넙치(*Paralichthys olivaceus*) 치어 사료에 오징어(*Sepia esculenta*) 간분말 신제품에 대한 어분대체 효과

이해영*, 최세민¹ · 지호석²

국립수산물연구원 동해수산연구소 해역산업과, ¹(주)CJ사료, ²(주)동우산업

Effect of Partial Replacement of Fish Meal by New Squid *Sepia esculenta* Liver Powders on the Growth and Body Composition of Juvenile Olive Flounder *Paralichthys olivaceus*

HaeYoung Moon Lee*, Se-Min Choi¹ and Ho-Seok Ji²

Aquaculture Industry Division, East Sea Fisheries Institute, National Fisheries Research &
Development Institute, Uljin 767-863, Korea

¹CJ Feed, Incheon 400-103, Korea

²Dongwoo Industrial Co., Ltd., Pohang 790-804, Korea

An 8-week feeding experiment was conducted to evaluate three types of squid *Sepia esculenta* liver powder (SLP) as a dietary protein source replacing fish meal (FM) in juvenile olive flounder *Paralichthys olivaceus*. To replace FM, six experimental diets were formulated with three types (A, B, C) of SLP at the 5 and 10%: SLP-A5, SLP-A10, SLP-B5, SLP-B10, SLP-C5, and SLP-C10. One control diet contained 100% FM as the main protein source and another was a commercial diet (Com). Fish with an average body weight of 22.8±0.4 g (mean±SD) were allocated randomly to aquaria in groups of 20 fish and fed the experimental diets in triplicate to satiation. The weight gain (WG) and specific growth rate (SGR) of fish fed the SLP-C10 diet were lower than those of fish fed the FM and SLP-B5 diets. No significant difference was observed in the WG and SGR among fish fed the diets other than SLP-C10. The feed efficiency (FE) and protein efficiency ratio (PER) of fish fed each SLP diet did not differ from those fed the control diet. However, fish fed SLP-C5 and SLP-C10 had a lower FE and PER than the fish fed commercial, SLP-A5 and SLP-B5 diets. Each SLP diet except for SLP-C10 could replace up to 10% of FM for juvenile olive flounder. The results of this experiment provide information that will assist in formulating an inexpensive practical diet containing SLP for juvenile olive flounder.

Key words: Olive flounder, Squid liver powder (SLP), Fish meal (FM), Growth, Body composition

서 론

넙치(*Paralichthys olivaceus*)는 세계적인 고급 해산 양식 어종으로, 성장이 빠르고 맛이 좋은 수산양식물로 인식되면서 식용으로 각광받아 왔다. 국내 넙치양식은 1980년대 들어 인공종묘 생산기술이 개발된 이후, 종묘생산부터 양성까지 완전양식이 이루어지면서 어류양식의 절반가량을 차지하고 있으며 최근 연간 5만 톤 이상 생산되고 있는 주요 양식품종이다. 이와 함께, 넙치 배합사료 생산량도 증가하여 연간 1.7만여 톤이 생산되고 생사료 11만여 톤과 함께 사용되고 있다. 넙치 배합사료는 생산 단가의 절반가량 차지하기 때문에 생산비 절감을 위해서 가장 우선 고려해야 할 사항이다. 일반적으로 해산 어류는 단백질 요구량이 높은 반면 탄수화물 이용성이 낮아 사료내 단백질 공급은 아미노산 요구량뿐만 아니라 에너지 요구량을 맞추기 위해서 매우 중요하다(NRC, 1993; Moon and

Gatlin, 1991). 해산어 배합사료에서는 어떤 종류의 단백질원료를 선택하느냐에 따라 성장이 달라질 수 있다고 보고하고 있다(Moon and Gatlin, 1989; Moon and Gatlin, 1994; Lee and Cho, 1999). 어분은 기호성과 단백질 함량이 높아 넙치 배합사료에 절반가량으로 높은 비중을 차지하고 있는 단백질 원료이다. 하지만, 최근 들어 어업생산량의 둔화와 지속적으로 증가하는 양식 사료의 대량 사용으로 어분 가격은 꾸준히 증가하면서 배합사료 가격 상승에 의한 어류양식 어업인의 경영은 더욱 어려운 실정이다. 또한, 어분의 과다 사용에 의한 수질오염 유발 등 문제점이 대두되고 있다. 이러한 시점에서 어분대체 사료원료에 대한 연구는 산업적인 측면에서 매우 시급한 실정으로 다양한 품종에서 연구가 수행되었다(Kikuchi et al., 1997; Kikuchi, 1999; Lee et al., 1999). 넙치 사료에 있어 어분을 대체하기 위한 단백질 사료원료에 대한 연구는 식물성 원료(대두박, 콩글루텐 등)와 동물성 원료(우분, 육골분 등)에 대한 연구들이 이루어졌으나 실용적인 사용은 아직 미미한 실정이다.

*Corresponding author: hylee315@nfrdi.go.kr

양식사료 원료로 시판 중인 오징어부산물로 제조된 경제적인 오징어간분말(Squid liver powder, SLP)은 오징어내장과 식물성 원료인 대두박 등을 혼합한 것으로 단백질 함량이 45% 이상이며 아미노산 및 지방산 조성도 양호하고 기호성이 높아 해산품중 양식사료 원료로 사용 중에 있으며 넙치 치어에서 동절기 어분대체 효과 결과 10%까지는 어분대체 첨가가 가능함을 구명하였다(Cho et al., 2005). 또한, 넙치 치어에서 오징어간분의 평가 결과 25%까지 어분대체 첨가가 가능함을 밝혔다(Kim et al., 2009). 또한, n-3계 지방산인 DHA (22:6n3) 및 EPA (20:5n3) 함량도 풍부하여 기능성 식품으로도 개발 시판 중이다. SLP는 어분의 절반 가격으로 저렴하여 경제적인 어분대체 가능한 사료원료이며 공급 또한 안정적이다. 그러므로 본 연구는 넙치 치어에서 어분대체 사료원료로 사용 가능한 실용적인 신제품으로 사료원료업체에서 원료산지별 함유량 및 생산 공정을 달리한 세 종류 SLP에 대하여 이용성을 평가하고자 하였다.

재료 및 방법

실험사료 설계

넙치 치어에서 사료 내 어분대체 사료원료로서 업체와 공동으로 개발한 신제품 오징어간분말(SLP) 3종류(SLP-A, SLP-B, SLP-C)를 개발한 후 이용성을 평가하였다. 본 실험에서 새롭게 개발된 3종류의 SLP는 3종류의 SLP는 산지가 다른 2종류 오징어내장과 대두박을 약 1:1 또는 4:6 비율로 혼합하여 제조한 것으로서 오징어내장의 산지 및 대두박 함유량에 따라 영양성분에 차이가 있었다. 3종류 SLP에 대한 성분분석은 Table 1 및 2에 나타내었다. 단백질함량은 SLP-A가 52.4%로 SLP-B와 SLP-C 보다 약 1.7% 정도 높았지만, 지질함량은 SLP-A가 10%로 가장 낮았고, SLP-B는 13%, SLP-C는 16%로 가장 높았다. 총 지방산 내 n-3 고도불포화지방산(HUFA) 함량은 SLP-A가 20.0%, SLP-B는 21.2%, SLP-C는 23.0%로 나타났다. 7가지 실험사료는 대조구(Control)인 100% 어분구(FM), 어분대체 가능한 신제품 3종류 SLP (SLP-A, SLP-B, SLP-C)를 각각 5, 10%씩 대체하여 설계(SLP-A5, SLP-A10, SLP-B5, SLP-B10, SLP-C5, SLP-C10)한 후 제조하였고, 1가지 넙치용 상품사료를 추가하여 총 8가지 실험사료로 사육

Table 1. Proximate composition (dry matter basis, %) of three types of squid *Sepia esculenta* liver powder

Proximate composition	Squid liver powder		
	SLP-A	SLP-B	SLP-C
Moisture	7.35	8.81	9.75
Crude protein	52.40	50.60	50.80
Crude lipid	10.10	13.10	16.10
Ash	7.35	7.23	7.25

Table 2. Fatty acid composition of three types of squid *Sepia esculenta* liver powder (% of total fatty acids)

Fatty acid	Squid liver powder		
	SLP-A	SLP-B	SLP-C
C12:0	0.2	0.3	0.2
C13:0	1.7	1.6	2.3
C14:0	2.0	2.5	2.6
C15:0	0.4	0.4	0.4
C16:0	18.0	18.6	18.5
C16:1n	1.8	2.4	2.4
C17:0	0.6	0.7	0.7
C17:1n	1.3	0.0	0.0
C18:0	5.2	5.2	5.1
C18:1n-9	14.8	17.5	16.0
C18:2n-6	18.7	15.8	13.5
C18:3n-3	2.6	2.3	2.0
C18:4n-3	4.3	0.6	0.6
C20:1n-9	5.0	6.4	6.7
C20:2n-6	0.0	0.0	0.5
C20:4n-3	0.0	0.0	0.5
C20:4n-6	1.7	1.7	1.6
C20:5n-3	7.5	8.1	8.4
C22:1n-9	1.0	1.9	2.8
C22:5n-3	0.0	0.0	0.5
C22:6n-3	12.5	13.1	13.6
C24:0	0.8	1.0	1.0
n-3 HUFA ¹	20.0	21.2	23.0

¹Highly unsaturated fatty acid.

실험을 실시하였다. 넙치 실험사료의 조성은 Table 3에 나타내었다. 실험사료는 넙치 영양요구를 고려하여 설계하였으며(Kikuchi et al., 1997; Kim et al., 2002), 주 단백질원료로는 백색어분을 사용하였고, 지질원료로 어유를 그리고 탄수화물 원료로 소맥분을 사용하였다. 또한, 상업용 배합사료도 실험구(Com)로 추가하여 실험사료 7종과 비교하였다. 실험사료는 원료를 혼합한 후 강릉원주대학교에서 익스트루더 펠릿 밀(Extruder Pellet Mill, Kahl OEE 08, Germany)을 이용하여 펠릿 형태로 압출·성형하였으며 사료크기는 직경 5.0 mm로 제작하였다. 모든 실험사료는 포장하여 -20℃에 냉동 보관하면서 사용하였다.

실험어 사육관리

넙치 치어는 경상북도 포항소재 국립수산물과학원(사료연구센터) 사육실로 운반하여 3,000 L 수조에서 실험 환경에 적응할

Table 3. Composition (% dry wt.) of the experimental diets fed to juvenile olive flounder *Paralichthys olivaceus*

Ingredient	Diet							
	Control (FM)	SLP ² -A5	SLP ² -A10	SLP ² -B5	SLP ² -B10	SLP ² -C5	SLP ² -C10	Com
White fish meal ¹	66.0	61.0	56.0	61.0	56.0	61.0	56.0	
Squid Liver Powder-A ²	-	5.0	10.0	-	-	-	-	
Squid Liver Powder-B ²	-	-	-	5.0	10.0	-	-	
Squid Liver Powder-C ²	-	-	-	-	-	5.0	10.0	Closed formula
Corn gluten meal ¹	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	
Fish oil ³	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	
Wheat Flour ¹	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	
Others ⁴	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	
Composition (% dry matter basis)								
Moisture	23.6	24.3	24.2	22.5	19.8	24.1	22.9	5.8
Crude protein	54.4	53.0	51.8	52.2	51.8	53.7	52.3	54.5
Crude lipid	9.7	10.2	10.4	10.7	10.8	11.0	11.5	11.1
Crude ash	12.8	12.2	11.7	12.0	11.5	12.2	11.9	11.4

¹Provided by Suhyup Feed Co., KyeongSangNam-Do, Korea.

²Provided by Dongwoo Ind. Co., KyeongSangBuk-Do, Korea.

³Fish oil, Ethoxyquin, Vitamin A, D and E.

⁴Anti-oxidant, glucan, gelatin, betaine, choline, enzyme, lecithin, mineral & vitamin premix (mg/kg) : KI 250, MnSO₄·H₂O 2800, ZnSO₄·H₂O 2350, Vt K 225, Biotin (2%) 3500, Niacin 4850, Calcium pantothenate 11000, folic acid 2000, Vt-B¹ 1500, Vt-B₂ 2000, Vt-B₆ 2000, Vt-C 50000.

수 있도록 예비 사육하였으며, 실험시작 전에 실험어를 실험사료에 적응시키기 위해 상업용 사료를 2주간 공급하였다. 예비 사육 후, 평균무게 22.8±0.4 g (mean±SD)인 넙치 치어를 300 L 원형수조에 각각 20마리씩 수용하여 실험구당 3반복으로 무작위 배치하였다. 각 실험수조는 유수식으로 유수량은 10 L/min 되도록 조절하였다. 각 수조에는 산소를 충분히 공급하기 위해 에어스톤을 설치하였으며, 8주간 실험기간 동안 수온은 17-26℃로 자연수온에 의존하였다. 사료공급량은 전 실험기간 동안 1일 2회(오전 10시, 오후 4시) 반복으로 공급하였다.

어체 측정

어체 측정은 4주 간격으로 실시하였으며, 24시간 절식시킨 후 MS-222(100 ppm)로 마취시켜 전체 체중을 측정하였다. 실험종료 후, 증체율(WG, %), 일간성장률(SGR, %/day), 단백질 전환효율(PER), 사료효율(FE, %), 간중량지수(HSI), 비만도(CF) 및 생존율(survival rate, %)을 조사하였다. HSI를 조사하기 위해 각 수조별로 3마리씩 간의 무게를 측정하였다. 상기 측정 항목들의 계산식은 다음과 같다.

Weight gain (%)=(final wet body wt.-initial wet body wt.)×100/
initial wet body wt.

Feed efficiency (%)=(wet body wt. gain/dry feed intake)×100

Specific growth rate (%/day)=(loge final wet body wt.-loge initial wet body wt.)/days

Protein efficiency ratio=(wet body wt. gain/protein intake)

Hepatosomatic index=(wet liver wt./wet body wt.)×100

Condition factor=[wet body wt. (g)/body length (cm)³]×100

성분분석

일반성분은 3종류의 SLP, 실험사료 및 각 수조별로 3마리씩 무작위로 추출하여 분쇄한 전어체를 대상으로 분석하였으며, AOAC (Association of Official Analytical Chemists, 2000) 방법에 따라 수분은 상압가열건조법(135℃, 2시간), 조단백질(N×6.25)은 Auto Kjeldahl System (Gerhardt VAP500T/TT125, Germany)을 사용하여 분석하였다. 회분은 직접회화법으로 분석하였다. 조지질은 샘플을 12시간 동결 건조한 후, Soxtec system 1046 (Tacator AB, Sweden)을 사용하여 soxhlet 추출법으로 분석하였다. SLP의 지방산은 GC (Gas Chromatography, Thermo finnigan trace GC, USA)를 이용하여 분석하였다.

실험종료 후, 혈액성분 분석을 위하여 실험어를 채혈하기 전까지 약 24시간 동안 절식시켰다. 실험어를 각 수조당 3마리

씩 무작위로 추출한 후 일회용 주사기를 이용하여 실험어의 미부정맥에서 혈액을 채취하여 원심분리관에 넣고 실온에 30 분간 방치한 후 7,800 rpm에서 10분간 원심분리하여 냉장보 관하면서 16시간 이내에 분석하였다. 혈청성분은 혈액분석기 CH 100 (대광메디텍, 대한민국)을 이용하여 GOT (glutamate oxaloacetate transaminase), GPT (glutamate pyruvate transaminase)는 Kinetic 방법으로, T-P (total protein), Glucose, Cholesterol는 End-Point 방법을 이용하여 분석하였다.

통계분석

모든 자료의 통계처리는 Computer Program Statistix 3.1 (Analytical Software, St. Paul MN, USA)로 분산분석(ANO-VA test)을 실시하여 최소유의차검정(LSD: Least Significant Difference)으로 평균 간의 유의성($P<0.05$)을 검정하였다.

결과 및 고찰

8주 동안 사육한 넙치의 성장 결과를 Table 4에 나타내었다. 넙치 치어의 증체율(WG, %) 및 일간성장률(SGR, %/day)은 162-208% 및 1.72-2.00%로 오징어간분말(SLP)-C 10% 첨가 구를 제외한 모든 실험구와 유의적인 차이를 보이지 않았다. 사료효율(FE, %) 및 단백질전환효율(PER)은 123-146% 및 2.34-2.80%로 SLP-A 5%, SLP-C 5% 첨가구가 대조구인 어 분구에 비해 유의적으로 높게 나타났으며, 그 외 실험구에서는 대조구와 유의적인 차이를 보이지 않았다. 모든 실험구에서 생

존율은 98-100%였으며 유의적인 차이는 없었다. 넙치 치어의 간중량지수(HSI)와 비만도(CF)는 1.02-1.23과 0.91-0.99로 모 든 실험구와 유의적인 차이를 보이지 않았다. SLP-A와 SLP-B 는 10%까지, SLP-C는 5%까지 넙치 치어 사료내 어분 대체가 가능할 것으로 나타났다. 또한, 시판중인 넙치용 사료와 유사 한 성장결과를 나타내었으므로 실용화가 가능할 것으로 판단 된다. 본 실험 결과 SLP종류에 따라 사료내 어분의 5-10% 대 체수준은 동절기에 Squid Liver meal (SLM)을 이용할 경우 성 장 및 FE에서 10%까지 어분 대체가 가능하다는 결과와 유사하 였지만(Cho et al., 2005), SLP로 25%까지 어분 대체가 가능 하다는 결과 보다는 낮게 나타났다(Kim et al., 2009). 다른 대 체단백질원인 탈피대두박으로 20% (Lim et al., 2004), 콩글루 텐밀 40% (Kikuchi et al., 1999), 육골분 20% (Kikuchi et al., 1997) 보다는 낮게 나타났다. 어분은 높은 단백질함량과 기호 성으로 양식사료로 많이 사용되고 있지만 인의 이용율이 절반 가량으로 나머지 반 정도는 외부환경에 배출하여 수질오염의 원인이 되므로 환경친화적인 저오염 배합사료 생산을 위하여 SLP는 유용한 양식사료 원료로 대두되고 있다. 또한, 단백질 소화율이 90% 이상으로, 대두박의 82%, 옥수수밀의 75%, 육 분의 72%보다 높은 이용성을 나타내면서(Choi, 2004), DHA 및 EPA인 불포화지방산 함량이 높아 추가적으로 어유를 보충 해 줄 필요가 없다는 장점이 있다. 따라서 SLP 제품을 양식사 료 산업에 적용시 제품별 사육효과에 따른 성장에 대한 검증 이 필요하며, 우수한 제품은 경제적인 효과가 높을 것으로 예 상된다. 특히, 가장 우수한 성장결과를 보인 SLP-B에 대해서

Table 4. Growth performance of juvenile olive flounder *Paralichthys olivaceus* fed experimental diets for 8 weeks¹

Growth	Diet								Pooled SEM ²
	Control (FM)	SLP -A5	SLP -A10	SLP -B5	SLP -B10	SLP -C5	SLP -C10	Com	
Initial body weight (g)	22.7	22.6	22.6	22.7	22.8	22.7	22.8	22.9	0.08
Final body weight (g)	67.6 ^a	66.0 ^{ab}	62.9 ^{ab}	70.0 ^a	67.5 ^{ab}	64.2 ^{ab}	59.9 ^b	64.2 ^{ab}	0.92
WG (%) ³	198 ^a	192 ^{ab}	176 ^{ab}	208 ^a	196 ^{ab}	183 ^{ab}	162 ^b	184 ^{ab}	4.02
SGR (%) ⁴	1.95 ^a	1.91 ^{ab}	1.81 ^{ab}	2.00 ^a	1.93 ^{ab}	1.85 ^{ab}	1.72 ^b	1.86 ^{ab}	0.02
FE (%) ⁵	131 ^{bc}	146 ^a	129 ^{bc}	146 ^a	132 ^{bc}	126 ^c	123 ^c	139 ^{ab}	1.93
PER ⁶	2.40 ^{bc}	2.75 ^a	2.50 ^{bc}	2.80 ^a	2.55 ^b	2.34 ^c	2.35 ^c	2.55 ^b	0.04
CF ⁷	0.95	0.97	0.91	0.94	0.99	0.93	0.96	0.95	0.01
HSI ⁸	1.09	1.21	1.14	1.02	1.17	1.11	1.20	1.23	0.04

¹Values are means of triplicate groups, and values in the same row with different superscripts are significantly different ($P<0.05$).

²Pooled standard error of mean: SD/vn.

³Weight gain (%): [final wet body wt.(g)-initial wet body wt.(g)]/initial wet body wt.(g)×100.

⁴Specific growth rate: [loge final wet body wt.(g)-loge initial wet body wt.(g)/days]×100.

⁵Feed efficiency (%): (wet body wt. gain/dry feed intake)×100.

⁶Protein efficiency ratio: wet body wt. gain/protein intake.

⁷Condition factor: [fish wet body wt. (g)/fish body length (cm)³]×100.

⁸Hepatosomatic index: (wet liver wt.(g)/wet body wt.(g)×100.

는 10% 이상 대체첨가 가능성에 대한 추가적인 연구가 필요한 것으로 사료된다. 3종류의 SLP은 2종류 오징어내장과 대두박을 약 1:1 또는 4:6 비율로 혼합하여 제조한 것으로서 SLP종류에 따라 단백질함량은 SLP-A가 52.4%로 SLP-B와 SLP-C보다 약 1.7% 정도 높았지만, 지질함량은 SLP-A가 10%로 가장 낮았고, SLP-B는 13%, SLP-C는 16%로 가장 높았다. 총 지방산 내 n-3 고도불포화지방산(HUFA) 함량은 지질함량 마찬가지로 SLP-A가 20.0%, SLP-B는 21.2%, SLP-C는 23.0%로 나타났다.

전어체(WB) 일반성분 분석 결과를 Table 5에 나타내었다. 수분 함량은 75.8-77.3%, 조단백질 17.4-17.8%, 조지질 1.3-1.6%, 회분 3.6-4.1%의 범위로 모든 실험구에서 유사하였다. 사료내 단백질원료로 어분을 3종류 SLP로 10%까지 대체하

더라도 넙치 치어의 WB는 유사한 것으로 판단된다. 넙치 치어 WB의 일반성분인 수분, 단백질, 지질, 및 회분 함량에서는 실험구별 유의적인 차이가 나타나지 않았으므로, 넙치 치어의 WB는 SLP 종류별 10%까지 첨가에 의해 영향을 받지 않는 것으로 판단된다. 이러한 결과는 넙치(Choi et al., 2004; Lim et al., 2004)의 어분대체 단백질원료인 대두박에서와 유사하게 나타났다.

8주간 동안 3종류 신제품 SLP로 어분을 대체한 실험사료로 사육결과 넙치 치어의 혈액 및 혈청 분석 결과를 Table 6에 나타내었다. 모든 실험구(어분구, SLP구, 상업사료구)에서 넙치 치어 혈액내 Glutamic oxaloacetic transaminase (GOT), Glutamic pyruvic transaminase (GPT), 총단백질(TP), 콜레스테롤(T-Chol), 포도당(Glucose)에서 유사하였다. 혈액 및 혈청

Table 5. Proximate composition (% wet wt.) of the whole-body of olive flounder *Paralichthys olivaceus* fed experimental diets for 8 weeks¹

Whole-body composition	Diet								Pooled SEM ²
	Control (FM)	SLP -A5	SLP -A10	SLP -B5	SLP -B10	SLP -C5	SLP -C10	Com	
Moisture	76.7	77.0	77.3	77.2	76.8	76.5	75.8	76.8	0.30
Crude protein	17.4	17.5	17.8	17.6	17.4	17.8	17.4	17.6	0.11
Crude lipid	1.5	1.3	1.4	1.6	1.5	1.5	1.5	1.5	0.09
Crude ash	3.9	4.1	3.8	3.7	3.7	4.0	3.6	3.8	0.21

¹Values are presented as means of triplication.

²Pooled standard error of mean: SD/vn.

Table 6. Serological characteristics of olive flounder *Paralichthys olivaceus* fed experimental diets for 8 weeks¹

Serological characteristics	Diet								Pooled SEM ²
	Control (FM)	SLP -A5	SLP -A10	SLP -B5	SLP -B10	SLP -C5	SLP -C10	Com	
GOT (IU/l) ³	15.7	18.7	15.0	15.0	18.3	17.7	16.7	15.0	0.65
GPT (IU/l) ⁴	7.67	7.00	7.33	7.00	8.00	7.33	7.33	7.33	0.29
TP (g/dl) ⁵	4.36	4.30	4.40	4.33	4.27	4.53	4.20	4.33	0.05
T-Chol (mg/dl) ⁶	214	216	241	234	227	237	232	212	0.93
Glucose (g/dl)	25.0	26.7	27.3	28.0	29.3	28.0	29.0	28.7	4.42

¹Values are means pooled SEM from triplicate groups of three pooled blood.

²Pooled standard error of mean: SD/vn.

³Glutamic oxaloacetic transaminase. One unit is defined as the amount of enzyme causing the transamination of 1.0 μ mol of L-aspartate per minute at 25°C and pH 7.4.

⁴Glutamic pyruvic transaminase. One unit is defined as the amount of enzyme causing the transamination of 1.0 μ mol of L-alanine per minute at 25°C and pH 7.4.

⁵Total protein.

⁶Total cholesterol.

성분은 대부분의 동물에서 건강상태를 조사하는데 이용되어 왔다. 일반적으로 GOT와 GPT는 생체 내에서 당, 지질, 단백질 대사에 관여하는 효소로서, 간, 심장 및 근육 등의 조직 손상의 지표로 사용하며(Smith and Ramos, 1980), 대개 간에 장애가 있을 경우 그 값이 증가한다(Gordon, 1968). 그러나 본 실험 결과, 실험구간 간 기능에 영향을 미치지 않은 것으로 실험결과 나타났다. 체내 지질대사의 척도를 나타내는 T-Chol와 포도당은 어류의 체내 대사가 원활할 때 그 값이 감소한다고 보고되고 있다(Gordon, 1968). 본 실험에서 어분구, SLP구, 상업사료구 간에서 유사한 것으로 볼 때, 3종류 SLP로 어분을 10%까지 대체하더라도 넙치 치어의 혈액에는 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다. 본 실험의 넙치 치어의 혈액에서 TP를 제외한 GOT, GPT, T-Chol 및 Glucose 값은 이전 실험결과와 유사하였지만 TP는 높은 경향을 나타내었으며(Kim et al., 2009) 양식 넙치의 혈액에 대한 정보를 제공할 수 있을 것으로 사려 된다.

따라서, 해산어 양식을 위하여 실용적인 목적으로 개발된 3종류 SLP는 넙치용 사료원료로서 상품화가 가능하였으며 SLP 종류별 첨가량에 따라 넙치 치어의 성장에 차이가 나타나기도 하였다. 즉, 생산지별 오징어부산물 및 대두박과의 혼합비율 차이에 따라서 생산된 높은 단백질과 낮은 지질을 함유한 SLP-A와 SLP-B는 넙치 치어 사료내 어분을 10%까지 대체 가능하였지만 낮은 단백질과 가장 높은 지질을 함유한 SLP-C는 5%까지 대체가 가능한 것으로 나타났다.

사 사

본 연구는 국립수산물과학원(RP-2012-AQ-020)의 지원에 의해 운영되었습니다.

참고문헌

- Alam MS, Teshima SI, Koshiho S and Ishikawa M. 2002. Arginine requirement of juvenile Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus* estimated by growth and biochemical parameters. *Aquaculture* 205, 127-140.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 2000. Official Methods of Analysis, 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, Virginia. U.S.A.
- Cho SH, Lee SM, Park BH, Park IS, Choi CY, Min BH and Jo JY. 2005. Effect of partial replacement of fish meal with squid liver meal™ in the diet on growth and body composition of juvenile olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) during winter season. *J Fish Sci and Technol* 8, 65-69.
- Choi SM, Han KM, Wang XJ, Lee SH and Bai SC. 2004. Quality evaluation of domestic and foreign extruded pellets and moist pellet based on biochemical analyses for juvenile olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. *J Aquaculture* 17, 144-150.
- Dabrowski KP, Poczyczynski, Kock G and Berger B. 1989. Effect of partially or totally replacing fish meal protein by soybean meal protein on growth, food utilization and proteolytic enzyme activities in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *New in vivo test exocrine pancreatic secretion. Aquaculture* 77, 29-49.
- Gordon RB. 1968. Distribution of transaminase (*Aminotransferases*) in the tissues of the pacific salmon, with emphasis on the properties and diagnostic use of glutamic oxaloacetic transaminase. *J Fish Res Bd Can* 25, 1247-1268.
- Kikuchi K, Furuita T and Honda H. 1997. Use of meat and bone meal as a protein source in the diet of juvenile Japanese flounder. *Fish Sci* 63, 29-32.
- Kikuchi K. 1999. Use of defatted soybean meal as a substitute for fish meal in diets of Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Aquaculture* 179, 3-11.
- Kim KD and Lee SM. 2004. Requirement of dietary n-3 highly unsaturated fatty acids for juvenile flounder *Paralichthys olivaceus*. *Aquaculture* 229, 315-323.
- Kim KW, Wang XJ and Bai SC. 2002. Reevaluation of the Dietary Protein Requirement of Japanese Flounder *Paralichthys olivaceus*. *Aquacult Res* 33, 673-679.
- Kim KW, Wang XJ, Choi GJ and Bai SC. 2004. Evaluation of optimum dietary protein-to-energy ratio in juvenile olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. *Aquacult Res* 35, 250-255.
- Kim YC, Bai SS, Lee JH, Park GH, Lee JY and Bai SC. 2009. Dietary squid liver powder (SLP) with dehulled soybean meal (DHSM) as fish meal (FM) substitute for olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. *Kor. J. Fish Aquat Sci.* 42, 243-249.
- Lee HY and Cho KC. 1999. Vitamin nutrition of the Korean rockfish, *Sebastes schlegeli*-Development of suitable vitamin test diet. *Bull Nat'l Fish Res Dev Inst Korea* 56, 155-163.
- Lim SR, Kim KW, Choi SM, Wang XJ, Bai SC and Shin IS. 2004. Effects of dietary dehulled soybean meal as fish meal replacer in growing olive flounder, *Paralichthys olivaceus* (Temminck & Schlegel). *Aquaculture* 231, 457-468.
- Mcgoogan BB and Gatlin III DM. 1997. Effects of replacing fish meal with soybean meal in diets for red drum *Sciaenops ocellatus* and potential for palatability Enhancement. *J World Aqua Soc* 28, 374-385.
- Moon HY and Gatlin DM. 1989. Amino acid nutrition of the red drum (*Sciaenops ocellatus*); Determination of limiting amino acids and development of a suitable amino acid test diet. In: Takeda M. & Watanabe T. (editors). The current status of fish nutrition in aquaculture. Proceedings of the Third International Symposium of Feeding and Nutrition in Fish, Toba, Japan. 201-208.
- Moon HY and Gatlin DM. 1991. Total sulfur amino acid requirement of juvenile red drum, *Sciaenops ocellatus*. *Aquaculture* 95, 97-106.
- Moon HY and Gatlin DM. 1994. Effects of dietary animal proteins on growth and body composition of the red drum (*Sciaenops ocellatus*). *Aquaculture* 120, 327-340.
- National Research Council (NRC). 1993. Nutrient Requirements of Fishes. National Acad Press, Washington, DC, U.S.A.

Sim DS, Jung SH and Lee SD. 1995. Changes of blood parameters of the cultured flounder *Paralichthys olivaceus* naturally infected with *Staphylococcus epidermidis*. Bull Nat'l Fish Res Dev Inst Korea 49, 149-155.

2010년 7월 2일 접수

2012년 2월 14일 수정

2012년 3월 27일 수리