

# 조피볼락(*Sebastes schlegeli*) 치어 사료에 오징어(*Sepia esculenta*) 간 분말에 대한 어분대체 효과

이해영\* · 최세민<sup>1</sup>

국립수산과학원 동해수산연구소 해역산업과, <sup>1</sup>(주)CJ제일제당

## The Effect of Partial Replacement of Fish Meal by Squid *Sepia esculenta* Liver Powder on the Growth and Body Composition of Juvenile Black Rockfish *Sebastes schlegeli*

HaeYoung Moon Lee\* and Se-Min Choi<sup>1</sup>

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

<sup>1</sup>CJCheilJedang, Incheon 400-103, Korea

An 8-week feeding experiment was conducted to evaluate three types of squid *Sepia esculenta* liver powder (SLP) as a dietary protein source for replacement of fish meal (FM) in the juvenile black rockfish, *Sebastes schlegeli*. For replacement of FM, six experimental diets were formulated with 5 or 10% of either of three types (A, B, C) of SLP: SLP-A<sub>5</sub>, SLP-A<sub>10</sub>, SLP-B<sub>5</sub>, SLP-B<sub>10</sub>, SLP-C<sub>5</sub>, and SLP-C<sub>10</sub>. One of the control diets contained 100% FM as the protein source, and the other was a commercial diet (Com). Fish with an average body weight of 6.50 ± 0.03 g (mean ± SD) were allocated randomly in triplicate groups of 50 to aquaria and fed the experimental diets until satiation. The weight gain (WG) and specific growth rate (SGR) of fish fed the FM, SLP-A<sub>5</sub>, SLP-A<sub>10</sub>, and SLP-B<sub>5</sub> diets were higher than those of fish fed the Com, SLP-B<sub>10</sub>, SLP-C<sub>5</sub> and SLP-C<sub>10</sub> diets. No significant differences were observed in WG and SGR among the diet groups, with the exception of the SLP-C<sub>10</sub> diet group. The feed efficiency (FE) and protein efficiency ratio (PER) of fish fed the SLP-A<sub>5</sub>, SLP-A<sub>10</sub>, and SLP-B<sub>5</sub> diets did not differ from those fed the control diet. However, fish fed SLP-B<sub>10</sub> and SLP-C<sub>10</sub> had lower FE and PER than the fish fed the FM, commercial, SLP-A<sub>5</sub>, SLP-A<sub>10</sub>, and SLP-B<sub>5</sub> diets. Both the SLP-A and SLP-B diets, but not the SLP-C diets, replaced up to 10% and 5% of FM for juvenile black rockfish, respectively. The results of this experiment provide information that will assist in formulating an inexpensive and practical diet containing SLP for juvenile black rockfish.

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

### 서 론

조피볼락(*Sebastes schlegeli*)은 우리나라를 중심으로 고급 해산 양식 어종으로, 성장이 빠르고 맛이 좋은 양식수산물로 인식되면서 식용으로 각광받아 왔다. 국내 조피볼락 양식은 1990년대 들어 인공종묘 생산기술이 개발된 이후, 종묘생산부터 양성까지 완전양식이 이루어지면서 어류양식의 절반가량을 차지하고 있으며 2007년 최대 약3.6만 톤이 생산되었고 최근에는 생산량이 다소 감소하거나 정체되었지만 지속적으로 생산되고 있는 주요 양식품종이다(NFRDI, 1996, 2007, 2009, 2010; Statistics

Korea, 2010). 이와 함께, 조피볼락 배합사료 생산량도 꾸준히 증가하여 연간 2만여 톤 이상 생산되고 생사료 11만여 톤과 함께 사용되고 있다(NFRDI, 2007, 2009, 2010). 조피볼락 양식 사료는 생산단가의 절반가량 차지하기 때문에 생산비 절감을 위해서 가장 우선 고려해야 할 사항이다. 일반적으로 해산어류는 단백질 요구량이 높은 반면 탄수화물 이용성이 낮아 사료 내 특히 동물성 단백질 공급은 아미노산 요구량뿐만 아니라 에너지 요구량을 맞추기 위해서 매우 중요하다(Moon and Gatlin, 1989, 1991, 1994; NRC, 1993, 2011; Lee et al., 2001). 해산어 배합사료에서는 어떤 종류의 단백질을 원료를 선택하

#### Article history;

Received 5 April 2012; Revised 23 May 2013; Accepted 28 November 2013

\*Corresponding author: Tel: +82. 54. 782. 5497 Fax: +82. 54. 783. 5498

E-mail address: hylee315@korea.kr

Kor J Fish Aquat Sci 46(6) 746-752, December 2013

<http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2013.0746>

pISSN:0374-8111, eISSN:2287-8815

© The Korean Society of Fisheries and Aquatic Science. All rights reserved

Table 1. Proximate and amino acid composition of the three types of squid *Sepia esculenta* liver powder of the experimental diets

Proximate composition	Squid liver powder		
	SLP-A	SLP-B	SLP-C
Moisture	7.4	8.8	9.8
Crude protein	52.4	50.6	50.8
Crude lipid	10.1	13.1	16.1
Ash	7.4	7.2	7.3
Indispensable amino acid <sup>1</sup> (g/100 g)			
Arginine	1.96	1.98	-
Histidine	0.88	0.84	-
Isoleucine	1.27	1.28	-
Leucine	1.76	1.83	-
Lysine	1.80	1.83	-
Methionine	0.47	0.41	-
+Cystine	0.29	0.26	-
Phenylalanine	1.57	1.59	-
+Tyrosine	1.13	1.17	-
Threonine	1.26	1.31	-
Valine	1.19	1.27	-
Total	13.58	13.77	-

<sup>1</sup>See Table 5 (Moon and Gatlin, 1991).

냐에 따라 성장에 유의적인 차이를 나타내었다고 보고되었다 (Moon and Gatlin, 1989, 1991, 1994; Lee and Cho, 1999). 어분은 기호성과 단백질 함량이 높아 넙치를 포함한 조피볼락 배합사료에서도 절반 가량으로 높은 비중을 차지하고 있는 단백질 원료이다. 하지만, 최근 들어 어업생산량의 둔화와 지속적으로 증가하는 양식사료의 대량 사용으로 어분 가격은 꾸준히 증가하면서 품질에 따라 1톤에 1,500-1,800달러에 거래되고 있으며 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(NFRDI, 1993, 1996, 2007; Kikuchi, 1999; Lee et al., 1999, 2006, 2012; Cho et al. 2005; Kim et al., 2009). 조피볼락 사료에 있어 어분을 대체하기 위한 단백질 사료원료에 대한 연구는 식물성 원료(대두박, 콘글루텐 등)와 동물성 원료(우모분, 육골분 등)에 대한 연구들이 이루어졌으나(NFRDI, 1996, 2007; Lee et al. 1996; Lee et al., 1999, 2006) 실용적인 사용은 모든 영양소 요구량의 정보 부족으로 여전히 제한되어 있는 실정이다.

양식사료 원료로 시판 중인 오징어부산물로 제조된 경제적인 오징어간분말(Squid liver powder, SLP)은 가격은 품질에 따라 1톤에 500-800달러로 어분의 절반 수준으로 오징어내장과 식

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 <sup>1</sup>	20.0	21.2	23.0

<sup>1</sup>Highly unsaturated fatty acid.

물성원료인 대두박 등을 혼합하여 제조한 것으로 단백질 함량이 45% 이상이며 아미노산 및 지방산 조성도 일부 필수 아미노산인 라이신 및 메치오닌 등이 부족하지만 대체로 양호하고 기호성이 높아 해산품종의 양식사료 원료로 사용 중에 있으며 넙치 치어에서 동절기 어분대체 효과 결과(Cho et al. 2005) 10%까지는 어분대체 첨가가 가능함이 구명되었다. 넙치 치어에서 SLP의 평가 결과 25% 어분대체 첨가가 가능하였다(Kim et al. 2009). 또한, 넙치 치어에서 SLP 종류에 따라 10%까지는 어분대체 첨가가 가능함을 밝히기도 하였다(Lee et al., 2012). ω-3계 지방산인 DHA (22:6ω3) 및 EPA (20:5ω3) 함량도 풍부하여 기능성 식품으로도 개발 시판 중이다. SLP는 어분의 약 절반 가격으로 저렴하여 경제적인 어분대체 가능한 사료원료이며 공급 또한 안정적이다. 하지만 조피볼락에서 SLP의 어분대체 효과에 대한 연구는 거의 없어 어분대체 가능성을 조사할 필요가 있다. 따라서, 본 연구는 원료 생산지별 및 함유량을 달리한 세 종류 SLP를 조피볼락 치어에서 어분대체 단백질원료로써 사용

Table 3. Composition and proximate analysis of the different experimental diets fed to juvenile black rockfish *Sebastes schlegeli*

Ingredient	Diet (%)							Com
	Control (FM)	SLP -A5	SLP -A10	SLP -B5	SLP -B10	SLP -C5	SLP -C10	
White fish meal <sup>1</sup>	53.0	48.0	43.0	48.0	43.0	48.0	43.0	
SLP-A <sup>2</sup>	-	5.0	10.0	-	-	-	-	
SLP-B <sup>2</sup>	-	-	-	5.0	10.0	-	-	
SLP-C <sup>2</sup>	-	-	-	-	-	5.0	10.0	
Corn gluten meal <sup>1</sup>	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	
Fish oil <sup>1</sup>	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	Closed formula
Wheat Flour <sup>1</sup>	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	
Others <sup>1,3</sup>	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	
Proximate analysis (% dry matter basis)								
Moisture	26.7	27.4	23.7	25.0	24.9	23.6	25.5	10.6
Crude protein	48.3	47.5	46.6	47.3	45.8	46.8	46.2	47.2
Crude lipid	14.4	14.4	14.4	14.8	15.1	14.9	15.2	9.3
Ash	10.6	10.4	9.8	10.0	9.8	9.9	9.7	13.0

<sup>1</sup> Provided by Suhyup Feed Co., KyeongSangNam-Do, Republic of Korea.

<sup>2</sup> See Table 1 and 2.

<sup>3</sup> Glucan, gelatin, betaine, choline, enzyme, lecithin, mineral & vitamin premix (mg/kg) : KI 250, MnSO<sub>4</sub>\*H<sub>2</sub>O 2800, ZnSO<sub>4</sub>\*H<sub>2</sub>O 2350, Vt K 225, Biotin(2%) 3500, Niacin 4850, Calcium pantothenate 11000, folic acid 2000, Vt-B<sub>1</sub> 1500, Vt-B<sub>2</sub> 2000, Vt-B<sub>6</sub> 2000, Vt-C 50000.

효과를 평가하고자 하였으며 이때 시판되고 있는 조피볼락 치어용 상품사료도 오징어간분말을 함유한 실용 배합사료 개발을 위하여 함께 사육 효과를 비교하였다.

## 재료 및 방법

### 실험사료

조피볼락 치어에서 사료 내 어분대체 사료원료로서 업체 (DW, 포항, 대한민국)에서 제공한 오징어간분말(SLP) 3종류 (SLP-A, SLP-B, SLP-C)의 어분대체 효과를 조사하였다. 본 실험에서 사용된 3종류의 SLP는 3종류의 SLP는 산지가 다른 오징어내장과 대두박을 약 1:1 또는 4:6 비율로 혼합하여 제조한 것으로서 오징어내장의 산지 및 대두박 함유량에 따라 영양 성분에 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, 어류에서의 필수아미노산 (NRC, 1993; Moon and Gatlin, 1991)의 함량은 14%로 유사하였다. 지질함량은 SLP-A가 10%로 가장 낮았고, SLP-B는 13%, 그리고 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-A<sub>5</sub>, SLP-A<sub>10</sub>, SLP-B<sub>5</sub>, SLP-B<sub>10</sub>, SLP-C<sub>5</sub>, SLP-C<sub>10</sub>)한 후 제조하였고, 1가지 조피볼락용 상품사료를 추가하여 총 8가지 실험사료로 사육실험을 실시하였다. 조피볼락 실험사료의 조성은 Table 3에 나타내었다. 실험사료는 조피볼락 영양요구를 고려하여 설계하였으며(NFRDI, 1996, 2007), 주 단백질원료로는 백색어분을 사용하였고, 지질원료로 어유를 그리고 탄수화물원료로 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 3.0 mm로 제작하였다. 모든 실험사료는 포장하여 -20℃에 냉동 보관하면서 사용하였다.

### 실험어 및 사육관리

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

Table 4. Growth performance of juvenile black rockfish *Sebastes schlegeli* fed different experimental diets for 8 weeks<sup>1</sup>

Growth	Diet								Pooled SEM <sup>2</sup>
	Control (FM)	SLP -A5	SLP -A10	SLP -B5	SLP -B10	SLP -C5	SLP -C10	Com	
Initial wet body weight (g/fish)	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	0.01
Final wet body weight (g/fish)	23.4	22.4	23.6	24.0	16.7	20.5	16.8	19.9	0.59
WG (%) <sup>3</sup>	260 <sup>a</sup>	244 <sup>a</sup>	263 <sup>a</sup>	270 <sup>a</sup>	157 <sup>c</sup>	216 <sup>b</sup>	157 <sup>c</sup>	206 <sup>b</sup>	9.06
SGR (%) <sup>4</sup>	2.29 <sup>a</sup>	2.20 <sup>a</sup>	2.30 <sup>a</sup>	2.34 <sup>a</sup>	1.69 <sup>c</sup>	2.05 <sup>b</sup>	1.69 <sup>c</sup>	2.00 <sup>b</sup>	0.05
FE (%) <sup>5</sup>	104 <sup>a</sup>	101 <sup>a</sup>	101 <sup>a</sup>	105 <sup>a</sup>	78 <sup>c</sup>	92 <sup>b</sup>	79 <sup>c</sup>	100 <sup>a</sup>	2.23
PER <sup>6</sup>	2.97 <sup>ab</sup>	2.98 <sup>ab</sup>	2.97 <sup>ab</sup>	3.04 <sup>a</sup>	2.77 <sup>c</sup>	2.86 <sup>bc</sup>	2.78 <sup>c</sup>	3.13 <sup>a</sup>	0.03
CF <sup>7</sup>	1.62	1.57	1.62	1.60	1.53	1.63	1.67	1.56	0.03
HSI <sup>8</sup>	3.00	2.90	2.94	2.94	2.96	3.03	2.94	2.99	0.06

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

<sup>2</sup>Pooled standard error of mean: SD/vn.

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

<sup>4</sup>Specific growth rate: [ $\log_e$  final wet body wt.(g) -  $\log_e$  initial wet body wt.(g)/days] × 100.

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

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

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

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

할 수 있도록 예비 사육하였으며, 실험시작 전에 실험어를 실험 사료에 적응시키기 위해 상업용 사료를 2주간 공급하였다. 예비사육 후, 평균무게 6.50 ± 0.03 g (mean ± SD)인 조피볼락 치어를 60 L 원형수조에 각각 50마리씩 수용하여 실험구당 3반복으로 무작위 배치하였다. 각 실험수조는 유수식으로 유수량은 2 L/min 되도록 조절하였다. 각 수조에는 산소를 충분히 공급하기 위해 에어스톤을 설치하였으며, 8주간 실험기간 동안 수온은 22.0 ± 2.2°C로 자연수온에 의존하였다. 사료공급량은 전 실험기간 동안 1일 2회(10:00, 17:00) 반복으로 공급하였다.

#### 어체 측정

어체 측정은 4주 간격으로 실시하였으며, 24시간 절식시킨 후 MS-222(100 ppm)로 마취시켜 전체 체중을 측정하였다. 실험 종료 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)=( $\log_e$  final wet body wt.- $\log_e$

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)<sup>3</sup>]×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°C, 2시간), 조단백질(N×6.25)은 Auto Kjeldahl System (Gerhardt VA-P500T/TT125, Germany)을 사용하여 분석하였다. 회분은 직접회화법으로 분석하였다. 조지질은 샘플을 12시간 동결 건조한 후, Soxtec system 1046 (Tator 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 6마리씩 무작위로 추출한 후 일회용 주사기를 이용하여 실험어의 미부 정맥에서 혈액을 채취하여 원심분리관에 넣고 실온에 30분간 방치한 후 7,800 rpm에서 10분간 원심분리하여 냉장보관하면서 16시간 이내에 분석하였다. 혈청성분은 혈액분석기 CH 100

Table 5. Proximate composition (% wet weight) of the whole-body of black rockfish *Sebastes schlegeli* fed experimental diets for 8 weeks

Proximate composition	Diet								Pooled SEM <sup>2</sup>
	Control (FM)	SLP -A5	SLP -A10	SLP -B5	SLP -B10	SLP -C5	SLP -C10	Com	
Moisture	70.3	71.5	70.2	70.0	70.9	71.1	71.5	70.8	0.3
Crude protein	16.6	16.4	16.6	16.4	16.4	16.0	16.6	16.2	0.1
Crude lipid	7.8	6.9	7.2	8.4	6.5	7.1	6.3	6.6	0.1
Ash	4.6	4.3	4.5	4.4	4.6	4.6	4.5	4.7	0.2

<sup>1</sup>Values are presented as means of triplication. Means in the same row with different superscripts are significantly different from each other ( $P < 0.05$ ).

<sup>2</sup>See Table 4.

(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(ANOVA test)을 실시하여 최소유의차검정(LSD: Least Significant Difference)으로 평균 간의 유의성( $P < 0.05$ )을 검정하였다.

### 결과 및 고찰

8주 동안 사육한 조피볼락의 성장 결과를 Table 4에 나타내었다. 조피볼락 치어의 증체율(WG, %)과 일간성장율(SGR, %/day)은 157-270% 및 1.69-2.34%로 어분(FM)구와 비교하였을 때, SLP-A 5%, 10%, SLP-B 5% 실험구는 유의적인 차이가 나타나지 않았으나, 그 외 실험구는 유의적으로 낮게 나타났다. 사료효율(FE, %) 및 단백질전환효율(PER)은 78-105% 및 2.77-3.13%로 WG 및 SGR과 유사한 경향을 보였으며, SLP-A 5, 10%, SLP-B 5% 실험구 외에 상업사료(COD)구도 FM구와 비교하여 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 단백질전환효율(PER)에서는 SLP-B 5%와 COD구가 SLP-B 10%, SLP-C 5%, 10%구 보다 유의적으로 높게 나타났으나, FM구, SLP-A 5, 10%구와는 유의적으로 차이가 나타나지 않았다. 모든 실험구에서 생존율은 100%였으며 유의적인 차이는 없었다. 비만도(CF) 및 간중량지수(HSI)는 1.53-1.67 및 2.94-3.03으로 모든 실험구에서 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 이런 결과 사료 내 어분을 SLP-A는 10%, SLP-B는 5%까지 어분 대체 가능할 것으로 추정되지만, SLP-C는 대체가 바람직하지 않은 것으로 사료된다. 8주간의 어분 대체원으로 SLP-A로 대체하여 사용할 경우 WG 및 FE에 있어서 어분을 10%까지 대체가 가능할 것으로 나타났지만 SLP-B의 경우는 5%까지 SLP-C는 대체치가 바람직하지 않은 것으로 나타났다. 또한, 시판 중인 조피

볼락용 상품사료와 유사한 성장결과를 나타내었으므로 실용화가 가능할 것으로 판단된다. 오징어간분말은 다른 단백질원료에 비교하여 고도불포화지방산인 EPA와 DHA가 풍부하여 유인제 및 첨가제로 사용되기도 하였다. 따라서 조피볼락을 위한 오징어간분말의 개발은 오징어부산물과 대두박 등의 혼합 및 제조공정에 대하여 체계적인 연구가 수행되어야 할 필요가 있는 것으로 판단된다. 조피볼락 치어의 사료 중 SLP에 대한 연구는 거의 없는 실정이지만 SLP 제조시 첨가 가능한 원료로서 조피볼락 치어의 경우 대두박 20%(Lim et al. 2004), 콘글루텐 10%, 육골분 10%, 육분 10%, 혈분 10%까지(Lee et al, 1996) 어분대체 효과가 있는 것으로 나타났다. 조피볼락 치어에 있어 단백질 소화율은 어분 88%, 대두박 76%, 콘글루텐 79%, 육골분 64%, 수지박 72%, 혈분 59%, 가금부산물 41%, SLP 87%로 보고되고 있어(Choi, 2001) SLP는 다른 사료원료에 비해 단백질 이용성은 어분처럼 우수한 것으로 사료되어 조피볼락 치어에서도 어분대체가 가능한 것으로 밝혀졌다. 오징어간분말은 어분보다 필수아미노산인 라이신 및 황함아미노산(메티오닌 및 시스틴)이 부족하다고 보고하였지만 넙치에서 동절기 10주간 사육결과(Cho et al., 2005), 10%까지는 어분대체가 가능하였으며 이기간 동안 성장에는 영향을 미치지 않은 것으로 나타났다. 조피볼락에서도 해산어인 홍민어처럼 필수아미노산 요구량 구명(Moon and Gatlin, 1991)과 이 요구량에 근거한 필수 아미노산의 첨가 사육효과에 대한 연구가 고품질 사료개발을 위하여 필수적이라고 하겠다. 넙치 치어의 경우는 SLP 종류에 따라서 10% (Cho et al. 2005; Lee et al., 2012)까지 대체 가능하다는 결과와 유사하였지만 25% (Kim et al., 2009) 까지 대체 가능하다는 결과 보다는 낮게 나타나 향후 조피볼락에서도 다양한 SLP 종류에 따른 함유량별 체계적인 연구 수행이 필요하다고 하겠다.

조피볼락 치어의 전어체 일반성분 분석 결과를 Table 5에 나타내었다. 수분 함량은 70.0-71.5%, 조단백질 16.0-16.6%, 조지질 6.3-8.4%, 회분 4.3-4.7%의 범위로 모든 실험구에서 유의적인 차이가 나타나지 않았다. SLP구, 어분구 및 상업사료구에서도 유의적인 차이가 나타나지 않은 것으로 볼 때, 3종류 SLP

Table 6. Serological characteristics of black rockfish *Sebastes schlegeli* fed experimental diets for 8 weeks<sup>1</sup>

Serological characteristics	Diet								Pooled SEM <sup>2</sup>
	Control (FM)	SLP -A5	SLP -A10	SLP -B5	SLP -B10	SLP -C5	SLP -C10	Com	
GOT (IU/l) <sup>3</sup>	49	47	49	51	48	48	50	49	0.74
GPT (IU/l) <sup>4</sup>	12.7	12.3	13.0	12.0	11.3	12.0	13.3	13.0	0.37
TP (g/dl) <sup>5</sup>	4.4	4.5	4.4	4.5	4.4	4.6	4.4	4.5	0.05
T-Chol (mg/dl) <sup>6</sup>	234	226	239	232	238	235	241	232	3.35
Glucose (g/dl)	53	51	54	51	53	54	55	52	0.70

<sup>1</sup>Values are means pooled SEM from triplicate groups of three pooled blood. Means in each row with a different superscript are significantly different ( $P < 0.05$ ).

<sup>2</sup>See Table 4.

<sup>3</sup>Glutamic oxaloacetic transaminase. One unit is defined as the amount of enzyme causing the transamination of 1.0  $\mu$ mol of L-aspartate per minute at 25°C and pH 7.4.

<sup>4</sup>Glutamic pyruvic transaminase. One unit is defined as the amount of enzyme causing the transamination of 1.0  $\mu$ mol of L-alanine per minute at 25°C and pH 7.4

<sup>5</sup>Total protein

<sup>6</sup>Total cholesterol

로 어분을 10%까지 대체하더라도 조피볼락 치어의 건강 상태에는 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다. 이러한 결과는 넙치 (Choi et al., 2004; Cho et al., 2005; Kim et al., 2009; Lee et al., 2012) 및 조피볼락 (Lim et al., 2004)에서 대두박의 어분대체 연구에서와 유사하게 나타났다. 또한, 본 사육실험 결과, 조피볼락 치어의 전어체 일반성분인 수분, 단백질, 지질, 회분 함량은 양식산 및 축제식 조피볼락 치어 전어체와 유사한 값을 나타내면서 자연산 보다 높은 단백질 및 지질 함량과 낮은 수분 및 회분 함량을 나타내었다 (Lee et al., 2000).

8주간 동안 3종류 SLP로 어분을 대체한 실험사료로 사육결과 조피볼락 치어의 혈액 및 혈청 분석 결과를 Table 6에 나타내었다. 모든 실험구(어분구, SLP구, 상품사료구)에서 조피볼락 치어 혈액 내 Glutamic oxaloacetic transaminase (GOT)는 47-51 IU/l, Glutamic pyruvic transaminase (GPT)는 11.3-13.3 IU/l, 총단백질(TP)은 4.4-4.6 g/dl, 콜레스테롤(T-Chol)은 226-241 mg/dl, 포도당 (Glucose)은 51-55 g/dl 로 유의적인 차이 없이 유사하였다. 혈액 및 혈청 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 대체로 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-Chol과 포도당은 어류의 체내 대사가 원활할 때 그 값이 감소한다고 보고되고 있다 (Gordon, 1968). 본 실험에서 어분구, SLP구, 상품사료구 간에서 유사한 것으로 볼 때, 3종류 SLP로 어분을 10%까지 대체하더라도 조피볼락 치어의 혈액에는 영향을 미치지 않는 것으로

사료된다. 본 실험의 조피볼락 치어의 혈액 중 TP 및 T-Chol 값은 넙치 혈액에서와 유사하였지만 이를 제외한 GOT, GPT 및 포도당 값은 넙치 (Lee et al., 2012) 보다 높은 경향을 나타내었으며 양식산 조피볼락 치어의 혈액에 대한 정보를 제공할 수 있을 것으로 사려 된다.

따라서, 실용적으로 개발된 3종류 SLP는 조피볼락용 사료원료로서 상품화가 가능하였지만 SLP 종류별 첨가량에 따라 조피볼락 치어의 성장에 차이가 나타났다. 즉, 생산지 별 오징어 부산물 및 대두박과의 혼합 비율 차이에 따라서 생산된 높은 단백질과 가장 낮은 지질을 함유한 SLP-A는 성장 면에서 조피볼락 치어 사료 내 어분을 10%까지 대체 가능하였고, SLP-B는 조피볼락 치어 사료 내 어분을 5%까지 대체 가능한 것으로 나타났다지만 SLP-C는 대체 첨가가 바람직하지 못한 것으로 나타났다. 본 사육실험 결과, 조피볼락 치어에서 전어체의 일반성분 및 혈액 성분이 어분구, SLP구, 상품사료구 간에서 유의적인 차이가 나타나지 않았으므로 SLP로 어분을 10%까지 대체하더라도 어류의 건강 상태에는 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다. 따라서, 본 연구를 통하여 조피볼락 치어에 있어 이용된 세 종류 SLP-C를 제외한 SLP-A 및 B는 어분대체 사료원료로서 경제성 및 산업적인 측면에서 이용 가능한 것으로 나타났지만 성장, 사료효율 및 단백질효율에서는 SLP-A가 가장 우수한 어분대체 가능한 단백질원료인 것으로 나타났다.

## 사 사

본 연구는 해양수산부 국립수산물과학원(RP-2012-AQ-022)의 지원에 의해 운영되었습니다.

## References

- 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. *Fish Aquat Sci* 8, 65-69.
- Choi SM. 2001. Apparent protein and phosphorus digestibility of dietary protein source in juvenile Korean rockfish, *Sebastes schlegeli*. (Hilgendorf). M.S. Thesis. Pukeong National Univ., Busan, Korea.
- 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.
- 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 of Fish Res Bd Can* 25, 1247-1268.
- 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 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 SM, Yoo JH and Lee JY. 1996. The use of soybean meal, corn gluten meal, meat meal, meat and bone meal or blood meal as a dietary protein source replacing fish meal in Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*). *Kor J Anim Nutr Feed* 20, 21-30.
- 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.
- Lee HY, Cho KC, Lee JE and Yang SG. 2001. Dietary protein requirement of juvenile giant croaker, *Nibea japonica* Temminck & Schlegeli. *Aquaculture Research* 32(Suppl. 1), 112-118.
- Lee HM, Park MW, and Jeon IG. 2000. Comparison of nutritional characteristics between wild and cultured juvenile black rockfish, *Sebastes schlegeli*. *J Korean Fish Soc* 33, 137-142.
- Lee HM and Kang YJ. 2006. Composition of feed stuff for black rockfish aquaculture. Patent number 0595967. NFRDI, Korea.
- Lee HM, Kang YJ, Kim KW and Kim KD. 2006. Composition of feed stuff for olive flounder aquaculture. Patent number 0660642. NFRDI, Korea.
- Lee HM, Choi SM, and Ji HS. 2012. Effect of Partial Replacement of Fish Meal by New Squid *Sepia esculenta* Liver Powders on Growth and Body Composition of Juvenile Olive Flounder, *Paralichthys olivaceus*. *Kor J Fish Aquat Sci* 45, 132-138. <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2012.0132>.
- 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.
- 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 Fisheries Research & Development Institute (NFRDI) 1996. Development of practical feed for the abalone. Final Report, Busan, Korea .
- National Fisheries Research & Development Institute (NFRDI) 1996. Development of practical feed for the Korean Rockfish, *Sebastes schlegeli*. Final Report, Busan, Korea.
- National Fisheries Research & Development Institute (NFRDI) 2007. Studies on nutrient requirements and practical feed development for marine fish. Final Report, Korea.
- National Fisheries Research & Development Institute (NFRDI) 2009. Olive flounder formulated feed Keongsangbuk-Do field applied experiment. Final Report, Korea.
- National Fisheries Research & Development Institute (NFRDI) 2010. Functional Olive flounder Aquaculture Project. Final Report, Korea.
- National Research Council (NRC). 1993. Nutrient Requirements of Fish. National Acad Press, Washington, DC, U.S.A.
- National Research Council (NRC). 2011. Nutrient Requirements of Fish and Shrimp. National Acad Press, Washington, DC, U.S.A.
- Park SR, Kim JW, Meong JI, Jeon IG, Lee HY, Lim YS, Kim KS and Lee SM. 2000. Composition of feed stuff for abalone aquaculture. Patent number 0282253. NFRDI, Republic of Korea. Statistics Korea. 2010. Fishery production survey. Retrieved Mar. 15, 2011, from <http://fs.fips.go.kr>