

## CLA 급이가 우럭치어 성장에 미치는 영향

최병대<sup>+</sup> · 강석중 · 염말구\* · 하영래\*\*  
경상대학교 해양생물이용학부/해양산업연구소, \*해양생산학과  
\*\*응용화학식품공학부

### Effect of Conjugated Linoleic Acid (CLA) in Growth of Larval Rockfish (*Sebastes schlegeli*)

Byeong-Dae CHOI<sup>+</sup>, Seok-Joong KANG, Mal-Gu YOUM\* and Yeong-Lae HA\*\*

Division of Marine Bioscience and Institute of Marine Industry, Gyeongsang National University, Tongyeong 650-160, Korea

\*Department of Marine Production Technology, Gyeongsang National University, Tongyeong 650-160, Korea

\*\*Division of Applied Chemistry and Food Technology, Gyeongsang National University, Chinju 660-701, Korea

The multifunctional compound such as conjugated linoleic acid (CLA) was used to producing of functional larval rockfish. *Artemia*, livefoods for larval fish, enriched with highly unsaturated fatty acids (HUFA) and CLA (0.5%, 1.0%, 2.5% and 5.0% group) was fed to larval rockfish. *Artemia*, enriched with 2.5~5.0% of CLA, negatively affects the quality of larval rockfish. But 1.0% CLA fed group shown to good specific growth rate, feed efficiency, n-3/n-6 PUFA ratio, DHA/EPA ratio and hematology results. The CLA deposited in muscle lipids of larval rockfish was reached 6.57 to 19.69%.

Key words: Rockfish, Multifunctional compounds, Conjugated linoleic acid (CLA), Hematology

#### 서 론

어류의 성장을 위한 식이 단백질, 지질 및 탄수화물과의 상관관계에 대한 많은 연구가 이루어져 왔으며, 자어의 생존율과 기초대사는 성장과 매우 밀접한 관계를 맺고 있는 것이 밝혀졌고 (Lovell, 1989), 어체가 클수록 사망률은 급격히 감소하는 것으로 조사되었다 (Peterson and Wroblewski, 1984).

Lee et al. (2002)이 한국산 우럭의 단백질 및 지질 요구량을 결정하기 위하여 단백질 공급량을 37%, 42%, 47%, 지질 공급량은 7%, 14%로 하여 자어의 사료효율을 조사한 결과, 단백질의 함량은 높을수록 사료효율은 높았으며, 같은 함량의 단백질을 공급할 경우 지질의 함량도 높을수록 사료효율은 증가한다고 하였다. 그리고 공급되는 고도불포화지방산 (HUFA)의 종류와 함량은 자어의 생존에 필수적인 영양소가 된다고 하였다 (Lee et al., 1994). 특히, 고도필수지방산인 eicosapentaenoic acid (EPA, C20:5n-3), docosapentaenoic acid (DPA, C22:5n-6), docosahexaenoic acid (DHA, C22:6n-3) 등의 공급은 우럭을 비롯한 대부분 해산 자어의 생존에 필수적인 영양소가 된다 (Rainuzzo et al., 1989; Rainuzzo et al., 1997; 熊坂 · 柏倉, 1998).

통영을 중심으로 한 우럭 생산량은 1,813 MT/년에 이르고 있으며 (Ministry of Maritime Affairs & Fisheries, 2000), 여기에 자연 생산량을 고려하면 과잉생산에 대한 우려가 제기되고 있다. 본 연구에서는 이와 같은 우려를 개선시키고 기능성 어류에 대한 소

비자의 기대감을 충족시키기 위하여 항암효과 (Ha et al., 1990), 면역증강효과 (Cook et al., 1993; Miller et al., 1994), 혈중 LDL 함량 저하효과 (Lee et al., 1994), 성장효과 (Chin et al., 1994) 등 여러 가지 생리활성을 갖는 것으로 알려져 있는 CLA를 첨가한 *Artemia*와 사료를 우럭치어에 급이하여 우럭의 성장 및 생존에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. 인공종묘생산의 특수성을 감안하여 친어관리에서부터 인공미립자사료 급이까지는 현장에서 실시하였으며, 치어관리에서 인공종묘생산까지는 본 대학의 어류양식 실험실에서 실시하는 2원화 된 사육방법으로 연구를 수행하였다.

#### 재료 및 방법

##### 사육실험

산출된 자어는 곧 먹이를 먹기 시작하기 때문에 친어를 관리하여 온 수조에서 자연 산출된 자어를 수집하여 자어 사육수조 (5.5×5.5×1.0 m)로 옮겼다. 즉, 자어산출이 완전히 끝난 후 산출조의 한 부분에만 빛을 비치고 다른 부분은 차광을 하여 어둡게 한 다음 공기의 공급을 중단해 두면 자어는 20~30분 내에 밝은 곳으로 모였으며, 이렇게 모인 자어를 물과 함께 떠서 사육할 수조로 옮겼다.

우럭은 초기에 유수식 사육을 하게 되면 생존율이 극히 낮아지므로, 사육수의 환수는 최초 8~10일까지는 지수식 사육으로 사육수를 1일 20~50%씩 교환해 주는 방법을 택하였고, 그 이후는 유수식으로 어체가 성장함에 따라 유수량을 점차 늘려주었다. 1개월 간의 현장사육을 한 후에 본 대학 어류양식 실험실로 옮겨서

<sup>+</sup>Corresponding author: bdchoi@nongae.gsnu.ac.kr

CLA를 농도별로 첨가한 사료를 공급하여 사육하였다. 각 수조마다 300마리의 치어 (평균체중 10.6 g)를 수용하여 3배수로 전체 15개의 실험수조를 사용하였다. 실험수조는 원형 FRP 수조 (직경 1.6 m, 수심 0.9 m, 수량 2톤)를 사용하였다.

#### CLA 합성

CLA는 잇꽃유로부터 alkaline isomerization 방법으로 합성하였다 (Kim et al., 2000). Round flask (3 L)에 ethylene glycol 1 L를 넣은 후 질소 충전하에 190°C까지 가열한 후 10분간 방치하였다. 가열이 끝난 후 165°C까지 식힌 다음 KOH 250 g을 천천히 첨가하고 질소 충전하에서 180°C까지 재 가열하여 10분간 유지하였다. CLA 합성의 주원료인 잇꽃유 500 mL를 넣고 매 30분마다 교반하면서 6시간 동안 이성화 작업을 실시한 후 methanol 1 L를 첨가하였다. 그 다음 이 용액 500 mL, 6 N HCl 250 mL, hexane 500 mL를 혼합하여 반응시켰다. 세척작업은 증류수 250 mL를 사용하여 5회 실시하고, sodium sulfate anhydrous 일정량을 첨가하여 물을 완전히 제거한 후 용매를 회수하여 CLA를 농축하였고, 이 때 CLA의 순도는 72%이었다.

#### 사료제조

시판 부상용 초기먹이에 CLA를 농도별로 첨가하는 방법을 사용하였다 (Table 1). 제조한 실험사료는 소량 단위로 비닐포장하고 질소 충전하여 -60°C의 냉동고에 보관하면서 실험에 사용하였다.

#### 총지질의 추출 및 지방산 조성의 분석

실험어로부터 지질의 추출은 Bligh and Dyer (1959) 방법에 준하였다. CLA의 지방산 유도체화는 Kim et al. (2000)에 준하였다. 즉, 시료 일정량과 내부표준물질 ( $C_{23:0}$  methyl ester) 1 mL (100 mg  $C_{23:0}/100$  mL chloroform)를 cap tube에 취하고, 0.5 N NaOH 용액 1.5 mL를 가하여 질소 충전한 다음 100°C에서 3분간 가열하여 검화하였다. 방냉 후 1.0 N  $H_2SO_4$ -methanol 용액 3.0 mL를 가한 후 질소 충전 한 다음 tube의 뚜껑을 닫고 55°C에서 5분간 가열하여 methyl ester화 하였다. 실온으로 냉각한 후 hexane 1.0 mL를 첨가하고 질소 충전 한 다음 30초간 vortex mixer로 혼합하였다. Hexane 층을 시료병에 옮긴 후 다시 hexane 1.0 mL를 첨가한 다음

Table 1. Levels of each CLA in the experimental diets<sup>1)</sup> for larval rockfish

Diet groups	CLA levels
Control	CD <sup>2)</sup> +5.0% safflower oil
0.5% CLA	CD+0.5% CLA+4.5% safflower oil
1.0% CLA	CD+1.0% CLA+4.0% safflower oil
2.5% CLA	CD+2.5% CLA+2.5% safflower oil
5.0% CLA	CD+5.0% CLA

<sup>1)</sup> Crude proteins 53.0%, lipids 12.0%, ash 17.0%, carbohydrates 3.5%, Ca 1.2%, P 2.7%. Mineral and vitamin mixture added 1.0% in CD.

<sup>2)</sup> CD; commercial diet for rockfish.

흔들어 재 추출한 다음  $Na_2SO_4$ 로 수분을 제거하여 지방산 methyl esters 시료로 하였다.

#### Gas liquid chromatography (GC)

지방산 분석에 사용된 GC는 Omegawax-320 (bonded polyglycol phase) open-tubular column (30 m×0.32 mm, i.d., Supelco Co., PA, USA)을 붙인 Shimadzu GC 14A를 이용하였다. 분석조건은 컬럼온도 185°C~230°C (3°C/min), injector 250°C, detector 260°C 그리고 carrier gas는 He (1.0 kg/cm<sup>2</sup>)을 사용하였다. 지방산의 분석은 동일조건에서 분석한 표준품의 ECL과 비교하여 동정하며, 지방산 표준품은 14:0, 16:0, 18:1n-9, 18:2n-6, 18:3n-3, 20:0, 22:1n-9, 24:0 (Simga Chemical Co., St. Louis, MO, USA) 등과 GC-MS로 동정된 menhaden oil을 사용하였다. 그리고 CLA의 동정은 Choi et al. (1999)의 방법에 따라 비교하였다.

#### 혈액성상지수분석

체혈은 시판하는 1회용 주사기로 꼬리 동맥부를 찔러 약 3 mL를 채혈하였으며, 채혈한 혈액은 항응고제인 heparin을 처리한 CBC 병에 넣어 혈액성상 조사에 사용하였다. 적혈구 (RBC) 수는 Dacics씨 액으로 희석시킨 혈액을 메란줄피펫과 Thoma 혈구계산판을 사용하여 측정하였고, hemoglobin (Hb)은 cyanmethemoglobin법으로, hematocrit (Ht)치는 모세관법에 의한 microhematocrit법을 이용하여 측정하였으며, MCHC (평균 적혈구 헤모글로빈 농도), MCV (평균 적혈구 용적) 및 MCH (평균 적혈구 헤모글로빈량)은 일반적으로 산정하는 방법에 의하였다 (Blaxhall and Daisley, 1973).

#### 통계처리

사육실험 결과는 실험군 당 평균치와 표준편차로 표시하였으며, 각 실험군의 평균치간 유의성을 통계 package SAS program을 이용하여, Duncan's Multiple Range Test로 검정하여 P value가 0.05 이하인 경우를 통계적으로 유의한 것으로 판정하였다.

## 결과 및 고찰

#### 알테미아의 지방산 조성

우럭치어의 초기단계 먹이로 사용된 *Artemia*에 함유된 CLA 및 지방산 조성을 Table 2에 나타내었다. 이들 지방산 중 가장 함량이 높은 것은 18:3n-3으로 1.0% CLA 급이구가 25.72%로 가장 높았고, 2.5% 급이구는 23.11%로 가장 낮았으나, 첨가구별 차이는 크지 않았다. 이와 같이 18:3n-3의 함량이 높은 것은 부화 후 *Artemia*의 필수 지방산으로 elongation 및 desaturase 효소에 의해 짧은 시간에 생리적 활성 형태인 EPA, DHA로 전환되기 때문이다 (Navarro et al., 1999). 그 외 함량이 높은 지방산은 18:1n-9와 16:0로 각 실험구에 따라 19.06~21.01% 및 10.84~12.27%를 나타내었다. 그러나 EPA는 3.42~3.83%, DHA는 1.47~1.74%로 *Artemia*의 전형적인 지방산 조성을 나타내었다.

Table 2. Major fatty acids composition (%) in enriched *Artemia* fed CLA

Fatty acids	Diets				
	Control	0.5% CLA	1.0% CLA	2.5% CLA	5.0% CLA
14:0	0.95 <sup>1)</sup>	1.12	0.91	0.73	1.11
15:0 iso	1.08	1.29	1.31	0.97	0.95
15:0 ant	0.58	0.69	0.53	0.39	0.50
15:0	0.25	0.29	0.17	0.15	0.34
16:0 iso	0.17	0.17	0.25	0.20	0.12
16:0 ant	0.73	0.77	0.62	0.53	0.74
16:0	12.27	11.28	11.91	11.36	10.84
16:1n-9	0.86	0.92	0.53	0.48	0.92
16:1n-7	4.47	4.67	4.28	4.56	4.05
16:1n-5	0.63	0.61	0.69	0.63	0.69
16:2n-9	1.37	1.39	1.23	1.11	1.42
17:0	0.83	0.78	0.57	0.65	0.97
16:3n-4	0.08	1.09	1.14	1.88	1.17
16:4n-3	0.33	0.53	0.39	0.16	0.16
18:0	4.15	3.61	2.76	1.27	1.03
18:1n-9	21.01	21.01	19.75	19.67	19.06
18:1n-7	7.75	7.39	5.89	5.92	6.12
18:2n-6	5.47	6.09	5.62	4.64	3.22
18:3n-3	25.00	24.50	25.72	23.11	23.72
CLA 1 <sup>2)</sup>	0.00	tr <sup>3)</sup>	1.48	3.76	5.01
18:4n-3	2.39	2.88	3.10	2.09	2.05
CLA 2	0.00	tr	1.58	3.89	4.56
CLA 3	0.00	tr	0.10	0.13	0.31
CLA 4	0.00	tr	tr	0.87	1.81
20:1n-9	0.50	0.35	0.39	0.52	0.53
20:3n-9	0.16	0.10	0.11	0.19	0.19
20:4n-6	0.98	0.77	0.95	1.21	0.89
20:5n-3 (EPA)	3.65	3.42	3.80	3.83	3.59
22:6n-3 (DHA)	1.74	1.47	1.68	1.54	1.50
Σn-9	23.97	23.67	21.90	22.56	21.03
Σn-6	6.80	7.26	7.50	7.02	5.51
Σn-3	34.01	31.93	30.69	31.55	31.50
Σn-3 HUFA <sup>4)</sup>	6.29	5.49	6.24	6.33	5.48
ΣCLA	0.00	tr	3.16	8.65	11.69
DHA/EPA	0.48	0.43	0.44	0.40	0.48

<sup>1)</sup> Standard deviation for these analysis was less than 0.9%.

<sup>2)</sup> CLA 1: c9,t11-; CLA 2: t10,c12-; CLA 3: c9,c11-; CLA 4: c10,c12-CLA.

<sup>3)</sup> tr: trace.

<sup>4)</sup> HUFA: highly unsaturated fatty acids (above 20 carbon fatty acids).

*Artemia*에 DHA 함량이 낮은 것은 *Artemia*에는 DHA를 분해시키는 효소가 있기 때문이라 판단되었다 (McEvoy and Sargent, 1998). 따라서 *Artemia*를 짧은 시간에 영양강화시켜야 하는 이유 중 하나는 이와 같은 원인에 근거하고 있다. Omega-3 HUFA 함량은 치어의 성장 및 생존율에 크게 영향을 미치나 (Takeuchi et al., 1990), DHA/EPA 비가 더 중요하다는 보고도 있다 (Watanabe, 1993). Bell et al. (1995)은 DHA에 의존한 영양강화가 이루어진 *Artemia* 급이구보다는 DHA/EPA 비가 적절한 (0.6~1.8) 급이구에서 높은 성장 및 생존율을 나타내었다는 보고로 미루어

볼 때, 실험에 사용한 영양강화 된 *Artemia*의 경우 이 비가 적정 값 0.6~1.8보다는 낮은 0.40~0.48을 유지하고 있어 우럭치어의 먹이로 영양강화가 좀더 필요한 것으로 여겨진다. 그리고 0.5% CLA 첨가구에서는 CLA가 혼적량 동정되었으나, 첨가량이 높은 구일수록 CLA 함량도 증가하여 5.0% CLA 첨가구에서는 11.69%의 CLA가 동정되었다. 이 중 항암작용 등 생리활성을 나타내는 이성체인 CLA 1 (c9,t11-CLA) 및 CLA 2 (t10,c12-CLA)가 85% 이상을 차지하였다.

#### 우럭의 성장도

CLA의 첨가량을 달리한 사료를 급이하였을 때의 우럭의 성장도를 Table 3에 나타내었다. 대조구, 0.5% 및 1.0% CLA 급이구에서는 2.57g이 8주 후에는 10.63g으로 빠른 성장을 보인 반면, 5.0% CLA 첨가구에서는 2.64g이 8.01g으로 낮은 성장을 나타내었다. 사료효율에 있어서도 대조구에서는 1.09, 0.5% 및 1.0% CLA 급이구에서는 1.10으로 아주 양호한 사료효율을 나타내었으나, 2.5% CLA 급이구는 1.29를 나타내어 가장 저조한 사료효율을 보여 주었다. 일일성장율도 대조구, 0.5% 및 1.0% CLA 급이구가 비슷한 경향을 나타내었으나, 2.5% 및 5.0% CLA 급이구에서는 2.32 및 1.98로 과량의 CLA 첨가는 우럭치어 성장을 저해하는 것으로 나타나 Takeuchi et al. (1990)의 주장을 뒷받침하는 것으로 생각된다. 우럭의 성장, 사료효율 및 일일성장율을 고려할 때 CLA의 적정첨가량은 0.5~1.0%인 것으로 여겨진다.

Table 3. Weight gain and specific growth rate of rockfish fed CLA for 8 weeks

	Control	0.5% CLA	1.0% CLA	2.5% CLA	5.0% CLA
Mean initial weight (g)	2.57	2.57	2.57	2.64	2.64
Mean final weight (g)	10.63	10.62	10.64	9.23	8.01
Feed/gain ratio	1.09	1.10	1.10	1.29	1.25
Specific growth rate <sup>1)</sup>	2.58 <sup>a</sup>	2.58 <sup>a</sup>	2.57 <sup>a</sup>	2.32 <sup>b</sup>	1.98 <sup>c</sup>

<sup>1)</sup> Values in the same column not sharing a common superscript letter are significantly different at P<0.05.

#### 우럭치어 중의 CLA 축적량

*Artemia* 급이가 끝난 후 8주간 사육된 우럭에 함유된 CLA 및 지방산 조성을 Table 4에 나타내었다. 지방산 조성 중 가장 함량이 높은 성분은 18:2n-6로 급이구에 따라 큰 차이를 나타내어 대조구는 36.88%이었고, 0.5% CLA 급이구에서는 32.00%로 대조구에 비하여 약간 감소하는 경향이었으나, 1.0%, 2.5% 및 5.0% CLA 급이구에서는 20.50%, 10.44% 및 6.18%로 크게 감소하였다.

18:2n-6가 Σn-6 함량에서 차지하는 비율은 90~92%였고, 이들의 이성체인 CLA 함량은 CLA 첨가에 따라 13.57~19.69%로 증가하였고, 사료에 함유된 18:2n-6 함량 등을 서로 비교해 볼 때 우럭 근육 중에 18:2n-6와 CLA가 다량 축적되는 것으로 나타났다. 또한, DHA 함량의 변화는 이들과는 반대로 대조구는 5.02%로 0.5% 및 1.0% CLA 급이구와 비슷하였으나, 5.0% CLA 급이구는 11.15%로 2배 이상의 함량을 나타내어 CLA 함유 비에 따라 다른 지방산의

Table 4. Major fatty acids composition (%) of muscle lipid in larval rockfish fed CLA for 8 weeks

Fatty acids	Diets				
	Control	0.5% CLA	1.0% CLA	2.5% CLA	5.0% CLA
14:0	3.33 <sup>1)</sup>	3.47	3.75	3.34	2.92
15:0	0.19	0.21	0.21	0.22	0.21
16:0	14.65	15.18	16.60	15.65	16.63
16:1n-7	4.66	3.85	4.04	4.28	4.58
16:1n-5	0.14	0.13	0.13	0.14	tr
16:2n-9	0.14	0.13	0.10	tr <sup>2)</sup>	tr
17:0	0.19	0.22	0.24	0.25	0.58
16:3n-4	0.27	0.28	0.25	0.22	0.20
16:4n-1	0.25	0.31	0.25	0.23	0.42
18:0	3.11	5.03	6.06	5.48	4.68
18:1n-9	15.20	13.29	13.39	14.70	17.74
18:1n-7	3.01	2.64	2.96	3.59	4.63
18:2n-6	36.88	32.00	20.50	10.44	6.18
18:3n-3	0.71	0.67	0.61	0.66	0.55
CLA 1 <sup>3)</sup>	0.00	3.07	6.18	8.94	7.03
18:4n-3	0.62	tr	tr	tr	tr
CLA 2	0.00	2.44	5.63	8.37	6.67
CLA 3	0.00	0.18	0.46	0.59	0.30
CLA 4	0.00	0.88	1.30	1.79	2.07
20:1n-9	0.97	0.91	1.20	1.52	1.94
20:3n-9	0.29	0.26	0.19	0.14	tr
20:4n-6	0.58	0.60	0.59	0.79	0.51
20:5n-3 (EPA)	5.10	5.08	5.09	5.57	5.69
22:5n-3	0.88	0.85	0.80	0.92	1.09
22:6n-3 (DHA)	5.02	4.80	4.86	6.45	11.15
Σn-9	16.48	14.53	14.90	16.50	20.22
Σn-6	38.10	33.12	21.47	11.52	6.91
Σn-3	12.74	12.27	13.28	14.48	18.79
ΣCLA	0.00	6.57	13.57	19.69	16.07
DHA/EPA	0.98	0.94	0.95	1.16	1.96
n-3/n-6 PUFA <sup>4)</sup>	0.33	0.31	0.38	0.46	0.82

<sup>1)</sup> Standard deviation for these analysis was less than 0.90%.

<sup>2)</sup> tr: trace.

<sup>3)</sup> CLA 1: c9,t11-; CLA 2: t10,c12-; CLA 3: c9,c11-; CLA 4: c10,c12-CLA.

<sup>4)</sup> PUFA: polyunsaturated fatty acids (above 18 carbon fatty acids).

함량에 영향을 미치는 것으로 나타나 이에 대한 연구가 더 있어야 할 것으로 생각된다.

어중에 따라 약간의 차이는 있지만, triglyceride (TG)는 저장지질의 기본적인 성분이며, 동시에 절식 때에는 phospholipid (PL)에 앞서 대사 되어지는 성분이다. 세포막의 구성성분인 PL이 보존되어야 생명을 유지할 수 있기 때문에 저장지질 중 TG가 소모된 후 PL의 대사가 이루어지기 때문이다 (Sargent et al., 1989). 절식 중 소모되어지는 지방산의 종류를 알아보기 위하여 새네티 (*Sparus aurata*) 치어를 절식시키면서 지방산 조성의 변화를 조사한 결과 n-3 지방산 중 DHA가 EPA보다 보전효과가 높았으며, n-6>n-9>n-3의 순으로 감소가 일어나는 것으로 보고하였다 (Koven et al., 1989). 또한, Park et al. (1997)에 의하면 CLA는 세포

막의 인지질과 중성지질 회복에 침착되고, 여분의 CLA는 β-산화물을 거쳐 에너지원으로 이용되며 CLA의 생리활성은 대부분 생체막과 관련된 대사과정을 거친다고 하였다. Choi et al. (1999)도 어류 사료에 CLA를 첨가하여 급이 한 결과 각 장기 (근육, 간, 정소 등)에 인지질 및 중성지질의 구성성분이 된다고 하여 다른 지질성분과 함께 어체 내 대사과정을 거치는 것으로 나타났다.

DHA/EPA 비는 해산어류가 염분도 등의 stress에 견디는 지표로 삼고 있으며, Watanabe et al. (1989)에 의하면 DHA/EPA 비가 1.13 정도에서 저항력이 있었다고 하였으며, Brinkmeyer and Holt (1998)는 red drum의 경우 DHA/EPA 비가 0.66~2.42일 때가 3.78일 때보다 stress 저항력 혹은 생존율이 높았다고 하였다. 우력의 DHA/EPA 비는 0.5% 및 1.0% CLA 급이구가 대조구와 비슷한 0.94~0.95이고, 2.5% 및 5.0%구도 1.16~1.96으로 나타나 CLA 과량급이에 따른 stress 저항력을 나타내는 것으로 여겨진다. 그러나 0.5% 및 1.0% 첨가구의 근육 중 DHA 함량이 낮은 것으로 미루어 유리지방산 형태의 CLA가 0.5% 및 1.0% 첨가에서는 우력 성장에 영향을 미치지 않는 것으로 생각된다.

일반적으로 해산어 및 연어류의 n-3/n-6 PUFA비는 3:1 정도가 적절한 것으로 알려져 있으나, Table 4와 같이 DHA 함량이 낮은 치어의 n-3/n-6 PUFA가 대조구, 0.5% 및 1.0% CLA 급이구에서 0.33~0.38으로 나타나 자연산 우력의 3.95에 비하여 현저히 낮아 유화지질이나 식물성 플랑크톤에 의한 영양강화 방법보다는 n-3 HUFA 고탄유 미세조류를 이용한 *Artemia*의 영양강화 및 치어사육이 이루어져야 할 것으로 나타났다. 현재 DHA, DPA 등의 함량이 높은 미세조류의 대량증식을 위한 연구가 국내외적으로 활발히 진행되고 있다 (Hur et al., 2002; Sakata et al., 2000).

#### 혈액지수

양식된 우력의 혈액지수를 조사하여 어류의 건강 및 질병을 평가하는 지표로 이용하고자 하였다. 그러나 현재 이와 같은 평가를 위한 확립된 기준이 마련되어 있지 않으며, 어종, 성별, 수질, 수온, 포획방법 등에 따라 달라질 수도 있다.

본 실험에서 측정된 혈액지수의 항목으로는 적혈구수 (red blood cell, RBC), 헤모글로빈양 (hemoglobin, Hb), 헤마토크릿치 (hematocrit, Ht), 평균 적혈구 헤모글로빈 농도 (mean corpuscular hemoglobin concentration, MCHC), 평균 적혈구 용적 (mean corpuscular volume, MCV), 평균 적혈구 헤모글로빈양 (mean corpuscular hemoglobin, MCH)을 측정하였으며, 이들의 결과는 Table 5와 같다.

적혈구의 평균치는 대조구에서는  $441 \times 10^4/\text{mm}^3$ 였으나, 1.0% 및 2.5% CLA 급이구에서  $598 \times 10^4/\text{mm}^3$  및  $575 \times 10^4/\text{mm}^3$ 로서 가장 높은 값을 나타내었으며, 두 실험구간의 유의차는 없었다. CLA 함량을 더욱 증가시킨 5.0% 급이구에서는  $408 \times 10^4/\text{mm}^3$ 로서 오히려 낮은 값을 나타내었다. 그 외 다른 혈액지수에서도 이와 비슷한 경향을 나타내었다. 혈액지수 측정 결과 명확한 결과가 도출되지 않았으나, 성장 등의 결과와 함께 고려해 볼 때 1.0% CLA 급이구가 적절한 것으로 나타났다. Klinger et al. (1996)은 channel catfish에 여러 종류의 지질을 급이 한 후 혈액지수의 변화를

Table 5. Hematological parameters of larval rockfish fed CLA for 8 weeks

Treatment	RBC <sup>1)</sup> ( $\times 10^4/\text{mm}^3$ )	Hb <sup>2)</sup> (g/dL)	Ht <sup>3)</sup> (%)	MCHC <sup>4)</sup> (%)	MCV <sup>5)</sup> ( $\mu^3$ )	MCH <sup>6)</sup> (pg)
Control	441 $\pm$ 53 <sup>7)</sup>	13 $\pm$ 1	29 $\pm$ 4	42 $\pm$ 3	71 $\pm$ 18	24 $\pm$ 3
0.5% CLA	512 $\pm$ 48	15 $\pm$ 4	32 $\pm$ 6	42 $\pm$ 3	73 $\pm$ 11	29 $\pm$ 2
1.0% CLA	598 $\pm$ 63	18 $\pm$ 1	32 $\pm$ 3	43 $\pm$ 2	75 $\pm$ 7	30 $\pm$ 3
2.5% CLA	575 $\pm$ 40	17 $\pm$ 2	31 $\pm$ 5	42 $\pm$ 2	76 $\pm$ 12	28 $\pm$ 3
5.0% CLA	408 $\pm$ 49	12 $\pm$ 1	30 $\pm$ 4	40 $\pm$ 4	74 $\pm$ 13	28 $\pm$ 2

<sup>1)</sup> RBC: red blood cell.

<sup>2)</sup> Hb: hemoglobin.

<sup>3)</sup> Ht: hematocrit.

<sup>4)</sup> MCHC: mean corpuscular hemoglobin concentration.

<sup>5)</sup> MCV: mean corpuscular volume.

<sup>6)</sup> MCH: mean corpuscular hemoglobin.

<sup>7)</sup> Mean  $\pm$  SD.

조사한 결과 청어유를 급이한 구가 가장 양호한 혈액지수를 나타내어 급이하는 지질의 종류에 따라 channel catfish의 혈액지수에 영향을 미친다고 하였으나, 본 실험의 결과 CLA 급이량의 차이에 따른 변화는 거의 없는 것으로 나타났다.

## 요 약

통영을 중심으로 한 우럭생산량은 연간 1,813 M/T에 이르고 있으며, 과잉생산에 대한 우려가 제기되고 있다. 이와 같은 우려를 개선시키고 기능성 어류에 대한 소비자의 기대감을 충족시키기 위하여 성장촉진, 항암, 면역증강, 혈중 LDL 함량 저하효과를 가진 것으로 알려져 있는 CLA를 이용한 기능성 우럭생산의 가능성을 검토하였다.

*Artemia* 영양강화시 CLA를 0.5~5.0% 첨가하였을 경우 *Artemia* 중 지방산조성의 변화를 조사한 결과 CLA 첨가량이 증가할수록 CLA 함량은 높아졌고, 동시에 *Artemia* 특유의 지방산조성을 나타내어 지방산 대사에 특별한 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 8주 사육 후 우럭근육 중 n-6 지방산의 함량이 높아 사료에 첨가된 지질의 영향을 받은 것으로 나타났다. 그리고 n-3/n-6 PUFA 비가 자연산 우럭의 3.95보다 현저히 낮아 CLA 첨가가 많을수록 성장을 저해하는 것으로 나타나 배합사료 중의 DHA 첨가가 증가되어야 할 것으로 여겨진다.

그러나 이를 섭취한 우럭 근육 중 총 CLA 함량은 급이 량에 따라 각각 6.57~16.07%가 축적되어 CLA는 다른 지질성분과 함께 어체내 대사과정을 거치는 것으로 나타났다. 우럭의 성장도, 사료효율, DHA/EPA 비, n-3/n-6 PUFA 비, 활력테스트, 혈액지수 등을 비교하였을 때 1.0% CLA 첨가가 적절한 첨가량인 것으로 생각된다.

## 감사의 글

이 논문은 1997년 수산특정과정의 지원에 의한 것입니다. 연구비를 지원해 주신 해양수산부에 감사 드립니다.

## 참 고 문 헌

- Bell, M.V., R.S. Batty, J.R. Dick, K. Fretwell, J.C. Navarro and J.R. Sargent. 1995. Dietary deficiency of docosahexaenoic acid impairs vision at low light intensities in juvenile herring (*Clupea harengus* L.). *Lipids*, 30, 373~476.
- Blaxhall, P.C. and K.W. Daisley. 1973. Routine haematological methods for use with fish blood. *J. Fish Biol.*, 5, 771~781.
- Bligh, E.G. and W.J. Dyer. 1959. A rapid method of lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Physiol.*, 37, 911~917.
- Brinkmeyer, R.L. and G.J. Holt. 1998. Highly unsaturated fatty acids in diets for red drum (*Sciaenops ocellatus*) larvae. *Aquaculture*, 161, 253~268.
- Chin, S.F., J.M. Storkson, K.J. Albright, M.E. Cook and M.W. Pariza. 1994. Conjugated linoleic acid is a growth factor for rats as shown by enhanced weight gain and improved feed efficiency. *J. Nutr.*, 124, 2344~2349.
- Choi, B.D., S.J. Kang, Y.L. Ha and R.G. Ackman. 1999. Accumulation of conjugated linoleic acid (CLA) in tissues of fish fed diets containing various levels of CLA. In *Quality Attributes of Muscle Foods*. Y.L. Xiong, C.T. Ho and F. Shahidi, eds. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, pp. 61~71.
- Cook, M.E., C.C. Miller, Y. Park and M.W. Pariza. 1993. Immune modulation by altered nutrient metabolism: nutritional control of immune-induced growth depression. *Poult. Sci.*, 72, 1301~1305.
- Ha, Y.L., J. Storkson and M.W. Pariza. 1990. Inhibition of benzo[a]pyrene-induced mouse forestomach neoplasia by conjugated dienoic derivatives of linoleic acid. *Cancer. Res.*, 50, 1097~1101.
- Hur, B.K., D.W. Cho, H.J. Kim, C.I. Park and H. J. Suh. 2002. Effect of culture conditions on growth and production of docosahexaenoic acid (DHA) using *Thraustochytrium aureum* ATCC 34304. *Biotechnol. Bioprocess Eng.*, 7, 10~15.
- Kim, S.J., K.A. Park, J.H. Yoon, J.O. Kim and Y.L. Ha. 2000. Preparation of a large quantity of cis-9, trans-11 and trans-10, cis-12 conjugated linoleic acid (CLA) isomers from synthetic CLA. *J. Food Sci. Nutr.*, 5, 86~92.
- Klinger, R.C., V.S. Blazer and C. Echevarria. 1996. Effects of dietary lipid on the hematology of channel catfish, *Ictalurus punctatus*. *Aquaculture*, 147, 225~233.
- Koven, W.M., G.W. Kissil and A. Tandler. 1989. Lipid and (n-3) requirement of *Sparus aurata* larvae during starvation and feeding. *Aquaculture*, 79, 185~189.
- Lee, K.N., D. Kritchevsky and M.W. Pariza. 1994. Conjugated linoleic acid and atherosclerosis in rabbits. *Atherosclerosis*, 108, 19~25.
- Lee, S.M., I.G. Jeon and J.Y. Lee. 2002. Effects of digestible protein and lipid levels in practical diets on growth, protein utilization and body composition of juvenile rockfish (*Sebastes schlegelii*). *Aquaculture*, in press.
- Lee, S.M., J.Y. Lee and S.B. Hur. 1994. Essentiality of dietary eicosapentaenoic acid and docosapentaenoic acid in Korean rockfish, *Sebastes schlegelii*. *J. Kor. Fish. Soc.*, 27, 712~726.
- Lovell, R.T. 1989. Nutrition and feeding of fish. Van Nostrand-Reinhold, New York, USA, pp. 260.
- McEvoy, L.A. and J.R. Sargent. 1998. Problems and techniques in live prey enrichment. *Bull. Aquacul. Assoc. Canada*, 98, 12~16.
- Miller, C.C., Y. Park, M.W. Pariza and M.E. Cook. 1994. Feeding conjugated linoleic acid to animals partially overcome catabolic

- responses due to endotoxin injection. *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, 198, 1107~1112.
- Ministry of Maritime Affairs & Fisheries. 2000. Statistical Yearbook of Maritime Affairs and Fisheries. Information Officer, ed. Jung In Sa, Seoul, p. 1066 (in Korean).
- Navarro, J.C., R.J. Henderson, L.A. McEvoy, M.V. Bell and F. Amat. 1999. Lipid conversions during enrichment of *Artemia*. *Aquaculture*, 174, 155~166.
- Park, Y., K.J. Albright, W. Liu, J.M. Storkson, M.E. Cook and M.W. Pariza. 1997. Effect of conjugated linoleic acid on body composition in mice. *Lipids*, 32, 853~858.
- Peterson, I. and J.S. Wroblewski. 1984. Mortality rate of fishes in the pelagic ecosystem. *Can. J. Fish Aquat. Sci.*, 41, 1117~1120.
- Rainuzzo, J.R., Y. Olsen and G. Rosenlund. 1989. The effect of enrichment diets on the fatty acid composition of the rotifer *Brachionus plicatilis*. *Aquaculture*, 79, 157~161.
- Rainuzzo, J.R., K.I. Retain and Y. Olsen. 1997. The significance of lipids at early stages of marine fish: A review. *Aquaculture*, 155, 103~115.
- Sakata, T., T. Fujisawa and T. Yoshikawa. 2000. Colony formation and fatty acid composition of marine labyrinthid isolates grown on agar media. *Fisheries Sci.*, 66, 84~90.
- Sargent, J.R., R.J. Henderson and D.R. Tocher. 1989. The lipids. In *Fish Nutrition*, 2nd edn., J. Halver, ed. Academic Press, London, pp. 153~217.
- Takeuchi, T., M. Toyota, S. Satoh and T. Watanabe. 1990. Requirement of juvenile red seabream *Pagrus major* for eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 56, 1263~1269.
- Watanabe, T., M.S. Izquierdo, S.S. Takeuchi and C. Kitajima. 1989. Comparison between eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid in terms of essential fatty acid efficacy in larval red sea bream. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 55, 1635~1640.
- Watanabe, T. 1993. Important of docosahexaenoic acid in marine larval fish. *J. World Aquacul. Soc.*, 24, 152~161.
- 熊坂清弘, 柏倉眞. 1998. 種菌生産におけるDHA藻類の可能性. *養殖*, 10, 56~62.

---

2002년 4월 8일 접수

2002년 6월 18일 수리