

## 미더덕 추출물을 첨가한 조피볼락용 사료의 제조

Grace N PALMOS<sup>1,2</sup> · 윤보영<sup>1</sup> · 강석중<sup>3</sup> · 최영준<sup>1</sup> · 최병대<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>경상대학교 해양식품생명공학과/해양산업연구소, <sup>2</sup>필리핀 비사야스대학, <sup>3</sup>경상대학교 해양생명과학과

## Preparation of Rockfish (*Sebastes schlegelii*) Feed Fortification with Mideodeok (*Styela clava*) Extracts

Grace N. PALMOS<sup>1,2</sup>, Bo-Young YOON<sup>1</sup>, Seok-Joong KANG<sup>3</sup>,  
Yeung-Jun CHOI<sup>1</sup> and Byeong-Dae CHOI<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Seafood Science and Technology/Institute of Marine Industry,  
Gyeongsang National University, Tongyeong 650-160, Korea

<sup>2</sup>University of the Philippines in the Visayas, 5023 Miag-ao, Iloilo, Philippines

<sup>3</sup>Department of Marine Life Science, Gyeongsang National University, Tongyeong 650-160, Korea

The nutritional contribution of mideodeok extracts (ME) on rockfish (*Sebastes schlegelii*) feed and fish muscle was investigated. Different concentrations of the ME mixed with commercial diet were fed to mature rockfish for 8 weeks. The lipid and ash contents of the formulated diets were relatively similar to the control diet, while increasing the extract concentration increased the moisture content and decreased the protein contents. Major fatty acid components (C18:1n-9, 16:0, C20:5n-3, C22:6n-3) were of comparable quantity. High presence of C18:2n-6 was attributed to soybean oil incorporated in the diets, while the essential fatty acids were within limits (0.9-1.0%). The diet fortified with 6% ME produced the highest feed efficiency, with increased protein content in the muscle as well as lipid content for both muscle and liver. Hepato- and visceral-somatic index values were elevated with increasing ME concentration. Muscle fatty acid contents were mostly C18:1n-9 and C16:0, with low absorption of C18:2n-6 in both the muscle and liver. Total highly unsaturated fatty acid content was significantly reduced in the fish muscle, but the values were higher for fish fed with a ME-fortified diet. An increasing trend for eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid was also observed with increased ME fortification, with liver levels of these compounds remaining within range throughout the duration of the experiment.

Key words: Rockfish, Mideodeok extracts, Feed efficiency, Fatty acids

### 서 론

최근 전 세계적인 수산물 수요추세가 건강 및 웰빙(well-being) 선호도로 전환되면서 식품의 기능성 및 안정성에 대한 소비자들의 요구가 증대되고 있으며, 이를 충족시키기 위한 안전성이 확보된 고품질의 수산물 생산을 확대시킬 필요성이 높아지고 있다. 특히 기능성 수산물에 대한 관심이 커지면서 기능성 수산물을 생산하려는 시도가 많아지고 있으며, 기능성 사료에 의하여 기능성 수산물이 생산되는 과정은 일반적으로 동물의 전체 생명활동의 항진이나 변화에 의하여 결과적으로 나타나는 경우가 많은데, 이러한 병원균에 대한 항균·항산화 기능은 매우 중요한 역할을 수행한다. 항균력에 의하여 질병예방의 기능을 수행할 잠재력이 있는 물질로는 생균제, 약용식물, 프로폴리스 등이 있으며, 면역력 증진을 목적으로 활용 또는 연구되고 있는 사료 첨가물로는 아미노산, 펩타이드, 비타민, 광물질, 지방산, 특정 단백질이나 탄수화물 등 매우 다양하다. 최근에는 특정면역에 관여하는 물질의 생산을 자극하는 다양한 물질들이 연구 개발되고 있다(Oh, 2004).

상기의 여러 물질 중에서 양어사료에 대한 기능성을 부여하기 위해 한약재(Kim et al., 1998), 파래(Kim and Choi, 1996), 구기자, 인삼, 오미자 등의 식물성 생약재의 열수추출물(Kwon et al., 1999), 키토산올리고당(Kim et al., 2005), 감귤발효액(Song et al., 2002) 등 사료효율 향상과 어류의 건강증진에 기여할 가능성이 높은 물질들을 첨가한 여러 물질들의 효능을 검토한 연구들이 보고되어 있다. 연어, 송어, 새우 및 가재 등의 체색을 붉게 발현시키는 astaxanthin의 첨가실험(Chien and Jeng, 1992; Okada et al., 1994), 황산화활성 실험(Winston et al., 2004) 등이 이루어졌고, 담수미세조류인 spirulina의 기능성에 대한 연구도 이루어졌다(Richmond, 1998).

미더덕은 거제를 비롯한 남해안을 중심으로 생산되고 있으며 독특한 향과 맛으로 인해 식품에 널리 이용되고 있다. 미더덕에 관한 연구는 계절에 따른 영양성분 조성의 변화(Nacional et al., 2006), 껍질로부터 기능성 성분인 glycosaminoglycan의 추출(Ahn et al., 2003), 주름 미더덕 추출물의 항산화력 및 항암활성(Kim et al., 2005)에 대하여 보고된 바 있다. 그러나 미더덕 추출물이 함유하고 있는 이와 같은 기

\*Corresponding author: bdchoi@gnu.ac.kr

능성물질을 활용한 양어사료에 대한 연구는 없다. 본 연구에서는 미더덕 추출물에 함유된 면역성 증강물질을 조피볼락 사료에 일정량 첨가하여 사육한 후 조피볼락에 함유된 영양성분의 분석을 통하여 그 효과를 검증하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 실험어 및 사육관리

실험에 사용된 조피볼락 (*Sebastes schlegelii*)은 (주)다모여에서 분양받아 실험수조에 2주일간 상품사료를 공급하면서 실험환경에 적응시켰다. 평균체중 150 g 전후의 성어 200마리를 순환여과시스템의 1 ton 수조에 실험구별로 40마리를 수용하여 실험을 하였다. 이 때 주수량은 1,000 L/hr (24회/일)가 되도록 하였으며, 용존 산소량은 7 ppm 전후였고, 전 사육 기간 수온은 22±2.6°C 범위였다. 실험 개시 때와 시료채취 때에 측정 전일 절식시킨 후 MS222 (tricaine methane sulfonate, Sigma, USA) 100 ppm에 마취시켜 각 실험수조에 수용된 실험어 전체 무게를 측정하였다. 사료는 1일 2회 (10:00, 17:00, 주 6일간 공급) 체중의 3%에 해당하는 양을 공급하였다.

### 사료제조

실험에 사용된 실험사료 조성은 Table 1과 같다. 무첨가 대조구 (control), 실험사료에 미더덕 추출액으로부터 얻어진 농축액 (Brix 10.0)을 3% (ME-3), 6% (ME-6), 9% (ME-9) 및 15% (ME-15)로 혼합하여 총 5개의 실험구로 설정하였고, 첨가량 기준으로 농축액 함량이 낮은 구에는 증류수를 첨가하여 15%로 조정하였다. 실험사료는 단백질원으로 복양어분을 사용하였으며, 지질 원으로 오징어 간유 및 대두유, 점결제로  $\alpha$ -starch를 사용하였다. 비타민과 미네랄 혼합물 (멀티에드-M, 우성양행, 한국)을 각각 2% 첨가하였다. 사료제조는 모든 원료를 혼합한 후 MP (Moist Pellet) 제조기 (MN-22S, 후지공업(주), 한국)로 제조하였다. 실험사료는 소량 단위로 비닐 포장하여 질소 충전한 다음 -20°C의 냉동고에 보

Table 1. Composition of the experimental diets. <sup>1</sup>Mideodeok extract concentrates of 3% (ME-3), 6% (ME-6), 9% (ME-9) and 15% (ME-15). <sup>2</sup>Vitamin and mineral mixture were commercially available for fish

Ingredient	Experimental diets (%) <sup>1)</sup>				
	Control	ME-3	ME-6	ME-9	ME-15
Fish meal	58.0	58.0	58.0	58.0	58.0
$\alpha$ -Starch	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
Flour	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
Soybean meal	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0
Yeast	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Vitamin mix <sup>2)</sup>	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Mineral mix <sup>2)</sup>	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Squid liver oil	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
Soybean oil	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Mideodeok extracts (Brix 10.0)	0	3.0	6.0	9.0	15.0
Water	15.0	12.0	9.0	6.0	0

관하면서 실험에 사용하였다.

### 일반성분의 분석

AOAC (1990)에 따라 수분은 상압가열건조법, 조지방은 Bligh & Dyer 법 (1959), 조단백질은 semi-micro Kjeldahl 정량법, 회분은 550°C에서 건식회화법으로 측정하였다.

### 총 지질의 추출과 지방산조성의 분석

총지질의 추출은 Bligh and Dyer법 (1959)에 따라 chloroform과 methanol을 사용하였다. 지방산 유도체화는 AOCS법 (1990)에 따랐다. 즉, 시료 일정량을 cap tube에 취하고, 0.5 N NaOH-methanol 용액 1.5 mL를 가하여 질소 충전한 다음 100°C에서 3분간 가열하여 검화하였다. 방냉 후 12% BF<sub>3</sub>-methanol 2 mL를 가한 후 질소 충전 한 다음 tube의 뚜껑을 단단히 죄어서 100°C에서 20분간 가열하여 methylester화 하였다. 이를 약 30-40°C로 냉각한 후 isooctane 1 mL를 첨가하고 질소 충전한 다음 30초간 vortex mixer로 혼합하였다. 그리고 즉시 5 mL의 포화식염수를 가하고 질소 충전 한 다음 흔들어 방치하여 isooctane 층이 분리되도록 하였다. Isooctane 층을 시료병 (4 mL)에 옮긴 후 다시 isooctane 1 mL를 첨가한 다음 흔들어 재 추출하여 시료 병에 모으고 이를 지방산 분석용 methylester 시료로 하였다. 이를 capillary column (Omegawax-320, 30 m×0.25 mm i.d., Supelco Ltd., Bellefonte, PA, USA)이 장착된 GC (Shimadzu GC-17A, Kyoto, Japan)로써 분석하였다. 이때 GC의 분석 조건은 column온도 180°C에서 5분간 유지한 후 230°C까지 3°C/min씩 승온하여 15분간 유지하였고, injector온도 250°C, detector온도 260°C 그리고 carrier gas는 He (1.0 kg/cm<sup>2</sup>)를 사용하였다. 각 구성 지방산의 동정은 표준과의 머무름 시간 (RT)의 비교 및 equivalent chain length 법 (Ackman, 1995)에 의해 동정하였다.

### 통계처리

모든 결과의 통계처리는 ANOVA-test를 실시하여 Duncan's multiple range test로 평균 간의 유의성을 JMP version 5 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) 프로그램을 사용하여 검증하였다.

## 결과 및 고찰

### 일반성분의 변화

사료에 첨가된 추출물의 함량에 따라 수분함량의 차이를 보여 대조구는 10.4%, ME-3 (추출물 3%)구는 11.8%, ME-6 (추출물 6%)구는 13.7%, ME-9 (추출물 9%)구는 15.9%, ME-15 (추출물 15%)구는 20.0%였다 (Table 2). 미더덕 추출물의 첨가 농도가 늘어남에 따라 수분의 함량도 증가하는 경향이었고, 상대적으로 단백질의 함량은 수분함량이 증가함에 따라 감소하여 36.0-44.3%로 나타났으며, 지질 및 회분의 함량은 9% 및 13% 전후로 거의 변화가 없었다. 사료 중의 영양성분은 일반적인 실험사료의 범위 내에 있어 적절한 것으로 여겨진다

Table 2. Proximate compositions of experimental diets and fish tissues. Values with different superscripts in the same column are significantly different at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test. <sup>1)</sup>Results are mean values  $\pm$  SD of three replicates. <sup>2)</sup>ME; Mideodeok extract concentrates (Brix 10.0) of 3% (ME-3), 6% (ME-6), 9% (ME-9) and 15% (ME-15). <sup>3)</sup>M, muscle; L, liver

		Proximate composition (%) <sup>1)</sup>			
		Moisture	Crude protein	Crude lipid	Ash
Experimental diets <sup>2)</sup>					
	Control	10.4 $\pm$ 0.1	46.6 $\pm$ 0.2	8.9 $\pm$ 0.3	13.1 $\pm$ 0.2
	ME-3	11.8 $\pm$ 0.2	44.3 $\pm$ 1.0	9.2 $\pm$ 0.1	13.5 $\pm$ 0.2
	ME-6	13.7 $\pm$ 0.1	42.7 $\pm$ 0.4	9.4 $\pm$ 0.3	13.4 $\pm$ 0.1
	ME-9	15.9 $\pm$ 0.6	40.5 $\pm$ 0.4	9.8 $\pm$ 0.2	13.2 $\pm$ 0.4
	ME-15	20.0 $\pm$ 0.2	36.0 $\pm$ 0.3	8.9 $\pm$ 0.4	13.4 $\pm$ 0.2
Fish tissues					
	Muscle	78.5 $\pm$ 0.2	17.5 $\pm$ 0.8	2.1 $\pm$ 0.1	1.4 $\pm$ 0.2
	Liver			16.9 $\pm$ 1.7	
4 weeks					
Fish tissues <sup>3)</sup>					
	Control	M 77.1 $\pm$ 0.1 <sup>e</sup> L	16.1 $\pm$ 0.2	2.5 $\pm$ 0.1 20.6 $\pm$ 1.3 <sup>b</sup>	1.2 $\pm$ 0.1
	ME-3	M 79.0 $\pm$ 0.2 <sup>c</sup> L	18.6 $\pm$ 0.7	2.0 $\pm$ 0.3 21.8 $\pm$ 0.8 <sup>b</sup>	1.2 $\pm$ 0.1
	ME-6	M 77.8 $\pm$ 0.2 <sup>d</sup> L	17.4 $\pm$ 0.6	2.3 $\pm$ 0.1 20.3 $\pm$ 1.2 <sup>b</sup>	1.2 $\pm$ 0.1
	ME-9	M 81.2 $\pm$ 0.2 <sup>a</sup> L	16.0 $\pm$ 0.2	2.2 $\pm$ 0.2 20.1 $\pm$ 1.0 <sup>b</sup>	1.0 $\pm$ 0.1
	ME-15	M 80.3 $\pm$ 0.4 <sup>b</sup> L	15.8 $\pm$ 0.2	2.2 $\pm$ 0.3 25.6 $\pm$ 3.0 <sup>a</sup>	1.1 $\pm$ 0.1
8 weeks					
Fish tissues					
	Control	M 78.7 $\pm$ 0.2 <sup>a</sup> L	16.3 $\pm$ 0.3	2.9 $\pm$ 0.1 20.0 $\pm$ 2.6 <sup>b</sup>	1.5 $\pm$ 0.1
	ME-3	M 76.3 $\pm$ 0.1 <sup>c</sup> L	20.7 $\pm$ 0.5	3.3 $\pm$ 0.3 22.9 $\pm$ 2.0 <sup>b</sup>	1.4 $\pm$ 0.1
	ME-6	M 76.6 $\pm$ 0.2 <sup>b</sup> L	22.3 $\pm$ 0.4	2.8 $\pm$ 0.1 22.7 $\pm$ 2.9 <sup>b</sup>	1.4 $\pm$ 0.1
	ME-9	M 75.9 $\pm$ 0.2 <sup>d</sup> L	19.8 $\pm$ 0.9	2.4 $\pm$ 0.2 25.4 $\pm$ 2.4 <sup>b</sup>	1.3 $\pm$ 0.1
	ME-15	M 76.0 $\pm$ 0.1 <sup>d</sup> L	21.5 $\pm$ 0.8	2.1 $\pm$ 0.3 26.1 $\pm$ 3.6 <sup>a</sup>	1.3 $\pm$ 0.1

(Lee et al., 2000; Kim et al., 2003). 사육 4주 후 실험어의 수분함량은 77.1-81.2%, 단백질 함량은 15.8-17.4%였으나, 첨가물 ME-3, ME-6 및 ME-9구의 간 지질함량은 20.1-21.8%에 비하여 ME-15구는 25.6%로 높은 값을 보였다. 사육 8주 후 수분의 함량에는 거의 변화가 없었으며, 육중의 지질함량도 4주와 비슷한 값을 보였다. 간 지질함량은 ME-9구에서 25.4%로 증가하였고, ME-15는 26.1%로 4주와 비슷한 값을 나타내었다. Lee et al. (2000)은 조피볼락 사료에 EPA와 DHA를 농도별로 첨가하여 사육한 다음 육 및 간지질의 함량변화를 조사한 결과 육의 지질함량은 거의 비슷한 값이었으나, 간의 지질

함량은 EPA 및 DHA 조성비가 증가함에 따라 감소한다고 하였다. 그러나 미더덕 추출액 ME-9 및 ME-15구로 8주간 사육하는 경우 농도증가에 따라 간지질의 함량은 증가되는 것으로 나타났다. 회분의 함량은 추출물 농도 증가에 따른 변화를 나타내지 않았다.

#### 조피볼락의 성장도

조피볼락의 성장상태를 파악하기 위하여 체중, 사료효율, 간 및 내장 중량지수를 측정하여 Table 3에 나타내었다. 실험어의 초기 무게 124-129 g 내외에서 180-198 g으로 성장하였으나, ME-6구에서는 체중이 증가하다가 ME-9구에서는 정체되었으며, 사료효율도 이와 유사한 경향으로 ME-6구에서는 약 50%로 증가하였으나, ME-9 및 ME-15구에서는 43.9-40.3%로 낮아졌다. 어중에 따라 다르지만 목재 탄화물이 넙치의 생육에 미치는 영향을 조사한 결과 목초 액을 첨가하였을 때의 사료효율은 78.5%로 대조구에 비하여 약간 증가하는 것으로 보고하였으나 (Lee et al., 1994), 사료 중에 1% 이상의 공역리 놀레인산을 첨가하였을 때 잡종 striped bass 의 성장이 둔화되었다는 보고로 미루어 (Twibell et al., 2000), 어중 및 첨가물의 종류에 따라 차이가 있는 것으로 나타났다. 간 및 내장 중량지수는 대조구 2.6 및 8.3에 비해서는 첨가물구가 3.3-3.6 및 10.8-11.4로 나타났으며, ME-15구는 각각 4.6 및 13.6으로 대조구에 비하여 1.6배 이상 높은 값을 보여 범위에서 유의성 ( $p < 0.05$ )이 있는 것으로 나타났다. 8주 후 간지질 함량이 증가하고 (Table 2), 간 및 내장 중량지수가 증가하는 것으로 보아 간 지질의 대사가 원활히 이루어지지 않은 것으로 보였다. 간에 축적된 지질이나 장에서 흡수된 지질은 lipoprotein에 의해 운반된 후 저장조직에 축적되거나 에너지원으로 이용된다. Fukuzawa et al. (1971)은 육상동물의 간에 지질이 비정상적으로 높게 축적된 것은 lipoprotein의 합성이 저해된 것에 원인을 두고 있으며, 무지개송어의 lipoprotein 합성이 간에서 이루어진다는 Rogie and Skinner (1985)의 보고로 미루어볼 때 간세포의 대사장애로 lipoprotein의 합성이 저해되어 간 및 장의 지질이 이용되지 못하고 축적되는 것으로 여겨진다. 따라서 미더덕 추출물의 첨가량은 15% 이하로 조절하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

#### 지방산 조성의 변화

어류 및 미더덕 추출물 첨가사료의 지방산 조성을 Table 4에 나타내었다. 어류지질을 구성하고 있는 지방산 조성의 변화를 보면 육의 경우 C18:1과 C16:0은 각각 25.8% 및 17.2%였고, C20:5n-3 (EPA)는 7.5%, C22:6n-3 (DHA)는 20.8%로 육중의 조성비가 높게 나타났다. 간의 경우 C18:1과 C16:0은 각각 32.8% 및 16.2%였고, EPA는 6.0%, DHA는 14.4%로 육에 비하여 약간 낮은 경향을 보였다. n-3HUFA는 육에서 33.7%, 간에서 26.4%, 특히 간에서의 모노엔산이 45.7%로 월등히 높은 것은 사료 중 모노엔산의 조성비가 높은 동물성 유지가 함유된 사료를 섭취한 것으로 여겨진다. 사료의 주된 포화지

Table 3. Effect of dietary extract incorporation levels on body weight, feed efficiency, hepatosomatic index and viscerosomatic index of rock fish fed after 8 weeks. Values with different superscripts in the same column are significantly different at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test. <sup>1</sup>Mideodeok extract concentrates of 3% (ME-3), 6% (ME-6), 9% (ME-9) and 15% (ME-15). Results are mean values  $\pm$  SD (n=9). <sup>2</sup>Fish weight gain  $\times$  100/feed intake (dry matter). <sup>3</sup>HSI = 100  $\times$  (liver weight/body weight). <sup>4</sup>VSI = 100  $\times$  (viscera weight/body weight)

	Experimental diets <sup>1)</sup>				
	Control	ME-3	ME-6	ME-9	ME-15
Initial mean body weight (g)	129.0	128.8	124.0	124.4	126.1
Final mean body weight (g)	184.6	198.1	192.7	182.6	180.4
Feed efficiency (%) <sup>2)</sup>	41.2	49.9	50.8	43.9	40.3
HSI <sup>3)</sup>	2.6 $\pm$ 0.3 <sup>c</sup>	3.6 $\pm$ 0.6 <sup>b</sup>	3.3 $\pm$ 0.5 <sup>bc</sup>	3.5 $\pm$ 0.7 <sup>b</sup>	4.6 $\pm$ 0.4 <sup>a</sup>
VSI <sup>4)</sup>	8.3 $\pm$ 1.4 <sup>c</sup>	11.4 $\pm$ 0.9 <sup>b</sup>	10.8 $\pm$ 0.9 <sup>b</sup>	11.3 $\pm$ 1.0 <sup>b</sup>	13.6 $\pm$ 0.8 <sup>a</sup>

Table 4. Fatty acid compositions (area %) in diets and muscle, liver of rockfish. tr; trace (<0.1). <sup>1</sup>M, muscle; L, liver. <sup>2</sup>Mideodeok extract concentrates of 3% (ME-3), 6% (ME-6), 9% (ME-9) and 15% (ME-15). <sup>3</sup>HUFA; highly unsaturated fatty acid (above 20 carbon fatty acid)

Fatty acid	Fish <sup>1)</sup>		Experimental diets <sup>2)</sup>				
	M	L	Control	ME-3	ME-6	ME-9	ME-15
14:0	2.5	2.3	3.9	3.7	3.9	3.5	3.6
15:0	0.2	0.2	0.6	0.3	0.0	0.3	0.3
16:0	17.2	16.2	18.8	19.9	20.8	20.1	19.8
16:1n-7	6.5	8.4	4.9	4.3	4.8	4.0	4.2
Iso17:0	tr	tr	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
16:2n-4	0.3	1.2	0.6	0.3	0.0	0.1	0.2
17:0	0.1	0.0	0.5	0.3	0.0	0.3	0.3
16:3n-4	0.3	0.4	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
16:3n-1	0.0	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
16:4n-1	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
18:0	4.4	2.9	4.5	4.6	4.4	4.9	5.0
18:1n-9	21.8	27.1	18.2	19.5	20.3	20.1	20.1
18:1n-7	3.8	5.5	2.8	2.8	1.7	2.9	2.9
18:1n-5	0.2	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
18:2n-6	2.3	3.0	15.0	15.7	15.6	15.6	15.5
18:2n-4	0.0	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
18:3n-6	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
18:3n-4	0.0	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
18:3n-3	0.7	0.8	1.6	1.4	0.9	1.3	1.4
18:4n-3	1.0	0.4	0.8	0.6	0.2	0.5	0.6
20:0	0.1	0.1	0.3	0.3	0.1	0.3	0.3
20:1n-11	0.5	0.6	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9
20:1n-9	2.2	1.9	2.2	2.4	2.5	2.6	2.6
20:1n-7	0.2	0.2	0.4	0.2	0.1	0.2	0.2
20:2n-6	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3
20:4n-6	1.5	1.3	1.0	1.0	1.1	1.0	1.0
20:3n-3	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
20:4n-3	0.6	0.7	0.6	0.6	0.7	0.6	0.6
20:5n-3	7.5	6.0	5.3	5.2	5.5	5.0	4.9
22:0	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2
22:1n-9	2.0	1.5	1.8	1.9	2.0	2.1	2.1
22:1n-7	0.0	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5
21:5n-3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2
22:4n-6	0.3	0.6	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
22:5n-6	0.6	0.4	0.4	0.4	0.5	0.4	0.4
22:4n-3	0.2	0.1	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0
22:5n-3	1.6	2.2	1.7	1.7	2.1	1.7	1.7
22:6n-3	20.8	14.4	10.4	10.4	10.5	10.3	10.0
Saturates	24.5	21.8	29.1	29.3	29.4	29.5	29.5
Monoenes	37.3	45.7	31.7	32.4	32.7	33.2	33.4
Polyenes	38.2	32.5	39.2	38.3	37.9	37.3	37.1
n-3HUFA <sup>3)</sup>	33.7	26.4	22.5	22.7	23.8	22.3	22.2
C18:1/n-3HUFA	0.8	1.2	0.9	1.0	0.9	1.0	1.0

Table 5. Fatty acid compositions (area %) in muscle and liver of rock fish fed graded dietary levels of diets after 4 weeks. tr; trace (<0.1). <sup>1</sup>Mideodeok extract concentrates of 3% (ME-3), 6% (ME-6), 9% (ME-9) and 15% (ME-15). M, muscle; L, liver. <sup>2</sup>HUFA; highly unsaturated fatty acid (above 20 carbon fatty acid)

Fatty acid	Experimental diets <sup>1)</sup>									
	Control		ME-3		ME-6		ME-9		ME-15	
	M	L	M	L	M	L	M	L	M	L
14:0	2.9	1.7	2.1	2.6	2.3	2.0	2.8	2.4	3.0	3.1
15:0	0.4	0.3	0.4	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4	0.4	0.5
16:0	17.9	15.1	19.3	17.2	19.8	15.1	18.3	16.2	17.7	18.5
16:1n-7	6.7	7.5	5.8	8.3	5.4	7.0	7.0	7.6	7.8	9.0
Iso17:0	0.2	0.3	0.2	0.3	0.4	0.3	0.0	0.3	0.2	0.3
16:2n-4	0.7	0.7	0.6	1.1	0.6	0.7	0.6	1.1	0.7	1.1
17:0	0.5	0.6	0.6	0.7	0.6	0.7	0.6	0.7	0.6	0.7
16:3n-4	0.7	0.8	0.6	0.7	0.6	0.8	0.7	0.8	0.8	0.7
16:3n-1	0.3	0.3	0.3	0.4	0.3	0.3	0.3	0.4	0.3	0.3
16:4n-1	0.2	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18:0	4.4	6.7	5.0	2.6	5.9	3.8	4.9	3.0	3.9	2.6
18:1n-9	20.3	26.4	19.2	26.4	18.2	26.1	21.8	26.8	22.6	24.5
18:1n-7	3.6	5.8	3.5	4.2	3.5	5.4	3.9	4.3	3.9	4.0
18:1n-5	0.3	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18:2n-6	4.7	6.4	3.0	3.3	3.2	6.3	4.2	4.8	2.6	3.5
18:2n-4	0.0	0.2	0.0	0.2	0.0	0.2	0.0	0.2	0.0	0.2
18:3n-6	0.2	0.2	0.2	0.0	0.0	0.2	0.0	0.2	0.0	0.2
18:3n-4	0.3	0.3	0.3	0.4	0.3	0.4	0.3	0.4	0.3	0.4
18:3n-3	0.9	1.0	0.6	0.8	0.6	0.9	0.8	0.8	0.8	0.7
18:4n-3	1.1	0.5	0.7	0.5	0.8	0.6	1.0	0.4	1.0	0.5
20:0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20:1n-11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
20:1n-9	2.6	2.7	2.2	2.4	2.3	3.0	3.2	2.7	2.9	2.6
20:1n-7	0.2	0.0	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.2
20:2n-6	0.2	0.4	0.2	0.3	0.0	0.4	0.0	0.3	0.3	0.3
20:4n-6	1.3	0.8	1.9	1.1	1.9	0.9	1.7	1.2	1.6	1.1
20:3n-3	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
20:4n-3	0.5	0.6	0.0	0.7	0.4	0.6	0.5	0.6	0.5	0.5
20:5n-3	6.6	4.2	7.1	5.7	6.8	4.7	7.1	5.1	7.4	5.6
22:0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22:1n-9	1.7	1.2	1.3	1.7	1.4	1.5	2.2	1.8	2.2	1.5
22:1n-7	0.3	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
21:5n-3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.0	0.2	0.0	0.2	0.3	0.2
22:4n-6	0.2	0.3	0.2	0.5	0.0	0.3	0.3	0.4	0.2	0.4
22:5n-6	0.4	0.2	0.6	0.3	0.6	0.2	0.6	0.4	0.5	0.3
22:4n-3	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22:5n-3	1.3	1.5	1.2	1.8	1.3	1.8	1.4	1.9	1.3	1.8
22:6n-3	17.9	12.7	21.6	15.0	22.3	14.8	15.4	14.2	15.8	14.4
Saturates	26.6	24.8	27.5	23.8	29.3	22.2	27.0	23.0	25.9	25.6
Monoenes	35.8	43.8	32.8	43.3	31.0	43.2	38.1	43.5	39.7	42.1
Polyenes	37.7	31.4	39.7	32.9	39.7	34.6	34.9	33.5	34.4	32.3
n-3 HUFA <sup>2)</sup>	28.6	21.1	33.8	25.6	33.3	24.0	27.0	24.3	27.9	24.6

방산은 C16:0으로 18.8-20.8%, 모노엔산은 C18:1n-9으로 18.2-20.3%, 고도불포화산 중 EPA가 4.9-5.5%, DHA는 10.0-10.5%이었다. 어육에 함유된 C18:2n-6은 2.3%로 낮은 함량이었으나, 사료의 지방산 조성은 15.0-15.7%로 식물성 유지의 첨가량이 높은 것으로 여겨진다. 미더덕 추출액 첨가 농도별 사료의 포화산은 29.1-29.5%, 모노엔산은 31.7-33.4%, 고도불포화산은 37.1-39.2%로 첨가구별로 큰 차이는 없었다.

추출물 농도별로 4주간 사육한 조피볼락의 육과 간의 지방산 조성의 변화를 Table 5에 나타내었다. 포화산은 육과 간의 비율이 비슷하였으며, 모노엔산은 간에서의 42.1-43.5%로 육

의 31.0-39.7%보다 높은 값을 보였고, 고도불포화산은 육이 간에 비하여 높은 값을 보였다. 그리고 대조구에서의 고도불포화산은 육이 37.7%, 간은 31.4%로 다른 구에 비하여 낮았고, 첨가물의 농도가 높아질수록 육과 간에서의 고도불포화산의 조성비는 비슷하였다 (ME-9; 34.9%, 33.5%, ME-15; 34.4%, 32.3%). Lee et al. (1994)은 조피볼락의 필수지방산이 결핍되면 C18:1n-3HUFA 비가 높아지고, EPA와 DHA가 결핍된 사료에서 C18:1의 조성비가 높아지는 경향이 있다고 하였으나, 본 실험에서는 C18:1/n-3HUFA 비가 0.9-1.0으로 결핍지수 (1≤) 이하로 유지되었고, C18:1의 조성비도 대조구와 비슷

Table 6. Fatty acid compositions (area %) in muscle and liver of rock fish fed graded dietary levels of diets after 8 weeks. tr; trace (<0.1). <sup>1)</sup>Mideodeok extract concentrates of 3% (ME-3), 6% (ME-6), 9% (ME-9) and 15% (ME-15). M, muscle; L, liver. <sup>2)</sup>HUFA; highly unsaturated fatty acid (above 20 carbon fatty acid)

Fatty acid	Experimental diets <sup>1)</sup>									
	Control		ME-3		ME-6		ME-9		ME-15	
	M	L	M	L	M	L	M	L	M	L
14:0	1.4	3.4	1.7	3.2	1.9	2.8	2.0	3.2	2.3	3.7
15:0	0.2	0.5	0.3	0.4	0.3	0.4	0.3	0.4	0.4	0.5
16:0	14.3	18.3	12.5	17.5	17.6	19.0	15.6	19.1	24.1	17.3
16:1n-7	6.8	8.4	6.8	8.0	7.2	7.3	7.5	7.5	0.4	8.4
Iso17:0	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3
16:2n-4	0.6	0.8	0.7	0.7	0.7	0.6	0.8	0.7	1.0	0.9
17:0	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.7	0.6	0.6	0.5
16:3n-4	0.7	0.9	0.8	0.8	0.7	0.7	0.8	0.7	0.8	0.9
16:3n-1	0.2	0.3	0.2	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4
16:4n-1	0.0	0.2	0.1	0.2	0.1	0.3	0.1	0.3	0.1	0.3
18:0	4.5	4.5	7.3	4.4	6.5	4.8	5.9	4.6	5.6	4.2
18:1n-9	38.1	22.6	36.5	21.8	32.6	21.2	29.6	21.4	28.0	21.2
18:1n-7	6.2	4.0	6.4	3.8	5.7	3.8	5.2	3.7	4.9	3.7
18:1n-5	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18:2n-6	6.0	4.0	5.9	4.7	6.5	4.4	6.2	3.5	6.0	4.3
18:2n-4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.0	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2
18:3n-6	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
18:3n-4	0.3	0.3	0.4	0.3	0.3	0.3	0.4	0.3	0.4	0.2
18:3n-3	0.8	1.0	0.8	1.0	0.8	0.8	0.9	0.8	0.9	1.0
18:4n-3	0.4	1.2	0.5	1.2	0.4	0.9	0.5	1.1	0.5	1.2
20:0	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2
20:1n-11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20:1n-9	2.6	2.5	2.7	2.9	2.4	2.5	2.9	2.5	2.7	2.9
20:1n-7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20:2n-6	0.4	0.3	0.4	0.3	0.3	0.2	0.3	0.2	0.3	0.2
20:4n-6	0.8	1.2	1.0	1.2	0.8	1.6	0.9	1.5	0.9	1.2
20:3n-3	0.1	0.1	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
20:4n-3	0.6	0.5	0.6	0.5	0.5	0.5	0.6	0.5	0.6	0.5
20:5n-3	3.8	6.9	3.5	7.3	3.4	6.5	4.6	6.6	4.3	7.0
22:0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22:1n-9	1.1	1.6	1.2	2.0	1.0	1.6	1.5	0.4	1.5	1.9
22:1n-7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21:5n-3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3
22:4n-6	0.3	0.2	0.3	0.2	0.3	0.2	0.4	0.2	0.4	0.2
22:5n-6	0.2	0.4	0.2	0.4	0.2	0.5	0.2	0.5	0.3	0.4
22:4n-3	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
22:5n-3	1.7	1.2	1.7	1.2	1.7	1.3	1.9	1.2	1.8	1.3
22:6n-3	5.9	13.3	5.9	14.1	6.3	15.9	8.5	17.2	9.6	14.2
Saturates	21.4	27.6	22.7	26.3	27.1	27.9	24.9	28.1	33.3	26.6
Monoenes	55.2	39.0	53.6	38.4	49.0	36.3	46.7	35.6	37.5	38.1
Polyenes	23.4	33.3	23.8	35.2	23.9	35.8	28.4	36.3	29.2	35.2
n-3HUFA <sup>2)</sup>	14.0	24.4	14.2	25.6	13.9	27.1	17.8	28.3	18.6	25.5

한 값인 24-32%를 유지하는 것으로 나타났다. 당 년생 조피볼락 치어의 경우, 정제된 ester 형태의 지방산을 사료에 첨가한 연구에서 EPA와 DHA와 같은 n-3HUFA 요구량이 0.9-1.0%로 보고되고 있고 (Lee et al., 1994), 평균체중 130 g 전후의 조피볼락의 n-3HUFA 요구량은 0.6-0.9% 정도로 추정되며, 조피볼락 치어보다는 그 요구량이 낮아지는 경향을 보인다고 하였다 (Lee et al., 2000). 이 기준을 참고로 하면 본 실험에 공급된 n-3HUFA 함량은 충분한 것으로 판단된다.

추출물 농도별로 8주간 사육한 조피볼락의 육과 간의 지방산 조성의 변화를 Table 6에 나타내었다. 사료에 포함된

C18:1n-9의 높은 농도 때문에 조피볼락의 육 및 간에 축적된 값이 사육기간이 지남에 따라 점차 높아졌다. 육중에서의 초기 21.8%에서 4주 후 20.3%, 그리고 8주 후에는 38.1%로 높아졌고, 간에서는 27.1%에서 4주 후 33.4%, 8주 후 22.6%로 상대적으로 낮은 값을 보였다. 따라서 모노엔산의 육중 조성비가 급격히 높아짐에 따라 상대적으로 DHA 조성비는 5.9-9.6%로 급격히 낮아졌고, n-3HUFA도 초기 33.7%에서 4주 후 28.6%, 8주 후 14.0%로 낮아졌다. 그러나 간 중의 조성비는 8주 후 24.4-28.3%로 4주후의 24.3-25.6%로 비슷한 값을 보였다. 그리고 사료 중 EPA 및 DHA의 조성비를 높여 사육한 결과 간

중에 축적된 EPA 및 DHA 값에는 변화가 없었다는 여러 연구 결과로 미루어 볼 때 시험사료로 사육한 조피볼락의 간 지질 중 EPA 및 DHA의 변화가 적은 이유를 뒷받침하고 있다(Lee et al., 1993; Delgado et al., 1994). 오징어 간유나 대구 간유와 같은 해산어류에는 n-3HUFA가 다량 함유되어 있어 해산어류의 필수지방산을 충족할 수 있으므로 가장 많이 사용되는 어유이다(Sargent et al., 1993). 하지만 어유 중의 n-3HUFA는 산화되기 쉽고, 비타민 E 요구량, 경제성 등을 고려하여 첨가량을 결정해야 하고, 사료의 n-3HUFA 함량이 일정 수준 이상 함유되면 지질종류에 영향을 받지 않는 것으로 밝혀짐에 따라 사료원가를 절감할 수 있는 방법을 선택해야 할 것이다.

## 사 사

본 연구는 해양수산부 수산특정연구개발사업비(과제번호: MNF22004012-3-2-SB010)의 지원에 의하여 이루어졌습니다.

## 참 고 문 헌

- Ackman, R.G. 1995. Composition and nutritive value of fish and shellfish lipids. In: Fish and Fishery Products. Ruither, A., ed. CAB International, UK, 117-156.
- Ahn, S.H., S.H. Jung, S.J. Kang, T.S. Jeong and B.D. Choi. 2003. Extraction of glycosaminoglycans from *Styela clava* Tunic. Korean J. Biotechnol. Bioeng., 18, 180-185.
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C., USA, 35.1-35.30.
- AOCS. 1990. Fatty acid composition by GLC, Ce 1b-89. In: Official Methods and Recommended Practice of the AOCS. 4th ed. AOCS, Champaign, IL, USA, 1-5.
- Bligh, E.G. and W.J. Dyer. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. Can. J. Biochem. Physiol., 37, 911-917.
- Chien, Y.H. and S.C. Jeng. 1992. Pigmentation of kuruma prawn, *Penaeus japonicus* Bate, by various pigment sources and levels and feeding regimes. Aquaculture, 102, 333-346.
- Delgado, A., A. Estevez, P. Hortelano and M.J. Alejandro. 1994. Analyses of fatty acids from different lipids in liver and muscle of sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). Influence of temperature and fasting. Comp. Biochem. Physiol., 108A, 673-680.
- Fukuzawa, T., O.S. Privett and Y. Takahashi. 1971. Effect of essential fatty acid deficiency on lipid transport from liver. Lipids, 6, 388-393.
- Kim, C.T., B.C. Kang, H.K. Jee, A.J. Choi, C.J. Kim, Y.J. Cho, H.G. Hahn and K.D. Nam. 2005. Effect of chitosan-based feed additive on the growth and quality of cultured Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*. J. Chitin Chitosan, 10, 121-127.
- Kim, D.S., J.H. Kim, C.H. Jong, S.Y. Lee, S.M. Lee and Y.B. Moon. 1998. Utilization of obosan (dietary herbs) I. Effects on survival, growth, feed conversion ratio and condition factor in olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. J. Fish Pathol., 11, 213-221.
- Kim, J.J., S.J. Kim, S.H. Kim, H.R. Park and S.C. Lee. 2005. Antioxidant and anticancer activities of extracts from *Styela plicata*. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 34, 937-941.
- Kim, J.Y. and M.S. Choi. 1996. Effect of dietary *Enteromorpha compressa* on growth and blood properties in Israeli strain of common carp (*Cyprinus carpio*). J. Aquacult., 9, 151-157.
- Kim, K.W., K.Y. Park, Y.S. Lim, T.W. Kim, J.H. Yang, H.W. Park and S.C. Bai. 2003. Effects of dietary energy and protein levels on growth, respiration and growth efficiency of juvenile rockfish (*Sebastes schlegeli*). J. Aquacult., 16, 88-93.
- Kwon, M.G., Y.C. Kim, Y.C. Shon and S.I. Park. 1999. The dietary supplementing effects of kugija, *Lycium chinense*, on immune responses of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, to *Edwardsiella tarda*. J. Fish Pathol., 12, 73-81.
- Lee, S.M., J.Y. Lee and I.G. Jeon. 2000. Dietary squid oil and soybean oil ratio on growth and body composition of Korean rockfish *Sebastes schlegeli*. J. Aquacult., 13, 207-213.
- Lee, S.M., J.Y. Lee and S.B. Hur. 1994. Essentiality of dietary eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid in Korean rockfish, *Sebastes schlegeli*. J. Korean Fish. Soc., 27, 721-726.
- Lee, S.M., J.Y. Lee, Y.J. Kang, H.D. Yoon and S.B. Hur. 1993. n-3 Highly unsaturated fatty acids requirement of the Korean rockfish *Sebastes schlegeli*. J. Korean Fish. Soc., 26, 477-492.
- Nacional, L.M., J.S. Lee, S.J. Kang and B.D. Choi. 2006. Seasonal variation in the nutritional content of mideodeok *Styela clava*. J. Fish. Sci. Technol., 9, 49-56.
- Oh, S.J. 2004. Development and application of functional feed. Feed Journal, 7, 62-67.
- Okada, S., S.A. Nur-E-Borhan and K. Yamguchi. 1994. Carotenoid composition in the commercial black tiger prawns. Fisheries Sci., 60, 213-215.
- Richmond, A. 1998. Spirulina. In: Micro-Algal Biotechnology. Borowitz, M.A. and L.J. Borowitzka, eds.

- Cambridge University Press, Cambridge, UK, 85-121.
- Rogie, A. and E.R. Skinner. 1985. The roles of the intestine and liver in the biosynthesis of plasma lipoproteins in the rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. *Comp. Biochem. Physiol.*, 81B, 285-289.
- Sargent, J.R., J.G. Bell, M.V. Bell, R.J. Henderson and D.R. Tocher. 1993. Aquaculture: Fundamental and Applied Research. In: Coastal and Estuarine Studies 43. Lahlou B. and P. Vitiello, eds. American Geophysical Union, Washington, D.C., 103-124.
- Song, Y.B., S.W. Moon, S.J. Kim and Y.D. Lee. 2002. Effect of fermented orange in commercial diet on growth of juvenile flounder, *Paralichthys olivaceus*. *J. Aquacult.*, 15, 103-110.
- Twibell, R.G., B.A. Watkins, L. Rogers and P.B. Brown. 2000. Effects of dietary conjugated linoleic acids on hepatic and muscle lipids in hybrid striped bass. *Lipids*, 35, 155-161.
- Winston, G.W., D.G.F. Lemaire and R.F. Lee. 2004. Antioxidants and total oxyradical scavenging capacity during grass shrimp, *Palaemonetes pugio*, embryogenesis. *Comp. Biochem. Physiol. C*, 139, 281-288.

---

2008년 10월 3일 접수

2008년 12월 23일 수리