

치어기 넙치 사료의 어분 대체원으로써 대두농축단백을 이용하여 생산한 오징어간분의 평가

김영철^{1,4}, 배승수², 이준호¹, 이정열², 김강웅³, 배승철^{1*}

¹부경대학교 해양바이오신소재학과/사료영양연구소, ²군산대학교 해양생명과학과,
³국립수산물과학원 사료연구센터, ⁴말레이시아 과학대학교

Evaluation of Dietary Squid Liver Powder-Soy Protein Concentrate Premix as a Fish Meal Substitute for Juvenile Olive Flounder, *Paralichthys olivaceus*

Young Chul Kim^{1,4}, Sung Su Bae², Jun-Ho Lee¹, Jeong Yeol Lee²,
Kang Woong Kim³ and Sungchul C. Bai^{1*}

¹Department of Marine Bio-materials and Aquaculture / FFNRC, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

²Department of Aquaculture and Aquatic Science,

Gunsan National University, Gunsan 573-701, Korea

³Aquafeed Research Center, National Fisheries Research and Development Institute, Pohang 791-802, Korea

⁴Fish Nutrition Laboratory, School of Biological Sciences, Universiti Sains Malaysia, Penang 11800, Malaysia

This study determined the proper inclusion levels of squid liver powder (SLP) - soy protein concentrate (SPC) premix as a fish meal (FM) substitute in the diet for juvenile olive flounder (*Paralichthys olivaceus*). All the experimental diets were formulated to be isonitrogenous (50% crude protein) and isocaloric (17.1 kJ energy g⁻¹ diet). Five diets were formulated with SLP-(SPC) replacing 0, 25, 50, 75, and 100% of the FM (SLP (SPC)₀, SLP (SPC)₂₅, SLP (SPC)₅₀, SLP (SPC)₇₅, and SLP (SPC)₁₀₀, respectively). Triplicate groups of 12 fish averaging 5.56±0.10 g (mean±SD) were fed one of the five experimental diets for 7 weeks. The weight gain (WG), specific growth rate (SGR), feed efficiency (FE), and protein efficiency ratio (PER) of fish fed SLP (SPC)₀ were significantly ($P<0.05$) higher than those of fish fed SLP (SPC)₅₀, SLP (SPC)₇₅ and SLP (SPC)₁₀₀, while those of fish fed SLP (SPC)₀ and SLP (SPC)₂₅ were similar. The whole-body crude protein content of fish fed SLP (SPC)₀ was significantly ($P<0.05$) lower than that of fish fed SLP (SPC)₅₀, SLP (SPC)₇₅, and SLP (SPC)₁₀₀, while those of fish fed SLP (SPC)₀ and SLP (SPC)₂₅ were similar. The whole-body crude lipid of fish fed SLP (SPC)₀ was significantly ($P<0.05$) lower than that of fish fed SLP (SPC)₅₀ and SLP (SPC)₇₅, while those of fish fed SLP (SPC)₀, SLP (SPC)₂₅ and SLP (SPC)₁₀₀ were similar. Based on the fish growth performance results obtained from this study, the SLP (SPC) premix can substitute up to 25% of the FM in the diets of juvenile olive flounder.

Key words: Olive flounder, Squid liver powder, Soy protein concentrate, Substitute, Fish meal

서 론

대두농축단백 (Soy protein concentrate, SPC)은 탈지 대두풀레이크 (Defatted soy flakes)에 에탄올 또는 메탄올을 이용하여 생산되는 것으로, 조단백 함량이 65~70% (Lusas and Riaz, 1995)로 대두박에 단백질 함량 46%에 비하여 단백질 함량이 월등히 높은 것이 특징이다. 또한, SPC는 항영양인자 (Antinutritional factor)나 가용성 탄수화물 및 섬유소를 제거 시키거나 또는 불활성화 시키지만, 피틴산 (phytic acid)의 경우는 불활성화 시키지 못한다 (Bureau et al., 1998; Storebakken et al., 2000). 이에 따라 지난 몇 년 동안 SPC를 이용하여 어분을 대체하려는 많은 연구가 다양한 품종에서 이루어져 왔다

(Médale et al., 1998; Mambrini et al., 1999; Kissil et al., 2000).

오징어간분 (Squid liver powder, SLP)은 오징어의 가공과정에서 폐기되던 식도, 위장, 간장, 생식선 등을 이용하여 분말화하기 위하여 대두박과 혼합사용하여 생산되는 사료원으로써 어분에 비하여 단백질 함량이 낮아 주단백질원으로 사용되기 보다는 사료내 5~10%수준으로 주로 섭취촉진제 및 첨가제로 사용되고 있는 실정이다. SLP 생산은 대부분의 대두박을 사용함으로써 SLP의 조단백 함량이 50% 이내를 유지하여 사료내 어분 단백질원으로써의 활용이 아쉬운 부분들 많으나, 어분 수요의 증가와 수급 불안정으로 가격이 상승하게 된다면 어분을 대신하여 사용할 수 있는 단백질원 확보가 시급할 것이다.

이미 앞서 치어기 넙치를 대상으로 대두박을 이용하여 저온

*Corresponding author: scbai@pknu.ac.kr

발효 숙성시킨 SLP를 이용하여 어분 대체관련 연구가 수행된 바 있으나 (Kim et al., 2009), 앞서 설명한바와 같이 SLP는 95°C 이상에서 혼합 및 건조하여 생산할 경우 오징어 내장에 다량 함유된 지방의 산화 및 단백질의 변성을 가져올 것으로 사료되므로 SLP를 65°C에서 숙성 발효시켜 SLP의 품질을 향상시키고자 하였다.

따라서 본 연구는 치어기 넙치 사료의 어분대체원으로서 SPC를 이용하여 생산한 오징어간분의 이용성을 평가하고자 수행되었다.

재료 및 방법

실험어 사육관리

실험어는 전남 함평에서 생산된 치어기 넙치를 부경대학교 사료영양실험실내 250 L 수조에서 실험환경에 적응할 수 있도록 2주간 예비사육 후 평균무게 5.56±0.1 g (mean±SD)인 넙치 치어를 40 L 사각수조에 각각 수조당 12마리씩 무작위로 3반복 배치하였다. 본 실험에 사용된 사육수조는 순환여과식으로 사육 수온 23±1°C, 염분 32±1 ppt 및 유수량 0.8 L/min으로 조절하였다. 사료 공급량은 전 실험기간 동안 1일 2회 (10:00, 16:00) 어체중의 3~2% (초기에는 3%의 공급하고 성장함에 따라 2%로 공급)로 공급하였다. 총 사육기간은 7주간 실시하였다.

실험사료 설계

본 실험에 사용된 실험사료의 배합표와 일반성분은 Table 1에 나타내었으며, 조단백 50%, 에너지 17.1 kJ/g으로 설계하였다 (Kim et al., 2009). 실험사료의 단백질원으로 fish meal, corn gluten meal, wheat gluten meal, soybean meal, SLP를 사용하였으며, 지질원으로는 salmon crude oil을 탄수화물원으로는 dextrin, wheat flour를 사용하였다. 그 외 cellulose, krill meal, 혼합 비타민제 및 혼합 미네랄제를 사용하였다. 본 실험에 사용된 SLP의 성분조성은 건물 기준 조단백 56.4%, 조지방 18.4% 및 조회분 5.6%로 실험사료는 Control; FM 100%, SLP(SPC)₂₅; FM 75%+SLP (SPC) 25%, SLP (SPC)₅₀; FM 50%+SLP (SPC) 50%, SLP (SPC)₇₅; FM 25%+SLP (SPC) 75%, SLP (SPC)₁₀₀; SLP (SPC) 100%로 5 가지 실험 사료를 펠릿기를 이용하여 제조한 후 -20°C 냉동고에 보관하면서 공급하였다.

어체 측정

어체 측정은 실험 종료 후, 성장률을 측정하기 위하여 24시간 절식시키고 MS-222 (100 ppm)로 마취시켜 전체무게를 측정하였다. 무게 측정 후 증체율 (WG, %), 일간성장률 (SGR, %/day), 단백질전환효율 (PER), 사료효율 (FE, %), 비만도 (CF) 및 생존율 (survival rate, %)을 조사하였다. 위 측정 항목들의 계산식은 다음과 같다.

Weight gain (WG, %) = (final wt. - initial wt.)×100/initial wt.
Feed efficiency (FE, %) = (wet weight gain / dry feed intake)×100
Specific growth rate (SGR, %) = (loge final wt. - loge initial

wt.)×100/days

Protein efficiency ratio (PER) = (wet weight gain / protein intake)

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

Table 1. Composition(% of dry matter basis) of the experimental diets for juvenile olive flounder

Ingredient	Diets				
	Control	SLP(SPC) ₂₅	SLP(SPC) ₅₀	SLP(SPC) ₇₅	SLP(SPC) ₁₀₀
Fish meal ¹	40.0	30.0	20.0	10.0	0.0
SLP(SPC) ²	0.0	12.2	24.4	36.6	48.8
Wheat gluten meal ³	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1
Wheat flour ³	15.0	12.5	10.0	7.5	5.0
Dextrin ³	9.2	8.9	8.5	8.1	7.7
Corn gluten meal ³	4.7	5.2	5.7	6.3	6.8
Soybean meal ³	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Salmon crude oil ⁴	6.0	4.8	3.6	2.4	1.2
Vitamin premix. ⁵	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Mineral premix. ⁶	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Cellulose	0.0	1.3	2.7	4.0	5.4
Krill meal ⁴	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
<i>Proximate analysis</i>					
Moisture	17.0	15.5	15.6	14.2	15.7
Crude protein	52.2	49.6	48.7	49.4	49.4
Crude lipid	11.7	11.6	11.3	11.8	11.6
Crude ash	7.2	6.6	5.7	5.2	3.9

^{1,3}Suhyub feed Co. Ltd. Uiryeong, Korea.

²CMP Plant, Seoul, Korea.

⁴Abank21 Co., Ltd., Busan, Korea.

⁵Contains (as mg/kg in diets) : Ascorbic acid, 300; dl-Calcium pantothenate, 150; Choline bitartrate, 3000; Inositol, 150; Menadione, 6; Niacin, 150; Pyridoxine-HCl, 15; Riboflavin, 30; Thiamine mononitrate, 15; dl-α-Tocopherol acetate, 201; Retinyl acetate, 6; Biotin, 1.5; Folic acid, 5.4; Vit. B₁₂, 0.06.

⁶Contains (as mg/kg in diet) : Al, 1.2; Ca, 5000; Cl, 100; Cu, 5.1; Co, 9.9; Na, 1280; Mg, 520; P, 5000; K, 4300; Zn, 27; Fe, 40.2; I, 4.6; Se, 0.2; Mn, 9.1.

성분분석

일반성분은 실험사료와 각 수조별로 5마리씩 무작위로 추출하여 분쇄한 전어체를 시료로 분석하였으며, AOAC (Association of Official Analytical Chemists, 2000)방법에 따라 수분은 상압가열건조법 (135°C, 2시간), 조단백질은 Kjeldahl 질소정량법 (N×6.25), 조회분은 직접회화법, 조지방은 샘플을 12시간 동결 건조한 후 Soxtec system 1046 (Tator AB, Sweden)을 사용하여 soxhlet 추출법으로 각각 분석하였다.

실험종료 후, 증체율 조사와 함께 혈액성분 분석을 위하여 실험어를 채혈하기 전까지 약 24시간 동안 절식시켰다. 실험어를 각 수조당 3마리씩 무작위로 추출한 후 일회용 주사기를 이용하여 실험어의 미부정맥에서 혈액을 채혈 직후 자동혈액 분석기 (Excell 500, USA)를 사용하여, 전혈에 대한 적혈구용

적 (hematocrit, PCV), 적혈구수 (red blood cell, RBC) 및 혈색소 농도 (hemoglobin, Hb)를 분석하였다. 혈청성분의 분석을 위하여 채혈한 혈액을 항응고제가 처리되지 않은 원심분리관에 넣고 실온에 30분간 방치한 후 3,000 rpm에서 10분간 원심분리하여 냉장보관하면서 16시간 이내에 분석하였다. 혈청성분은 혈액분석기 CH 100 (대광메디텍, 한국)을 이용하여 GOT (glutamate oxaloacetate transaminase), GPT (glutamate pyruvate transaminase)는 Kinetic 방법으로, T-P (total protein), glucose, cholesterol은 End-Point 방법을 이용하여 분석하였다.

Table 2. Weight gain (WG), specific growth rate (SGR), feed efficiency (FE), protein efficiency ratio (PER) and survival rate of juvenile olive flounder fed experimental diets for 7 weeks¹

	Diets ²					Pooled SEM ³
	Control	SLP(SPC) ₂₅	SLP(SPC) ₅₀	SLP(SPC) ₇₅	SLP(SPC) ₁₀₀	
WG (%) ⁴	385 ^a	362 ^{ab}	327 ^{bc}	323 ^c	264 ^b	13.3
SGR ⁵	3.76 ^a	3.64 ^{ab}	3.45 ^{bc}	3.43 ^c	3.07 ^b	0.07
FE (%) ⁶	114 ^a	107 ^{ab}	97.1 ^b	96.3 ^b	82.0 ^c	3.34
PER ⁷	2.28 ^a	2.14 ^{ab}	1.94 ^b	1.93 ^b	1.64 ^c	0.07
CF ⁸	0.83	0.77	0.79	0.80	0.76	0.01
Survival rate (%)	100	100	100	100	100	-

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

²Control; FM 100%+SLP 0%, SLP(SPC)₂₅; FM 75%+SLP 25%, SLP(SPC)₅₀; FM 50%+SLP 50%, SLP(SPC)₇₅; FM 25%+SLP 75%, SLP(SPC)₁₀₀; FM 0%+SLP 100%

³Pooled standard error of mean : SD/ \sqrt{n} .

⁴Weight gain (%) : [(final wt.(g)-initial wt.(g))/initial wt.(g)] \times 100.

⁵Specific growth rate : [\log_e (final wt.)- \log_e (initial wt.)/days] \times 100.

⁶Feed efficiency (%) : (wet weight gain/dry feed intake) \times 100.

⁷Protein efficiency ratio : wet wt. gain / protein intake.

⁸Condition factor : [fish wt. (g) / (fish length (cm))³] \times 100.

⁹Survial rate (%) : (final fish / initial fish) \times 100.

Table 3. Whole body composition (% of dry matter basis) of juvenile olive flounder fed experimental diets for 7 weeks¹

Composition	Diets ²					Pooled SEM ³
	Control	SLP(SPC) ₂₅	SLP(SPC) ₅₀	SLP(SPC) ₇₅	SLP(SPC) ₁₀₀	
Moisture	75.8	76.2	76.0	75.8	76.3	0.15
Crude protein	62.5 ^b	69.2 ^{ab}	70.6 ^a	69.1 ^a	73.6 ^a	1.04
Crude lipid	10.2 ^c	12.6 ^{abc}	13.4 ^{ab}	13.9 ^a	11.6 ^{bc}	0.38
Crude ash	16.2 ^a	15.7 ^a	14.7 ^b	13.6 ^c	12.9 ^d	0.36

¹Values are means pooled SEM from triplicate groups of five pooled fish. Means in each row with a different superscript are significantly different ($P<0.05$).

²Control; FM 100%+SLP 0%, SLP(SPC)₂₅; FM 75%+SLP 25%, SLP(SPC)₅₀; FM 50%+SLP 50%, SLP(SPC)₇₅; FM 25%+SLP 75%, SLP(SPC)₁₀₀; FM 0%+SLP 100%

³Pooled standard error of mean : SD/ \sqrt{n} .

통계분석

모든 자료의 통계처리는 Computer Program Statistix 3.1 (Analytical Software, St. Paul MN, USA)로 분산분석 (ANOVA test)을 실시하여 최소유의차 검정 (LSD: Least Significant Difference)으로 평균간의 유의성($P<0.05$)을 검정하였다.

결 과

총 7주간 SPC 사용하여 생산한 SLP를 대상으로 사육한 넙치의 성장 결과를 Table 2에 나타내었다. WG, FE, SGR 및 PER에 있어서 SLP (SPC)₂₅를 공급한 실험구는 대조구에 비하여 유의한 차이를 보이지 않았으나, SLP (SPC)₅₀, SLP (SPC)₇₅ 및 SLP (SPC)₁₀₀를 공급한 실험구에 있어서는 대조구에 비하여 유의하게 낮은 값을 나타내었다 ($P<0.05$). 그리고 WG 및 SGR에 있어서는 SLP (SPC)₂₅를 공급한 실험구가 SLP (SPC)₇₅ 및 SLP (SPC)₁₀₀를 공급한 실험구보다 유의하게 높은 값을 나타내었다 ($P<0.05$). 또한, FE 및 PER에 있어서는 SLP (SPC)₂₅를 공급한 실험구가 SLP (SPC)₁₀₀를 공급한 실험구보다 유의하게 높은 값을 나타내었다 ($P<0.05$). CF에 있어서는 0.76~0.83로 실험구간에 유의한 차이를 보이지 않았으며, 생존률 (Survival rate, %)은 모든 실험구간이 100%을 나타내어 차이를 보이지 않았다.

7주 동안 SPC를 이용하여 생산한 SLP를 이용하여 사육한 넙치의 전어체 일반성분 조성의 변화를 Table 3에 나타내었다. 조단백에 있어서 SLP (SPC)₅₀, SLP (SPC)₇₅ 및 SLP (SPC)₁₀₀를 공급한 실험구가 대조구에 비하여 유의하게 높은 값을 나타내었으며($P<0.05$), SLP(SPC)₂₅를 공급한 실험구에 있어서는 대조구와 유의한 차이를 보이지 않았다. 조지방에 있어서는 SLP (SPC)₂₅ 및 SLP (SPC)₇₅를 공급한 실험구가 대조구에 비하여 유의하게 높은 값을 나타내었으며 ($P<0.05$), 어분 SLP (SPC)₂₅ 및 SLP (SPC)₁₀₀ 실험구는 대조구에 비하여 유의한 차이를 보이지 않았다. 조회분에 있어서는 SLP (SPC)₅₀, SLP (SPC)₇₅ 및 SLP (SPC)₁₀₀ 실험구가 대조구에 비하여 유의하게 낮은 값을 나타내었으나 ($P<0.05$), SLP (SPC)₂₅ 실험구는 대조구와 유의한 차이를 보이지 않았다.

7주 동안 실험사료를 섭취한 넙치의 혈액 및 혈청 성분의 변화는 Table 4에 나타낸 바와 같다. 혈액내 PCV는 SLP (SPC)₁₀₀을 공급한 실험구가 대조구보다 유의하게 높은 값을 나타내었다 ($P<0.05$). 혈액내 Hb에 있어서는 SLP (SPC)₅₀, SLP (SPC)₇₅ 및 SLP (SPC)₁₀₀를 공급한 실험구가 대조구보다 유의하게 높은 값을 나타내었으며 ($P<0.05$), SLP (SPC)₂₅를 공급한 실험구가 대조구에 비하여 유의하게 낮은 값을 나타내었다 ($P<0.05$). 혈청 GOT에 있어서는 SLP (SPC)₅₀, SLP (SPC)₇₅ 및 SLP (SPC)₁₀₀를 공급한 실험구가 대조구보다 유의하게 높았으며 ($P<0.05$), SLP (SPC)₂₅를 공급한 실험구는 대조구와 유의한 차이를 보이지 않았다. 혈청 GPT에 있어서는 전 실험구간에 유의한 차이를 보이지 않았다. 그러나 혈액내 RBC에 있어서는 SLP (SPC)₇₅ 및 SLP (SPC)₁₀₀를 공급한 실험구가 대조구에 비하여 유의하게 높은 값을 나타내었으며 ($P<0.05$),

나머지 실험구와는 유의한 차이를 보이지 않았다. 혈청 Cholesterol에 있어서는 SLP (SPC)₅₀를 공급한 실험구가 대조구에 비하여 유의하게 높은 값을 나타내었으며 ($P<0.05$), 그 외 나머지 구간에 있어서는 유의한 차이를 보이지 않았다. 혈청 Total protein은 모든 실험구간에 유의한 차이를 보이지 않았다. 혈청 Glucose는 SLP (SPC)₅₀를 공급한 실험구가 대조구에 비하여 유의하게 높은 값을 나타내었으며 ($P<0.05$), 그 외 나머지 구간과는 유의한 차이를 보이지 않았다.

Table 4. Serological characteristics of juvenile olive flounder fed experimental diets for 7 weeks¹

	Diets ²					Pooled SEM ³
	Control	SLP(SM) ₂₅	SLP(SM) ₅₀	SLP(SM) ₇₅	SLP(SPC) ₁₀₀	
PCV (%) ⁴	18.4 ^c	23.3 ^b	25.0 ^{ab}	22.8 ^b	26.1 ^a	0.57
Hb ⁵	9.85 ^d	9.35 ^e	11.0 ^b	10.8 ^c	12.0 ^a	0.36
GOT (IU/l) ⁶	6.67 ^b	6.67 ^b	11.0 ^a	11.0 ^a	12.0 ^a	0.52
GPT (IU/l) ⁷	6.33	4.33	9.00	6.33	8.00	0.68
RBC (mg/dl) ⁸	2.53 ^b	2.48 ^b	2.85 ^{ab}	2.93 ^a	3.00 ^a	0.09
Chol (mg/dl) ⁹	161 ^b	166 ^{ab}	187 ^a	173 ^{ab}	168 ^{ab}	2.76
TP (g/dl) ¹⁰	2.37	2.17	2.33	2.13	2.17	0.04
Glucose (g/dl)	28.7 ^{bc}	24.7 ^c	36.7 ^a	31.7 ^{abc}	33.7 ^{ab}	0.65

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

²Control; FM 100%+SLP 0%, SLP(SPC)₂₅; FM 75%+SLP 25%, SLP(SPC)₅₀; FM 50%+SLP 50%, SLP(SPC)₇₅; FM 25%+SLP 75%, SLP(SPC)₁₀₀; FM 0%+SLP 100%.

³Pooled standard error of mean : SD/ \sqrt{n} .

⁴PCV (%) = Hematocrit.

⁵Hemoglobin.

⁶Glutamic 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.

⁷Glutamic 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.

⁸Red blood cell.

⁹Cholesterol.

¹⁰Total protein.

고 찰

7주간 어분 대체원으로서 SPC를 이용하여 생산한 SLP 사용할 경우 증체율 및 사료효율에 있어서 어분을 25%까지 대체가 가능할 것으로 사료되어지며, 본 결과는 Kim et al. (2009)의 연구 결과와 유사한 경향을 보였다. 또한 동절기에 넙치 사료내 SLP를 이용할 경우 증체율 및 사료효율에서 10%까지 어분 대체가 가능할 것이라는 보고가 있었다 (Cho et al., 2005).

SLP는 조단백 함량이 40%대 수준으로 다른 동물성 단백질 사료원들에 비하여 그 함량이 낮아 주로 유인제 및 기호성 증진을 위한 첨가제로 활용도가 높다 (Kim et al., 2009). 하지만

본 실험에 사용된 SPC를 이용한 SLP는 57.8% (건물중량기준)로 기존의 대두박을 이용하여 생산한 SLP보다 조단백 함량이 높으므로 어분 대체원으로써의 활용도가 높을 것으로 사료된다.

본 실험에 사용된 SPC는 대두박에 비해 비싸나 성장영양저해인자가 제거되어 SLP 생산시에 사용할 경우 어분 대체원으로 이용시 높은 수준의 어분을 대체할 수 있을 것으로 사료된다. 또한 SPC만 단독으로 이용시 넙치에서 어분을 25%수준까지 대체가 가능하다고 하였고 (Deng et al., 2006), 터봇에서 또한 25%까지 대체가 가능하다고 보고되어져 있다 (Day and González, 2000). 그외 대서양 할리벳 (Berge et al., 1999), 대서양 연어 (Refstie et al., 2001), 잉어 (Escaffre et al., 1997), 무지개 송어 (Médale et al., 1998; Mambrini et al., 1999) 및 세네갈 납서대 (Aragão et al., 2003)에서 40~75% 수준까지 어분을 대체 할 수 있다는 보고가 있었다.

하지만 다량의 SPC를 사료내 사용할 경우 사료 공급률이 떨어진다는 보고가 있으며, 성장률이 감소한다는 보고가 있다 (Kissil et al., 2000; Aragão et al., 2003). 또한, 일부 SPC의 경우 아미노산 조성이 불균형적이고 항영양인자를 가지고 있으므로 성장률이 저하된다는 보고가 있다 (Francis et al., 2001). 하지만 본 실험에 사용된 SPC는 항영양인자가 제거된 제품으로 성장에 큰 영향을 끼치지 않았을 것으로 사료된다.

Sim et al. (1995)의 보고에 따르면 넙치에서의 적정 헤마토크리트수치는 21.5±3.7%으로 본 실험의 18.4~26.1%로 유사한 값을 보였으며, Alexis et al. (1985)의 무지개 송어나 성장기 잉어, 틸라피아에서 측정값보다는 낮은 값을 나타내었다. 헤마토크리트수치는 어종별로 차이가 나타나는 것으로 사료되었다. 혈액내 헤모글로빈 양은 9.35~12.0 d/dL로 나타났는데 이는 Sim et al. (1995)가 보고한와 넙치에서 어분을 30%로 대체한 결과 5.48±0.06 d/dL 값보다 높게 나타났다. 일반적으로 건강한 어류의 헤모글로빈 양은 10 d/dL 정도라고 보고 (Post, 1983)하고 있으며, 아직도 어류에 대하여 정상적인 값은 증명되지 않고 있다. 그러나 필수영양소의 결핍 및 어종에 따른 사육 환경조건과 성장상태에 따라서 많은 변화를 가져올 수 있다 하였다 (Murai et al., 1982; Cowey et al., 1983; Wilson et al., 1984; Munkittrick and Leatheland, 1983; Eaton et al., 1984; Mosconi-Bac, 1987; Babin 1987a,b; Garrido et al., 1990). 혈청의 GOT와 GPT의 경우 간이나 심근세포 등에 분포하는 아미노기 전이반응을 촉매하는 효소의 일종으로 정상시에 혈중농도가 낮지만, 간세포가 손상되거나 병적인 증상이 나타날 때 혈액내로 방출되어 혈중 농도가 높아지게 되므로 혈청내 이들 효소의 수준으로 간세포 손상의 유무를 파악할 수 있는 지표라 할 수 있는데 (Gordon, 1968), 본 실험에서의 혈청 GOT에 있어서 어분을 50% 이상 대체한 실험구에서는 높은 경향을 나타내었으므로 간 기능에 영향을 끼치는 것으로 사료되었으나, Kim et al. (2009)의 보고에 따르면 실험구간에 간에 영향을 끼치지 않았던 것으로 사료되어 어분대체에 따른 영향을 받지 않는 것으로 사료된다.

따라서, 치어기 넙치 사료내 SPC를 이용하여 생산한 SLP의 경우 증체율 및 사료효율을 토대로 할 경우 어분을 25%까지

대체가 가능할 것으로 사료된다.

사 사

본 연구는 국립수산물과학원(고효율 배합사료 개발 및 실용화 연구, RP-2008-AQ-164) 및 부경대학교 사료영양연구소의 지원에 의해 운영되었습니다.

참고문헌

- Alexis MN, E. Paparaskeva-Papoutsoglou and Theochari V. 1985. Formulation of practical diets for rainbow trout (*Salmo gairdneri*) made by partial or complete substitution of fish meal by poultry by-products and certain plant by-products. *Aquaculture* 50, 61-73.
- AOAC. 2000. Cunniff, P. (Ed.), Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 16th edition. Association of Official Analytical Chemists, Inc., Arlington, Virginia, U.S.A.
- Aragão C, Conceição LEC, Dias J, Marques AC, Gomes E and Dinis MT. 2003. Soy protein concentrate as a protein source for Senegalese sole (*Solea senegalensis* Kaup 1858) diets: effects on growth and amino acid metabolism of postlarvae. *Aquac Res* 34, 1443-1452.
- Babin PJ 1987a. Apolipoproteins and the association of egg yolk proteins with plasma high density lipoproteins after ovulation and follicular atresia in the rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *J Biol Chem* 262, 4290-4296.
- Babin PJ 1987b. Plasma lipoprotein and apoprotein distribution as a function of density in the rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *J Biochem* 246, 425-429.
- Berge GM, Grisdale-Helland B and Helland SJ. 1999. Soy protein concentrate in diets for Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*). *Aquaculture* 178, 139-148.
- Brown BA. 1980. Routine hematology procedures. In: Brown, B.A. (Ed.), Hematology: Principles and Procedures. Lea and Febiger, Philadelphia, U.S.A., 71-112.
- Bureau DP, Harris AM and Cho CY. 1998. The effects of purified alcohol extracts from soy products on feed intake and growth of chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 161, 27-43.
- Cho SH, Lee SM, Lee SM, Park BH, Park IS, Choi CY, Min BH, Hur SB and Jo JY. 2005. Effect of partial replacement of fish meal with squid liver mealTM in the diet on growth and body composition of juvenile olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) during winter season. *Fisheries Sci Tec* 8, 65-69.
- Day OJ and González HGP. 2000. Soybean protein concentrate as a protein source for turbot *Scophthalmus maximus* L. *Aquac Nutr* 6, 221-228.
- Deng J, Mai Kangsen, Ai Qinghui, Zhang Wenbing, Wang Xiaojie, Xu Wei and Liufu Zhiguo. 2006. Effects of replacing fish meal with soy protein concentrate on feed intake and growth of juvenile Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*. *Aquaculture* 258, 502-513.
- Eaton RP, McConnell T, Hnath JG, Black W and Swartz RE. 1984. Coronary myointimal hyperplasia in freshwater lake Michigan salmon (genus *Oncorhynchus*). *Am J Pathol* 116, 311-318.
- Escaffre AM, Zambonino Infante JL, Cahu CL, Mambrini M, Bergot P and Kaushik SJ. 1997. Nutritional value of soy protein concentrate for larvae of common carp *Cyprinus carpio* based on growth performance and digestive enzyme activities. *Aquaculture* 153, 63-80.
- Francis G, Makkar HPS and Becker K. 2001. Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. *Aquaculture* 199, 197-227.
- Garrido LG, Chapuli RM and Andres AV. 1990. Serum cholesterol and triglyceride levels in *Scyliorhinus canicula* (L.) during sexual maturation. *J Fish Biol* 36, 499-509.
- 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.
- Kim YC, Bae SS, Lee JH, Park GH, Lee JY and Bai SC. 2009. Dietary squid liver powder (SLP) with dehulled soybean meal (DHSM) as a fish meal (FM) substitute for olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. *Kor J Fish Aquat Sci* 42, 243-249.
- Kissil GW, Lupatsch I, Higgs DA and Hardy RW. 2000. Dietary substitution of soy and rapeseed protein concentrates for fish meal, and their effects on growth and nutrient utilization in gilthead seabream *Sparus aurata* L. *Aquac Res* 31, 595-601.
- Lusas EW and Riaz MN. 1995. Soy protein products: processing and use. *J Nutr* 125, 573S-580S.
- Mambrini M, Roem AJ, Cravédi JP, Lallés JP and Kaushik SJ. 1999. Effects of replacing fishmeal with soy protein concentrate and of D-Lmethionine

- supplementation in high-energy, extruded diets on the growth and nutrient utilization of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. J Anim Sci 77, 2990-2999.
- Médale F, Boujard T, Vallée F, Blanc D, Mambrini M, Roem A and Kaushik S . 1998. Voluntary feed intake, nitrogen and phosphorus losses in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* fed increasing dietary levels of soy protein concentrate. Aquat. Living Resour 11, 239-246.
- Mosconi-Bac N. 1987. Hepatic disturbances induced by an artificial feed in the sea baa (*Dicentrarchus labrax*) during the first year of life. Aquaculture 67, 93-99.
- Munkittrick KR and Leatheland JF. 1983. Haemacrit values in feral goldfish, *Carassus auratus* L., as indicators of the health of the population. J Fish Biol 23, 153-161.
- Murai T, Ogata H, and Nose T. 1982. Methionine coated with various materials supplemented to soybean meal diet for fingerling carp *Cyprinus carpio* and channel catfish *Ictalurus punctatus*. Bull Jpn Soc Sci Fish 48, 85-88.
- Post G. 1983. Nutrition and nutritional diseases of fish In: Textbook of fish health. TFH. Publications, Inc., Ltd., U.K., 199-207.
- Refstie S, Storebakken T, Baeverfjord G and Roem AJ. 2001. Long-term protein and lipid growth of Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed diets with partial replacement of fish meal by soy protein products at medium or high lipid level. Aquaculture 193, 91-106.
- Sim DS, Jung SH and Lee SD. 1995. Changes in blood parameters of the cultured flounder, *Paralichthys olivaceus* naturally infected with *Staphylococcus epidermidis*. Bull Natl Fish Res Dev agency 49, 149-155.
- Storebakken T, Refstie S and Ruyter B. 2000. Soy products as fat and protein sources in fish feeds for intensive aquaculture. In: Drackley, J.K. (Ed.), Soy in Animal Nutrition. Fed Anim. Sci. Sco., Savoy, IL, U.S.A., 127-170.

2009년 10월 16일 접수
 2010년 4월 14일 수정
 2010년 7월 28일 수리