

오징어내장 첨가사료가 메기 (*Parasilurus asotus*)의 성장 및 육조성에 미치는 영향

이경선 · 김양배* · 박기영 · 유병진** · 전중균 · 정인학
강릉대학교 해양생명공학부, *주문진수공고등학교, **강릉대학교 식품과학과

Effects of Diet Supplemented with Squid Intestine on Growth and Body Composition of the Catfish (*Parasilurus asotus*)

Kyoung-Seon LEE, Yang-Bae KIM*, Kie-Young PARK, Byeong-Jin YOO**,
Joong-Kyun JEON and In-Hak JEONG

Faculty of Marine Bioscience & Technology, Kangnung National University, Kangnung 210-702, Korea

*Chumunjin Fisheries & Technical High school, Kangnung 210-800, Korea

**Department of Food Science, Kangnung National University, Kangnung 210-702, Korea

In order to find out the effect of supplemented diets with squid intestine on the catfish, growth and body compositions of catfish (*Parasilurus asotus*) were investigated for 112 days with the four experimental diets of different lipid levels.

The higher lipid level of diets with squid intestine supplement was fed, the higher body weight was gained ($p < 0.05$). HSI (Hepatosomatic Index) was the lowest in the diets with 10% squid intestine. There were no significant differences in muscle and skin compositions, however the increasing lipid levels in the diets well reflected in the fatty acid pattern of skin and muscle. The percentage of *n*-3 polyunsaturated fatty acids such as C20:5 and C22:6 in tissues was increased according to increase of supplemented squid intestine. Saturated and *n*-6 fatty acid contents did not show the significant difference.

Key words : catfish, squid intestine, fatty acid, polyunsaturated fatty acids

서 론

동해안에서 주로 어획되고 있는 오징어는 1980년대 중반 이후부터 어획량이 매년 증가하여 1990년대에는 연간 10만톤 이상이 어획되고 있다. 간장이 대부분을 차지하는 내장부위는 오징어 총중량의 약 20%나 되며 내장 무게의 30~40%가 지질이기때문에 어간유의 채유원료로 일부 이용되고는 있으나 대부분은 폐기하고 있는 실정이다. 국내에서 1년동안 소비되는 오징어는 원양산과 연안산을 합하여 약 40만톤일 것으로 추정되고 있어 연간 약 8만여톤의 내장과 약 2만 4천톤의 지질을 이용하지 못하고 버리고 있는 셈이다.

한편, 지질은 사료내 에너지의 수준을 높여 사료내 단백질요구율을 줄일 수 있다는 것이 여러 연구자 (Digani and Viola, 1987; Medland and Beamish, 1985; Beamish and Medland, 1986)들에 의해 확인되었으며, 특히 어유를 첨가함으로써 사료내 단백질요구율을 낮출 뿐만 아니라 (De Silva et al., 1991) 섭취되는 사료의 양도 줄일 수 있음이 확인되고 있다 (Beamish and Thomas, 1984).

최근들어 어육지질은 인간에게 불포화지방산의 급원으로 많은 관심을 모아왔다 (Barlow and Stansby, 1982;

Kinsella, 1987). 특히 해산어류에 다량 함유되어 있으면서 동맥경화, 혈전예방, 심근경색 등 순환기계 질환의 치료 내지는 예방기능이 밝혀지고 있는 EPA (Eicosa Pentaenoic Acid), DHA (Decosa Hexaenoic Acid) 등 *n*-3계 고도불포화지방산을 건강식품으로 이용하고자 하는 시도가 이루어지고 있다.

그리고 어육 지질의 조성은 체내에서의 합성경로에 의해서도 영향을 받지만 주로 먹이에 의해 좌우되어 진다 (Ackman, 1982). 급여되는 사료는 어육의 질을 결정하는 주된 인자로 작용하기 때문에, 이 분야의 최근 연구는 어류의 영양소 요구량을 충족시킴과 동시에 우수한 품질의 어육을 생산하는 사료의 개발에 주력하고 있다 (Bakir et al., 1993; German and Kinsella, 1985; Gibson and Worthington, 1977). 송어 (Castell et al., 1972; Yu et al., 1977), 잉어 (Csengeri et al., 1978; Viola et al., 1982) 및 찬넬메기 (Stickney and Andrews, 1972)를 대상으로 한 실험에서 불포화도가 높은 지질의 섭취로 체성분 및 조직의 지질에 불포화지방산의 함량이 증가된 것을 확인하였으며, EPA나 DHA가 상대적으로 부족한 담수어류에 이러한 지방산을 함유한 사료 급여시 근육에 상당히 축적되는 것으로 나타났다 (Nettleton et al., 1990).

본 실험은 오징어내장을 첨가하여 제조한 사료를 메기에게 급여하고 성장을 비교하여 오징어내장의 양어사료 첨가원으로서의 이용가능성 및 해산어처럼 EPA와 DHA 함량이 높은 양질의 담수어육의 생산가능성을 살핀 것이기에, 이하 그 결과를 서술한다.

재료 및 방법

1. 실험사료

강원도 강릉시 주문진의 오징어 할복장에서 연안산 오징어 (*Todarodes pacificus*)의 내장을 수거하여 실험사료를 만드는데 사용하였다. 즉, 실험실에서 조식막을 제거하고 파쇄한 간장을 시판의 뱀장어용 분말사료 (Diet I, 지질 함량 4.3%/dry matter)에 지질함량이 건물량 기준으로 대략 10% (Diet II), 15% (Diet III), 20% (Diet IV)가 되도록 첨가하여 모아스트 펠렛 (moist pellet) 형태의 실험사료를 제조하였으며 그 성분조성은 Table 1 및 2와 같다. 제조된 사료는 보관중 공기와의 접촉에 의한 지질의 산화를 방지하기 위하여 적당량으로 나누어 plastic film에 충전해서 진공포장하고 -40°C 의 냉동고에 저장하면서 실험에 사용하였다.

Table 1. Proximate composition and energy values squid intestine and experimental diets
(dry basis g/100g)

Composition	Squid intestine	Diet I ¹	Diet II	Diet III	Diet IV
Crude Protein	25.2	37.3	38.5	35.9	34.1
Crude Fat	56.3	4.3	10.6	14.4	22.4
Ash	2.2	16.1	14.3	14.2	9.4
Carbohydrate	16.3	42.3	36.6	35.5	34.1
DE (Kcal/g) ²		3.10	3.61	3.80	5.75

¹ Commercial diet for eel

² Digestible energy estimated : 5.0 Kcal/g protein, 9.0 Kcal/g lipid, 2.0 Kcal/g carbohydrate (Wee & Shu, 1989)

2. 사육 및 급여조건

실험에 사용한 메기 (*Parasilurus asotus*)는 강릉시 유천동 소재의 유천수산에서 부화사육한 치어 (평균체중 4.2 ± 1.3 g)를 강릉대학교 수조실로 가져와서 순환여과식 원통수조 ($\phi 85 \times 75$ cm)에서 실험전까지 약 30일동안 치어용 뱀장어사료로 예비사육하였다.

사육실험은 각 실험구마다 60마리씩 수용하여 2배수로 실험하였고, 사료는 매일 2회씩 (09:00시와 16:00시) 어체중의 4% 수준으로 급여하였으며, 수온은 실험기간 동안 $26 \sim 30^{\circ}\text{C}$ 를 유지하였다.

Table 2. Fatty acid composition of experimental diets
(area %)

Fatty Acids	Squid intestine	Diet I	Diet II	Diet III	Diet IV
Saturates					
14 : 0	3.1	2.6	2.9	2.9	2.8
15 : 0	0.4	2.5	0.2	0.2	0.2
16 : 0	19.9	18.0	19.5	18.8	18.6
17 : 0	0.4	0.3	0.2	0.2	0.3
18 : 0	2.8	3.7	4.0	3.1	3.1
20 : 0	0.2	0.6	1.4	—	—
Sub total	26.8	27.7	28.2	25.2	25.0
Monoenes					
16 : 1	3.3	3.9	3.4	3.2	3.7
18 : 1n-9	16.7	28.0	23.7	21.7	21.5
20 : 1n-9	1.0	—	—	—	0.1
Sub total	21.0	31.9	27.1	24.9	25.3
Polyenes					
18 : 2n-6	1.7	—	—	0.1	0.1
18 : 3n-3	1.0	0.1	0.5	—	—
18 : 4n-3	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3
20 : 2n-6	8.5	7.8	7.3	7.6	7.9
20 : 3n-6	—	—	—	—	—
20 : 4n-6	0.9	—	—	0.1	1.1
20 : 5n-3	13.6	12.5	12.4	12.2	11.6
22 : 3n-3	2.3	3.6	3.4	4.4	3.4
22 : 4n-6	—	—	—	—	—
22 : 5n-3	1.4	0.8	1.0	1.0	1.8
22 : 6n-3	22.8	17.0	20.1	21.7	23.6
Sub total	52.3	41.9	44.8	47.3	49.8
C18	22.3	31.9	29.3	25.1	25.0
C20	24.2	20.9	21.1	19.9	20.7
C22	26.5	21.4	24.5	27.1	28.8
n-9	17.7	28.0	23.7	21.7	21.6
n-6	11.1	7.8	7.3	7.8	9.1
n-3	41.2	34.1	37.5	39.5	40.7

— : not detected

3. 사육어의 성장 측정

실험어류를 실험시작, 40일, 71일, 111일 제에 24시간 절식시킨 후 각 공급구에서 10 마리씩 무작위로 추출하여 MS-222로 마취시켜 전장과 체중을 측정하였다.

4. 사육어의 성분조성 분석

① 사육어의 일반성분 분석

실험을 시작하기 전과 사육 112일제에 메기를 각 공급구에서 5마리씩 무작위로 추출해서 근육 및 표피를 채취하여 균질화시켜 일반성분을 분석하였다. 즉, 수분은 상압가열건조법, 지방질은 soxhlet법, 단백질은 semimicro kjeldahl법, 회분은 직접회화법으로 분석하였다.

② 지방산의 분석

사료 및 실험어의 지방산 분석을 하기 위해 Folch 등 (1957)의 방법으로 지질을 추출하였고, 지방산의 조성분석은 메탄올성 5% 염산으로 메틸화한 지방산 메틸에스테르를 가스크로마토그래피로 분석하였다. 분석조건은 Table 3과 같다.

Table 3. The operating conditions of GC for fatty acid analysis

Instrument	Shimadzu GC5A	Column temp.	195°C
Column	Shimadzu CAP5 0.25 mm×25 m	Split ratio	50 : 1
Carrier gas	He 4 ml/min	Injector temp.	250°C
Detector	FID	Detector temp.	250°C

결과 및 고찰

1. 성장효과

오징어 내장의 첨가비율을 달리한 각 실험사료구별 사육일수에 따른 체중의 성장은 Fig. 1과 같고, 실험기간 중의 사료효율 및 HSI (Hepatosomatic Index)는 Table 4에 나타내었다.

실험개시시 메기의 평균 체중은 4.2g (S.E. ± 1.3g)이었고, 사육 41일째에는 Diet IV투여구 (이하 Diet IV라 함)가 다른 실험구보다는 다소 빠른 성장을 보였지만 유의적인 차이는 없었다. 그러나 72일째에는 오징어내장을 첨가하지 않은 Diet I투여구 (이하 Diet I이라 함)와 오징어내장을 첨가한 Diet II투여구 (이하 Diet II라 함),

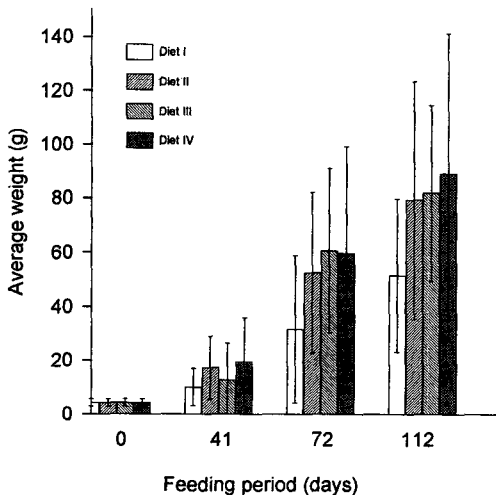


Fig. 1. Growth of body weight of catfish fed diets with containing 4 different lipid levels for 112 days.

Table 4. Performance of catfish fed 4 different lipid levels of diets for 112 days¹

Diets	Diet I	Diet II	Diet III	Diet IV
Initial mean weight (g)	4.2	4.2	4.2	4.2
Final mean weight (g)	51.3	79.2	81.6	88.8
Weight gain	47.1 ^a	75.0 ^b	77.4 ^b	84.6 ^b
Feed efficiency ²	43.3	41.3	39.8	46.6
Hepatosomatic Index (HSI) ³	2.5 ^a	2.4 ^a	1.7 ^b	1.9 ^b

¹ Values in some row having different superscripts are significantly different (P<0.05)

² (Fish weight gain (g) / feed intake (g))×100

³ HSI : liver weight / body weight×100

Diet III (이하 Diet III이라 함), Diet IV간에는 뚜렷하게 성장차이를 보였고, 각 실험구간의 성장의 차이는 계속 커져서 실험종료시인 112일째에는 대조구인 Diet I이 51.3g (± 28.0g)으로 성장이 가장 느렸고, Diet II가 79.1g (± 42.4g), Diet III이 81.6g (± 31.4g), Diet IV가 88.8g (± 50.4g)으로 Diet IV가 가장 성장이 빨랐으며, Diet II, III, IV간에는 유의적인 차이는 없었으나 대조구와는 유의적인 차이 (p<0.05)를 보였다. 따라서, 10% 이상의 지질함량에서 성장의 차이는 Anwar 등 (1992)이 메기 *Heteropneustes fossilis*를 대상으로 한 실험에서 최대성장을 위해서는 지질의 첨가량이 9% 이상이어야 한다는 결과와 유사함을 알 수 있다.

한편, hepatosomatic index (HSI)은 Table 4에서 보는 바처럼 각 공급구별로 상당한 차이를 보였다. 실험개시시 3.2%이던 것이 112일 사육후에는 Diet I 2.5%, Diet II 2.4%, Diet III 1.7%, Diet IV 1.9%로 사료내 지질함량이 증가함에도 불구하고 전반적으로 HSI는 줄었다. 지질함량이 많은 사료로 어류를 사육하면 체내 지질함량이 증가함과 더불어 HSI도 증가하는 것이 일반적이지만, 본 연구에서는 근육 중의 지질함량이 많아지기는 하였으나 (Table 5) HSI는 오히려 줄었다. 이와 같은 현상은

Table 5. Proximate analysis of catfish (*Parasilurus asotus*) fed 4 different lipid levels of diets for 112 days (% on dry matter)

Composition	Initiation	Diet I	Diet II	Diet III	Diet IV
Muscle					
Moisture	81.0	78.6	77.2	78.7	78.0
Crude protein	80.6	70.8	68.0	72.9	72.7
Crude fat	4.7	13.7	14.9	15.4	16.2
Ash	5.8	9.3	5.7	5.6	5.1
Carbohydrate	8.9	6.0	11.4	6.1	7.9
Skin					
Moisture	68.8	65.5	64.9	64.0	63.8
Crude protein	62.5	39.1	37.6	37.7	38.0
Crude fat	30.1	55.7	56.7	57.1	57.6
Ash	5.4	4.6	4.0	4.6	4.2
Carbohydrate	1.9	0.6	1.7	0.6	0.3

Satoh 등 (1989)이 n-3 지방산 첨가된 사료로 channel catfish, *Ictalurus punctatus*를 사육하였더니 성장효과와 함께 간의 지질함량은 감소되었다는 결과와 같았다. 이를 감안하면 본 연구에서 오징어내장 사료로 사육시 HSI가 감소한 것은 n-3 지방산의 영향이라고 여겨진다.

이상의 결과를 종합하면, 폐기에 있어서 오징어내장의 첨가는 폐기의 성장을 증가시키면서 한편으로는 간의 지질축적을 억제하는 것으로 나타났다. 하지만 오징어 내장의 첨가에 따른 폐기의 성장이 지질함량에 의한 때문인지 전반적인 에너지량의 증가때문인지는 분명치 않다. 이를 판단하기 위해서는 에너지를 동일하게 하면서 지질 함량을 달리한 사료로 사육할 필요가 있을 것이기에 현재 연구를 진행 중에 있다.

2. 어체의 체성분에 미치는 영향

각 실험사료를 112일간 공급한 실험구에서 무작위로 추출한 시료들의 근육과 표피의 일반성분 조성은 Table 5와 같다. 사료 중의 지질함량이 증가함에 따라 근육과 표피 중의 조단백질, 회분, 탄수화물의 비율은 큰 차이를 보이지 않았으나, 조지방은 비록 유의차는 없었으나 약간씩 커졌다. 한편, 사육 후에는 실험개시시에 비해서 두 조직 모두에서 조단백질은 줄었고 조지방은 늘었다. 조지방의 경우에는 표피에서 약 2배, 근육에서 약 3배 가량 많아졌다.

한편, 각 실험사료로 112일간 사육한 폐기의 표피와 근육 중 지방산 조성은 Table 6과 같다.

폐기 근육 및 표피의 지방산 조성 중에서 대표적인 것

Table 6. Fatty acid composition of catfish (*Parasilurus asotus*) fed 4 different lipid levels of diets for 112 days (area %)

Fatty Acids	Skin					Muscle				
	0 day	112 days				0 day	112 days			
		Diet I	Diet II	Diet III	Diet IV		Diet I	Diet II	Diet III	Diet IV
Saturates										
14 : 0	3.0	2.4	2.4	2.6	2.7	2.0	1.7	2.0	1.8	2.1
15 : 0	0.7	0.2	0.2	0.2	0.2	0.5	0.2	0.2	0.2	0.2
16 : 0	21.5	19.1	19.1	19.9	21.0	21.5	20.1	19.8	19.6	20.3
17 : 0	3.5	0.1	0.1	0.2	0.2	0.6	0.1	—	0.2	0.1
18 : 0	5.0	3.4	3.7	3.4	3.4	6.0	5.0	4.8	4.4	3.8
20 : 0	—	0.1	0.2	0.3	0.1	—	0.1	0.1	0.1	0.1
sub total	33.7	25.3	25.7	26.6	27.6	30.6	27.2	26.9	26.3	26.6
Monoenes										
16 : 1	7.6	10.0	8.1	6.8	6.2	7.1	7.1	8.0	5.3	5.8
18 : 1n-9	43.4	38.6	35.5	30.6	28.9	39.0	31.2	35.4	25.9	27.1
20 : 1n-9	—	0.1	0.1	0.1	0.2	1.1	—	0.1	0.2	0.1
sub total	51.0	48.7	43.7	37.5	35.3	47.2	38.3	43.5	31.4	33.0
Polyenes										
18 : 2n-6	—	—	—	—	0.2	0.2	—	—	0.3	—
18 : 3n-3	—	—	—	—	—	0.8	—	—	—	—
18 : 4n-3	1.1	0.1	0.1	0.1	0.1	—	0.2	—	0.1	0.1
20 : 2n-6	4.5	7.4	7.5	7.7	7.9	1.0	5.8	6.1	7.5	7.3
20 : 3n-6	—	—	—	—	—	0.3	0.7	—	—	—
20 : 4n-6	0.9	0.7	0.7	0.6	0.6	2.9	0.2	0.6	0.9	0.6
20 : 5n-3	3.1	4.8	5.9	7.1	7.3	2.7	6.6	5.9	6.8	7.6
22 : 3n-3	0.3	1.9	2.1	2.2	2.3	—	0.8	1.4	1.3	1.5
22 : 4n-6	—	—	—	—	—	—	0.3	—	—	—
22 : 5n-3	1.2	1.4	1.4	1.7	1.6	1.2	2.0	1.4	2.1	1.9
22 : 6n-3	4.2	9.8	13.0	16.4	17.0	13.0	18.0	14.4	23.5	21.5
sub total	15.3	26.1	30.7	35.8	37.0	22.1	34.6	29.8	42.5	40.5
C18	49.5	42.1	39.3	34.1	32.6	46.0	45.0	40.2	30.7	31.0
C20	7.6	13.1	14.4	15.8	16.1	8.0	15.1	12.8	15.5	15.7
C22	5.7	13.1	16.5	20.3	20.9	14.2	21.1	17.2	26.9	24.9
n-9	43.4	38.7	35.6	30.7	29.1	40.1	31.2	35.5	26.1	27.1
n-6	5.4	8.1	8.2	8.3	8.7	4.4	7.0	6.7	8.7	7.9
n-3	9.9	18.0	22.5	27.5	28.3	17.7	27.6	23.1	33.8	32.6

— : not detected

은 포화지방산인 팔미트산 (16:0, palmitic acid)과 모노엔산인 올레산 (18:1n-9, oleic acid)이었으며, 이들 두 지방산의 합은 전체 지방산의 절반이나 되었다. 한편, 메기 조직 중의 지방산 조성은 사료에 직접적인 영향을 받았다. 즉 사료의 지방산 조성 (Table 2)은 포화산과 모노엔산의 비율이 거의 비슷하고 폴리엔산은 이보다 약간 많은 경향이었는데, 이들 사료를 공급하면 실험개시전에는 모노엔산>포화산>폴리엔산의 경향이던 것이 사육 후에는 오징어 내장의 첨가비율이 클수록 포화산은 거의 차이가 없었고 모노엔산은 약간 감소하였으나 이들과는 반대로 폴리엔산은 증가하는 경향을 보였다. 특히 팔미트산과 올레산은 사육후 감소하였지만, 폴리엔산인 20:2n-6, 20:5n-3 (EPA) 및 22:6n-3 (DHA)는 증가하였다. 즉, 표피에서는 Diet I의 공급구가 EPA와 DHA의 함량이 각 4.8%와 9.8%이었던 Diet III (7.1%와 16.4%)과 Diet IV (7.3%와 17.0%)에서는 n-3 지방산의 함량이 현저하게 높아졌다. 근육에 있어서도 그 증가율은 표피에서와 같이 현저하지는 않았으나 Diet I에서 EPA와 DHA가 각각 6.6%, 18.0%이던 것이 오징어 내장의 첨가량이 많은 Diet III (6.8%와 23.5%), Diet IV (7.6%와 21.5%)에서는 더욱 많아짐으로써 EPA와 DHA의 함량이 높은 육을 생산할 수 있게 되었다.

일반적으로 어류 사양에 있어서 지질의 요구량은 생사료를 사용하거나, 사료 급여전 상용사료에 지질을 분사 흡착시켜 급여하는 방법을 사용함으로써 충족시키고 있다. 본 실험에서는 양어장에서 오징어내장을 이용하여 손쉽게 사료로써 이용할 수 있는 방안을 모색하기 위한 일환으로 오징어 내장을 정제 처리과정 없이 착즙하여 상용사료에 첨가하는 방식으로 사료를 제조하여 메기를 사육하였다. 오징어 내장의 첨가에 의해 성장의 증가와 지방산 조성의 편향은 관찰할 수 있었지만 이러한 효과가 오징어 내장의 높은 지질함량에 의해 나타난 결과인지, 내장내의 다른 성분의 영향인지에 대해서 세밀한 검토가 있어야 할 것으로 여겨진다. 또한 지질의 급원으로 해산어류를 사용할 때 일어나는 생리적인 영향을 살펴본 다른 연구 (Poston et al., 1976; Hung et al., 1980; Cowey et al., 1981; Murgditchian et al., 1981; Watanabe et al., 1981; Cowey et al., 1983)로 미루어 보아 사료의 지질 첨가에 따른 사료 제조방법, 보관방법 등의 영향도 함께 고려해야 할 것으로 여겨진다.

요 약

지질함량이 약 20%에 달하는 훌륭한 지질원이면서

대부분 폐기되고 있는 오징어 내장을 활용하기 위한 연구의 일환으로 본 연구를 수행하였다.

메기 (*parasilurus asotus*) 60미를 1개군으로 하여 4개군에 대해서 시판중인 뱀장어용 사료 (Diet I: 지질함량 4.3%)를 대조군으로 하고 오징어 내장을 첨가하여 지질함량을 증가시킨 사료 (Diet II; 지질함량 10.6%, Diet III; 지질함량 14.4%, Diet IV; 지질함량 22.4%)를 급여하여 112일간 사육하였다.

사료내 오징어 내장 첨가비율이 높아짐에 따라 유의적인 차이를 보이며 성장이 빨랐으나, hepatosomatic index는 감소하는 경향을 보였다.

사육 종료시 체성분에 있어서 근육 및 표피의 수분, 조단백질, 조회분의 함량은 실험구별 유의적인 차이를 보이지 않으나 조지방의 함량은 실험개시시보다 현저히 증가하였으며 오징어 내장 첨가비율이 높아짐에 따라 증가하는 경향이였다.

근육 및 표피의 지방산조성은 사료의 지방산 조성에 직접 영향을 받아 사료의 n-3 지방산 함량이 증가함에 따라 근육 및 표피의 EPA 및 DHA 등의 n-3 지방산함량은 증가하였으며, n-6 지방산 함량은 근육 및 표피 모두 특별한 변화가 없었다.

참 고 문 헌

- Ackman, R. G., 1982. Fatty acid and composition of fish oils. In nutritional evaluation of long-chain fatty acids in fish oil. Barlow & Stansby eds., Academic Press, London, 25~88.
- Anwar, M. F. and A. K. Jafri, 1992. Preliminary observations on the growth, food conversion and body composition of catfish, *Heteropneustes fossilis* Bloch, fed varying levels of dietary lipid. J. Inland Fish. Soc. India, 24 (2): 45~49.
- Bakir, H. M., S. L. Melton and J. L. Wilson, 1993. Fatty acid composition, lipids and sensory characteristics of white amur (*Ctenopharyngodon idella*) fed different diets. J. Food Sci., 58 (1): 90~95.
- Barlow, S. M. and M. E. Stansby, 1982. Nutritional evaluation of long-chain fatty acids in fish oil. Academic Press, London.
- Beamish, F. W. H. and T. W. Medland, 1986. Protein sparing effects in large rainbow trout (*Salmo gairdneri*). Aquaculture, 55: 35~42.
- Beamish, F. W. H. and E. Thomas, 1984. Effects of dietary protein and lipid on nitrogen losses in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). Aquaculture, 41: 359~371.
- Castell, J. D., D. J. Lee and R. O. Sinnhuber, 1972. Essential fatty acids in the diet of rainbow trout (*Salmo gaird-*

- neri*): Lipid metabolism and fatty acid composition. J. Nutr., 102: 93~100.
- Cowey, C. B., J. W. Adron, M. J. Walton, A. Youngson and D. Knox, 1981. Tissue distribution, uptake and requirement for α -tocopherol of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) fed diets with a minimal content of unsaturated fatty acids. J. Nutr., 111: 1556~1567.
- Cowey, C. B., J. W. Adron and A. Youngson, 1983. The vitamin E requirement of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) given diets containing polyunsaturated fatty acids derived from fish oil. Aquaculture, 30: 85~93.
- Csengeri, I., T. Farkas, F. Majoros, J. Olab and M. Szalay, 1978. Effect of feed on fatty acid composition of carp (*Cyprinus carpio*) and rainbow trout (*Salmo gairdneri*). Lipids, 10: 528~531.
- De Silva, S., R. M. Gunasekera and K. F. Shim, 1991. Interactions of varying dietary protein and lipid levels in young red tilapia: evidence of protein sparing. Aquaculture, 95: 305~318.
- Degani, G. and A. Viola, 1987. The protein sparing effects of carbohydrates in the diets of eels (*Anguilla anguilla*). Aquaculture, 64: 283~291.
- Folch, J., M. Lee and G. H. Sloane Stanly, 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissue. J. Biol. Chem., 226: 497~501.
- German, J. B. and J. Kinsella, 1985. Lipid oxidation in fish tissue: Enzymatic initiation via lipoxygenase. J. Agric. Food Chem., 33: 680.
- Gibson, T. B. and R. E. Worthington, 1977. Lipid changes in frozen stored channel catfish grown by tank culture: Effects of dietary fat freezing method and storage temperature. J. Food Sci., 42: 355.
- Hung, S. S. O., C. Y. Cho and S. J. Slinger, 1980. Measurement of oxidation in fish oil and its effect on vitamin E nutrition of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). Can. J. fish. Aquat. Sci., 37: 1248~1253.
- Kinsella, J. E., 1987. Seafoods and Fish Oils in Human Health and Disease. Marcel Dekker, New York.
- Medland, T. E. and F. W. H. Beamish, 1985. The influence of diet and fish density on apparent heat increment in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). Aquaculture, 47: 1~10.
- Mugrditchian, D. S., R. W. Hardy and W. T. Iwaoka, 1981. Linseed oil and animal fat as alternative lipid sources in dry diets for chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). Aquaculture, 25: 161~172.
- Nettleton, J. A., W. H. Allen Jr., L. V. Klatt, W. M. N. Ratnayake and R. G. Ackman, 1990. Nutrients and Chemical residues in one- to two-pound Mississippi farm-raised channel catfish. J. Food Sci., 55: 954~958.
- Poston, H. A., G. F. Combs and L. Leibovitz, 1976. Vitamin E and selenium interrelations in the diet of atlantic salmon (*Salmo salar*): gross, histological and biochemical deficiency signs. J. Nutr., 106: 892~904.
- Satoh, S., W. E. Poe and R. P. Wilson, 1989. Studies on the essential fatty acid requirement of channel catfish (*Ictalurus punctatus*). Aquaculture, 79: 121~128.
- Stickney, R. R. and J. W. Andrews, 1972. Effects of dietary lipids on growth, Food conversion, lipid and fatty acid composition of channel catfish. J. Nutr., 102: 249~258.
- Viola, S., S. Mokady, U. Rapport and Y. Arieli, 1982. Partial and complete replacement of fishmeal by soybean meal in feeds for intensive culture of carp. Aquaculture, 26: 223~236.
- Watanabe, T., T. Takeuchi, M. Wada and R. Uehara, 1981. The relationship between dietary lipid levels and α -tocopherol requirement of rainbow trout. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish., 47: 1463~1471.
- Wee, K. L. and S. W. Shu, 1989. The nutritive value of boiled full-fat soybean in pelleted feed for Nile tilapia. Aquaculture, 81: 303~312.
- Yu, T. C., R. O. Sinnhuber and G. B. Putnam, 1977. Effect of dietary lipid on fatty acid composition of body lipid on rainbow trout (*Salmo gairdneri*). Lipids, 12: 495~499.

1997년 2월 25일 접수

1997년 12월 13일 수리