

자주복 幼魚의 必須脂肪酸 要求 및 適正含量*

韓 慶 男

인하대학교 해양학과

Requirement of Young Tiger Puffer (*Takifugu rubripes*) for Essential Fatty Acids and Its Optimal Level*

Kyung-Nam Han

Department of Oceanography, Inha University, Incheon 402-751, Korea

The objective of this study was to investigate the essential fatty acids requirement and its optimal level in dietary for young of tiger puffer.

The young puffer fish used in feeding trial were average body weight 3.45g. Fish were randomly divided into 11 groups containing 30 fish each in 200 ℓ tank and reared for 8 weeks at ambient temperature. In basal diets, defatted squid meal, casein-Na and activated gluten were used as the dietary protein source, dextrin and α-starch (gelatinized starch) as the digestible carbohydrate source and beef tallow as the lipid source. Five fatty acids added to diet were linoleic acid (LA), linolenic acid (LNA), eicosapentaenoic acid (EPA), docosahexaenoic acid (DHA) and n-3 HUFA. Among that, the supplement of LA and LNA were 1% of total composition of diet, respectively, and EPA, DHA and n-3 HUFA ranged from 0.3~1% level. Growth and feed efficiency were measured to the interval of 2 weeks, and analyzed fatty acids composition of diet and liver by GCL.

As a result of 8 weeks experiment, predominant growth were shown in 0.5~1% n-3 HUFA and 0.5% DHA than others ($P<0.05$). In comparison of efficiency among EPA, DHA and n-3 HUFA groups, the most results were revealed in n-3 HUFA and the least in EPA. The adding effect was shown in EPA by increasing the fatty acids content from 0.5 to 1% in diet.

However, sudden decline and steady state in growth were observed in 1% DHA and 1% n-3 HUFA, respectively. The feeding efficiency and protein efficiency ratio were high in n-3 HUFA groups and 0.5% DHA. Consequently, it is assumed that young puffer requires n-3 HUFA both EPA and DHA as essential fatty acids. The optimal content in diets are about 0.5% of HUFA or DHA.

Key words : Essential fatty acids, Diet, Young puffer, *Takifugu rubripes*

서 론

Artemia를 사용한 자주복 치어의 필수지방산

요구에 관한 연구(韓 등, 1995b)에서, 치어기의 본종은 EPA 또는 DHA를 단독으로 영양강화한 Artemia 보다 양자를 병용할 경우, 이료가치가

* 이 논문은 1995년도 인하대학교 교내 연구비에 의해 수행되었음.

향상되어 치어의 성장이 크게 개선되어 짐이 밝혀졌다. 본 연구는 치어기에 연속으로 각종 지방산 및 고도불포화지방산(n-3 HUFA) 함량을 여러 단계로 조제한 배합사료를 사용하여 자주복 유어기에 있어서 필수지방산 요구의 특성을 파악하고 성장, 사료효율, 단백질효율 및 체단백질축적률 등에 미치는 사료중의 필수지방산 함량의 영향을 규명하고자 한다.

재료 및 방법

1. 실험어 및 사육조건

본 실험에 사용한 실험어는 평균체중 3.45 g의 유어이다. 실험은 실내에 설치한 200 l용 원형 수조 11개를 사용하여, 수조당 30마리를 수용, 300~400 ml/분의 통기와 10회전/일의 유수 조건하에서 8주간 사육하였다. 먹이는 하루에 3번 급이하였으며, 매회 충분한 양을 주었다. 사육기

간중의 수온은 23.0~29.0°C 이었다.

2. 사료조성

시험사료의 조성 및 일반 분석치를 Table 1에 나타냈다. 각 시험사료는 단백질원으로서 Defatted squid meal, Casein-Na 및 Activated gluten을, 가소화 탄수화물원으로서 α -Starch와 Dextrin을, 지질원으로서 Beef tallow를 사용하였다.

실험에 제공된 지방산(Harima Co.)은 Linoleic acid (2區, 이하 LA), Linolenic acid (3區, 이하 LNA), Eicosapentaenoic acid (4~5區, 이하 EPA), Docosahexaenoic acid (6~8區, 이하 DHA) 그리고 n-3 고도불포화지방산(9~11區, 이하 n-3 HUFA : EPA 17%, DHA 65% 포함)의 Ethyl esters 형태의 5종류로, LA와 LNA 지방산의 실험구는 총 사료성분의 1%씩을, EPA, DHA, n-3 HUFA 실험구는 0.3~1%의

Table 1. Percent composition of the experimental diets for the young puffer fish

Ingredient	Diet no.										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Squid meal (defatted)* ¹	30										
Casein-Na	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Gluten (activated)	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
α -Starch	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Dextrin	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Beef tallow	10	9	9	9.5	9	9.7	9.5	9	9.7	9.5	9
LA (18 : 2n6)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LNA (18 : 3n3)	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
EPA (20 : 5n3)	0	0	0	0.5	1	0	0	0	0	0	0
DHA (22 : 6n3)	0	0	0	0	0	0.3	0.5	1	0	0	
n-3 HUFA* ²	0	0	0	0	0	0	0	0	0.3	0.5	1
Vitamin mix.	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Mineral mix.	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Attractants* ³	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
α -Cellulose	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Nutrient content in dry matter											
Crude protein	57.6	58.5	60.4	59.2	61.1	58.5	59.4	58.5	58.4	59.2	59.1
Crude lipid	9.2	9.4	9.5	9.2	9.4	9.4	9.5	9.3	9.5	9.6	9.7
Crude ash	6.3	6.3	6.5	7.1	6.8	6.3	6.2	6.4	6.6	6.4	6.8

*¹Defatted by 95% ethanol.

*²Contained both EPA 17% and DHA 65%.

*³L-Ala 110 mg, L-Asp 18 mg, L-Gly 278 mg, L-Ser 20 mg, Betaine 574 mg (Kumai et al., 1990).

범위에 각각의 지방산을 첨가하여 실험구를 설정하였다. 실험에 사용한 각 지방산의 순도는 치어기의 필수지방산 요구(韓 등, 1995b)에 제공한 것과 같다.

3. 지방산 분석

사료 및 어체내의 총지질의 추출은 Folch et al. (1957)의 방법에 따라 실시되었으며, Gas liquid chromatography (GLC)에 의해 추출된 지질의 지방산 조성 및 n-3 HUFA 함량을 결정하였다. 분석에 사용된 GLC 조건은 다음과 같다.

Instrument, Shimadzu GC-14A ; Column, Thermon-3000B (0.25 mm×30 m) Carrier flow, He 1.5 kg/cm² ; Detector, FID ; H₂ flow, 0.5 kg/cm² ; Air flow, 0.5 kg/cm² ; Injection port temperature, 250°C ; Detector temperature, 250°C ; Column temperature, 150°C~220°C (2°C/min).

4. 측정 및 분석

체중의 측정은 MS 222로 마취한 전체 실험 어에 대해 2주 간격으로 실시하였고 실험 종료 시에는 각 실험구별 10개체를 무작위 추출하여 체중에 대한 비간중치를 구하였다. 또한, 시험사료 및 실험개시 전후의 실험어로부터 얻은 시료를 일반분석에 사용하였다. 수분함량의 측정은 상압 가열건조법, 조단백질의 정량은 Kjeldahl법, 조지질 함량의 측정은 Folch et al. (1957), 간장의 glycogen의 측정은 Anthrone (Carroll et al., 1956)법에 의해 각각 측정하였다.

결 과

사육결과

8주간의 사육실험에 있어 각 실험구의 성장을 Fig. 1에, 증중률, 비간중치, 일간섭이율, 일간성장률 및 사료효율을 Fig. 2에, 그리고 사육결과 및 유의성 검정을 Table 2에 각각 나타냈다.

사육기간중 사료에 기인한 사망이나 질병등은 관찰되지 않았다. 성장은 실험개시 4주째부터 실험구들 사이에 차이가 보이기 시작하여 실험 종료시에는 0.5~1% n-3 HUFA의 10, 11구와 0.5% DHA의 7구가 다른구에 비교하여 우세하며 (P<0.05), 대조구와 LA 및 LNA첨가의 1~3구가 두드러지게 열세하였다. 또한, EPA, DHA 및 n-3 HUFA구 사이에 성장은 EPA<DHA <n-3 HUFA 실험구의 순서로 좋은 결과를 보였다(Fig. 1).

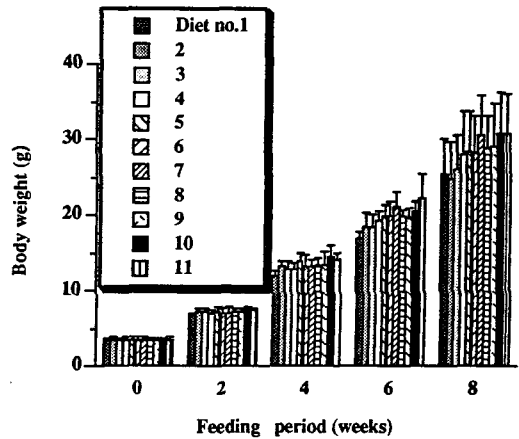


Fig. 1. Changes of body weight of the young puffer fish fed on each experimental diets. Vertical lines indicate SD, and refer to Table 1 for legend.

한편, EPA단용구는 사료중에 0.5%에서 1%로 지방산을 증량시킴에 의해 첨가효과가 향상되었으나, DHA단용구와 n-3 HUFA 실험구는 EPA 실험구와 상이하게 1% DHA의 8구에서 급격한 성장의 저하와, 1% n-3 HUFA의 11구에서는 성장의 정체가 나타났다(Fig. 2). 실험기간동안의 생산율은 73~93%의 범위로 각 지방산과의 관련성은 나타나지 않았다. 비간중치는 EPA, DHA 및 n-3 HUFA 실험구 순으로 높은 값을 보였으며 (Table 2), 1~3구 사이에 유의차는 인정되지 않았다(P<0.05). 일간섭이율은 대조구와 LA구에서 높고, n-3 HUFA구에서 낮았다. 일간성장율은 EPA<DHA<n-3 HUFA구의 순으로 상승

Table 2. Effect of the diets supplemented different fatty acids on growth and efficiency of feed utilization of the young puffer fish

	Diet no.										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Control	LA	LNA	EPA	EPA	DHA	DHA	DHA	HUFA	HUFA	HUFA
Average initial wt. (g)	3.45	3.46	3.46	3.46	3.45	3.46	3.46	3.45	3.45	3.46	3.46
	± 0.27	± 0.28	± 0.27	± 0.28	± 0.29	± 0.28	± 0.29	± 0.27	± 0.28	± 0.27	± 0.28
Average final wt. (g)* ¹	25.42 ^a	24.59 ^{ab}	26.05 ^{abc}	27.78 ^{acd}	28.29 ^{acd}	28.19 ^{acd}	30.53 ^d	28.69 ^d	28.96 ^d	30.57 ^d	30.70 ^d
	± 4.59	± 4.96	± 4.34	± 5.87	± 5.28	± 4.90	± 5.28	± 4.28	± 5.83	± 5.70	± 5.28
Average weight gain (%)	636.8	610.7	652.9	702.9	720.0	714.7	782.4	731.6	739.4	783.5	787.3
Survival rate (%)	76.7	80.0	93.3	86.7	90.0	83.3	80.0	73.3	86.7	80.0	80.0
Hepatosomatic index* ^{1,2}	6.64 ^a	6.10 ^{ab}	6.75 ^{abc}	7.21 ^{abc}	7.02 ^{abc}	7.00 ^{abc}	7.19 ^{ac}	7.61 ^{ac}	7.09 ^{ac}	7.78 ^c	7.63 ^c
	± 0.94	± 0.87	± 1.19	± 0.97	± 1.27	± 1.06	± 1.03	± 1.22	± 0.68	± 1.43	± 1.45
Daily feed intake (%)	4.17	4.28	3.72	3.79	3.76	3.73	3.50	4.04	3.47	3.49	3.46
Daily growth rate (%)	3.46	3.42	3.48	3.54	3.56	3.55	3.62	3.57	3.58	3.62	3.62
Feed efficiency (%)	74.41	70.72	91.55	87.67	91.39	89.66	96.11	82.97	96.26	99.48	98.48
Protein efficiency ratio* ³	1.36	1.27	1.59	1.55	1.57	1.61	1.70	1.49	1.73	1.77	1.75
Protein retention rate (%)* ⁴	23.2	21.4	28.1	28.8	29.0	29.3	33.5	26.4	33.6	32.8	33.1
Lipid retention rate (%)* ⁵	3.5	4.3	4.7	4.6	5.9	4.4	4.7	3.7	6.1	5.8	4.6

*¹Values within the same raw which bear different letters are significantly different at $p < 0.05$ (ANOVA, Fisher's LSD test).

*²Liver weight (g) × 100/body weight (g).

*³Body wet weight gain (g)/protein fed (g).

*⁴Muscle protein gain (g)/protein fed (g).

*⁵Muscle lipid gain (g)/lipid fed (g).

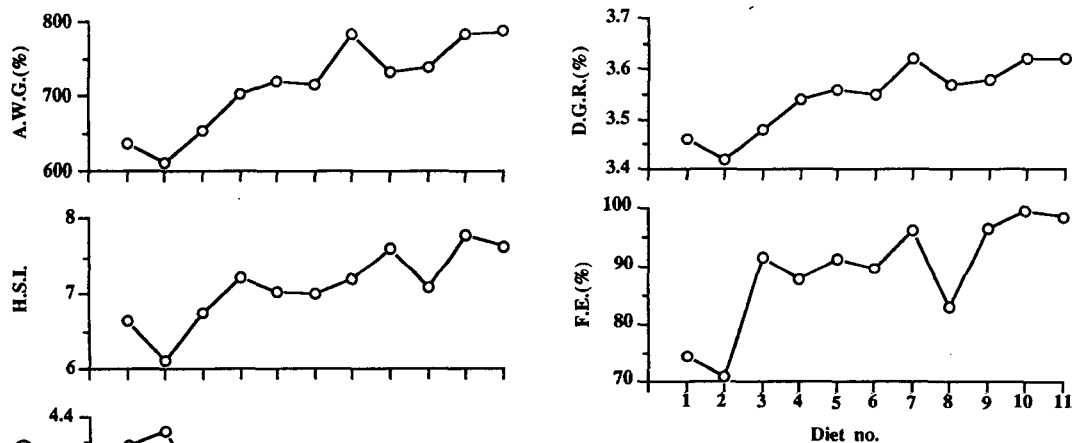


Fig. 2. Effect of the diets supplemented with different fatty acids on average weight gain (A.W.G.), hepatosomatic index (H.S.I.), daily feed intake (D.F.I.), daily growth rate (D.G.R.) and feed efficiency (F.E.) in the young puffer fish.

하는 경향을 보였다. 사료효율은 n-3 HUFA의 9~11구와 0.5% DHA의 7구에서 높고, 또한, LNA의 3구는 EPA단용의 5~6구 및 0.3% DHA의 6구와 거의 차이가 없었다. 또한, 대조구와 LA구의 사료효율은 매우 낮았다.

단백질효율, 체단백질 및 지질의 축적률

각 실험구의 단백질효율, 체단백질 및 지질의 축적률을 Fig. 3에 나타냈다. 단백질효율 및 체단백질축적률은 사료효율과 유사하게 LA구를 제외한 모든 실험구에서 우세하게 나타났으며, 특히 0.5% DHA구와 0.3~1% n-3 HUFA 실험구에서 높은 값을 보였다. 지질축적률은 3.5~6.1%의 범위로 실험구들 사이에 변동을 보이거나 대조구보다는 높았다.

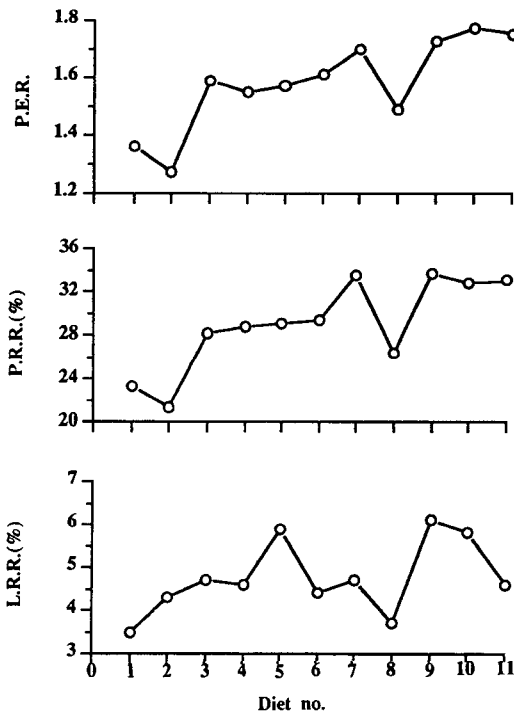


Fig. 3. Effect of the diets supplemented with different fatty acids on the protein efficiency ratio (P.E.R.), protein retention rate (P.R.R.) and lipid retention rate (L.R.R.) of the young puffer fish.

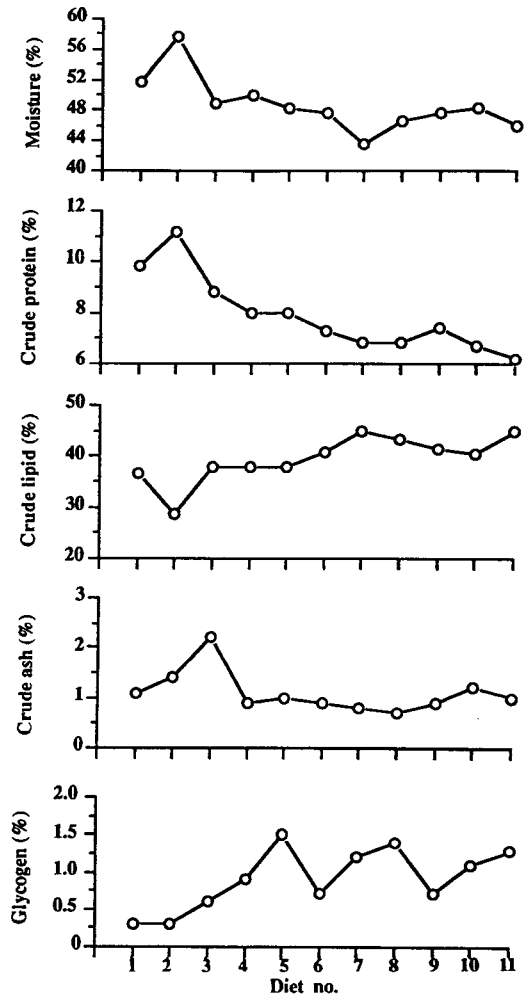


Fig. 4. Effect of the diets supplemented with different fatty acids on the proximate composition of liver.

시험사료 및 간장의 지방산 조성

각 시험사료와 간장의 총지질의 지방산 조성을 Table 3, 4에 각각 나타냈다. 사료의 지방산의 분석결과를 보면, 각 시험사료는 16:0와 18:1n(7+9)지방산의 합계가 전체의 60% 이상을 차지하고 있으나, 그밖의 지방산 조성에 관해서는 각각 첨가한 지방산을 잘 반영한 이외에 어떠한 실험구도 대조구와의 차이를 보이지 않았다. 우지방(Beef tallow)만 첨가한 대조구와 LA첨가의

Table 3. Fatty acid composition of total lipids in diet of the young puffer fish (area %)

Fatty acid	Diet no.										
	1 Control	2 LA	3 LNA	4 EPA	5 EPA	6 DHA	7 DHA	8 DHA	9 HUFA	10 HUFA	11 HUFA
14:0	2.0	1.7	1.7	1.8	1.8	1.7	2.0	1.9	1.9	1.8	1.8
14:1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
15:0	Tr.	Tr.	Tr.	—	Tr.	Tr.	—	—	—	—	Tr.
16:0	27.1	26.6	23.7	27.3	26.3	26.1	26.8	26.7	27.9	26.4	26.1
16:1 n7	2.6	2.3	2.5	2.4	2.5	2.6	2.6	2.6	2.4	2.5	2.5
16:2 n4	0.1	0.1	0.1	0.1	—	—	0.1	—	0.1	0.1	—
17:0	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
17:1	Tr.	0.2	Tr.	—	—	—	0.1	Tr.	0.1	0.1	0.2
18:1 n (7+9)	40.1	39.7	37.5	40.4	40.2	40.6	39.6	40.2	39.5	40.5	39.8
18:2 n6	Tr.	3.5	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2
18:3 n3	9.5	9.4	18.1	8.5	9.4	9.2	8.9	9.1	8.3	9.5	9.5
18:4 n3	Tr.	0.1	0.1	0.1	0.1	—	Tr.	Tr.	Tr.	Tr.	0.1
20:1 n (9+11)	0.9	0.8	0.7	0.8	0.8	0.8	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8
20:2 n6	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	—	0.2	0.2	0.2	0.3	—
20:4 n6	0.1	Tr.	0.1	Tr.	0.1	—	0.1	Tr.	Tr.	0.1	—
20:4 n3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	Tr.	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2
20:5 n3	Tr.	—	0.1	3.1	11.6	Tr.	0.1	0.1	0.9	1.1	2.9
22:1 n9	0.1	Tr.	0.1	Tr.	0.1	Tr.	0.1	Tr.	Tr.	Tr.	Tr.
22:5 n3	Tr.	—	Tr.	—	—	Tr.	Tr.	—	Tr.	Tr.	Tr.
22:6 n3	Tr.	—	0.1	—	Tr.	3.8	6.4	10.3	2.3	3.2	9.1
24:1 n9	Tr.	—	Tr.	—	—	—	0.1	—	—	—	Tr.
Total lipid (%)*	9.2	9.5	9.4	9.2	9.4	9.4	9.5	9.3	9.5	9.6	9.7
n-3 HUFA (%)*	0.1	0.1	0.3	3.2	11.7	3.8	6.6	10.5	3.3	4.4	12.3

*Percentage in dry basis.

Table 4. Fatty acid composition of total lipids in liver of the young puffer fish (area %)

Fatty acid	Diet no.										
	1 Control	2 LA	3 LNA	4 EPA	5 EPA	6 DHA	7 DHA	8 DHA	9 HUFA	10 HUFA	11 HUFA
14:0	1.8	1.8	1.0	1.1	1.0	1.2	1.2	1.1	1.2	1.2	1.2
14:1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
15:0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
16:0	27.3	27.2	22.8	22.7	21.8	22.8	22.9	22.4	23.6	23.5	24.0
16:1 n7	2.4	2.5	7.3	6.6	6.3	6.3	6.1	5.3	6.2	5.9	5.5
16:2 n4	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	—	0.1	0.1	0.1	—	—
17:0	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2
17:1	—	—	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2
18:1 n (7+9)	39.3	40.7	46.5	47.5	46.6	46.7	46.4	45.2	47.4	46.9	45.2
18:2 n6	8.4	8.7	6.9	6.9	7.4	7.5	7.7	8.4	6.6	6.8	7.3
18:3 n3	0.3	0.3	1.8	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.2	0.3	0.3
18:4 n3	0.1	—	0.1	0.1	0.1	—	—	Tr.	—	—	0.1
20:1 n (9+11)	0.8	0.8	1.4	1.5	1.5	1.6	1.5	1.7	1.7	1.5	1.5
20:2 n6	0.2	0.2	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.4	0.4	0.4
20:4 n6	0.1	0.1	Tr.	Tr.	0.1	Tr.	Tr.	0.1	Tr.	0.1	0.1
20:4 n3	—	—	Tr.	Tr.	Tr.	—	—	—	—	—	Tr.
20:5 n3	0.1	Tr.	Tr.	2.0	8.0	0.1	0.1	0.1	0.3	0.5	1.3
22:1 n9	0.1	Tr.	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2
22:5 n3	—	—	0.1	0.3	0.7	0.1	0.1	0.3	0.1	0.1	0.3
22:6 n3	—	0.2	0.1	0.1	0.1	2.0	4.0	16.3	1.1	2.0	5.9
24:1 n9	—	—	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1
Total lipid (%)*	76.0	67.6	74.3	75.6	73.3	77.5	79.6	81.1	79.2	78.3	82.3
n-3 HUFA (%)*	0.1	0.2	0.2	2.4	8.8	2.2	4.2	16.7	1.2	2.2	6.3

*Percentage in dry basis.

2구에서는 EPA와 DHA가 거의 없고, 또한 EPA단용의 4~5구에서는 DHA가 포함되지 않았다. 이것에 비교하여 DHA단용의 7~8구에서는 DHA가, 또한 n-3 HUFA의 9~11구에서는 EPA와 DHA 모두 비교적 많이 포함되었다. 시험사료중의 n-3 HUFA함량은 대조구 및 LA구와 LNA구에서는 0.3% 이하이나, EPA, DHA 및 n-3 HUFA구에서는 첨가량에 비교하여 n-3 HUFA함량이 높았다.

한편, 간장의 분석결과 총지질은 68~82%의 범위로 실험구에 따라 다소의 차이가 있으나, 간장중의 지방산 조성은 각 사료의 함량을 잘 반영하고 있음을 보였다.

어체의 성분분석

근육 및 간장의 일반분석 결과를 Fig. 4와 Ta-

ble 5에 각각 나타냈다. 근육에서는 조단백질 함량이 LA, LNA, EPA, DHA 및 n-3 HUFA순으로 상승하는 경향을 보이거나, 대조구와의 차이는 적었다. 또한, 수분, 조지질 및 조회분 함량도 실험구간의 큰 차이를 보이지 않았다. 그러나 간장의 성분조성에 있어서 수분 및 조단백질함량은 EPA, DHA 및 n-3 HUFA구가 대조구에 비교하여 감소하며, 조지질 함량은 상승함을 보였다. 글리코겐 함량은 EPA, DHA 및 n-3 HUFA구에서 높고, 또한 사료중에 지방산의 첨가량이 많을수록 높은 경향을 보였다.

고 찰

치어기에 이어 유어기에 있어서 필수지방산요구를 여러 종류의 지방산을 첨가한 배합사료를

Table 5. Effect of the diets supplemented different fatty acids on the proximate composition (%) of dorsal muscle and liver

Diet no.	Moisture	Crude protein	Crude lipid	Crude ash	Glycogen
Dorsal muscle					
Initial	80.7	18.6	1.2	1.9	
1	80.2	19.3	0.6	1.5	
2	81.1	18.4	0.7	1.3	
3	80.3	18.9	0.6	1.3	
4	80.0	19.9	0.6	1.4	
5	79.5	19.9	0.7	1.3	
6	80.3	20.1	0.6	1.3	
7	79.7	21.8	0.6	1.4	
8	79.7	21.2	0.6	1.4	
9	80.0	20.6	0.7	1.4	
10	79.9	21.2	0.6	1.4	
11	79.3	21.3	0.6	1.3	
Liver					
Initial	49.8	12.1	35.9	1.1	
1	51.7	9.8	36.7	1.1	0.3
2	57.7	11.2	28.6	1.4	0.3
3	49.0	8.8	37.9	2.2	0.6
4	50.0	8.0	37.8	0.9	0.9
5	48.4	8.0	37.8	1.0	1.5
6	47.5	7.3	40.6	0.9	0.7
7	43.6	6.8	44.9	0.8	1.2
8	46.6	6.8	43.3	0.7	1.4
9	47.6	7.4	41.5	0.9	0.7
10	48.3	6.7	40.5	1.2	1.1
11	45.9	6.2	44.8	1.0	1.3

사용하여 검토하였다. 그 결과, n-3HUFA첨가구는 다른 실험구에 비교하여 성장, 사료효율, 단백질효율 및 체단백질축적률 등의 모든면에 있어 우세하여, 유어의 본종은 치어기와 유사하게 EPA나 DHA 등의 n-3 HUFA를 필수지방산으로 요구함을 보였다. 또한, 필수지방산으로서 EPA와 DHA의 유효성의 비교에서는 0.5~1% 함량의 EPA단용구가 가장 낮은 함량의 0.3% DHA단용구와 증중효과나 사료효율 등에 큰 차이가 없고 또한, 0.5% DHA단용구보다 떨어지는 것으로 보아 DHA는 EPA보다 필수지방산 효과가 약간 높다고 사료된다. 그러나, 1%의 DHA 단용구는 0.5~1%의 EPA 단용구의 성장, 증중률에 비교하여 약간 우세하나, 사료효율이나 단백질효율 등에서 현저하게 떨어지고 또한, 간장중에 DHA함량이 많이 축적되어 있는 것으로 보아(Table 4), 1% DHA첨가는 지나치게 많은 것으로 생각된다. 이와같은 결과는 참돔(Takeuchi et al., 1990)에서도 비슷한 보고가 있어, 지나친 필수지방산의 첨가는 오히려 역효과를 나타내고 있음을 보였다.

한편, 필수지방산으로서 n-3 HUFA요구량을 검토한 결과, 사료중의 n-3 HUFA를 0.3%에서 0.5%로 증량시키면 성장은 두드러지게 개선되며, 또한 Fig. 2, 3에서 나타난 바와 같이 사료효율 및 단백질효율도 향상되었다. 그러나 첨가량을 1%로 하면, 0.5%의 첨가와 거의 같거나 오히려 감소하는 경향을 나타내는 것으로 보아 유어의 자주복은 넘치(黒木 등, 1985), 전갱이(Watanabe et al., 1989)보다 낮고, 참돔(中山 and 米, 1977; 米, 1978)와 비슷한 정도의 사료중의 0.5% 정도의 n-3 HUFA 또는 0.5% DHA가 적정함량인 것으로 사료된다.

일반적으로 어류의 필수지방산 요구는 먹이나 사료중의 지질의 차이에 의해 생기는 것으로 알려져 있다(米, 1978; 竹内 and 渡, 1982). 유어의 본종은 통상 해수보다 낮은 염분의 환경수를 선호하며(田北 and Sumonta, 1991; 韓 등, 1995a), 성장에 따라 식성의 변화가 보인다.

본 사육실험에서 LNA를 1% 첨가한 3구의 성장은 EPA, DHA 및 n-3 HUFA구에 비교하여 떨어지나, 사료효율, 단백질효율 및 체단백질축적률 등이 EPA단용구나 0.3% DHA구에 필적할 정도로 향상되어 앞으로 어류의 생리, 생태학적 관점에서 지방산 요구에 관한 검토가 필요하다고 생각된다.

요 약

자주복 유어의 필수지방산 요구 및 사료중의 적정함량을 규명하기 위하여, 평균체중 3.45g의 유어를 사용하여 사육실험을 실시하였다. 8주간의 사육실험의 결과, 성장은 실험개시 4주부터 실험구들 사이에 차이가 보여 실험 종료시에는 0.5~1% n-3 HUFA 실험구와 0.5% DHA 실험구가 다른 실험구에 비교하여 우세한 성장을 보였다(P < 0.05). 또한, EPA, DHA 및 n-3 HUFA 실험구 사이에 효율성의 비교에서 EPA < DHA < n-3 HUFA의 순으로 좋은 결과를 보였다. 한편, 1% EPA 실험구는 사료중에 0.5%에서 1%로 지방산을 증량시킴에 의해 첨가효과가 인정되었으나, DHA와 n-3 HUFA 실험구는 EPA 실험구와 상이하게 1% DHA 실험구에서 급격한 성장의 저하와 1% n-3 HUFA 실험구에서는 성장의 정체가 나타났다. 실험기간동안에 생장률은 73~93%의 범위로 지방산과의 관련성은 보이지 않았다. 사료효율은 n-3 HUFA 실험구와 0.5% DHA 실험구에서 높았고, 1% LNA 실험구는 0.5~1% EPA 실험구와 0.3% DHA 실험구와의 차이가 거의 없었다.

이상의 결과로 부터, 유어의 자주복은 EPA나 DHA 등의 n-3 HUFA를 필수지방산으로 요구함이 사료되며, 사료중의 0.5% 정도의 HUFA 또는 0.5% DHA가 적정함량으로 추측된다.

참 고 문 헌

Carroll, N. V., R. W. Longley and J. H. Roe,

1956. The determination of glycogen in liver and muscle by use of anthrone reagent. J. Biol. Chem., 220 : 583-593.
- Folch, J., M. Lees and G. H. Sloanestanley, 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. J. Biol. Chem., 226 : 497-509.
- 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., T. Arakawa, T. Takeuchi and S. Satoh, 1989. Comparison between Eicosapentaenoic and Docosahexaenoic Acids in Terms of Essential Fatty Acid Efficiency in Juvenile Striped Jack *Pseudocaranx dentex*. Nippon Suisan Gakkaishi, 55 : 1989-1995.
- 韓 慶男·莊 恒源·松井誠一·古市政幸·北島 力, 1995a. 트라프그幼稚仔의 成長, 生殘および飼料率におよぼす飼育水分の影響. 日本誌, 61 : 21-26.
- 韓 慶男·吉松隆夫·北島 力, 1995b. 트라프그稚魚의 必須脂肪酸要求. 九大農學藝誌, 50 : 11-17.
- 黒木克宣·弟子丸 修·米 康夫, 1985. ヒラメ用精製試験飼料に関する研究-II (HUFAの適正レベル). 日本水産學會秋季大會講演要旨集, p. 108.
- 中山博文·米 康夫, 1977. マダイの成長・飼料効率におよぼす20 : 5 ω 3と22 : 6 ω 3の果. 日本水産學會春季大會講演要旨集, p. 189.
- 竹内俊郎·渡辺 武, 1982. コイおよびニジマスの組成および脂肪酸組成におよぼす絶食および水溫の影響. 日本誌, 48 : 1307-1316.
- 田北 徹·S. Intong, 1991. 有明海におけるトラフグとシマフグの幼魚の生態. 日本誌, 57 : 1883-1889.
- 米 康夫, 1978. 養魚と飼料脂質(日本水産學會編), 恒星社厚生閣, 東京, pp. 43-59.