

배합사료와 생사료로 사육한 넙치의 체조성 및 육질 비교 평가

김강웅[†] · 장미순 · 박희연 · 김경덕 · 이준호 · 한현섭 · 안철민 · 손맹현
(국립수산과학원)

Comparative Evaluation of Proximate Composition and Muscle Quality according to the Olive Flounder (*Paralichthys olivaceus*) fed Extruded Pellets and Raw Fish-Based Moist Pellet

Kang-Woong KIM[†] · Mi-Soon JANG · Hee-Yeon PARK · Kyoung-Duck KIM
Jun-Ho LEE · Hyon-Sob HAN · Cheul Min AN · Maeng-Hyun SON
(National Fisheries Research & Development Institute)

Abstract

This study was conducted to evaluate the quality characteristics (proximate composition, fatty acids, amino acids and sensory properties) of whole body and dorsal muscle in olive flounder, which is switch size from juvenile to growing fed extruded pellets (EP) and raw fish-based moist pellet (MP) for 9 months. Sample was collected at 5 and 9 months to compare with those of EP and MP. Whole body crude protein of fish fed EP at 9 months was significantly higher than that of fish fed MP ($P<0.05$). Linolenic acid(18:3) and n-6/n-3 ratio in dorsal muscle of fish fed EP were significantly higher than those of fish fed MP ($P<0.05$). No significant differences were observed in the results of the flavor, color, taste and texture of the muscle of the fish fed EP compared to those fed MP ($P>0.05$). Based on the experimental results, we concluded that olive flounder cultured with EP is not inferior to those fed MP for quality characteristics of whole body and muscle.

Key words : Olive flounder, Extruded pellet, Moist pellet, Muscle quality, Growth

I. 서론

넙치를 양식하는 우리나라 양어가들의 대부분은 배합사료를 공급할 경우 생사료로 사육한 넙치에 비해 육질의 조직감과 맛에서 상품성이 떨어진다고 하는 인식이 팽배해 있어 치어기를 제외한 육성기 및 미성어기 육성용 먹이로 생사료를 많이 사용하고 있다. 따라서, 양식어민의 배합사료에 대한 신뢰성 확보 및 WTO/DDA, FTA 대비 국제 경쟁력 강화에 필요한 배합사료 품질의 우수성 등을 어업인들에게 알리기 위해서는 배합사료를 넙치에게 지속적으로 공급하면서 어체 성분 분석을 실시하고 생사료를 공급하여 사육한 넙치와 분석결과를 비교해 볼 필요가 있다.

[†] Corresponding author : 054-232-5433, kwkim@nfrdi.go.kr

* 본 연구는 국립수산과학원(친환경 실용배합사료 개발 및 품질관리 연구, RP-2012-AQ-113)의 지원에 의해 연구되었음.

최근 넙치용 배합사료 개발을 위한 연구들은 활발하게 진행되어(Lee et al., 2000; Kim et al., 2002; Kim et al., 2012), 양식현장에서 실험 배합사료를 공급한 넙치의 성장이 생사료에 뒤지지 않을 정도의 효과가 있다고 보고되고 있으며(Kim et al., 2007; Kim et al., 2009), 넙치 어체의 품질에 관한 연구로는 어육의 정미성분에 관한 연구(Kim et al., 2000; Lee et al., 2001) 및 배합사료와 생사료의 공급에 따른 양식 넙치의 품질차이에 관한 연구(Jang et al., 2009; An et al., 2011) 등이 보고되고 있다. 하지만 치어기에서 육성어기로 넘어가는 시점의 넙치에 대한 배합사료와 생사료의 장기간적 비교 평가가 미비한 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 100g 내외의 넙치에 배합사료와 생사료를 9개월 동안 공급하여 어체 품질 차이를 비교하고 5개월(중간 샘플링) 및 9개월(최종 샘플링) 동안 사육한 넙치 어체를 시료로 취하여 전어체의 일반 성분, 지방산, 구성아미노산을 비교분석하였다. 그리고 성장한 넙치의 등근육에 대해서는 성분분석과 아울러 관능검사를 실시하여 사료공급에 따른 어육의 품질 차이를 비교 검토해 보고자 하였다.

II. 연구내용 및 방법

1. 실험사료 및 실험설계

실험사료의 사료원료 및 일반성분 조성은 Table 1에 나타내었다. 실험사료의 단백질원으로는 어분, 대두박, 콘글루텐밀, 크릴밀을 사용하였으며, 지질원으로는 어유, 대두유, 그리고 탄수화물원으로는 밀가루, 밀글루텐을 사용하였다. 기타 첨가제로서 다시마분말, 향산화제, 콜린, 효소, 레시틴 등을 사용하였다. 습사료(MP)는 생사료(고등어, 청어, 조기새끼, 갈치새끼, 전갱이)와 분말사료(binder meal)를 9:1 비율로 혼합하여 양식장 현장에서 직접 크기별로 제조하여 -20°C

에서 냉동한 후 사용하였다. 실험 배합사료(EP)는 기존의 넙치 영양소 요구량을 고려하여 사료회사에서 EP 부상사료를 직경 5~15 mm 크기로 제조한 것을 사용하였다.

<Table 1> Ingredients and nutrient contents of experimental diets

Diets	EP ²⁾	MP ²⁾
Ingredients(%)		
Fishmeal (elgof)	60.5	-
Dehulled soybean meal	4.8	-
Corn gluten meal	2.0	-
Krill meal	3.5	-
Squid liver powder	2.0	-
Kelp meal	2.8	-
Fish oil + Soy oil	6.6	-
Raw-fish	-	90
Binder meal	-	10
Wheat flour	11.4	-
Wheat gluten	3.0	-
Vitamin premix	0.8	-
Mineral Premix	1.3	-
Additives ¹⁾	1.5	-
Proximate analysis (% DM basis)		
Moisture	8.3	71.2
Crude protein	53.4	64.1
Crude lipid	11.1	16.4
Crude ash	10.8	13.5

Diet ingredients were provided by Suhyup Feed Co., Kyong-Nam, Korea.

¹⁾Anti-oxidant, glucan, choline(50%), Lecithin.

²⁾EP; experimental extruded pellets, MP; moist pellet

Values (mean of two replications) in each row with a different superscript are significantly different ($P<0.05$).

2. 실험어 및 사육관리

실험어는 평균무게 108.7 ± 16.26 g(mean \pm SD)인 넙치 치어를 사용하였으며 142,300마리의 실험어를 콘크리트 수조에 각각 MP 및 EP 실험구로 2반복으로 무작위 배치하였다. 실험어는 9개월간(2007년 12월 3일~2008년 9월 3일) 사육을 하였으며 사육하는 기간 중 5개월과 9개월 후에 각각 10마리씩 무작위로 취하여 분석 시료로 사용하였으며 9개월 후에는 육질평가를 수행

하였다. 각 실험수조는 유수식으로 유수량은 생해수와 지하해수(30%)를 혼합하여 시간당 20회 전 되도록 하였으며, 실험기간 동안 15~23℃로 전 기간 자연수온에 의존하였다. MP와 EP 사료는 모두 1일 2~3회로 반복 공급하였다.

3. 성분분석 및 통계처리

가. 일반성분 분석

넙치를 사육하기 위해 공급한 각각의 실험사료와 각 사료구별 실험어에 대해, 5개월과 9개월 후에 시료를 취하여 일반성분 분석을 실시하였다. 각각의 실험사료와 실험어는 마쇄하여 사용하였으며, AOAC(2002)의 방법에 따라 수분은 105℃의 dry oven에서 6시간 건조 후 측정하였으며, 조단백질(N×6.25)은 Auto Kjeldahl System(Gerhardt VAP500T/TT125, KG, Germany)을 사용하여 분석하였다. 조지방은 조지방 추출기(Velp SER 148, Usmate, Italy)를 사용하여 ether로 추출한 후 측정하였으며, 조회분은 550℃에서 4시간 동안 회화 후 측정하였다.

나. 지방산 분석

일반성분 분석에서와 같이 각각의 실험사료와 실험어 전어체에 대해, 5개월과 9개월 후에 시료를 취하였으며 등근육은 9개월 후에 지방산 분석을 실시하였다. 실험사료는 분쇄한 시료 2 g에 대해, 그리고 각 사료구별 실험어는 동결건조하여 분쇄한 시료 3 g에 대하여 4배량의 chloroform : methanol 혼합용매(2:1, v/v)를 가하여 homogenizer (Ultra-Turrax® T25 digital, IKA, Germany)로 2분간 교반한 후, 여과하여 얻은 여액을 플라스크에 넣고 evaporator (N1000, Eyela, Japan)로 용매를 제거하여 지질을 추출하였다. 추출한 지질은 14% BF₃-methanol(Sigma Chemical Co., USA) 2 mL를 가하고 30분간 85℃에서 가열시킨 다음, 석유 ether로 추출하여 지방산 분석용 시료로 사용하

였다. GC 분석조건은 HP-INNOWax capillary column(30 m × 0.32 mm i.d., film thickness 0.5 μm, Hewlett-Packard, USA)이 장착된 gas chromatography(HP6890, USA)로 carrier gas는 helium을 사용하였다. Injector와 detector(FID) 온도는 각각 250℃, 270℃로 설정하였고, oven 온도는 170℃에서 225℃까지 1℃/min 증가시켰다. 각 지방산은 동일조건에서 표준지방산 methyl ester mixture (Sigma Chemical Co., USA)와 retention time을 비교하여 동정하였으며 함량은 각 peak의 면적을 상대적인 백분율로 나타내었다.

다. 구성아미노산 분석

공급된 사료와 배합사료와 생사료를 공급한 넙치의 전어체 시료를 5개월과 9개월 후에 그리고 등근육은 9개월 후에 시료를 채취하였다. 동결건조하여 분쇄한 각 사료구별 실험어 시료 1 g을 정밀히 취하여 시험관에 넣고 6 N-HCl 15 mL를 가하여 감압밀봉하여 110℃의 dry oven에서 24시간 이상 동안 산가수분해 시켰다. Glass filter로 분해액을 여과하고 얻은 여액을 55℃에서 감압농축 하여 염산과 물을 완전히 증발시킨 다음, 농축된 시료를 sodium citrate buffer(pH 2.20)로 25 mL 정용플라스크에 정용하여 0.45 μm membrane filter로 여과 한 시료액을 아미노산 자동 분석기(Biochrom 30, Biochrom Ltd., England)를 사용하여 다음과 같은 조건으로 분석하였다. Cation separation column(oxidised feedstuff column, 4.6 mm × 200 mm)을 사용하였고 0.2 M sodium citrate buffer(pH 3.20, 4.25)와 1.2 M sodium citrate buffer(pH 6.45) 및 0.4 M sodium hydroxide solution을 이동상으로 사용하였다. 이동상의 유속은 0.42 mL/min, ninhydrin 용액의 유속은 0.33 mL/min, column 온도는 48~95℃, 반응온도는 135℃로 하였고 분석시간은 65 min으로 하였다.

라. 관능검사

관능검사는 9개월 후 채취한 실험어로 실시하였다. 각 사료구별 넙치의 등근육을 일정한 크기로 썰어 $4 \pm 1^\circ\text{C}$ 의 냉장고에 1시간정도 넣어 둔 것으로 관능평가를 실시하였으며, 간장을 동반식품으로 하였다. 기호도 검사는 양식관련 연구원 및 어업인 40명을 대상으로 냄새(flavor), 색(color), 맛(taste), 조직감(texture) 및 종합적인 기호도(overall acceptability)에 대해서 9점 척도법을 사용하여 설문지 방식으로 실시하였다(Hatae et al., 1989). 1점은 매우 나쁘거나 낮음(extremely bad or slight), 9점은 매우 좋거나 강함(extremely good or much)으로 하여 9단계로 실시하였다.

마. 통계처리

모든 분석결과는 3회 반복측정한 평균치로 나타내었으며, 관능검사의 통계처리는 SPSS 14.0 프로그램을 사용하여 T-test를 실시하고 5% 유의수준에서 평균간의 동일성에 대한 유의성 검정하였다.

III. 결과 및 고찰

가. 일반성분 비교

넙치 치어를 사육하면서 공급한 배합사료와 생사료의 시료를 5개월과 9개월 후에 각각 취한 전어체 일반성분 분석 결과는 Table 2에 나타내었다. 5개월 후의 전어체 일반성분 분석 결과 배합사료 공급구가 생사료 공급구보다 수분 함량이 유의하게 낮게 나타나는 것을 확인할 수 있었으며 ($P < 0.05$) 조단백질의 함량은 통계적으로 유의한 차이는 없었지만 ($P > 0.05$), 생사료에 비해 높은 경향을 보였다. 9개월 후의 전어체 일반성분 분석 결과 배합사료 공급구의 조단백질 함량이 생사료 공급구 보다 유의하게 높게 나타나는 것을 확인할 수 있었으며 ($P < 0.05$) 수분의 함량이 생사료 보다 낮은 경향을 보였다. 이것은

<Table 2> proximate composition (%) of whole body in olive flounder fed the experimental diets

Whole body ¹⁾ of olive flounder				
sampling (Month)		²⁾ EP	³⁾ MP	⁴⁾ Pooled SEM
5th	Moisture	71.2 ^b	73.6 ^a	0.74
	Crude protein	18.8	17.8	0.33
	Crude lipid	2.90	2.70	0.37
	Crude ash	3.30	2.70	0.20
9th	Moisture	67.7	70.1	1.49
	Crude protein	19.9 ^a	19.2 ^b	0.21
	Crude lipid	5.05	7.50	0.83
	Crude ash	2.90	2.75	0.06

¹⁾Values are mean of two replicate determinations

²⁾EP; experimental extruded pellets

³⁾MP; moist pellet

⁴⁾Pooled standard error of means: SD/ \sqrt{n} .

배합사료의 수분 함량이 8.3%로 생사료의 수분 함량 71.2% 보다 비교적 낮은 수분 함량을 보인 것과 습증량을 기준으로 보았을 때 생사료가 상대적으로 낮은 단백질 함량을 나타내는 것과 관련될 것으로 예상된다. 실험 종료 후 채취한 등근육 일반 성분 조성을 비교하였을 경우 (Table 3), 전어체 일반 성분 분석 결과와 마찬가지로 배합사료를 공급한 실험어의 등근육 수분 함량이 생사료를 공급한 실험어 보다 유의하게 낮게 나타나는 것을 확인 할 수 있었으며 ($P < 0.05$), 조단백질의 함량은 통계적으로 유의한 차이는 없었지만 배합사료 공급구에서 높게 나타나는 경향을 보였다($P > 0.05$).

<Table 3> Proximate composition (%) of the dorsal muscle in olive flounder fed the experimental diets for 9 months

Samples		Composition(%)		
		Moisture	Crude protein	Crude lipid
Dorsal muscle ¹⁾	EP ²⁾	74.9 ^b	23.9	0.45
	MP ³⁾	75.8 ^a	22.6	0.55
⁴⁾ Pooled SEM		0.28	0.48	0.04

¹⁾Values are mean of two replicate determinations

²⁾EP; experimental extruded pellets,

³⁾MP; moist pellet

⁴⁾Pooled standard error of means: SD/ \sqrt{n} .

가. 지방산 함량의 변화

실험어에 공급되어진 배합사료와 생사료의 지방산 조성은 Table 4에 나타내었으며 배합사료와 생사료를 각각 공급한 실험어를 5개월과 9개월 후에 시료를 채취하여 지방산 조성 분석을 하였다(Table 5). 배합사료와 생사료의 지방산 조성 분석결과 생사료의 포화지방산(saturated fatty acid, SFA), 단일불포화지방산(monounsaturated fatty acid, MUFA) 그리고 다가불포화지방산(polyunsaturated fatty acid, PUFA)의 비율이 모두 배합사료보다 높았으며 MUFA의 조성은 배합사료와 생사료 모두 50% 이상인 것으로 나타났다. 5개월과 9개월 후에 채취한 시료의 지방산 조성 분석 결과 배합사료와 생사료를 공급한 실험구 모두 PUFA의 비율이 가장 높아 대부분 40% 이상을 차지하고 있는 것으로 나타났으며 SFA 조성에서 공통적으로 palmitic acid(16:0)의 함량이 가장 많았고, 불포화지방산(unsaturated fatty acid)으로는 oleic acid(18:1)와 docosa-hexaenoic acid(22:6, DHA)가 가장 많이 함유되어 있었다. 이는 넙치의 주요 구성지방산은 16:0, 22:6, 18:1, 20:5, 16:1 순이었다고 보고한 Oh et al. (1988)의 연구결과와도 유사하였다. 그리고 배합사료 공급구의 PUFA 조성은 생사료 공급구보다 5개월과 9개월 후 모두 높은 경향을 나타냈으며 SFA와 MUFA의 조성은 생사료 공급구가 배합사료 공급구보다 높은 경향을 나타내었다 ($P>0.05$). 한편, 어체 내 지방산 조성은 사료의 영양 조성(Watanabe et al., 1983; Olsen and Skjervold, 1995), 먹이의 결핍(Dave et al., 1976; Jezierska et al., 1982; De Silva et al., 1997), 그리고 서식 수온을 포함한 비영양학적 요인(Satoh et al., 1984; Bell et al., 1986)의 영향을 받는 것으로 알려져 있으며, An et al (2011)는 사료의 지방 조성 수준에 따라 어육의 linoleic acid(18:2)와 eicosapentaenoic acid (20:5, EPA)등 주요 지방산 조성에 변화가 있다고 보고하였다.

<Table 4> Fatty acid composition of the experimental diets for olive flounder (unit : % of total fatty acid)

Fatty acid	Diets ¹⁾	
	EP ²⁾	MP ³⁾
14:0	3.87	4.85
15:0	0.51	0.77
16:0	18.10	22.98
17:0	2.42	2.07
18:0	0.67	1.92
20:0	0.94	0.34
22:0	1.39	2.61
23:0	0.60	0.15
24:0	0.00	0.13
SFA ⁴⁾	28.46	35.78
16:1n-7	4.55	6.18
17:1n-7	0.56	0.72
18:1n-7	0.81	0.52
18:1n-9	14.78	17.61
20:1n-9	2.44	2.68
22:1n-9	0.27	0.35
24:1n-9	0.36	0.13
MUFA ⁴⁾	52.18	64.06
18:2n-6	10.64	6.56
18:3n-6	1.94	1.12
18:3n-3	0.90	0.83
18:4n-3	0.38	0.61
20:2n-6	0.31	0.70
20:3n-6	0.92	1.49
20:4n-6	0.46	0.76
20:3n-3	0.39	0.39
20:5n-3	5.58	8.17
22:4n-6	0.31	0.13
22:3n-3	0.40	0.25
22:5n-3	1.95	1.31
22:6n-3	13.82	13.93
PUFA ⁵⁾	24.11	27.10

¹⁾Values are mean of two replicate terminations

²⁾EP; experimental extruded pellets,

³⁾MP; moistpellet

⁴⁾SFA; saturated fatty acid, MUFA; monounsaturated fatty acid

⁵⁾PUFA; polyunsaturated fatty acid

실험 종료 후 등근육의 지방산 조성을 분석한 결과는 Table 6에 나타내었다. 등근육의 지방산 조성은 전어체 지방산 조성 과 마찬가지로 배합사료와 생사료를 각각 공급한 실험구 모두 SFA 조성에서 공통적으로 palmitic acid(16:0)의 함량

<Table 5> Fatty acid composition (%) of whole body in juvenile olive flounder fed the experimental diets
(unit : % of total fatty acid)

Fatty acid	Diets ¹⁾						
	5th month				9th month		
	EP ²⁾	MP ³⁾	Pooled	SEM ⁶⁾	EP ²⁾	MP ³⁾	Pooled SEM ⁶⁾
14:0	2.97	3.41	0.14		3.18 ^b	3.67 ^a	0.15
15:0	0.41 ^b	0.50 ^a	0.03		0.53	0.52	0.01
16:0	16.46 ^b	18.46 ^a	0.59		12.27	14.05	0.64
17:0	0.93	1.02	0.05		1.03	0.98	0.06
18:0	4.29	4.41	0.10		0.64	0.55	0.03
20:0	0.13	0.17	0.01		0.00	0.00	0.00
22:0	1.54	0.98	0.25		1.58	1.63	0.05
23:0	0.37	0.26	0.05		0.44	0.45	0.01
24:0	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
SFA ⁴⁾	27.09	29.20	0.64		19.65	21.85	0.69
16:1n-7	4.80	6.34	0.52		7.51	8.98	0.89
17:1n-7	0.34	0.39	0.02		0.49	0.48	0.04
18:1n-7	3.35	3.39	0.10		0.00	0.00	0.00
18:1n-9	13.73	14.46	0.46		20.90	24.28	1.22
20:1n-9	2.67 ^a	1.44 ^b	0.36		3.54	3.08	0.19
22:1n-9	1.02	0.63	0.19		0.10	0.07	0.02
24:1n-9	0.07	0.00	0.04		0.08	0.10	0.01
MUFA ⁴⁾	25.97	26.64	0.77		32.61	36.97	1.64
18:2n-6	5.41	3.68	0.90		8.93	5.23	1.24
18:3n-6	0.72	0.70	0.05		1.54	1.08	0.16
18:3n-3	0.76	0.96	0.06		1.03	1.15	0.04
18:4n-3	0.14	0.08	0.03		0.38	0.11	0.10
20:2n-6	0.48	0.29	0.07		0.61	0.37	0.08
20:3n-6	2.39	3.22	0.28		1.23	2.13	0.28
20:4n-6	0.15	0.12	0.01		0.31	0.14	0.08
20:3n-3	0.66	0.55	0.04		0.60	0.50	0.05
20:5n-3	7.85	7.87	0.28		7.54	8.34	0.38
22:4n-6	0.28 ^b	0.43 ^a	0.04		0.22	0.32	0.05
22:3n-3	0.72	0.91	0.06		0.58	0.61	0.02
22:5n-3	3.26	3.22	0.15		2.58	2.68	0.72
22:6n-3	24.14	22.18	0.79		22.25	18.57	1.34
PUFA ⁵⁾	46.94	44.17	1.04		47.76	41.19	2.19

¹⁾Values are mean of two replicate determinations

²⁾EP; experimental extruded pellets,

³⁾MP;moist pellet

^{4,5)}See the legend of Table 4

⁶⁾Pooled standard error of means: SD/\sqrt{n} .

이 가장 많았고, 불포화지방산(unsaturated fatty acid)으로는 oleic acid(18:1)와 docosa-hexaenoic acid (22:6, DHA)가 가장 많이 함유되어 있었다. 등근육의 지방산 조성 분석 결과 전어체 지방산 분석 결과와 마찬가지로 배합사료 공급구의 PUFA 조성이 생사료 공급구 보다 높은 경향을 나타냈으며 ($P>0.05$) 반대로, MUFA

의 조성은 생사료 공급구가 높게 나타나는 경향을 확인할 수 있었다 ($P>0.05$). 또한, linolenic acid(18:3) 함량은 배합사료 공급구가 생사료 공급구에 비해 유의하게 높은 값을 나타내었는데 ($P<0.05$), 배합사료를 공급한 넙치의 경우, 배합사료 제조시 사용되는 어유의 영향으로 인해 생사료 공급구보다 더 많은 linolenic acid의 함량

<Table 6> Fatty acid composition of the dorsal muscle in olive flounder fed the experimental diets for 9 months

(unit : % of total fatty acid)

Fatty acid	Dorsal muscle ¹⁾		Pooled SEM ⁶⁾
	EP ²⁾	MP ³⁾	
14:0	1.72	1.55	0.08
15:0	0.36	0.42	0.02
16:0	24.27	23.66	0.29
17:0	2.20	2.06	0.08
18:0	0.36	0.44	0.02
20:0	0.00	0.21	0.05
22:0	0.13 ^a	0.00 ^b	0.04
23:0	0.00	0.99	0.37
SFA ³⁾	29.04	29.33	0.08
16:1n-7	0.38	0.66	0.07
17:1n-7	0.74	0.38	0.09
18:1n-7	0.00	0.08	0.02
18:1n-9	3.24	4.97	0.53
20:1n-9	0.50 ^a	0.21 ^b	0.09
22:1n-9	0.00	0.00	0.39
MUFA ³⁾	4.86	6.30	0.59
18:2n-6	10.11	9.50	0.23
18:3n-6	4.75 ^a	1.70 ^b	0.94
18:3n-3	1.94	1.30	0.15
18:4n-3	0.36 ^b	0.61 ^a	0.06
20:2n-6	0.17 ^a	0.00 ^b	0.04
20:3n-6	0.12	0.09	0.03
20:4n-6	2.82	3.19	0.18
20:3n-3	0.38	0.31	0.03
20:5n-3	5.48	5.02	0.25
22:4n-6	1.12	0.13	0.22
22:3n-3	1.22	1.47	0.12
22:5n-3	3.49	3.03	0.17
22:6n-3	34.17 ^b	38.03 ^a	1.13
PUFA ⁴⁾	66.13	64.38	0.59
18:0/18:2	0.04	0.05	0.00
n-6/n-3	0.41 ^a	0.29 ^b	0.03

¹⁾Values are mean of two replicate determinations

²⁾EP; experimental extruded pellets,

³⁾MP; moist pellet

^{4),5)}See the legend of Table 4

⁶⁾Pooled standard error of means: SD/ \sqrt{n} .

을 나타낸 것으로 생각되었으며, 이러한 결과는 Jang et al (2011)이 보고한 연구결과와도 일치하였다. 아울러 어육의 linolenic acid 함량은 어류 특유의 비린내 (fishy odour)와 반비례 관계에 있다고 보고되어지고 있으며 (Camp et al.,

2003) linolenic acid의 함량을 줄인 배합사료를 공급하면 넙치 어육에서의 비린내를 효율적으로 감소시킬 수 있을 것으로 판단된다. DHA는 배합사료와 생사료를 통해 각각 13.8, 13.9%로 비슷하게 공급되었지만 등근육의 DHA 조성에서 생사료 공급구가 유의하게 높은 것으로 나타났다 ($P<0.05$). 등근육의 n-6/n-3 비율은 배합사료 공급구가 생사료 공급구보다 유의하게 높은 것으로 나타났다 ($P<0.05$). 이러한 결과는 Vatansever (2000)의 n-6/n-3 비율에 따른 육질의 질감 차이 보고를 토대로 보았을 때, 생사료를 공급한 넙치의 등근육이 배합사료를 공급한 어육보다 더 질긴 육질을 형성함을 예측할 수 있었으며 배합사료를 통하여 넙치육의 품질을 일부 개선시킬 수 있을 것으로 판단된다.

나. 구성아미노산 함량의 변화

실험어에 공급되어진 배합사료와 생사료의 구성아미노산 조성은 Table 7에 나타내었으며 배합사료와 생사료를 각각 공급한 실험어를 5개

<Table 7> Amino acid contents of the experimental diets for olive flounder

(unit : % of total amino acid)

Amino acid	Diets ¹⁾	
	EP ²⁾	MP ³⁾
Aspartic acid	7.89	8.72
Threonine	3.66	3.55
Serine	3.55	3.49
Glutamic acid	12.61	10.68
Proline	5.28	3.15
Glycine	5.47	5.73
Alanine	5.33	5.43
Cystine	0.42	0.47
Valine	6.13	7.77
Methionine	3.62	4.01
Isoleucine	4.31	4.21
Leucine	6.08	5.95
Tyrosine	2.90	3.15
Phenylalanine	3.28	3.23
Histidine	4.86	4.85
Lysine	7.90	9.57
Arginine	9.99	9.55

EAA ⁴⁾	49.82	52.69
FAA ⁴⁾	12.61	10.68
SAAA ⁵⁾	18.00	18.20
SAA ⁶⁾	4.04	4.47
FRAA ⁶⁾	6.18	6.37

¹⁾Values are mean of two replicate determinations

²⁾EP; experimental extruded pellets

³⁾MP; moist pellet

⁴⁾EAA; essentialaminoacid, FAA; amino acid in relation to flavor

⁵⁾SAAA; amino acid in relation to saccarinity

⁶⁾SAA; amino acid with sulfide, FRAA; fragrant amino acid

월과 9개월 후에 시료를 채취하여 구성아미노산 조성 분석을 하였다(Table 8). 구성아미노산 분석 결과 5개월과 9개월 후 모두 배합사료 공급

구와 생사료 공급구에서 필수아미노산(EAA; threonine, valine, methionine, isoleucine, leucine, phenylalanine, histidine, lysine, arginine)의 조성에는 유의한 차이가 없었다 ($P>0.05$). 또한, 맛 관련 아미노산(FAA: glutamic acid)과 감미계 아미노산(SAAA: threonine, serine, glycine, alanine), 황함유 아미노산(SAA: methionine, cystine)과 방향족 아미노산(FRAA: phenylalanine, tyrosine) 조성 모두 배합사료 공급구와 생사료 공급구에서 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다 ($P>0.05$). 실험 종료 후, 등근육의 구성아미노산 조성 분석 결과(Table 9) 배합사료 공급구가 생사료 공급

<Table 8> Changes of amino acid contents of whole body in olive flounder fed the experimental diets
(unit : % of total amino acid)

Amino acid	Whole body ¹⁾ of olive flounder					
	5th month			9th month		
	EP ²⁾	MP ³⁾	Pooled SEM ⁷⁾	EP ²⁾	MP ³⁾	Pooled SEM ⁷⁾
Aspartic acid	10.06	10.17	0.03	10.20	7.37	0.86
Threonine	4.81	4.93	0.04	4.40	3.40	0.27
Serine	4.82	4.96	0.07	3.75	2.87	0.27
Glutamic acid	7.66	7.73	0.01	12.77	9.13	0.90
Proline	4.91	5.11	0.06	1.44	4.43	0.93
Glycine	7.83	7.84	0.02	8.20	3.16	1.15
Alanine	7.21	7.29	0.05	9.20	2.58	1.38
Cystine	0.76	1.07	0.06	0.03	0.01	0.01
Valine	5.52	5.67	0.04	7.15	7.74	0.45
Methionine	3.52	3.61	0.02	2.02	7.93	1.42
Isoleucine	4.76	4.83	0.02	2.89	6.12	0.80
Leucine	8.49	8.58	0.02	5.13	7.28	0.58
Tyrosine	4.79	4.57	0.06	3.38	5.03	0.36
Phenylalanine	5.53	5.77	0.06	2.93	2.83	0.06
Histidine	4.09	4.21	0.04	2.68	3.94	0.31
Lysine	5.17	3.65	0.42	8.80	7.35	0.37
Arginine	5.93	5.83	0.15	6.49	12.94	1.63
EAA ⁴⁾	47.82	47.08	0.19	42.49	59.53	3.96
FAA ⁴⁾	7.66	7.73	0.01	12.77	9.13	0.90
SAAA ⁵⁾	24.67	25.02	0.15	25.55	12.01	2.98
SAA ⁶⁾	4.28	4.68	0.09	2.05	7.94	1.42
FRAA ⁶⁾	10.32	10.34	0.07	6.31	7.86	0.33

¹⁾Values are mean of two replicate determinations

²⁾EP; experimental extruded pellets

³⁾MP; moist pellet

^{4),5),6)}See the legend of Table7.

⁷⁾Pooled standard error of means: SD/\sqrt{n} .

구 보다 Methionine, Isoleucine, Histidine 및 Lysine을 포함한 필수아미노산 조성이 유의하게 높은 것으로 나타났다 ($P<0.05$). 그리고 감미계 아미노산인 Threonine과 Serine의 조성이 배합 사료 공급구가 생사료 공급구보다 유의하게 높게 나타났다 ($P<0.05$). 따라서 배합사료와 생사료를 공급한 넙치 사이에 아미노산의 조성 차이는

<Table 9> Amino acid contents of the dorsal muscle in olive flounder fed the experimental diets for 9 months
(unit : % of total amino acid)

Amino acid	Dorsal muscle ¹⁾		Pooled SEM ⁷⁾
	EP ²⁾	MP ³⁾	
Aspartic acid	10.47 ^a	9.91 ^b	0.16
Threonine	4.73 ^a	4.53 ^b	0.06
Serine	4.08 ^a	4.03 ^b	0.01
Glutamic acid	15.37	15.29	0.26
Proline	0.00 ^b	3.24 ^a	0.94
Glycine	4.59	4.71	0.22
Alanine	5.87	5.65	0.09
Cystine	0.51	0.74	0.08
Valine	5.62	5.39	0.07
Methionine	3.19 ^a	3.02 ^b	0.05
Isoleucine	5.06 ^a	4.75 ^b	0.09
Leucine	8.57	8.15	0.13
Tyrosine	3.82	3.63	0.06
Phenylalanine	4.18	4.08	0.05
Histidine	2.70 ^a	2.54 ^b	0.05
Lysine	10.02 ^a	9.41 ^b	0.18
Arginine	6.06	5.87	0.08
EAA ⁴⁾	50.10 ^a	47.72 ^b	0.69
FAA ⁴⁾	15.37	15.29	0.26
SAAA ⁵⁾	19.26	18.91	0.29
SAA ⁶⁾	3.70	3.76	0.06
FRAA ⁶⁾	7.99	7.70	0.10

¹⁾Values are mean of two replicate determinations

²⁾EP; experimental extruded pellets

³⁾MP; moist pellet

^{4),5),6)}See the legend of Table 7.

⁷⁾Pooled standard error of means: SD/\sqrt{n} .

없었으며 배합사료는 등근육의 필수아미노산과 감미계 아미노산의 조성을 일부 증가시켜 어육의 영양학적 개선을 유도할 수 있을 것으로 판단된다.

나. 관능평가

실험 종료 후, 배합사료와 생사료를 공급한 넙치 등근육의 관능평가를 실시하였다(Table 10).

냄새(flavor), 색(color), 맛(taste) 및 조직감(texture)은 배합사료 공급구와 생사료 공급구에서 유의한 차이가 없었으며 ($P>0.05$) 종합적인 기호도(overall acceptability)는 생사료 공급구가 배합사료 공급구보다 유의하게 높게 나타났다 ($P<0.05$). 우리가 생선을 회로 먹을 때, 어육의 지질함량은 맛과 질감에 상당한 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 지질 함량이 많은 어육은 육질에 탄력성을 잃어 질감이 좋지 않을 뿐만 아니라 기름진 느낌으로 맛에도 좋지 않은 영향을 미친다고 한다. 또한, Ioka (1997)에 의하면 넙치는 저지방 백색어류로 담백한 풍미를 가지는 육질이기 때문에, 아미노산과 지방산등 소량의 체성분의 변화에 의해 맛이 변화하기 쉬운 것이라고 보고하였고, 무지개 송어의 근섬유질의 크기는 사료의 영양조성에 영향을 받을 수 있는 것으로 알려져 있다 (Kiessling et al., 1991). 본 실험에서 각 사료구별로 관능검사 결과가 유의적인 차이를 보이지 않았으며 일반성분 분석결과에도 나타내었듯이 넙치 등근육의 조지방 함량은 1% 내외로 그 함량이 적어 각 사료구별로 넙치 어육의 맛과 질감의 차이를 구분하는데 한계가 있을 것으로 생각되었다. 따라서, 넙치와 같은 흰살 어육의 경우는 어육의 조직감이 맛의 판단에 더 중요한 역할을 할 것으로 생각되며, 배합사료를 공급하면서 사육한 넙치 어육은 생사료를 공급한 넙치 어육과는 큰 차이가 없음을 알 수 있었다.

<Table 10> Sensory scores¹⁾ of the dorsal muscle in olive flounder fed the experimental diets for 9 months

Samples	Dorsal muscle		Pooled SEM ⁴⁾
	EP ²⁾	MP ³⁾	
Flavor	6.2	6.6	0.14
Color	6.3	6.6	0.11
Taste	6.4	6.6	0.06
Texture	6.3	6.4	0.03
Overall acceptability	6.5 ^b	6.7 ^a	0.07

¹⁾Sensory scores were assessed on 9 points scale with 1= extremely bad or slight, 9 = extremely good or much

²⁾EP; experimental extruded pellets,

³⁾MP; moist pellet

⁴⁾Pooled standard error of means: SD/ \sqrt{n} .

Reference

- An, C. M. · Park, H. Y. · Son, M. H. · Kim, K.D. · Kim, K. W. and Jang, M. S.(2011). Evaluation of muscle quality of olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) fed extruded pellets containing different protein and lipid levels, and raw fish-based moist pellet, Korean journal of food preservation 18, 729~738.
- AOAC(2002). Official Methods of Analysis, 16th edition. AOAC International, Arlington, Virginia.
- Bell, M. V. · Henderson, R. J. and Sargent, J. R.(1986). The role of polyunsaturated fatty acids in fish, Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry 83B, 711~719.
- Camp, M. M. · Nute, G. R. · Wood, J. D. · Elmore, S. J. · Mottram, D. S. and Enser, M.(2003). Modeling the effect of fatty acids in odour development of cooked meat in vitro: part sensory perception, Meat Science 63, 367~375.
- Dave, G. · Johansson-Sjöbeck, M. · Larsson, A. Lewander, N. · K. and Lidman, U.(1976). Metabolic and hematological effects of starvation in the European eel, *Anguilla anguilla* L. III, Comparative Biochemistry and Physiology 53B, 509~515.
- De Silva, S. S. · Gunasekera, R. M. · Collins, R. · Ingram, B. A. and Austin, C. M.(1997). Changes in the fatty acid profile of the Australian shortfin eel in relation to development, Journal of Fish Biology 50, 992~998
- Ioka, H. · Yamanaka, H.(1997). Quality evaluation of the muscle of cultured plaice fed with three different diets, Nippon Suisan Gakk 63, 370~377.
- Jang, M. S. · Kang, Y. J. · Kim, K. W. · Kim, K. D. · Lee, H. M. and Heo, S. B.(2009). Quality characteristics of cultured olive flounder *Paralichthys olivaceus* fed with extruded pellets; I. Comparison of fatty acid and amino acid contents, Korean Journal of Food Science and Technology 41, 42~49.
- Jang, M. S. · Park, H. Y. · Kim, K. W. · Kim, K. D. and Son, M. H.(2011). Comparison of free amino acids and nucleotides content in the olive flounder *Paralichthys olivaceus* fed with extruded pellet, Korean journal of food preservation 18, 746~754.
- Jeziarska, B. · Hazel, J. R. and Gerking, S. D.(1982). Lipid mobilization during starvation in the rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson, with attention to fatty acids, Journal of Fish Biology 21, 681~692.
- Kiessling, A. · Storebakken, T. · Asgard, T. and Kiessling, K. H.(1991). Changes in the structure and function of the epaxial muscle of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* in relation to ration and age: I. Growth dynamics, Aquaculture 93, 335~356.
- Kim, H. Y. · Shin, J. W. · Park, H. O. · Choi, S. H. · Jang, Y. M. and Lee, S. O.(2000). Comparison of the taste compounds of red sea bream, rockfish and flounders differing in the localities and growing conditions, Korean Journal of Food Science and Technology 32, 550~563.
- Kim, K. D. · Lee, S. M. · Park, H. K. · Bai, S.

- C. and Lee, Y. H.(2002). Essentiality of dietary n-3 highly unsaturated fatty acids in juvenile Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*), Journal of World Aquaculture Society 33, 432~440.
 - Kim, K. W. · Kang, Y. J. · Kim, K. D. · Choi, S. M. · Lee, J. Y. · Moon, H. Y. and Bai, S. C.(2007). Long-term evaluation of muscle quality of the olive flounder, *Paralichthys olivaceus*, fed with extruded pellet, Journal of Aquaculture 20, 51~55.
 - Kim, K. W. · Kang, Y. J. · Kim, K. D. · Son, M. H. · Choi, S. M. · Bai, S. C. and Lee, K. J.(2009). Evaluation of extruded pellet for growth performance of olive flounder *Paralichthys olivaceus* in Jeju farm field, Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 42, 604~608.
 - Kim, K. W. · Kim, K. D. · Son, M. H. · An, C. M. · Lee, B. J. and Han, H. S.(2012). Effects of a commercial extruded pellet on growth performance and water quality in growing olive flounder *Paralichthys olivaceus*, Journal of fisheries and marine sciences education 24(4), 602~608.
 - Lee, K. H. and Lee, Y. S.(2001). Observation of muscle structure and DSC measurement of collagen of the cultured and wild red sea bream and flounder, Korean Journal of Food and Cookery Science 17, 549~554.
 - Lee, S. M. · Choi, S. H. and Kim, K. D.(2000). Effects of dietary protein and energy levels on growth and body composition of juvenile flounder *Paralichthys olivaceus*, Journal of World Aquaculture Society 31, 306~315.
 - Oh, K. S. · Ro, R. H. · Kim, J. G. and Lee, E. H.(1988). Comparison of lipid components in wild and cultured bastard, Korean Journal of Food Science and Technology 20, 878~882.
 - Olsen, Y. and Skjervold, H.(1995). Variation in content of ω 3 fatty acids in farmed Atlantic salmon, with special emphasis on effects on non-dietary factors, Aquaculture International 3, 22~35.
 - Satoh, S. · Takeuchi, T. and Watanabe, T.(1984). Effect of starvation and environmental temperature on proximate and fatty acid composition of *Tilapia nilotica*, Bulletin of the Japanese Society for Scientific Fisheries 50, 79~84.
 - Vatansever, L · E. Kurt · Enser, M. · Nute, G. R. · Scollan, N. D. · Wood, J. D. and Richardson, R. I.(2000). Shelf life and eating quality of beef from cattle of different breeds given diets differing in n-3 polyunsaturated fatty acid composition, Journal of Animal Science 71, 471~482.
 - Watanabe, T. · Kitajama, C. · Fujita, S.(1983). Nutritional values of live organisms used in Japan for mass propagation of fish: a review, Aquaculture 34, 115~143.
-
- 논문접수일 : 2012년 11월 23일
 - 심사완료일 : 1차 - 2013년 04월 29일
2차 - 2013년 05월 29일
 - 게재확정일 : 2013년 06월 03일