

## 양식산 넙치의 백화현상에 따른 지질 및 지방산의 비교

김 종 현

창원전문대학 식품영양과

### Comparison of Lipid and Fatty Acid by Appearance of Albinism in Cultured Flounder, *Paralichthys olivaceus*

Jong-Hyun Kim

Dept. of Food and Nutrition, ChangWon College, Kyung Nam 641-771, Korea

#### Abstract

Albinism is a phenomenon that color of the body surface is changed to white or faint brown from the specific color to the species by deficiency of pigments due to mutation or disease. This study was undertaken to investigate the experimental basis on the appearance of albinism in cultured flounder, *Paralichthys olivaceus*. The skin and muscle, from the normal and albinic flounder, were used by measuring contents of lipid and fatty acid. Contents of lipid and fatty acid in the skin and muscle are different from normal and albinic flounder. Contents of lipid in the skin were higher than those of muscle from flounder. The major fatty acids in both skin and muscle were palmitic acid, oleic acid, docosahexaenoic acid(DHA) and eicosapentaenoic acid(EPA).

#### 서 론

넙치는 경골어류 가자미목 넙치과 속하며 눈은 2개가 왼쪽에 있고 부화직후 눈이 양측에 있을 때에는 바다 중층을 헤엄치지만 저서생활에 들어가면 눈이 왼쪽으로 이동하여 나란히 위치한다. 눈이 없는 쪽에는 주로 백색소포만이 존재하는 데 반하여, 눈이 있는 쪽의 표피에는 흑색소포를 주로 하는 여러가지의 색소세포가 존재한다. 그러나 넙치에는 아직 그 원인이 밝혀져 있지는 않지만 사료의 영양, 환경조건 등 여러가지 요인으로 백색화현상이 나타나는 데 이것을 백화라 하며, 자연산에서는 거의 볼 수 없으나 양식장에서는 빈번히 나타나는 현상이다. 넙치류를 인공부화하여, 치어가 될 때까지 사육했다가 방류 또는 양식을 하는 종묘생산에서 백화 이상개체가 어떤 경우에는 비정상하게 높은 비율로 나타나는 예가 있다. 이들 백화 이상개체는 바다에 방류했을 때도 생존율이 정상개체에 비하여 매우 낮을 뿐만 아니라, 기타 여러가지 이상현상이 동반된다는 보고도 있다.<sup>1)</sup>

현재, 인공채묘한 넙치의 치어에서 발생하는 백화 이상개체가 생기는 원인에 대한 연구를 대별하면, 첫째 자어기에 공급하는 사료의 영양학적인 연구 둘째, 란 및 자어기의 사육환경조건에 대한 연구 등이 거론될 수 있다. 첫째의 연구성과는, 사료의 질 및 급이시기 등에 의해서 백화개체의 출현율이 크게 변한다고 지적되고 있으며,<sup>2~5)</sup> 둘째의 연구성과로는, 앞의 것에 비하여 매우 미약한 편이나, 사육환경요인 중에서 일반적으로 색소세포의 발생분화에 크게 영향을 미치는 광환경을 중심으로, 사육밀도, 수질, 수온 등을 검토<sup>5~7)</sup>하여, 높은 수온, 높은 주수량에서 자어를 사육하면 백화 이상개체의 출현율이 낮아진다는 것 등이 보고<sup>7)</sup>되고 있다. 즉, 넙치의 백화출현의 원인을 구명하기 위한, 사료의 영양학적 연구로는, 넙치 자어에 대하여, 천연동물성 플랑크톤을 급이하면 거의 모두가 정상어가 되는 데 반하여, 해산어의 종묘생산용 초기사료인 *Rotifer*, *Brachionus plicatilis*와 *Artemia*, *Artemia salina*를 각각 사료로 했을 경우에는 백화가 나타나며, 특히 브라질산 *Artemia*를 급이하면 대개

\* Corresponding author : Jong-Hyun Kim

완전한 백화개체로 나타나며, Rotifer와 Artemia를 혼합병용하면 백화개체 출현율이 낮아진다<sup>5)</sup>고 하였다. 그리고 넙치 자어에 대하여, 천연 플랑크톤을 조기에 급여한다든지, 배합미립자 사료를 Artemia와 병용하면 정상개체 출현율이 높게 나타난다<sup>4)</sup>하여 넙치의 체색 발현에 유효한 영양성분이 있는 것을 시사하였다. 광감성 물질이 백화현상에 미치는 영향에 관한 연구로는, 中村와 飯田<sup>3)</sup>가 넙치 표피의 멜라닌의 형성은 태양광선 아래서 riboflavin에 의하여 dopa-quinone으로부터 melanine의 산화 또는 중합이 촉진된다 하였고, 또 Nakamura와 Iida<sup>9)</sup>은 가자미 *Liopsetta obscura*의 눈이 있는 쪽의 백화 표피중에 함유하는 리보플라빈의 함량은 771  $\mu\text{g}/100\text{g}$  정도로서, 정상어의 5,200~7,800  $\mu\text{g}/100\text{g}$ 에 비하여 월등히 적었으며, 표피의 색소농도는 리보플라빈의 함량과 비례한다고 하였다. 그리고, 三木 등<sup>10,11)</sup>은 넙치 자어기에 지용성 비타민을 첨가한 Rotifer를 급여하면, 치어의 백화출현율이 저하된다는 것을 보고하였으며, Hirao 등<sup>12)</sup>은 넙치의 눈이 있는 쪽의 표피에는 비타민 A의 함량이 높게 나타나며, 비타민 A의 결핍은 백화 현상이 생기는 원인의 하나라고 보고하였다. 이와 같이 넙치의 백화현상은 리보플라빈, 카로티노이드, 비타민 A, D와 같이 광감성 물질의 결핍때문에 표피의 멜라닌 생성이 불충분하게 된 결과<sup>9)</sup>라고 말할 수 있다. 이상에서 본 바와 같이, 백화의 발생 원인 및 완전한 백화의 방제법에 대해서는 아직도 명확하게 밝혀져 있지 않은 상태이다. 때문에, 본 실험에서는, 넙치의 백화 이상개체 출현의 원인을 밝히는 기초자료를 얻기 위하여 체색이 정상 표피인 것과, 반백화 및 백화로 변한 표피인 양식산 넙치의 근육 중의 지질 및 지방산의 조성을 비교 검토하여 그 결과를 보고한다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험재료

시료로 사용한 넙치(*Paralichthys olivaceus*)는 경남 통영군 산양면 소재의 양식장인 둔덕수산에서 정상 개체, 백화현상이 개체 절반에 나타난 반백화 및 백화현상이 개체 전체에 나타난 백화넙치를 구입(평균 체장 20cm, 평균체중 380g)하여 실험실에 운반한 후, 표피와 근육을 채취하여 분석용 시료로 하였다.

### 2. 실험방법

#### 1) 지질 및 지방산의 분석

정상, 반백화 및 백화의 양식산 넙치의 표피와 근육의 시료를 균질화하여 Bligh & Dyer<sup>13)</sup>법에 따라 총지질(TL)을 추출하였고, 총지질을 silicic acidcolumn-chromatography에 의하여 중성지질(NL), 인지질(PL), 당지질(GL)을 각각 분획하였다. 즉 규산(100 mesh, Mallinkrodt사)을 증류수와 메틸알코올로 차례로 세척한 다음 110°C의 항온기 내에서 12시간 활성화시켰다. 활성화된 규산 15g을 chloroform 30~50 ml에 현탁시켜 column(1.8 × 40 cm)에 균일하게 충전시킨 다음, 총지질 150~200mg을 chloroform 5ml에 용해한 것을 column 내벽을 따라 정량적으로 주입하였다. 용매를 2~3ml/min의 유속으로 조절하면서, chloroform(200ml)으로 중성지질을, methanol (200ml)로 인지질을, 그리고 acetone(250ml)으로 당지질을 각각 용리하였다. 위의 3가지 획분을 회전증발기에서 용매를 제거한 다음 칭량하여 중성지질, 인지질 및 당지질의 함량을 계산하였다. 이들 각 지질의 획분을 기준유지 분석시험법<sup>14)</sup>으로 검화한 후 회수한 혼합지방산을 ester화 하여 CLC(Hewlett-Packard 5890 SERIES II GC, HP 3394 A Intergrator)로써 injection temp. 270°C, detector temp. 300°C에서 분석하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 지질 및 지방산의 조성

#### 1) 지질 조성

체색이 정상 반백화 및 백화로 변한 양식산 넙치의 표피 및 근육의 지질조성 측정된 결과는 Table 1과 같다. 정상넙치, 반백화 넙치 그리고 백화넙치에 대한 차이는 없었으나, 표피의 조지방 평균 함량 3.5%이고, 근육은 조지방 평균 함량이 2.2%로써, 표피가 근육보다 약간 높은 편이며, 중성지질은 표피에서 평균 53%로 나타났으며, 근육에서는 평균 62%로 나타났다. 인지질은 표피에서 평균 32.3%와 근육에서는 평균 21%로 나타났다. 중성지방은 근육에서, 인지질은 표피에서 높은 함량을 보였다. 중성지질, 인지질, 당지질의 함량 비율을 살펴보면 중성지질에는 표피와 근육에서 평균 57.5%로 나타났으며, 인지질은 표피와 근육에서 평균 26.8%로 나타났으며, 당지질은 표피와 근육에서 평균 15.7%로 나타났으므로, 함량 차이는 중성지질, 인지질, 당지질의 순으로 되어 있고 다른 수산식품의 함량비율과 같았다.

#### 2) 지방산 조성

**Table 1. Content of total lipid and each lipid classes in the normal and albinic flounder**

Sample	Lipid contents(%)	Percentage in total lipid			
		NL	PL	GL	
Normal	Skin	3.4	52	35	13
	Muscle	2.5	60	23	17
Partial albinic	Skin	3.6	54	31	15
	Muscle	2.0	62	20	18
Almost albinic	Skin	3.6	53	31	16
	Muscle	2.2	64	21	15

NL : neutral lipids, PL : phospholipids, GL : glycolipids.

양식산 넙치 지질의 지방산 조성을 채색이 정상, 반백화 및 백화로 변한 표피 및 근육으로 구분한 결과는 Table 2와 같다. 지질의 지방산 조성을 살펴보면, palmitic acid가 평균 21.67%, DHA(docosahexaenoic acid)가 평균 16.74%, oleic acid가 평균 15.55%, EPA(eicosapentaenoic acid)가 평균 10.15%의 함량으로 주된 지방산이었으며, 포화지방산과 불포화지방산의 비율이 평균 31.7%와 68.5%로써 불포화지방산이 2.2배나 많았으며, 불포화지방산 중에서도 DHA가 가장 많았고 monoen산인 oleic acid가 그 다음으로 많았다. 다가불포화지방산(PUFA)에서는 DHA와 EPA가 많아서, oleic acid보다 EPA가 많아서 특이했으며, 필수지방산은 평균 10.8%이고, PUFA 중 필수지방산은 평균 25%를 차지한다. 정상, 반백화, 백화넙치의 표피와 근육에 함유되어 있는, 지질의 지방산 조성에는 큰 차이가 없었다. 青木 등<sup>15)</sup>이 천연 및 양식어 6종의 지방산 조성중에서, 넙치의 총지질의 지방산 조성은 palmitic acid, DHA, oleic acid, EPA순으로 함량이 많다고 보고한 것과 Ogata 등<sup>16)</sup>이 천연 및 양식산 넙치의 근육에서, 총지질의 지방산 조성은 DHA, palmitic acid, oleic acid, EPA순으로 함량이 많다고 보고한 것과 비교하여 유사하였다. 그리고 어유에는 약 30~40%의 PUFA가 존재하는데 이중 DHA 17.0% 전후, EPA 9.0% 전후이며, 포화지방산에 대한 다가불포화지방산의 비가 해산어에서는 1.3전후라는 보고와도 유사하였다. 또한 Oshima 등<sup>17)</sup>이 참돔의 주요 지방산은 palmitic acid, DHA, oleic acid, EPA 등 이라고 한 보고와도 유사하였고, Tadahisa 등<sup>1)</sup>은 양식산 넙치의 치어 사료인 Artemia는 Brazil산, 중국 칭진산보다는 Sanfrancisco산이 백화현상 출현율이 낮았다는 보고에서, Artemia 사료에서 지방산 조성을 보면 linolenic acid의 함량의

**Table 2. Fatty acid composition of total lipid from normal and albinic flounder (%)\***

Fatty acid	Normal		Partial albinic		Almost albinic	
	Skin	Muscle	Skin	Muscle	Skin	Muscle
14:0	4.9	3.9	4.9	3.9	4.7	4.7
15:0	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
16:0	21.2	22.1	21.9	22.9	22.2	19.7
16:1	10.1	8.3	9.1	7.1	9.4	9.9
17:0	1.1	1.0	1.2	0.9	1.0	1.0
18:0	3.3	4.0	3.6	4.2	3.7	3.2
18:1	16.9	14.8	16.1	13.5	16.1	15.9
18:2(n-6)	3.5	3.1	3.5	3.1	3.7	3.6
18:3(n-3)	3.5	3.3	3.5	3.1	3.4	3.5
20:4(n-6)	4.0	3.5	4.5	3.7	4.1	4.3
20:5(n-3)	10.6	10.2	9.9	9.4	10.3	10.5
22:5(n-3)	2.6	2.3	3.1	2.3	3.3	2.7
22:5(n-6)	2.7	3.1	2.6	3.0	2.7	3.2
22:6(n-3)	14.1	19.0	14.7	21.5	14.7	16.5
24:1(n-9)	0.7	0.6	0.8	0.7	0.7	0.6
SFA	31.3	31.8	32.4	32.7	32.4	29.4
UFA	68.7	68.2	67.8	67.4	68.4	70.7
EFA	11.1	9.9	11.5	9.9	11.2	11.4
MUFA	27.7	23.7	26.0	21.3	26.2	26.4
PUFA	41.0	44.5	41.8	46.1	42.2	44.3
PUFA/SFA	1.3	1.4	1.3	1.4	1.3	1.5
UFA/SFA	2.2	2.1	2.1	2.1	2.1	2.4

SFA, Saturated fatty acid; EFA, Essential fatty acid; MUFA, Monounsaturated fatty acid; PUFA, Polyunsaturated fatty acid; UFA, Unsaturated fatty acid; \* Wet basis.

차이가 났다는 보고한 것과는 상이했는데, 그 이유는 양식산 넙치가 치어와 성어라는 차이 때문이라고 생각된다.

3) 중성지질의 지방산 조성

양식산 넙치의 중성지질의 지방산 조성을 채색이 정상, 반백화 및 백화로 변한 표피 및 근육으로 구분한 결과는 Table 3과 같다. 중성지질에는 palmitic acid가 평균 21.13%, oleic acid가 평균 16.26%, DHA가 15.07%, EPA가 평균 10.4%가 함유되어 있었으며, 포화지방산과 불포화 지방산의 비율이 평균 31.5%와 68.5%로써 불포화 지방산이 2.2배가 많았으며, 불포화 지방산 중에서도 monoen산인 oleic acid가 가장 많아 평균 16.26%이고, PUFA중에서는 DHA와 EPA가 많았다. 필수지방산은 평균 10.68%이고, PUFA 중에서 필수지방산은 평균 25.6%를 차지하였다. 정상, 반

**Table 3. Fatty acid composition of neutral lipid from normal and albinic flounder (%)\***

Fatty acid	Normal		Partial albinic		Almost albinic	
	Skin	Muscle	Skin	Muscle	Skin	Muscle
14:0	4.9	4.9	5.1	5.3	5.0	5.2
15:0	0.8	0.8	0.8	0.9	0.8	0.9
16:0	21.4	20.4	21.2	21.2	21.1	21.5
16:1	9.7	9.9	9.8	9.8	9.8	9.7
17:0	1.1	1.3	1.1	1.1	1.1	1.1
18:0	3.1	3.3	3.1	3.7	3.0	3.6
18:1	16.5	16.6	16.3	16.0	16.3	15.0
18:2(n-6)	3.4	3.5	3.7	3.6	3.9	3.6
18:3(n-3)	3.5	3.7	3.4	3.6	3.5	3.5
20:4(n-6)	4.1	3.9	2.3	2.5	4.3	4.3
20:5(n-3)	10.9	10.6	10.9	9.9	10.6	9.3
22:5(n-3)	2.5	2.4	3.1	3.0	2.8	2.7
22:5(n-6)	2.8	3.0	2.8	3.0	2.7	3.0
22:6(n-3)	4.7	15.1	15.3	15.8	14.4	15.2
24:1(n-9)	0.6	0.6	1.0	0.8	0.6	0.8
SFA	31.3	30.7	31.3	32.2	31.0	32.3
UFA	68.7	69.3	68.6	68.0	68.9	67.1
EFA	11.0	11.1	9.4	9.7	11.7	11.4
MUFA	26.8	27.1	27.1	26.6	26.7	25.5
PUFA	41.9	42.2	41.5	41.4	42.2	41.6
PUFA/SFA	1.3	1.4	1.3	1.3	1.4	1.3
UFA/SFA	2.2	2.3	2.1	2.1	2.2	2.1

SFA, Saturated fatty acid; EFA, Essential fatty acid; MUFA, Monounsaturated fatty acid; PUFA, Polyunsaturated fatty acid; UFA, Unsaturated fatty acid; \* Wet basis.

백화, 백화넙치의 표피와 근육의 중성지질의 지방산 조성의 차이는 거의 없었다. 박<sup>18)</sup>이 양식 및 천연산 넙치의 식품성분을 비교하여 양식산 넙치의 중성지질에는 palmitic acid, oleic acid, eicosapentaenoic acid, docosahexaenoic acid 등이 주성분이라 보고한 결과와 비교하여 유사하였다.

#### 4) 인지질의 지방산 조성

양식산 넙치의 인지질의 지방산 조성을 채색이 정상, 반백화 및 백화로 변한 표피 및 근육으로 구분한 결과는 Table 4와 같다. 인지질의 지방산 조성은 palmitic acid가 평균 30.07%, DHA가 평균 21.4%, oleic acid가 평균 13%로써 주된 지방산이었으며, EPA가 평균 8.3% 포화지방산과 불포화 지방산의 비율이 평균 41.7%와 58.3%로써 불포화 지방산이 1.4

**Table 4. Fatty acid composition of phospholipid from normal and albinic flounder (%)\***

Fatty acid	Normal		Partial albinic		Almost albinic	
	Skin	Muscle	Skin	Muscle	Skin	Muscle
14:0	2.2	1.5	1.2	1.4	2.1	1.6
15:0	1.0	0.7	0.9	0.6	0.8	0.6
16:0	25.9	28.4	29.2	32.2	31.1	33.6
16:1	2.3	2.9	2.2	2.4	2.4	2.9
17:0	1.4	0.6	3.3	1.7	3.2	2.0
18:0	1.0	6.3	8.5	6.2	7.0	6.2
18:1	15.1	9.8	16.3	10.1	16.6	10.0
18:2(n-6)	3.8	2.2	3.6	2.2	3.7	2.3
18:3(n-3)	3.1	2.7	3.2	2.6	4.1	3.0
20:4(n-6)	3.8	1.8	4.1	2.0	4.2	1.9
20:5(n-3)	8.7	9.7	8.5	8.2	7.4	7.3
22:5(n-3)	0.3	0.4	0.4	0.5	0.4	0.5
22:5(n-6)	2.9	3.3	2.4	2.7	2.2	2.9
22:6(n-3)	18.6	29.8	15.1	26.3	14.0	24.7
24:1(n-9)	1.1	0.4	1.4	1.0	1.5	0.6
SFA	39.5	37.5	43.1	42.1	44.2	44.0
UFA	59.7	63.0	57.2	58.0	56.5	56.1
EFA	10.7	6.7	10.9	6.8	12.0	7.2
MUFA	18.5	13.1	19.9	13.5	20.5	13.5
PUFA	41.2	49.9	37.3	44.5	36.0	42.6
PUFA/SFA	1.0	1.3	0.9	1.1	0.8	1.0
UFA/SFA	1.5	1.7	1.3	1.4	1.3	1.3

SFA, Saturated fatty acid; MUFA, Monounsaturated fatty acid; PUFA, Polyunsaturated fatty acid; UFA, Unsaturated fatty acid; \* Wet basis.

배가 많았으며, 불포화 지방산 중에서도 DHA가 가장 많아서 평균 21.4%이고, oleic acid가 13%, EPA가 8.3% 순으로 많았으며, 필수 지방산은 평균 9%이고, PUFA중에서 필수지방산은 평균 21.3%를 차지하였다. 정상, 반백화, 백화의 표피 중에 함유하고 있는 인지질의 지방산 조성은, palmitic acid가 정상표피 25.9 mg, 반백화 표피 29.2mg, 백화 표피 31.1mg으로, 정상, 반백화, 백화 순으로 증가하는 경향을 보였으며, 반대로 EPA가 정상표피 2.9mg, 반백화 표피 2.4mg, 백화표피 2.2mg 순으로 감소하고, 또한 DHA가 정상 표피 18.6mg 반백화표피 15.1mg, 백화표피 14.0mg 순으로 감소하여, 포화지방산인 palmitic acid는 정상에서, 백화 순으로 증가하는 반면, 불포화 지방산인 EPA와 DHA는 정상, 백화 순으로 감소하는 경향이 있어서 백화현상이 인지질 대사에 영향을 미치는 것

으로 추정되어진다. 박<sup>18)</sup>이 양식 및 천연산 넙치의 식품성분에서, 양식산 넙치의 인지질에는 palmitic acid, oleic acid, DHA, EPA 등이라고 보고한 것과 비교하여 유사하였다.

#### 5) 당지질의 지방산 조성

양식산 넙치의 당지질의 지방산 조성을 채색이 정상, 반백화 및 백화로 변환 표피 및 근육으로 구분한 결과는 Table 5와 같다. 당지질의 지방산 조성은, oleic acid가 평균 27.95%, palmitic acid가 평균 22.05%, palmitoleic acid가 평균 18.14%, EPA가 평균 4.74%로써 주된 지방산이 있으며, 포화지방산과 불포화지방산의 비율이 평균 32.6%와 67.4%로써 불포화지방산이 2.1배가 많았으며, 불포화지방산 중에서도 palmitoleic acid가 가장 많아 평균 28%였고, EPA가 평균 4.7%, DHA가 평균 4.5%순으로 많았다. 필수지방

산은 평균 8.3%이고 PUFA중에서 필수지방산이 평균 40.1%를 차지하고 있으며, 정상, 반백화, 백화넙치의 표피와 근육에 함유되어 있는, 당지질의 지방산 조성의 차이를 찾아 볼 수가 없었다. 박<sup>18)</sup>이 양식산 넙치의 당지질에는 oleic acid, palmitic acid, palmitoleic acid 등이라고 보고한 것과 비교하여 유사했다.

## 요 약

양식산 넙치의 표피 및 근육을 채색이 정상, 반백화 및 백화로 구분하여 지질함량 및 지방산 조성을 검토한 결과, 표피의 지방함량이 근육보다 높았으며, 표피와 근육의 주요지방산은 palmitic acid, oleic acid, DHA 및 EPA이었다. 넙치의 표피에 있는 지방의 함량이 근육보다 높았으며, 표피와 근육에 있는 주요 지방산은 palmitic acid, oleic acid, docosahexaenoic acid와 eicosapentaenoic acid이었다. 넙치 표피에 들어 있는 지질 중에서, 특히 인지질에 함유된 palmitic acid는 정상(25.9%), 반백화(29.2%), 백화(31.0%)순으로 증가했으며, 반대로 EPA는 정상(2.9%), 반백화(2.4%), 백화(2.2%) 순으로 감소했으며, 역시 DHA도 정상(18.6%), 반백화(15.1%), 백화(14.0%) 순으로 감소했다. 백화 현상이 인지질 대사에 영향을 미치는 것으로 추정된다.

## 참고문헌

1. Tadahisa Seikai, Masumi Shimosaki and Takeshi Watanabe : Estimation of larval stage determining the appearance of albinism in hatchery-reared juvenile flounder *Paralichthys olivaceus*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 53(7), 1107~1114(1987).
2. 青海忠久, 條田正俊: アルテミア給餌期間を異にした人工採苗 ヒラメ의 體色異常 出現の變異. 京都海洋センター 研報 5號 29~37(1981).
3. Tadahisa, S.: Influence of feeding periods of Brazilian Artemia during larval development of hatchery-reared flounder *Paralichthys olivaceus* on the appearance of albinism. *Bull. Japn. Soc. Sci. Fish.* 51, 521~527 (1985).
4. 長崎縣水産試験場: 健苗育成技術開發委託事業報告書, ヒラメ의 白化防除に関する研究. 長崎水試登録 512, 1~25 (1985).
5. 表と裏を間違えた魚—人工採苗ヒラメ의 白化. 左右不相稱への分化に鍵. 白化関連物質の探求に注目. *化學と生物* 24, 767~769 (1986).
6. 杉山元彦, 中野 廣, 失野 豊, 福田雅明, 村上直人: 異體類の健苗 育成に関する研究- I. 白化等の異常個體出現

Table 5. Fatty acid composition of glycolipid from normal and albinic flounder (%)\*

Fatty acid	Normal		Partial albinic		Almost albinic	
	Skin	Muscle	Skin	Muscle	Skin	Muscle
14:0	3.1	3.1	4.1	3.6	4.0	4.1
15:0	0.9	1.3	1.6	1.9	0.9	0.8
16:0	24.3	23.5	22.1	20.1	21.2	21.2
16:1	18.0	18.1	19.2	18.2	18.2	17.2
17:0	1.6	1.4	1.6	1.5	1.8	1.9
18:0	3.4	4.2	4.1	3.5	4.3	4.6
18:1	28.1	28.8	25.6	29.2	28.9	27.1
18:2(n-6)	3.8	3.8	3.5	3.8	3.5	4.3
18:3(n-3)	1.6	1.5	1.7	1.5	1.8	2.0
20:4(n-6)	2.1	2.6	3.0	2.8	2.6	3.8
20:5(n-3)	5.5	4.4	5.8	5.0	3.6	4.1
22:5(n-3)	2.4	2.5	3.3	4.1	4.4	3.1
22:6(n-3)	4.8	4.3	3.8	4.3	4.4	5.3
24:1(n-9)	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.8
SFA	33.3	33.5	33.5	30.6	32.2	32.6
UFA	66.9	66.6	66.6	69.6	68.1	67.7
EFA	7.5	7.9	8.2	8.1	7.9	10.1
MUFA	46.7	47.5	45.5	48.1	47.8	45.1
PUFA	20.2	19.1	21.1	21.5	20.3	22.6
PUFA/SFA	0.6	0.6	0.6	0.7	0.6	0.7
UFA/SFA	2.0	2.0	2.0	2.3	2.1	2.1

SFA, Saturated fatty acid; EFA, Essential fatty acid; MUFA, Monounsaturated fatty acid; PUFA, Polyunsaturated fatty acid; UFA, Unsaturated fatty acid; \* Wet basis.

- 率におよぼす注水量の 影響について. 北海道水産研究報 No. Nov 63~69 (1985).
7. 福所邦彦, 山本剛史, 青海忠久 : ヒラメの白化個體出現におよぼす 飼育 中の通氣量の影響. 日本養殖學會誌, 10, 53~56 (1986).
  8. 中村弘二, 飯田 逸 : ヒラメのリボフラビン含量との相關について. 日本水産學會誌, 52, 1275~1279 (1986).
  9. Nakamura, K., Iida, H. and Nakano, H. : Riboflavin in the skin of albinic flatfish *Liopsetta obscura*. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, 52, 207 (1986).
  10. 三木教立, 谷川朝鞍, 榎川秀夫 : 脂溶性ビタミン投與ワムシによる ヒラメ白化防除と 好適ビタミン量. 水産増殖, 37, 109~114(1989).
  11. 三木教立, 谷川朝鞍, 榎川秀夫 : ヒラメの白化出現に及ぼす脂溶性 ビタミン類 投與ワムシの効果(豫報) 水産増殖, 36, 91~96(1988).
  12. Hirao S., J. Yamada and R. Kikuchi : Vitamin A in fish meat-IV Vitamin A content in the skin of fishes. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, 21, 454~457(1955).
  13. Bligh, E. G. and W. J. Dyer. : A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Physiol.*, 37, 911~917(1980).
  14. 日本油化學協會 : 基準油脂分析法. 朝倉書店, 東京, 163 (1966).
  15. 青木隆子, 雁田 聲, 國崎直道 : 天然 および 養殖魚6種の一般成分, 無機質, 脂肪酸, 遊離アミノ酸, 筋肉硬度 および 色差について. 日本水産學會誌, 57, 1927~1934(1991).
  16. Ogata, H., Arai, S. and Alvarez, V. M. : Effect of dietary protein levels on free amino acid contents of juvenile European eel *Anguilla anguilla*. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, 51 573~578(1985).
  17. Ohshima, T., Wada, S. and Koizumi, C. : Comparison of lipids between cultured and wild sea breams. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, 49 1405~1409(1983).
  18. 박유식 : 천연 및 양식산 넙치의 식품성분에 관한 연구. 중앙대학교 대학원 박사학위 논문, 37~45 (1989).

---

(1999년 10월 18일 접수)