	0.15	0.14	0.16	0.16	0.14
22:5n-3	0.75	0.73	0.78	0.76	0.75
22:6n-3	12.98	12.80	13.22	13.26	12.97
∑ Sat	25.87	25.52	25.16	25.45	25.68
∑ Mono	39.53	38.99	38.62	38.71	38.21
∑ PUFA	34.60	35.49	36.22	35.84	36.11
n-3 PUFA	24.45	24.78	25.98	25.39	25.69
n-6 PUFA	7.73	8.00	7.92	7.97	8.15

* Data are the mean of three samples. tr; ≤ 0.09 .

Table 8. Prominent fatty acid composition of total, polar, and nonpolar lipid from prawn head after feeding* (area %)

Fatty acid	4 weeks					8 weeks				
	D 1	D 2	D 3	D 4	D 5	D 1	D 2	D 3	D 4	D 5
Total lipid										
16 : 0	15.23	18.05	15.90	16.90	17.15	15.13	16.79	15.12	16.47	15.45
16 : 1n-9+7	3.51	3.20	3.81	3.40	3.10	3.08	3.31	0.17	3.28	3.46
18 : 0	7.17	8.00	7.28	6.49	7.50	7.81	7.96	7.93	8.07	8.30
18 : 1n-9	16.12	13.85	14.14	14.40	13.49	16.31	14.88	14.56	14.21	13.98
18 : 2n-6	3.32	3.07	3.19	3.51	3.23	3.89	4.34	4.12	3.98	4.16
18 : 3n-3	0.25	0.30	0.29	0.27	0.33	0.28	0.37	0.22	0.26	0.28
20 : 4n-6	5.40	5.23	6.53	4.79	5.82	5.82	4.65	5.52	4.68	5.52
20 : 5n-3	14.08	12.06	13.90	14.35	13.19	15.57	14.58	14.65	14.75	14.86
22 : 6n-3	12.71	12.53	12.82	13.29	12.44	14.65	15.42	15.49	15.79	15.65
Total sat	27.62	30.78	28.67	26.59	29.67	26.96	27.64	27.51	28.84	28.18
Total mono	31.19	28.21	28.03	29.76	27.61	28.07	27.62	26.84	28.51	25.89
Total PUFA	41.19	41.01	43.30	43.65	42.72	44.97	44.74	45.65	44.65	45.94
Total n-3.	29.66	27.67	30.04	29.68	29.55	32.76	33.14	32.98	33.40	33.25
Total n-6.	10.10	11.48	11.24	10.10	11.63	11.08	11.08	10.08	10.05	11.12
Polar lipid										
16 : 0	14.92	14.10	13.97	14.59	14.86	14.54	13.99	13.76	12.34	13.67
16 : 1n-9+7	2.85	2.56	3.24	3.23	3.38	3.30	4.48	3.45	3.15	3.16
18 : 0	5.67	6.76	5.39	6.20	6.30	6.30	4.68	5.99	5.75	5.28
18 : 1n-9	14.84	12.17	11.58	13.68	13.85	14.47	13.97	13.97	12.15	12.95
18 : 2n-6	3.07	2.64	2.15	3.12	3.07	4.33	5.06	3.50	3.85	3.74
18 : 3n-3	0.39	0.16	0.27	0.27	0.12	0.38	0.10	0.62	0.54	0.32
20 : 4n-6	6.82	6.66	5.31	6.18	6.93	5.27	6.31	6.23	4.74	5.34
20 : 5n-3	17.27	18.36	18.85	18.08	17.16	16.66	16.46	17.14	17.50	19.37
22 : 6n-3	12.46	12.09	12.51	12.77	11.61	14.41	14.77	14.20	14.51	14.01
Total sat	24.14	24.76	23.22	24.90	25.42	24.69	23.25	23.26	22.10	23.43
Total mono	26.79	23.35	22.83	25.90	26.79	27.46	28.53	26.01	26.57	25.32
Total PUFA	48.57	51.91	53.41	49.17	46.79	47.85	48.22	50.73	51.33	51.25
Total n-3.	32.00	33.99	36.12	33.12	30.92	33.20	32.19	34.07	35.26	36.54
Total n-6.	11.98	14.88	13.34	12.06	13.30	11.35	13.40	11.84	10.89	11.06
Neutral lipid										
16 : 0	17.84	17.47	17.32	16.02	15.54	14.92	14.39	14.89	14.28	13.89
16 : 1n-9+7	3.32	4.13	4.98	4.28	4.03	3.64	3.84	3.82	3.41	3.33
18 : 0	6.69	6.33	5.22	6.49	5.47	5.54	5.18	4.34	4.55	5.51

Table 8. Continued

Fatty acid	4 weeks					8 weeks				
	D 1	D 2	D 3	D 4	D 5	D 1	D 2	D 3	D 4	D 5
18 : 1n-9	15.91	12.66	13.56	14.42	12.90	14.86	13.09	12.94	11.66	11.52
18 : 2n-6	3.69	3.57	4.28	4.68	3.98	6.29	6.05	6.69	6.92	6.02
18 : 3n-3	1.86	1.71	1.65	1.04	1.99	0.10	0.35	0.88	0.51	1.42
20 : 4n-6	2.72	2.24	3.33	2.41	2.95	2.68	3.02	3.00	3.09	3.50
20 : 5n-3	10.65	11.21	12.30	13.55	12.82	12.80	13.17	13.11	13.43	14.46
22 : 6n-3	10.11	10.08	11.98	13.44	11.94	13.14	14.23	14.27	15.08	15.26
Total sat	28.55	29.19	27.79	25.85	25.40	22.93	21.67	21.10	20.63	21.24
Total mono	31.51	30.74	32.39	32.36	31.50	37.84	35.55	34.35	32.83	36.65
Total PUFA	39.94	40.07	39.82	41.79	43.10	40.03	42.78	44.55	46.54	45.11
Total n-3.	24.76	25.70	27.40	29.83	27.43	27.03	30.34	30.82	33.10	32.84
Total n-6.	8.47	8.81	9.78	8.78	9.06	10.39	10.24	10.80	10.76	10.40

*Data are the mean of three samples.

고 이를 극성(PL) 및 비극성(NL) 지질로 분획한 후의 지방산조성 변화를 Table 8, 9에 각각 나타내었다.

머리의 TL에 있어 4주 후 각 구의 모노엔산 함량은 31.19%, 28.21%, 28.03%, 27.61%였고, PUFA 함량은 41.19%, 41.01%, 43.30%, 43.65%, 42.72%였다. 8주 후 각 구의 모노엔산은 28.07%, 27.62%, 26.84%, 28.51%, 25.89%였고, PUFA 함량은 44.97%, 44.74%, 45.65%, 44.65%, 45.94%이었다. 모노엔산 중 대조구의 18 : 1n-9 함량이 가장 높았고, 섭취기간에 따른 n-3 PUFA 및 n-6 PUFA 함량은 거의 비슷하였다.

PL에 있어서 4주째 각 구의 모노엔산 함량은 26.79%, 23.35%, 22.83%, 25.93%, 26.79%였고, PUFA 함량은 48.57%, 51.91%, 53.41%, 49.17%, 46.79%이었다. 8주 후 각 구의 모노엔산 및 PUFA 함량은 4주째와 비슷한 값을 나타내었으며 색소추출물 첨가구의 PUFA 함량이 약간 높았다.

NL에 있어서 4주째 각 구의 모노엔산 함량은 31.51%, 30.74%, 32.39%, 32.36%, 31.50%였고, PUFA 함량은 39.94%, 40.07%, 39.82%, 41.79%, 43.10%이었다. 8주 후 각 구의 모노엔산 함량은 37.84%, 35.55%, 34.35%, 32.83%, 36.65%로 Diet 4의 함량이 약간 낮았고, PUFA 함량은 40.03%, 42.78%, 44.55%, 46.54%, 45.11%로 역시 Diet 4의 함량이 약간 높았다.

TL에 대한 PL 및 NL의 함량을 비교해 보면 PL은 모노엔산의 함량이 낮고 PUFA의 함량이 높은 반면, NL은 반대의 경향을 보였다. 그리고 PUFA 중 n-3 계열의 비도 높았다.

인지질은 생체막의 주성분이며 높은 농도의 PUFA가 함유되어 생체막의 유동성을 증가시키며, 생체막 지질의 지방산조성은 수온에 직접적 영향을 받으며 (Cossins et al., 1978), 높은 수온에서는 단쇄 PUFA의 농도가 증가된다고 하였다(Martin and Ceccaldi, 1977). 생체막의 유동성은 콜레스테롤 함량에 의해서도 변화되므로(Deenan, 1965), 추출물의 첨가 함량이 많은 Diet 4, Diet 5에서의 콜레스테롤 함량도 함께 증가되었으므로, 저수온에 대한 내성도 높아질 것으로 생각된다.

Teshima et al. (1986) 등은 대두 lecithin 을 3% 첨가한 구와 첨가하지 않은 구로 사육하였을 때 첨가구가 성장, 생존율이 높았을 뿐만 아니라 20 : 5n-3 및 22 : 6n-3 함량이 무첨가구에 비하여 높았고, PL 및 콜레스테롤 함량도 월등히 높았다고 하였다. 따라서 색소추출물 첨가구는 체내 콜레스테롤 축적도 많고 온도에 대한 내성도 증가되어 사료효율도 높아졌다 (Table 3).

육의 경우도 머리의 경우와 같이 TL 중 4주째 모

Table 9. Prominent fatty acid composition of total, polar, and nonpolar lipid from prawn head after feeding*

(area %)

Fatty acid	4 weeks					8 weeks				
	D 1	D 2	D 3	D 4	D 5	D 1	D 2	D 3	D 4	D 5
Total lipid										
16 : 0	16.37	16.30	15.59	16.85	15.07	15.48	16.77	16.36	16.28	15.31
16 : 1n-9+7	3.45	3.03	3.70	2.82	3.20	3.25	3.62	3.48	3.45	3.45
18 : 0	8.64	8.86	7.78	9.61	7.94	6.95	6.66	7.05	6.35	6.58
18 : 1n-9	15.59	14.07	14.49	13.74	13.76	15.57	14.87	14.95	13.50	13.66
18 : 2n-6	3.04	3.07	3.17	3.00	3.29	4.03	4.39	4.25	4.28	4.16
18 : 3n-3	0.35	0.29	0.27	0.24	0.33	0.26	0.24	0.23	0.24	0.27
20 : 4n-6	6.41	6.00	6.64	5.69	6.45	4.45	4.03	4.28	4.01	4.48
20 : 5n-3	13.07	13.89	15.43	15.29	15.26	12.62	11.68	12.06	13.51	13.43
22 : 6n-3	13.16	14.54	13.42	15.22	14.97	13.13	13.19	13.52	14.32	13.42
Total sat	31.00	30.95	28.12	30.86	27.33	27.22	27.38	27.76	26.90	26.38
Total mono	26.92	25.11	27.70	24.78	25.78	33.39	33.55	32.94	30.97	30.82
Total PUFA	42.08	43.94	44.18	44.36	46.89	39.39	39.07	39.30	42.13	42.80
Total n-3.	34.01	31.47	31.31	32.77	33.87	28.36	27.81	28.40	30.97	30.78
Total n-6.	11.13	11.63	11.19	10.16	11.17	9.75	9.77	9.79	9.74	10.28
Polar lipid										
16 : 0	12.51	12.94	12.54	12.90	12.61	15.13	13.86	14.24	12.90	12.86
16 : 1n-9+7	3.22	3.06	2.99	3.66	2.46	3.21	3.59	3.23	3.18	3.23
18 : 0	5.74	6.72	6.29	6.93	5.36	7.08	6.93	7.25	6.62	5.88
18 : 1n-9	13.01	11.62	13.62	12.74	12.27	15.06	12.81	14.18	11.71	11.49
18 : 2n-6	4.48	3.83	4.50	3.85	3.21	4.54	5.76	5.11	5.75	5.62
18 : 3n-3	0.62	0.90	0.97	0.58	0.96	0.14	0.81	0.34	0.49	0.69
20 : 4n-6	6.16	6.90	4.63	5.10	5.71	5.28	5.96	4.60	4.69	4.94
20 : 5n-3	15.77	21.32	21.00	19.84	19.54	16.55	17.21	15.89	18.56	16.05
22 : 6n-3	12.18	12.01	13.43	13.34	14.76	14.09	14.72	15.17	15.43	14.72
Total sat	23.68	23.48	22.49	25.16	22.04	26.18	23.88	25.29	23.75	23.97
Total mono	24.08	21.63	22.84	23.10	21.91	27.19	23.80	25.35	23.03	24.99
Total PUFA	52.04	54.89	54.67	51.73	56.15	46.63	50.32	49.35	53.22	51.04
Total n-3.	32.46	35.83	36.57	35.43	37.92	32.27	34.07	33.36	36.34	32.69
Total n-6.	13.67	12.77	11.49	10.52	11.31	11.22	13.22	11.86	12.15	12.67
Neutral lipid										
16 : 0	14.34	12.09	13.89	13.37	13.00	13.37	13.59	13.53	12.07	12.50
16 : 1n-9+7	3.58	3.71	2.93	3.29	3.60	3.83	3.10	4.28	3.17	3.88
18 : 0	7.81	7.82	7.70	7.21	6.42	6.68	7.67	7.13	7.59	6.98

Tabel 9. Continued

Fatty acid	4 weeks					8 weeks				
	D 1	D 2	D 3	D 4	D 5	D 1	D 2	D 3	D 4	D 5
18 : 1n-9	14.35	12.90	14.24	12.80	13.40	14.83	14.58	14.29	14.70	13.09
18 : 2n-6	3.90	3.69	2.44	2.97	2.49	4.14	4.72	3.08	5.45	4.28
18 : 3n-3	0.94	1.51	1.89	1.81	1.82	1.25	1.53	1.56	2.69	2.72
20 : 4n-6	6.74	6.06	6.90	6.73	6.37	6.02	5.05	5.59	5.98	6.21
20 : 5n-3	12.99	12.76	13.78	13.70	14.16	11.44	13.29	12.33	11.81	11.64
22 : 6n-3	12.69	13.39	12.75	13.17	14.11	12.73	12.73	12.83	13.73	13.82
Total sat	26.41	24.53	25.67	25.07	23.85	24.57	25.82	25.09	24.92	24.17
Total mono	27.03	27.74	28.89	27.45	25.73	29.21	27.50	28.75	26.72	26.62
Total PUFA	46.56	47.73	47.44	47.48	50.42	46.22	46.69	46.16	48.37	49.21
Total n-3.	30.06	30.71	31.36	31.65	33.77	29.21	30.14	30.49	30.82	30.96
Total n-6.	13.00	12.36	12.60	11.97	12.30	13.40	12.65	12.30	15.10	14.35

*Data are the mean of three samples.

노엔산 함량은 25~28%, 8주 후는 31~34%, PUFA는 각각 42~47%, 39~43%로 나타났으며 PL 획득을 TL과 비교할 때 PUFA 함량이 높고 모노엔산 함량이 낮았고, NL 획득에서는 반대의 경향이였다.

요 약

우렁쟁이 껍질 색소추출물을 astaxanthin 함량으로 환산하여 100ppm, 200ppm 및 400ppm 첨가 한 후 보리새우를 8주간 사육하여 성장도, 착색정도, 지질 및 총 콜레스테롤 함량 그리고 육과 머리의 지방산조성을 조사하였다.

성장율은 대조구(Diet 1)가 가장 낮아 0.610이었고, carophyll pink 첨가구(Diet 2)가 1.065, 껍질 색소추출물 첨가구인 Diet 3(100ppm), Diet 4(200ppm), Diet 5(400ppm)는 각각 1.227, 1.292, 1.264로 Diet 4 첨가구가 가장 양호하였다.

총카로테노이드 함량은 대조구가 8주 후 육 및 껍질 중 0.176 mg, 1.429 mg으로 감소하였으나, 색소추출물구인 Diet 4와 5는 각각 2.337 mg, 6.331 mg으로 가장 우수하였다. Astaxanthin monoester가 free형보다 착색에 더 영향을 미치는 것으로 나타났다.

육 및 머리 중 지질함량도 Diet 4, 5가 8주 후 각각 1632.7 mg, 1691.4 mg, 1973.5 mg, 2071.1 mg으로 가장

좋았고, 육 및 머리의 콜레스테롤 축적량은 Diet 2가 8주 후 각각 481.5 mg, 199.5 mg이었으나, Diet 4는 각각 978.2 mg, 563.8 mg으로 성장에 직접 영향을 미치는 것으로 나타났다.

머리 지질 중 총지질(TL) 및 중성지질(NL)의 지방산조성은 모노엔산의 함량이 높고 고도불포화지방산(PUFA) 함량은 낮았으나, 이와는 반대로 국성지질(PL)은 모노엔산 함량은 낮고 PUFA 함량은 높아 인 지질 중 n-3계 고도불포화지방산의 비율이 높게 나타나 색소추출물이 필수지방산 공급원의 역할을 하는 것으로 나타났다.

감사의 글

본 연구의 결과는 1994년도 교육부지원 '한국학술진흥재단 94공모학술연구조성비'에 의하여 이루어진 것이며 이에 깊이 감사드립니다.

참 고 문 헌

Britton, G., G.M. Armit, S.Y.M. Law, A.K. Patel and C.C. Shone. 1981. Carotenoproteins. In Carotenoid chemistry and biochemistry, G. Britton

- and T.W. Goodwin, ed. Pergamon Press, Oxford, pp. 237~251.
- Bordner, C. E., L.R. Abramo, D.E. Conklin and N.A. Baum. 1986. Development and evaluation of diets for crustacean aquaculture. J. World Aquacult. Soc., 17, 44~51.
- Castell, J.D., E.C. Mason and J.F. Covey. 1975. Cholesterol requirements of juvenile American lobster (*Homarus americanus*). J. Fish. Res. Board Can., 38, 1431~1435.
- Chien, Y.H. and S.C. Jeng. 1992. Pigmentation of kuruma prawn, *Penaeus japonicus* Bate, by various pigment sources and levels and feeding regimes. Aquaculture, 102, 333~346.
- Choi, B.D., S.J. Kang, Y.J. Choi, M.G. Youm and K.H. Lee. 1994. Utilization of ascidian (*Halocynthia roretzi*) tunic. 3. Carotenoid compositions of ascidian tunic. Bull. Kor. Fish. Soc., 27, 344~350 (in Korean).
- Conklin, D.E., L.R. D'Abramo, C.E. Bordner and N.A. Baum. 1980. A successful purified diet for the culture of juvenile lobsters: the effect of lecithin. Aquaculture, 21, 243~249.
- Cossins, A.R., J. Christiansen and C.L. Prosser. 1978. Adaptation of biological membranes to temperature. Biochim. Biophys. Acta., 511, 442~454.
- Davis, B.H. 1985. Carotenoid metabolism in animals. A biochemist's view. Pure Appl. Chem., 57, 679~684.
- Deenan, L.L.M. 1965. Phospholipids and biomembranes. In Progress in the chemistry of fats and other lipids, VIII(1), R.T. Holman, ed. Pergamon Press, Oxford, pp. 12~14.
- Deshimaru, O. and K. Kuroki. 1974. Studies on a purified diet for prawn-I. Basal composition of diet. Nippon Suisan Gakkaishi, 40, 413~419 (in Japanese).
- Duncan, D.B. 1955. Multiple range and multiple F test. Biometrics, 11, 1~42.
- Fast, A.W. and L.J. Lester. 1992. Future of world shrimp culture. In Marine shrimp culture: Principles and practices, A.W. Fast and L.J. Lester, ed. Elsevier, New York, pp. 839~851.
- Folch, J., M. Lee and G.A. Sloane-Stanley. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from tissues. J. Biol. Chem., 226, 497~509.
- Foss, P., B. Renstrom and S. Liaaen-Jensen. 1987. Natural occurrence of enantiomeric and meso astaxanthin. 7. Crustaceans including zooplankton. Comp. Biochem. Physiol., 86B, 313~314.
- Goodwin, T.W. 1984. Crustacea. In The biochemistry of the carotenoids, T.W. Goodwin, ed. Chapman and Hall, London, pp. 64~96.
- Guary, J.C.B., M. Kayama, Y. Murakami, and H.J. Ceccaldi. 1976. The effect of a fat free diet and compounded diets supplemented with various oils on mounts, growth and fatty acid composition of prawn, *Penaeus japonicus*. Aquaculture, 7, 245~254.
- Juaneda, P. and G. Rocquelin. 1985. Rapid and convenient separation of phospholipids and non-phospholipids from rat heart using silica cartridges. Lipids, 20, 40~41.
- Kanazawa, A., N. Tanaka, S. Teshima and K. Kashiwada. 1971. Nutritional requirements of prawn. II. Requirement for sterols. Nippon Suisan Gakkaishi, 37, 211~215.
- Kanazawa, A., S. Teshima, Y. Sakamoto and J.C. Guary. 1976. The variation of lipids and cholesterol in the tissues of prawn, *Penaeus japonicus*, during the molting cycle. Nippon Suisan Gakkaishi, 42, 1003~1007.
- Kanazawa, A., S. Teshima and S. Tokiwa. 1977. Nutritional requirements of prawn VII. Effect of dietary lipids on growth. Nippon Suisan Gakkaishi, 43, 849~856.
- Kanazawa, A., S. Teshima and M. Sakaki. 1979. Requirement of prawn, *Penaeus japonicus*, for essential fatty acids. Mem. Fac. Kagoshima Univ., 33, 63~71.
- Kanazawa, A., S. Teshima, S. Tokiwa, M. Endo and

- S. A. Rahman. 1979. Effects of shortnecked clam phospholipids on the growth of prawn. Nippon Suisan Gakkaishi, 45, 961~965.
- Katayama, T., K. Hirata and C.O. Chichester. 1971. The biosynthesis of astaxanthin. IV. The carotenoids in the prawn, *Penaeus japonicus* Bate (Part 1). Nippon Suisan Gakkaishi, 37, 614~620.
- Katayama, T., Y. Kunisaki, M. Shimaya, K.L. Simpson and C.O. Chichester. 1973. The biosynthesis of astaxanthin-XIV. The conversion of labelled β -carotene-15,15'- $^3\text{H}_2$ into astaxanthin in the crab, *Portunus trituberculatus*. Comp. Biochem. Physiol., 46B, 269~272.
- Katayama, T. 1978. Carotenoid metabolism in aquatic animals-marine animals. In Carotenoids of aquatic animals, Jpn. Soc. Sci. Fish., ed. Kosiesha Kosiekaku, Tokyo, pp. 41~59(in Japanese).
- Lee, K.H., S.J. Kang, B.D. Choi, Y.J. Choi and M.G. Youm. 1994. Utilization of ascidian(*Halocynthia roretzi*) tunic. 1. Effect of ascidian tunic extracts on pigmentation and growth of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Bull. Kor. Fish. Soc., 27, 232~239(in korean).
- Liao, W.-L., S.A. Nur-E-Borham, S. Okada, T. Matsui and K. Yamaguchi. 1993. Pigmentation of cultured black tiger prawn by feeding with *Spirulina*-supplemented diet. Nippon Suisan Gakkaishi, 59, 165~169.
- Martin, B.J. and H.J. Ceccaldi. 1977. Influence de la temperature sur la composition en acides gras du muscle abdominal de *Palaemon serratus*. Biochem. Systemat. Ecol., 5, 151~154.
- Matsuno, T. and S. Hirao. 1989. Marine carotenoids. In Marine biogenic lipids, Fats and Oils, Vol. 1, R.G. Ackman, ed. CRC Press, Florida, pp. 251~388.
- MecBeth, J.W. 1972. Carotenoid from nudibranchs. Comp. Biochem. Physiol., 41B, 55~68.
- Neiland, K.A. and B.T. Scheer. 1953. The influence of fasting and of sinus gland removal on body composition of *Hemigrapsus nudus*. Physiol. Comp. Oecol., 3, 321~326.
- Okada, S., S.A. Nur-E-Borhan and K. Yamaguchi. 1994. Carotenoid composition in the exoskeleton of commercial black tiger prawns. Fisheries Science, 60, 213~215.
- Provasoli, L. and K. Shiraishi. 1959. Axenic cultivation of the brine shrimp *Artemia salina*. Biol. Bull., 117, 347~355.
- Provasoli, L. 1975. Nutritional aspects of crustacean aquaculture. Proc. 1st Int. Confer. on Aquaculture Nutrition, 13~21.
- Renstrom, B. and S. Liaaen-Jensen. 1981. Fatty acid composition of some esterified carotenols. Comp. Biochem. Physiol., 69B, 625~627.
- Scheer, B.T. and M.A.R. Scheer. 1951. Blood sugar in spiny lobster(Part 1 of the hormonal regulation of metabolism in crustaceans). Physiol. Comp. Oecol., 2, 198~209.
- Stickney, R.R. 1979. In Principle of warmwater aquaculture. R.R. Stickney, ed. John Wiley & Son, New York, pp. 463~538.
- Storebakken, T., D. Foss, K. Schiedt, E. Austreng, S. Liaaen-Jensen and U. Manz. 1987. Carotenoids in diets for salmonids. IV. Pigmentation of Atlantic salmon with astaxanthin, astaxanthin dipalmitate and cantaxanthin. Aquaculture, 65, 279~292.
- Tanaka, Y., H. Matsuguchi, T. Katayama, K.L. Simpson and C.O. Chichester. 1976. The biosynthesis of astaxanthin-XVIII. The metabolism of the carotenoids in the prawn *Penaeus japonicus* Bate. Nippon Suisan Gakkaishi, 42, 197~202.
- Teshima, S. and A. Kanazawa. 1971. Sterol compositions of marine crustaceans. Nippon Suisan Gakkaishi, 37, 63~67.
- Teshima, S. 1972. Sterol metabolism in marine crustaceans. Mem. Fac. Fish. Kagoshima Univ., 21, 69~147.
- Teshima, S. and A. Kanazawa. 1976. Variation in lipid classes during the molting cycle of shrimp.

- Nippon Suisan Gakkaishi, 42, 1129~1135.
- Teshima, S., A. Kanazawa and H. Okamoto. 1977. Variation in lipid classes during the molting cycle of the prawn, *Penaeus japonicus*. Marine Biolo., 39, 129~136.
- Teshima, S., A. Kanazawa and Y. Kakuta. 1986. Role of dietary phospholipids in the transport of [¹⁴C] cholesterol in the prawn. Nippon Suisan Gakkaishi, 52, 719~723.
- Teshima, S., A. Kanazawa, S. Koshio and K. Hori-nouchi. 1989. Lipid metabolism of the prawn *Penaeus japonicus* during maturation: variation in lipid profiles of the ovary and hepatopancreas. Comp. Biochem. Physiol., 92B, 45~49.
- Yamada, S., Y. Tanaka, M. Sameshima and Y. Ito. 1990. Pigmentation(*Penaeus japonicus*) with carotenoids. I. Effects of dietary astaxanthin, β -carotene and canthaxanthin on pigmentation. Acquaculture, 87, 323~330.
-
- 1996년 4월 4일 접수
1996년 5월 4일 수리