

천연 및 인공 넙치종묘의 성장 단계에 따른 지질조성 및 비타민 E 함량 비교

정 관 식

국립수산진흥원 어류양식과

Comparison of Lipids and Vitamin E Content with Growth Stages Between Cultured and Wild Olive Flounder Larvae (*Paralichthys olivaceus*)

Kwan-Sik JEONG

Fish Culture Division, National Fisheries Research and Development Agency,
Yangsan-gun, Kyongsangnam-do 626-900, Korea

ABSTRACT

The cultured olive flounder larvae given nutrient enriched rotifer, *Artemia* nauplii and commercial micro diet were investigated the changes of lipid content, fatty acid composition and vitamin E content in whole body with growth stages in order to compare with those of the wild one.

The results obtained are as follows.

- 1) Lipid and vitamin E contents of the cultured larvae were higher than those of the wild one.
- 2) Clear differences of fatty acid composition with growth stages, especially 18 : 2n-6 and 22 : 6n-3, were recognized between the wild and cultured olive flounder larvae.
- 3) Changes of lipid content, fatty acid composition and vitamin E content were found to be affected by dietary composition given to fish.
- 4) The wild olive flounder larvae were found to obtain natural live foods containing of low lipid content and high concentration 22 : 6n-3 based on the fatty acid composition of the fish.

서 론

최근의 어류 양식은 양식 기술의 비약적인 발전으로 생산량의 증대와 함께 양식 대상 어종도 다양화되고 있다. 그 중 우리나라 해면 양식의 주 대상 어종인 넙치의 경우 상품 가치가 높은 고급 어종으로서 성장이 빠르고 사육이 비교적 용이하다는 이점과 저서성 어류로 행동 범위가 좁아 회유어에 비해 비교적 방류 후의 재포획율도 높을 것으로 기대되어 양식 대상 어종으로써 뿐 아니라

자연 자원 증식 대상 어종으로써 방류 사업도 실시되고 있다. 그러나 이러한 양식용 및 방류용 종묘의 공급은 종묘 생산 기술의 급속한 진전으로 어느 정도 대량 공급이 가능하게 되었으나 아직 종묘 생산 기술이 완전히 확립되지 않고 있어 종묘 생산중 자치어기의 원인 불명의 대량 폐사 문제와 생산 종묘의 백화, 흑화와 같은 체색 이상 개체 및 척추골 이상 개체의 출현 등과 같은 종묘의 질에 많은 문제점들을 안고 있는 실정이다. 이러한 문제점들은 양식용 종묘 생산에서 뿐 아니라 종묘 방류 후의 생존율에도 직접적인 영향을 미칠 것으로 생각되므로 양적 생산 기술의 개발과 더불어 종묘의 질적 향상이 중요한 과제로 되고 있다. 따라서 종묘의 질적 향상을 위한 생리, 생화학적 측면에서의 기초 자료들의 축적이 절실하다.

이러한 관점에서 본 연구는 넙치 종묘 생산 기술의 확립을 위한 종묘의 질적 향상과 종묘용 초기 생물 먹이 및 미립자 사료 개발에 필요로 하는 기초 자료를 얻기 위하여 인공 넙치 종묘의 성장 단계에 따른 체지질 조성 및 비타민 E 함량 변화를 천연 넙치 종묘와 비교 검토하였다.

재료 및 방법

1) 실험어

천연 넙치 종묘는 일본 경도부 미하마(三浜) 해안에서 채집한 전장 15~60 mm 크기의 자치어를 5 mm 크기 단위로 분류한 것을 각각 성장 단계별 시료로 하였으며(Table 1), 인공 넙치 종묘는 인공 육성중이던 평균 전장 60.5 cm(49.0~77.0 cm), 체중 3.2 kg(1.47~5.72 kg)의 친어로부터 채란한 난과 부화 후 11, 20, 32, 44 및 55일 경과한 전장 5, 10, 15, 20 및 30 mm의 부화 자치어를 시료로 하였다(Table 2).

Table 1. Morphometrical parameters of wild olive flounder

Range(mm)*	15-20	21-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-55	56-60
No. of fish	39	69	39	23	17	16	19	6	4
Average									
total length(mm)	18.7	22.9	27.3	31.4	37.5	42.1	47.0	50.8	57.0
Average									
body weight(mg)	50	90	140	220	410	600	850	1100	1700

* Total length.

Table 2. Morphometrical parameters of cultured olive flounder

Sample size(mm)	Egg	5	10	15	20	30
No. of fish	—*2	—	—	—	136	59
Total length*1(mm)	0.9	6.2±0.4	10.6±0.7	14.5±0.5	19.3±1.9	30.2±2.0
Body weight*1(mg)	3.1	2	12	29	67.0±19.5	253±44.7

*1 Average or mean±S.D. (n=10). *2 Not counted.

사육수의 환수율은 부화 후 14일까지 1일 10~76%로 한 후 성장 단계에 따라 서서히 환수율을 높혀 나갔으며, 사육수에는 부화 자어 수용 후 rotifer 공급 기간 중 *Nanochloropsis*를 50만~200만 cell/ml 농도로 첨가하였으며 특히 사육 15일 제까지는 150만~200만 cell/ml를 유지하였다.

사육 수온은 부화 자어 수용 후 16.5°C에서 18°C까지 서서히 가온하였으며 사육 기간 중의 평균 수온은 17.7°C(16.5~18.0°C)이었다.

2) 초기 먹이 생물

초기 먹이 생물의 공급은 가급적 종묘 생산 현장에서 실시하고 있는 일반적인 먹이 생물 계열 체계에 준하여 실시하였다. 즉 부화 후 2~30일까지는 rotifer (*Brachionus plicatilis*)를 4~8개체/ml, 13일(전장 5mm전후)부터 45일까지는 *Artemia* 유생(*Artemia nauplii*)을 8~12개체/ml 병용해서 공급했다.

배합 사료는 부화 후 17일(전장 8 mm 전후)부터 공급하기 시작하여 성장에 따라 사료의 입자

Table 3. Fatty acid composition of live food for cultured olive flounder (area %)

Fatty acid	Rotifer	<i>Artemia</i>
14 : 0	4.0	1.1± 0.4*
15 : 0	0.1	0.4± 0.0
16 : 0	19.5	9.5± 0.9
16 : 1n-7	19.9	3.2± 0.6
17 : 0	0.2	0.7± 0.1
16 : 4n-1	0.4	0.6± 0.2
18 : 0	1.2	5.1± 0.7
18 : 1n-9	3.0	14.3± 4.1
18 : 2n-6	3.1	3.8± 0.6
18 : 3n-6	0.2	0.5± 0.1
18 : 3n-3	1.9	24.9± 6.9
18 : 4n-3	0.1	5.0± 0.9
20 : 0	0.1	0.4± 0.4
20 : 1	0.2	0.5± 0.1
20 : 2n-9	0.1	0.1± 0.0
20 : 2n-6	0.6	0.3± 0.1
20 : 3n-6	0.6	0.1± 0.1
20 : 4n-6	3.0	0.5± 0.1
20 : 3n-3	0.1	1.5± 0.3
20 : 4n-3	0.4	1.1± 0.1
20 : 5n-3	16.5	7.9± 3.6
22 : 5n-3	0.8	0.2± 0.1
22 : 6n-3	0.1	1.2± 0.8
∑ monoene	23.1	18.0± 4.3
∑ n-6	7.5	5.2± 0.6
∑ n-3	19.9	41.7± 4.6
∑ n-3HUFA	17.9	11.8± 4.2

mean± S.D. (n=4).

크기를 조절하였다. 즉 전장 8 mm 부터는 시판의 協和醱酵社 제품의 A-1(250 μ m), 10 mm 전후 부터는 A-2(400 μ m), 13 mm 전후 부터는 B-1(400 μ m), 15 mm 전후 부터는 B-2(700 μ m)를 각각 공급 하였으며, 이후 30 mm까지는 C-1(700 μ m)과 C-2(1700 μ m)를 병용 공급하였다.

Rotifer(S형)는 통상 해산 클로레라라 불리는 *Nannochloropsis oculata*(2000만cell/ml)로 5~20시간 강화한 것을 사용하였으며, *Artemia* 유생은 내구란을 28℃의 해수에 투입 후 24시간 후에 부화한 것을 수거하여 규조류의 *Phaeodactylum tricornutum* 50~100만cell/ml과 Ester-85(日本化學) 및 Hydrovit(지용성 비타민 E제 : Fujita 製藥)를 배양수 1톤당 각각 30ml 및 40ml 첨가하여 6~8시간 영양 강화한 것을 사용하였다. Rotifer 및 *Artemia*의 지방산 조성비 및 건물 함량을 Table 3, 4에 나타내었다.

Table 4. Contents of major fatty acids in live food for cultured olive flounder*¹(dry basis)

Fatty acid	Rotifer	<i>Artemia</i>
16 : 0	3.8	2.5 ± 0.2*
16 : 1n-7	3.9	0.9 ± 0.2
18 : 0	0.2	1.4 ± 0.2
18 : 1n-9	0.6	3.8 ± 1.2
18 : 2n-6	0.6	1.0 ± 0.2
18 : 3n-3	0.4	6.7 ± 2.2
20 : 4n-6	0.6	0.1 ± 0.0
20 : 5n-3	3.2	2.1 ± 1.0
22 : 5n-3	0.2	0.0 ± 0.0
22 : 6n-3	tr	0.3 ± 0.2
\sum n-3HUFA	3.5	3.2 ± 1.2

*¹ g/100g. *² See the footnote of Table 3.

3) 시료 분석

분석용 천연 및 인공 종묘 시료는 성장 단계별로 채집한 후 담수로 깨끗이 세척한 후 수분을 충분히 제거하여 -45℃에서 급속 냉동시킨 후 분석시까지 -20℃에서 보관하였다. 난은 유리 homogenizer로, 어체는 multi-blender mixer로 각각 균일하게 마쇄한 후 분석용 시료로 하였다.

수분 분석은 상압열건조법에 준하였고 총지질 분석은 chloroform : methanol (2 : 1) 혼합 용매를 사용한 Folch 등(1957)의 방법으로 실시하였다. 추출한 총지질은 silica cartridge (Waters sep-pak Cartridge, Millipore Corp.)을 사용하여 chloroform 20ml와 chloroform : methanol (49 : 1) 20ml 혼합 용액으로 중성 지질을, methanol 30ml로 극성 지질을 각각 분획하였다. 지방산 조성은 50% KOH로 검화한 후 불검화물을 추출 제거하고 BF₃-methanol로 methylation 시킨 후 분석용 시료로 하여 gas chromatography(GLC)로 분석하였으며 분석 조건을 Table 5에 나타내었다.

비타민 E는 총지질을 추출 후 n-hexane에 용해 시킨 후 고속액체크로마토그래피 (HPLC ; Shimadzu LC-3A)로 정량하였으며 Column은 DuPont Zorbax SIL(4.6mm×250mm)을 사용하였다. 검출기는 여기과장(Ex) 298nm, 형광과장(Em) 325nm로 설정한 형광광도계(Shimadzu RF-500)를 사용하였다.

Table 5. GLC operating conditions for the determination of fatty acid composition

Apparatus	Gas chromatography GC-15A (Shimadzu Corp.)	
Integrator	Chromatopac C-R3A (Shimadzu Corp.)	
Detector	Hydrogen flame ionization detector	
Column	Supercowax-10™ fused silica capillary column (30m×0.32mm ID.0.25µm df)	
Carrier gas	Helium	
Gas pressure	He	0.8kg/cm ²
	H ₂	0.5kg/cm ²
	Air	0.5kg/cm ²
Temperature	Detector	240°C
	Injection	240°C
	Column	205°C

결 과

1) 종묘 생산 결과

인공 종묘 생산 기간 중 질병이나 대량 폐사없이 순조롭게 사육이 가능하여 전장 30 mm까지의 생존율은 88.7%로 높았다. 약간의 체색 이상의 백화 개체가 관찰되었으며 종묘 생산에 있어 크게 문제가 되는 흑화 개체와 척추골 이상 출현율도 낮아 전체적으로 양호한 성적을 얻을 수가 있었다.

2) 일반 성분

천연 및 인공 종묘의 성장 단계별 수분, 지질 및 비타민 E 함량을 각각 Table 6, 7에 나타내었다. 천연 종묘의 수분 및 지질 함량은 각각 78~81%, 8.6~13.3% 범위내로 성장에 따른 수분 함량에는 큰 변동은 없었으나 전장 50 mm 이후부터 지질 함량이 약간 증가하는 경향을 보였다. 인공 종묘의 수분 함량은 82.4~89.5%로 부화 후 30 mm까지 성장과 더불어 감소하였으나, 지질 함량은 15.7~29.1%의 범위로 부화 후 20 mm 전후까지 감소 후 증가하는 경향을 보였으며 같은 성장 단계(15~30 mm)의 천연 종묘의 지질 함량(10.2~11.5%) 보다 높은 지질 함량 (15.7~23.3%)를 나타냈다. (Fig. 1).

Table 6. Variation with growth in crude lipid(CL) and vitamin E(VE) contents of wild olive flounder (%)

Range	Total length (mm)								
	15-20	21-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-55	56-60
Moisture	80.3	81.3	79.1	77.6	78.7	79.6	79.5	80.2	79.5
CL (wet)	2.2	2.2	2.1	2.0	1.8	2.0	1.8	2.6	2.6
(dry)	11.2	11.5	10.2	8.8	8.7	9.6	8.6	13.3	12.9
VE*(wet)	5.5	ND	tr	2.7	1.6	0.2	0.2	0.2	0.3
(dry)	27.9	ND	tr	12.0	7.3	1.0	0.9	1.1	1.5

* µg/g fish.

Table 7. Variation with growth in crude lipid(CL) and vitamin E(VE) contents of cultured olive flounder (%)

	Egg	Hatched larvae	Total length (mm)				
			5	10	15	20	30
Moisure	93.5	91.3	89.5	88.7	84.9	83.7	82.4
CL (wet)	1.5	2.3	3.0	2.9	3.5	2.6	3.1
(dry)	23.6	25.9	29.1	25.8	23.3	15.7	17.6
VE*(wet)	7.8	10.1	ND	0.1	17.2	11.1	23.8
(dry)	119.6	115.3	ND	1.1	114.2	68.1	135.5

* µg/g fish.

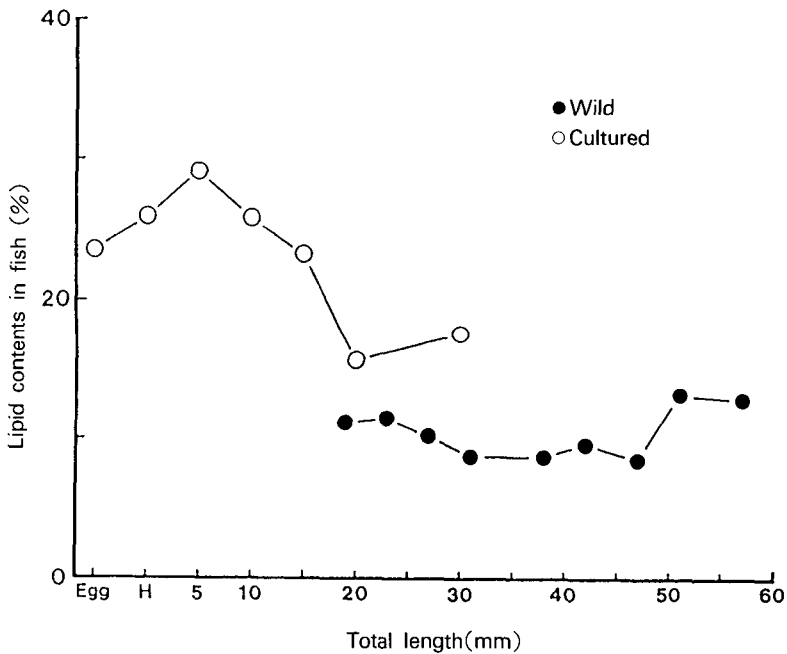


Fig. 1. Variation in crude lipid contents with growth of wild and cultured olive flounder (dry basis).

3) 비타민 E 함량

천연 및 인공 종묘의 전 어체 비타민 E 함량 (Table 6, 7)은 천연 종묘에서 전체적으로 낮은 함량을 나타내었으며 전혀 검출되지 않은 시료도 있어 성장 단계에 따라 다소 차이를 보였다. 그러나 인공 종묘의 경우 부화 후 난황의 소실과 함께 현저히 감소하여 전장 5 mm 크기에서는 거의 소실되어 검출되지 않았으나 그 후 전장 10 mm 전후 부터 재차 검출되기 시작하여 급격한 증가 현상을 보였으며 천연 종묘에 비해 현저히 높은 값을 나타냈다 (Fig. 2).

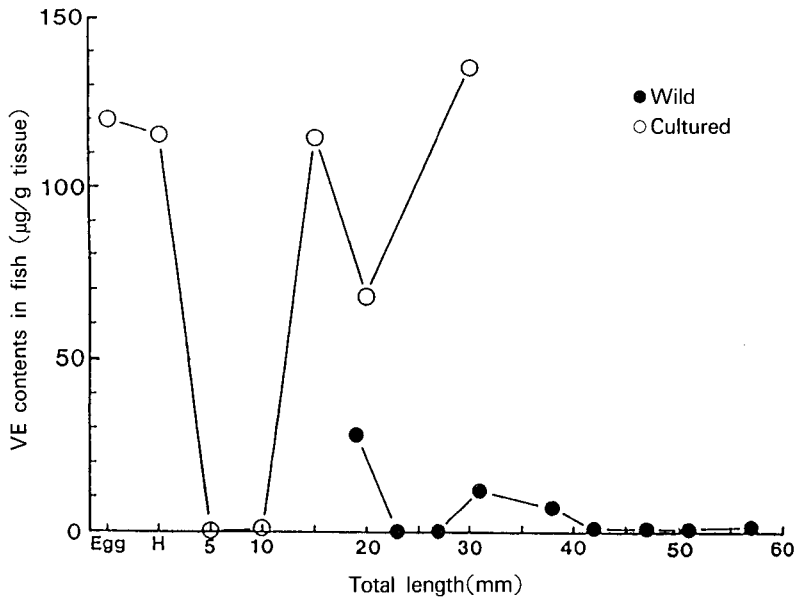


Fig. 2. Variation in vitamin E(VE) contents with growth of wild and cultured olive flounder (dry basis).

4) 지방산 조성

천연 및 인공 종묘의 지질의 지방산 조성을 Table 8, 9에, 그리고 주 지방산의 어체중 100g 당 건물 함량을 Table 10, 11에 나타내었다. 천연과 인공 종묘에 공통적으로 조성비가 높았던 지방산은 16 : 0, 18 : 0, 18 : 1n-9, 20 : 5n-3(EPA) 및 22 : 6n-3(DHA) 이었으며 특히 이들 중 18 : 1n-9는 인공 종묘에, 18 : 0 및 22 : 6n-3(DHA)는 천연 종묘에서 각각 높은 조성비를 나타내었다. 그리고 인공 종묘에 있어서는 18 : 2n-6 및 18 : 3n-3도 높은 조성비를 나타내었다.

한편 성장 단계에 따른 지방산 조성 및 함량 변화 (Fig. 3, 4)는 천연 종묘의 경우 시료로 채취된 전장 15-60 mm 범위 내에서의 성장에 따른 큰 변동은 없이 거의 일정한 값을 나타내었으나, 인공 종묘에서의 일부 지방산 조성비는 배합 사료 공급 개시기에 해당하는 부화 후 전장 10 mm 전후 부터 뚜렷한 증감 현상을 보였다. 즉 18 : 2n-6는 성장과 더불어 계속 증가 현상을 보였으나 이와는 대조적으로 22 : 6n-3은 부화 후 급격한 감소 현상을 보인 후 약간씩 증가하는 경향을 보였으며, 20 : 5n-3는 일시적인 증가 현상을 보인 후 감소하는 경향을 보였다.

고 찰

어체 성분 분석 결과, 동일한 크기의 천연 및 양식산 종묘의 지질 함량의 차이는 서식 환경이나 영양 상태에 기인하는 것으로 생각된다. 자연에서 채취된 천연 자치어의 소화관 내의 내용물 조사 (Last 1980 ; Ikewaki and Tanaka, 1993) 및 체지방 조성에 관한 연구 보고 (佐藤 등 1986 ; Aoki et al. 1991)에 의하면 대부분의 천연 자치어의 경우 먹이 섭취량은 극히 적으며 지질 함량이 낮은 것

Table 8. Variation with growth in fatty acid composition of wild olive flounder (area %)

Fatty acid	Total length (mm)								
	15-20	21-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-55	56-60
14 : 0	2.8	2.4	2.1	2.3	2.4	2.8	2.7	3.8	4.4
15 : 0	0.5	0.4	0.4	0.5	0.6	0.6	0.5	0.7	0.8
16 : 0	23.1	23.6	24.9	22.7	23.2	22.6	24.5	23.6	22.5
16 : 1n-7	4.4	4.0	4.7	4.0	3.9	4.1	5.1	4.8	5.3
17 : 0	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6
16 : 3n-6	0.1	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.3	0.3
18 : 0	7.9	9.4	8.7	8.0	8.9	8.4	8.4	7.4	6.9
18 : 1n-9	10.4	12.1	12.8	12.1	11.2	10.9	12.6	10.4	9.5
18 : 2n-6	1.0	1.0	1.1	1.2	1.0	1.1	1.0	1.3	1.4
18 : 3n-6	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	tr	0.2	0.3
18 : 3n-3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.4	0.1	0.5	0.6
18 : 4n-3	0.4	0.2	0.2	0.3	0.4	0.5	0.2	0.7	1.1
20 : 0	0.2	0.3	0.4	0.4	0.3	0.3	0.4	0.3	0.3
20 : 1	0.7	0.7	0.8	0.6	0.5	0.5	0.6	0.5	0.4
20 : 2n-9	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2
20 : 2n-6	0.4	0.5	0.6	0.5	0.4	0.4	0.5	0.4	0.3
20 : 3n-6	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
20 : 4n-6	1.6	1.8	1.9	2.6	2.4	2.5	2.3	1.9	1.8
20 : 3n-3	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
20 : 4n-3	1.2	0.9	0.7	0.8	0.6	0.6	0.5	0.6	0.6
20 : 5n-3	10.5	9.6	9.6	10.6	7.7	7.7	8.7	8.5	8.1
22 : 1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1
22 : 4n-6	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.5	0.5	0.5
22 : 5n-6	0.2	0.2	0.2	0.4	0.5	0.6	0.3	0.4	0.5
22 : 5n-3	1.5	1.9	1.6	1.6	1.5	1.6	1.9	1.7	1.5
22 : 6n-3	18.6	18.4	15.1	21.6	22.3	23.3	16.7	20.1	22.5
∑ Monoene	15.6	16.9	18.4	16.8	15.8	15.5	18.4	15.9	15.3
∑ n-6	4.0	4.4	4.7	5.8	5.6	5.8	5.2	5.0	5.0
∑ n-3	32.7	31.4	27.7	35.2	33.0	34.3	28.3	32.1	34.5
∑ n-3HUFA	32.0	31.0	27.2	34.7	32.4	33.4	28.0	31.0	32.8

으로 밝혀져, 인공 종묘의 높은 지질 함량은 천연어에 비해 과다한 먹이 섭취량과 운동량의 부족에 기인하는 것으로 생각된다. Balany (1967)와 中野 (1993)는 천연어와 양식어의 체성분과 대사에 관여하는 효소를 분석하여 집약적으로 사육되는 양식어의 경우 조방적으로 자라는 천연어에 비해 대사 회전율이 빠르다고 보고하고 있어, 인공 종묘의 과다한 먹이 섭취로 인한 과잉 분해 과정에서 생성된 에너지와 운동 부족으로 인한 여분의 에너지가 체지방으로 축적된 것으로 추정된다. 이와같은 대사 특성을 지닌 인공 종묘는 방류 후 자연 상태의 한정된 먹이생물 환경 조건하에서 악영향을

천연 및 인공 낚치종묘의 성장 단계에 따른 지질조성 및 비타민 E 함량 비교

Table 9. Variation with growth in fatty acid composition of cultured olive flounder (area %)

Fatty acid	Egg	Hatched larvae	Total length (mm)				
			5	10	15	20	30
14 : 0	2.7	2.4	3.1	2.7	2.0	2.3	1.5
15 : 0	0.4	0.4	0.5	0.4	0.3	0.2	0.3
16 : 0	24.0	22.4	25.7	16.7	17.0	18.5	20.1
16 : 1n-7	8.0	8.1	9.6	11.6	7.9	4.8	4.6
17 : 0	0.5	0.6	0.7	0.7	0.7	0.6	0.4
16 : 3n-6	0.1	0.1	0.1	tr	0.1	0.1	0.1
18 : 0	5.3	5.8	5.0	5.7	6.7	7.1	5.8
18 : 1n-9	14.0	15.3	16.0	16.4	19.4	17.4	20.8
18 : 2n-6	0.7	0.7	0.8	4.2	5.7	6.9	10.2
18 : 3n-6	0.2	0.1	0.1	tr	tr	0.1	0.1
18 : 3n-3	0.3	0.3	0.3	4.4	7.0	5.2	1.9
18 : 4n-3	0.3	0.3	0.4	1.0	1.4	1.2	0.9
20 : 0	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
20 : 1	1.2	1.2	1.2	1.3	1.4	1.0	1.5
20 : 2n-9	tr	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1
20 : 2n-6	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.3	0.4
20 : 3n-6	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	tr
20 : 4n-6	3.4	3.5	2.8	3.2	2.3	2.3	1.9
20 : 3n-3	0.1	0.1	0.1	0.7	1.3	0.8	0.3
20 : 4n-3	0.3	0.4	0.4	0.6	0.7	0.7	0.4
20 : 5n-3	7.9	7.4	6.5	12.2	9.4	10.0	8.7
22 : 1	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.3	0.5
22 : 4n-6	0.3	0.5	0.4	0.2	0.2	0.4	0.3
22 : 5n-6	0.4	0.4	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3
22 : 5n-3	3.1	3.1	2.7	3.2	2.4	1.7	1.3
22 : 6n-3	19.9	20.0	12.9	5.9	6.0	10.4	11.4
∑ Monoene	23.5	24.9	27.2	29.6	29.0	23.6	27.4
∑ n-6	5.3	5.5	4.7	8.1	8.9	10.4	13.2
∑ n-3	31.9	31.4	23.2	28.1	28.2	29.9	24.9
∑ n-3HUFA	31.3	30.9	22.5	22.6	19.8	23.6	22.1

받을 가능성이 높으므로 방류 후의 생존율을 높이기 위해서는 종묘 생산 단계에서의 질적 개선이 있어야 할 것으로 생각된다.

비타민 E 함량은 천연 종묘에서는 미량으로 거의 일정치를 나타낸 반면 인공 종묘의 경우 난중에는 높은 함량치를 나타내었으나 부화 후 전장 5mm 전후까지 거의 소실 한 후 10mm 전후부터 성장과 더불어 현저한 증가 현상을 보였다. 이와같은 증가 현상은 전장 5mm 전후부터 rotifer와 병용한 *Artemia* 유생에 기인하는 것으로 생각된다. 이미 Watanabe et al.(1983)와 山本 등(1992)은

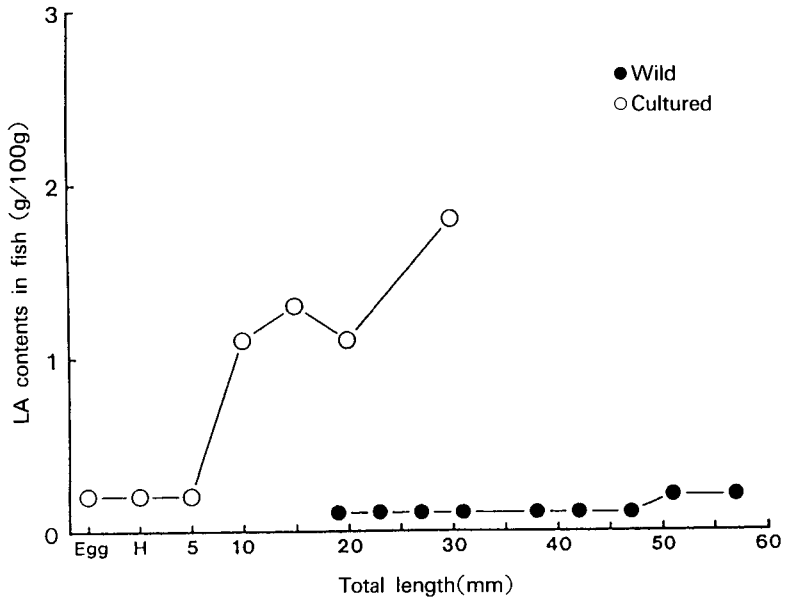


Fig. 3. Variation in linoleic acid (LA) contents with growth of wild and cultured olive flounder (dry basis).

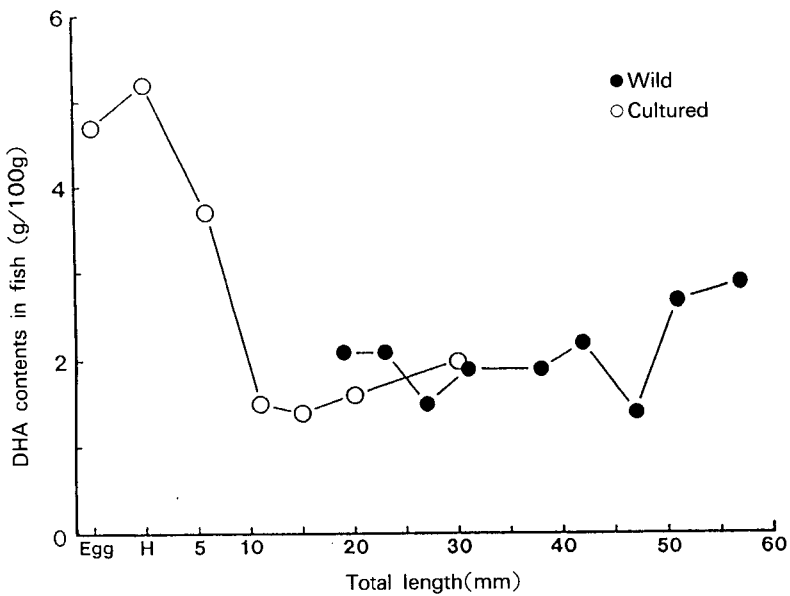


Fig. 4. Variation in docosahexaenoic acid (DHA) contents with growth of wild and cultured olive flounder (dry basis).

Table 10. Variation with growth in major fatty acids of wild olive flounder* (dry basis)

Fatty acid	Total length (mm)								
	15-20	21-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-55	56-60
16 : 0	2.6	2.7	2.5	2.0	2.0	2.2	2.1	3.1	2.9
16 : 1n-7	0.5	0.5	0.5	0.3	0.3	0.4	0.4	0.6	0.7
18 : 0	0.9	1.1	0.9	0.7	0.8	0.8	0.7	1.0	0.9
18 : 1n-9	1.2	1.4	1.3	1.1	1.0	1.0	1.1	1.4	1.2
18 : 2n-6	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.	0.1	0.2	0.2
20 : 4n-6	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2
20 : 5n-3	1.2	1.1	1.0	0.9	0.7	0.7	0.8	1.1	1.0
22 : 5n-3	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2
22 : 6n-3	2.1	2.1	1.5	1.9	1.9	2.2	1.4	2.7	2.9
\sum n-3HUFA	3.6	3.6	2.8	3.1	2.8	3.2	2.4	4.1	4.2

* g/100g fish.

Table 11. Variation with growth in major fatty acids of cultured olive flounder* (dry basis)

Fatty acid	Egg	Hatched larvae	Total length (mm)				
			5	10	15	20	30
16 : 0	5.7	5.8	7.5	4.3	3.9	2.9	3.6
16 : 1n-7	1.9	2.1	2.8	3.0	1.8	0.8	0.8
18 : 0	1.3	1.5	1.5	1.5	1.6	1.1	1.0
18 : 1n-9	3.3	4.0	4.7	4.2	4.5	2.7	3.7
18 : 2n-6	0.2	0.2	0.2	1.1	1.3	1.1	1.8
20 : 4n-6	0.8	0.9	0.8	0.8	0.5	0.4	0.3
20 : 5n-3	1.9	1.9	1.9	3.1	2.2	1.6	1.5
22 : 5n-3	0.7	0.8	0.8	0.8	0.6	0.3	0.2
22 : 6n-3	4.7	5.2	3.7	1.5	1.4	1.6	2.0
\sum n-3HUFA	7.4	8.0	6.6	5.8	4.6	3.7	3.9

* g/100g fish.

클로렐라 강화 rotifer는 비타민 E를 거의 함유하고 있지 않음을 보고하고 있으며 본 실험 분석 결과에서도 거의 검출되지 않아 어체에 축적된 비타민 E는 유지와 지용성 비타민 E로 강화된 *Artemia* 유생에 의한 것으로 생각된다.

한편 체지질 조성과 비타민 E 투여량과 관련하여 비타민 E 투여량을 증가시킴으로서 송어류 (Poston and Livingston 1971 ; Woodaii et al. 1964)와 잉어(Watanabe et al. 1970)의 간장과 타조직에서 지질 축적이 촉진된다고 보고되고 있어, 본 연구에 있어서의 인공 종묘의 체지질 증가 현상은 인공 종묘에 공급한 생물 먹이 중에 다량 함유된 비타민 E가 체지질 축적에 관여하고 있을 가능성을 시사해 주고 있다. 그리고 어체 비타민 E 함량의 산란 시기에 친어 조직에서 급격한 감소 현상과 난의 부화 발생 과정에서의 급격한 소비 현상은 타어종에서 이미 알려져 있다(Watanabe et al. 1977 ; 竹内 등 1981). 본 실험의 결과에서도 부화 후 난황의 소실과 함께 급격한 감소 현상을 나타낸 것은 생체 내의 항산화제로써 기능을 가진 비타민 E가 대사 과정 중에 생성되는 과산화물 제거에

이용된 것으로 생각되며 난의 부화 및 초기 성장 단계에서 비타민 E가 중요한 생리 기능에 관여하고 있음을 시사해 주고 있다. 한편 같은 시기에 있어 DHA 함량 변화도 비타민 E와 같은 변화 경향을 나타내고 있어 난의 부화 및 초기 성장 단계에 있어서의 비타민 E 함량과 DHA 이용성과의 사이에 깊은 관련성을 시사해 주고 있다. 최근의 연구 결과에 따르면 먹이 생물 중의 필수지방산(EFA) 함량이 높아짐에 따라 어류의 비타민 E에 대한 요구량이 높아진다는 것이 밝혀져 비타민 E와 EFA인 DHA와의 깊은 관련성을 뒷받침하고 있다.

그러나 인공 종묘 생산에 있어 먹이 생물 배양시 유지 첨가에 의한 영양 강화의 경우 유지의 불포화도의 증가에 따른 비타민 E 요구량의 증가가 예상되므로 비타민 E의 첨가량에 충분한 주의와 이에 관한 구체적인 연구가 뒤따라야 할 것이다.

인공 종묘의 성장 단계에 따른 지방산 변화에 있어서의 주된 변화는 18:2n-6의 증가 및 DHA의 감소 현상이었다. 18:2n-6 경우 생물 먹이 공급 기간 중의 함량은 rotifer와 *Artemia*의 낮은 18:2n-6 함량이 반영되어 낮은 값을 나타내었으나 전장 10 mm 전후의 배합 사료의 공급 시기 부터 현저히 증가하고 있어 배합 사료의 지방산 조성이 어체 지방산 조성 변화에 직접적으로 영향을 미치고 있음을 알 수가 있다. 이는 넙치를 비롯한 해산 어류의 지방산 대사 경로의 특이성에 의한 것으로 추정된다. 이미 Owen 등 (1975)이 유럽산 넙치 (turbot)를 대상으로 한 연구에서 밝힌 바와 같이 비필수 지방산인 18:2n-6는 20:4n-6 등과 같은 타지방산으로 전환되기 어렵기 때문에 배합 사료에 함유되어 있던 18:2n-6가 어체에 그대로 축적된 결과로 생각된다.

한편 해산어의 EFA인 EPA는 인공 종묘의 전장 10 mm 전후에서 일시적 증가를 보인 외에는 천연, 인공 종묘에 있어서의 성장 단계에 따른 뚜렷한 변화는 보이지 않고 천연 종묘와 비교해 인공 종묘에서 전체적으로 약간 높은 값을 나타내어 먹이 생물로 공급한 클로렐라 강화 rotifer에 EPA가 다량으로 함유하고 있었던 결과 (Table 3, 4)로 생각된다.

그러나 부화 직후의 DHA의 급격한 감소 현상은 난황속에 다량 함유되어 있던 DHA가 부화 후 초기 성장 단계의 주 에너지원으로 이용되었거나 혹은 다른 생리 활성 물질 등으로 전환에 의한 감소 현상으로 생각된다. 천연 종묘도 부화 직후 인공 종묘와 같은 DHA 변화 현상을 나타낼 것인가 하는 여부는 천연 종묘의 부화 직후 자어의 시료 채취 곤란으로 확인할 수는 없었으나 인공 종묘의 경우와 유사한 경향을 보일 것으로 추정된다.

한편 인공 종묘 생산 과정에 있어서 부화 후 DHA가 급격히 감소하는 이 시기에 부화 자어의 폐사 현상과 폐사율이 증가하는 것으로 보아 부화 후의 DHA의 증감 현상이 자어의 생존율과의 깊은 관련성이 있음이 추측케 한다. 특히 해산 어류에 있어서의 EFA로서 EPA와 DHA가 중요시 되고 있는 가운데 최근의 참돔 자어의 활력 시험 결과 *Artemia* 공급기의 10 mm 크기 어체의 성장 및 생존율은 EPA구와 DHA구에 있어서의 차이는 없었으나 활력 시험 결과에서는 DHA구에서 뛰어난 성적을 보여 참돔의 경우 부화 후의 자어기에 있어 EPA 단독으로도 어느 정도 사육이 가능하나 DHA가 자치어기의 활력에 큰 영향을 미치고 있음이 보고되어 있다(Watanabe et al. 1989; Takeuchi et al. 1990, 1992a). 金澤 등(1989)도 넙치 5 mm 크기의 자어에 있어서 EPA보다는 DHA가 EFA로서 강하게 요구되고 있다고 보고하고 있다. 그 외에도 황줄전갱이(Watanabe et al. 1989; Takeuchi et al. 1992b)에서도 EPA보다는 DHA가 활력 향상에 보다 큰 효과가 있음이 밝혀져, 자치어기의 DHA의 효과가 크게 주목되고 있어 건강한 해산 자치어를 육성하기 위해서는 DHA가 필수 영양 요소임을 알 수가 있다.

그러나 인공 종묘 생산 과정에서 유지를 이용한 DHA를 비롯한 EFA의 영양 강화의 경우 *Artemia*는 체내에서 DHA를 DPA(22:5n-3)나 EPA로 역전환 되는 현상이 보고되고 있어(林 등

1991 ; Takeuchi et al. 1992b) *Artemia*를 유지로 강화시켜도 DHA의 농축성이 낮아 유지에 의한 생물 먹이의 영양 강화의 어려움이 뒤따르고 있어 현행의 종묘 생산 방식에서의 생물 먹이로 부터의 충분한 DHA의 공급이 되지 않고 있다. 이러한 요인이 해산 어류의 대량 종묘 생산을 저해하고 있는 이유의 하나로 생각된다.

따라서 인공 종묘의 부화 초기의 높은 생존율 유지와 건강한 종묘의 대량 확보를 위해서는 적어도 전장 5-10 mm 시기의 초기 생물 먹이에 대한 DHA의 고농도 축적을 위한 영양 강화 방법의 개선과 아울러 고농도의 DHA를 함유하고 있는 새로운 초기 생물 먹이에의 전환을 위한 연구도 뒤따라야 할 것이다.

요 약

천연 및 인공 낚치 종묘의 성장 단계에 따른 체지질 조성 변화를 비교 검토한 결과는 다음과 같다.

- 1) 어체의 지질 및 비타민 E 함량은 천연 종묘 보다 인공 종묘에서 높은 값을 나타내었다.
- 2) 어체 성장에 따른 지질, 지방산(18 : 2n-6, 22 : 6n-3) 및 비타민 E 함량 변화는 부화 후 전장 5-10 mm 전후의 배합 사료 공급기에서 급격한 증감 현상을 보였다.
- 3) 어체 지질, 지방산 조성 및 비타민 E 함량은 먹이 조성에 직접적인 영향을 받았다.
- 4) 천연 종묘는 인공 종묘에 비해 자연 상태에서 지질 함량이 낮고 고농도의 DHA를 함유하고 있는 천연 먹이를 섭취한 것으로 추정되었다.

참 고 문 헌

- Aoke, T., K. Takada, and N. Kumisaki. 1991. On the study of proximate composition, mineral, fatty acid, free amino acid, muscle hardness, and color difference of six species of wild and cultured fishes. *Nippon Suisan Gakkaishi* 57 : 1927-1934.
- Balany, B. 1967. ATPase activity of myosin corelated with speed of muscle shortening. *J. General Physiology* 50 : 197-219.
- Folch, J., M. Lees and G. H. S. Stanley. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Che.* 226 : 497-509.
- Ikwake, Y., and M. Tanaka. 1993. Feeding habits of Japanese flounder(*Paralichthys olivoceus*) larvae in Western part of Wakasa bay, the Japan sea. *Nippon Suisan Gakkaishi* 59 : 951-956.
- Last, J. M. 1980. The food of twenty species of fish larvae in the Eastern English channel and Southern North sea. *Fish. Res. Tech. Rep.* 60 : 1-44.
- Owen, J. M., J. W. Adron, C. Middleton and C. B. Cowey. 1975. Elongation and desaturation of dietary fatty acids in Turbot (*Scophthalmus maximus* L.) and rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Lipids* 10 : 528-531.
- Poston, H. A., and D. L. Livingston. 1971. Effects of massive doses of dietary vitamin E on fingerling brook trout. *Fish. Res. Bull. No.* 33 : 6-12.

- Takeuchi, T., M. Toyota, and T. Watanabe. 1992b. Comparison of lipid and n-3 highly fatty acids in coportion between *Artemia* enriched with various types of oil by direct method. *Nippon Suisan Gakkaishi* 58 : 277-282.
- Takeuchi, T., M. Toyota, S. Satoh and T. Watanabe. 1990. Rquirment of juvenile red seabream (*Paguras major*) for eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids. *Nippon Suisan Gakkaishi* 56 : 1263-1269.
- Takeuchi, T., T. Arakawa, S. Satoh and T. Watanabe. 1992a. Supplemental effect of phospholipids and requirment of eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid of juvenile striped jack. *Nippon Suisan Gakkaishi* 58 : 707-713.
- Watanabe, T., and F. Takashima. 1977. Effect of α -tocopherol deficiency on carp-VI. Deficiency symptom and change of fatty acid and triglyceride distribution in adult carp. *Bull Japan Soc. Sci. Fish.* 43 : 819-830.
- Watanabe, T., F. Takashima, C. Ogino, and T. Hibiya. 1970. Requirements of young carp for α -tocopherol. *Bull. Japan Soc. Sci. Fish.* 47 : 1585-1590.
- Watanabe, T., M. S. Izquierdo, T. Takeuchi, S. Satoh, and C. Kitajima. 1989. Comparition between eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids in terms of essential fatty acid efficiency in larval red seabream. *Nippon Suisan Gakkaishi* 55 : 1635-1640.
- Watanabe, T., T. Arakawa, T. Takeuchi and S. Satoh. 1989. Comparision between eicosapentaenoic and docosahexenoic acids in terms of essential fatty acid efficiency in juvenile striped jJack (*Pseudocaranx dentex*). *Nippon Suisan Gakkaishi* 55 : 1989-1995.
- Watanabe, T., T. Tamiya, A. Oka, M. Hirata, C. Kitajima, and S. Fujita. 1983. Improvement of dietary value of live foods for fish larvae by feeding them on n-3 highly unsaturated fatty acids and fat-soluble vitamins. *Bull. Japan Soc. Sci. Fish.* 49 : 471-479.
- Woodaii, A. N., L. M. Ashley, J. E. Halver, H. S. Olcott, and J. Van der Veen. 1964. Nutrition of salmonid fishes. XIII. The α -tocopherol requirement of chinook salmon. *J. Nuter.* 84 : 125-135.
- 金澤昭夫, 岡田 徹, 尾田 正, 平田龍善, 木村知己. 1989. ヒラメ仔魚に對するEPAとDHAの效果. 平成元年日本水産學會秋季大會講演要旨集. p100.
- 山本剛史, 福所邦彦, 岡内正典, 田中秀樹, 青海忠久, 渡邊 武. 1992. ヒラメの白化個體出現におよぼす變態期の餌料影響. *日本水産學會誌* 58 : 499-508.
- 林雅弘, 戸田淳次, 米司 隆, 佐藤 修, 北岡正三郎. 1993. ユーグレナ *Euglena gracilis*による 生物餌料の榮養強化とマダイ仔魚に對する餌料價値. *日本水産學會誌* 59 : 1051-1058.
- 佐藤 守, 吉中禮一, 西中義裕, 任本晴之, 小島朝子, 山本義和, 池田靜徳. 1986. 天然および養殖ヒラメ肉の榮養成分の比較. *日本水産學會誌* 52 : 1043-1047.
- 竹内昌昭, 石井清之助, 小木僧卓郎. 1981. 飼料のビタミン E 量がアユのビタミン E 蓄積, 産卵および卵質におよぼす影響. *東海區水産研究報告 No.* 104 : 111-122.
- 中野 廣. 1993. 放流魚の健苗性と育成技術, 種の評價基準(北島 力編). 恒星社厚生閣, 東京. p9-18.