

치어기 넙치(*Paralichthys olivaceus*)에 있어서 어분 대체원으로써 탈피대두박을 이용하여 생산한 오징어 간분의 평가

김영철·배승수¹·이준호·박건현·이정열¹·배승철*
부경대학교 양식학과/사료영양연구소, ¹군산대학교 해양과학대학 해양생명과학부

Dietary Squid Liver Powder (SLP) with Dehulled Soybean Meal (DHSM) as a Fish Meal (FM) Substitute for Olive Flounder, *Paralichthys olivaceus*

Young Chul KIM, Sung Su BAE¹, Jun Ho LEE, Gun Hyun PARK,
Jeong Yeol LEE¹ and Sungchul C. BAI*

Department of Aquaculture/Feeds and Foods Nutrition Research Center,
Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

¹School of Marine Life Science, Kunsan National University, Gunsan 573-701, Korea

This study was conducted to determine the proper inclusion levels of squid liver powder (SLP) and dehulled soybean meal (DHSM) as a fish meal (FM) replacement in the diets for olive flounders. All the experimental diets were formulated to be isonitrogenous (50% crude protein, CP) and isocaloric (17.1 kJ energy g⁻¹ diet). Four diet were formulation of FM with SLP (DHSM) were tested at 0, 25, 50, 75% (SLP(DHSM)₀, SLP(DHSM)₂₅, SLP(DHSM)₅₀ and SLP(DHSM)₇₅, respectively). Triplicate groups of 12 fish with an average body weight of 5.56±0.1 g (mean±S.D.) were fed one of three experimental diets for 7 weeks.

Weight gain (WG) and the specific growth rate(SGR) of fish fed SLP(DHSM)₀ and SLP(DHSM)₂₅ diets were significantly higher than those of fish fed SLP(DHSM)₅₀ and SLP(DHSM)₇₅ diets ($P<0.05$). Also, WG and SGR of fish fed SLP(DHSM)₅₀ had significantly higher WG and SGR than that of fish fed SLP(DHSM)₇₅ ($P<0.05$). The feed efficiency (FE) and protein efficiency ratio (PER) of fish fed SLP(DHSM)₀ and SLP(DHSM)₂₅ were significantly higher than those fed SLP(DHSM)₅₀ and SLP(DHSM)₇₅ ($P<0.05$). The whole-body crude lipid content of fish SLP(DHSM)₇₅ was significantly higher than that of fish fed SLP(DHSM)₅₀ ($P<0.05$). However, there were no significant differences in whole-body moisture, crude protein and crude ash of fish fed all diets.

Based on these growth performance results, the SLP(DHSM) combination replace up to 25% FM protein by the ANOVA test in juvenile olive flounder diets.

Key words: Olive flounder, Squid liver powder (SLP), Substitute, Fish meal

서론

전세계적으로 어분의 수요는 지속적으로 증가하고 있으나 공급량의 제한으로 인하여 가격 상승을 초래하고 있다(Kim et al., 2008). 따라서 많은 어류 영양학자들은 어분 대체원으로 식물성 단백질원 (대두박, 콘글루텐밀, 발효콩비지혼합물 등)과 동물성 단백질원 (육분, 우모분, 수산가공부산물 등)을 이용하여 값비싼 어분대신 값싸고 공급이 안정적인 사료원을 개발하여 부분적 또는 전체적으로 어분을 대체하려는 노력을 해 오고 있다(Kikuchi et al., 1994; Sato and Kikuchi, 1997; Kikuchi, 1999; Lim et al., 2004; Sun et al., 2007a).

식물성 단백질원인 대두박은 단백질 함량이 40% 이상이고 아미노산 조성이 양호할뿐만 아니라 가격이 싸며 공급이 안정

적이다(Mcgoogan & Gatlin III, 1997). 더욱이 대두박에 포함된 인은 어분에 비하여 그 이용성이 낮기는 하지만 절대량은 어분의 약 22%수준으로 사료 중 대두박의 함량을 높인다면 인의 배설량을 줄이는 효과가 있다. 이러한 이점으로 넙치, 무지개송어, 잉어, 대서양연어, 방어 등 다양한 어종에서 대두박을 이용한 어분대체에 관한 연구가 집중적으로 이루어져 왔다(Dabrowski et al., 1989; Shimeno et al., 1993; Jo et al., 1998; Refstie et al., 2001).

오징어 간분(Squid liver powder, SLP)은 오징어의 가공과정에서 폐기되던 식도, 위장, 간장, 생식선 등을 이용하여 대두박과 혼합하여 분말화 하여 얻는 사료원이다. SLP 사료의 재료가 오징어 내장이므로 여기에는 일반 어류와 비교하였을때 지방질과 비타민 B군, 무기질 함량이 높고 내장유에는 특히 ω -3 계 지방산인 EPA (20:5 ω 3), DHA (22:6 ω 3)가 40%이상

*Corresponding author: scbai@pknu.ac.kr

으로 그 함량이 저가 어류인 정어리의 25%에 비하여 월등이 높은 것으로 보고되고 있다. 그러나 현재 오징어 간분은 대두박과 혼합하여 생산함으로써 단백질 함량이 낮아 단백질의 주원료보다는 첨가제 또는 첨가제로 사용되기 때문에 대부분 배합사료의 5-10% 정도만 사용하고 있는 실정이다. 하지만 어분 가격이 지속적으로 상승하고 수급이 불안정할 경우에는 어분 대체원으로 그 중요성이 증가할 것이다. 또한, 기존의 오징어간분(SLP)은 오징어 내장과 대두박을 고온인 95°C 이상에서 혼합하여 생산하고 있으나 고온 처리시 영양소가 파괴되는 점을 감안한다면, 저온(65°C)에서 숙성 발효시킨 오징어간분의 생산도 고려하여 오징어간분(SLP)의 이용성을 증대시킬 수 있는 가능성을 타진해 볼 필요가 있다.

따라서, 본 연구는 치어기 넙치를 대상으로 오징어 내장과 대두박을 혼합하여 저온 숙성시켜 생산한 오징어 간분의 어분 대체원으로써 대체 가능 수준을 확인하고자 하였다.

재료 및 방법

실험어 사육관리

실험어는 전남 함평에서 생산된 넙치를 부경대학교 사료영양실험실내 250 L 수조에서 실험환경에 적응할 수 있도록 2주간 예비 사육하였다. 예비사육 후 평균무게 5.56±0.1 g (mean±SD)인 넙치 치어를 40 L 사각수조에 각각 실험구별로 12마리씩 무작위로 3반복 배치하였다. 사육조건은 반순환여과식으로 유수량 0.8 L/min으로 조절하였으며, 사료 공급량은 전 실험기간 동안 1일 2회 아침 10:00, 16:00로 공급하였다. 총 사육기간은 7주간 실시하였다.

실험사료 설계

실험에 사용된 실험사료의 배합표와 일반성분 분석결과는 Table 1에 나타내었다. 실험사료의 단백질원으로 fish meal, corn gluten meal, wheat gluten meal, soybean meal, SLP(오징어간분)를 사용하였으며 탄수화물원으로는 wheat flour, 지질원으로는 salmon crude oil를 사용하였다. 실험사료는 어분과 오징어간분을 수준별로 Control; FM 100%, SLP(DHSM)₂₅; FM 75%+SLP(DHSM)₂₅%, SLP(DHSM)₅₀; FM 50%+SLP(DHSM)₅₀% 및 SLP(DHSM)₇₅; FM 25%+SLP(DHSM)₇₅%의 총 4 가지 사료를 만들어 사용하였다. 사육수온은 23±1°C, 염분은 32±1 ppt로 사육하였으며, 실험사료는 펠릿기를 이용하여 제조한 후 -20°C에 냉동고에 보관하면서 공급하였다.

어체측정

어체측정은 7주간의 실험 종료 후, 성장률을 측정하기 위하여 24시간 절식시키고 MS-222 (100 ppm)로 마취시켜 각 실험구별 전체무게를 측정하였다. 실험종료 후, 증체율 (weight gain, %), 일간성장률 (specific growth rate, %/day), 단백질전환효율 (protein efficiency ratio), 사료효율 (feed efficiency, %) 및 생존율 (survival rate, %)을 조사하였다. 위 측정 항목들의 계산식은 다음과 같다.

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

| Ingredients | Diets (%) | | | |
|--------------------------------|-----------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | Cont. | SLP(DHSM) ₂₅ | SLP(DHSM) ₅₀ | SLP(DHSM) ₇₅ |
| Fish meal ¹ | 40.0 | 30.0 | 20.0 | 10.0 |
| SLP(DHSM) ² | 0.0 | 14.9 | 29.9 | 44.8 |
| Dextrin ³ | 9.2 | 7.8 | 6.4 | 5.1 |
| Corn gluten meal ³ | 4.7 | 5.4 | 6.1 | 6.7 |
| Wheat gluten meal ³ | 17.1 | 17.1 | 17.1 | 17.1 |
| Soybean meal ³ | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 |
| Wheat flour ³ | 15.0 | 11.5 | 8.0 | 4.5 |
| Salmon crude oil ⁴ | 6.0 | 4.0 | 2.0 | 0 |
| Vitamin mixture ⁵ | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| Mineral mixture ⁶ | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| Cellulose | 0.0 | 1.3 | 2.5 | 3.7 |
| Krill meal | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| <i>Proximate analysis</i> | | | | |
| <i>(%, dry matter basis)</i> | | | | |
| Moisture | 15.0 | 13.5 | 14.3 | 18.6 |
| Crude protein | 50.8 | 51.0 | 51.5 | 52.2 |
| Crude fat | 12.0 | 11.3 | 11.4 | 11.8 |
| Crude ash | 8.9 | 8.7 | 7.1 | 6.0 |

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

²CMP Plant, Seoul, Korea.

⁴Abank21 Co., Ltd., Seoul, 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.

$$\text{Weight gain (WG, \%)} = \frac{\text{final wt.} - \text{initial wt.}}{\text{initial wt.}} \times 100$$

$$\text{Feed efficiency (FE, \%)} = \frac{\text{wet weight gain/dry feed intake}}{\text{initial wt.}} \times 100$$

$$\text{Specific growth rate (SGR, \%)} = \frac{\log_e \text{final wt.} - \log_e \text{initial wt.}}{\text{days}} \times 100$$

$$\text{Protein efficiency ratio (PER)} = \frac{\text{wet weight gain/protein intake}}{\text{protein intake}}$$

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 (Tacator 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 피부정맥에서 혈액을 채혈 직후 자동혈액 분석기 (Excell 500, USA)를 사용하여, 전혈에 대한 적혈구용적 (hematocrit, PCV), 적혈구수 (red blood cell, RBC) 및 헤모글로빈 (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, 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 최소유의차 검정 (LSD: Least Significant Difference)으로 평균간의 유의성 ($P < 0.05$)을 검정하였다.

결 과

성장평가

7주 동안 사육한 넙치의 성장 결과는 Table 2에 나타내었다. 증체율 (WG, %), 사료효율 (FE, %), 일간성장률 (SGR, %/day) 및 단백질 전환효율 (PER)을 확인한바 어분 25% 대체사료를 공급한 실험구는 대조구 (어분 100%)에 비하여 유의한 차이를 보이지 않았으나, 어분 50% 대체사료 및 어분 75% 대체사료를 공급한 실험구에 있어서는 대조구에 비하여 유의하게 낮았다 ($P < 0.05$). 비만도 (CF)는 0.74-0.81로 실험구간에 유의한 차이를 보이지 않았으며, 생존률 (Survival rate, %)에서도 모든 실험구에서 100% 생존률을 나타내었다.

전어체 조성의 변화

7주 동안 사육한 넙치의 전어체 일반성분 조성의 변화를 Table 3에 나타내었다. 조지방 (Crude lipid)에 있어서는 어분 50% 대체사료를 공급한 실험구가 대조구에 비하여 유의하게 낮은 값을 나타내었을 뿐 ($P < 0.05$), 다른 실험구간에 있어서는 유의한 차이를 보이지 않았다.

그리고 수분 (Moisture) 함량은 74.8-76.4%, 조단백 (Crude protein) 59.0-60.5%, 조회분 (Crude ash) 15.0-16.6%의 범위로 모든 실험구간에 유의한 차이를 보이지 않았다.

혈액 및 혈청 성분의 변화

7주 동안 대두박을 이용하여 생산한 오징어 간분 실험사료를 섭취한 실험어의 혈액 및 혈청 성분의 변화는 Table 4에 나타내었다. 혈액내 헤마토크리트 (PCV)는 어분 25% 대체사료를 공급한 실험구가 대조구보다 유의하게 높은 값을 나타내었으나 ($P < 0.05$), 어분 50 및 75% 대체사료를 공급한 실험구는 대조구보다 유의하게 낮은 값을 나타내었다 ($P < 0.05$). 헤모글로빈 (Hb)에 있어서는 25% 및 75% 대체사료를 공급한 실험구

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

| | Diets ² | | | | Pooled SEM ³ |
|---------------------|--------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | Cont. | SLP(DHSM) ₂₅ | SLP(DHSM) ₅₀ | SLP(DHSM) ₇₅ | |
| WG (%) ⁴ | 373 ^a | 356 ^a | 330 ^b | 286 ^c | 10.5 |
| FE (%) ⁵ | 107 ^a | 106 ^a | 97.8 ^b | 90.5 ^b | 2.3 |
| SGR ⁶ | 3.70 ^a | 3.62 ^a | 3.47 ^b | 3.22 ^c | 0.11 |
| PER ⁷ | 2.15 ^a | 2.13 ^a | 1.96 ^b | 1.81 ^b | 0.05 |
| CF ⁸ | 0.80 | 0.74 | 0.81 | 0.80 | 0.01 |
| Survival rate (%) | 100 | 100 | 100 | 100 | - |

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

²Control; FM 100%, SLP(DHSM)₂₅; FM 75%+SLP(DHSM) 25%, SLP(DHSM)₅₀; FM 50%+SLP(DHSM) 50% and SLP(DHSM)₇₅; FM 25%+SLP(DHSM) 75%.

³Pooled standard error of mean.

⁴Weight gain (%): (final weight-initial weight)×100/initial weight.

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

⁶Specific growth rate: (loge final wt.-loge initial wt.)×100 /days

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

⁸Condition factor: [fish weight (g) / fish length (cm)³]×100.

Table 3. Whole body composition of juvenile olive flounder fed experimental diets for 7 weeks (% of dry matter basis)¹

| Composition | Diets ² | | | | Pooled SEM ³ |
|---------------|--------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | Cont. | SLP(DHSM) ₂₅ | SLP(DHSM) ₅₀ | SLP(DHSM) ₇₅ | |
| Moisture | 74.8 | 76.4 | 75.8 | 76.4 | 0.29 |
| Crude protein | 59.1 | 60.2 | 60.5 | 59.0 | 0.47 |
| Crude lipid | 12.9 ^{ab} | 13.5 ^{ab} | 12.0 ^b | 15.0 ^a | 0.47 |
| Crude ash | 16.6 | 15.9 | 15.0 | 15.6 | 0.18 |

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

²Cont.; FM 100%, SLP(DHSM)₂₅; FM 75%+SLP(DHSM) 25%, SLP(DHSM)₅₀; FM 50%+SLP(DHSM) 50% and SLP(DHSM)₇₅; FM 25%+SLP(DHSM) 75%.

³Pooled standard error of mean: SD/√n.

가 대조구보다 유의하게 높은 값을 나타내었으나 ($P < 0.05$), 어분 50% 대체사료를 공급한 실험구는 대조구와 유의한 차이가 없었다. 혈액내 GOT에 있어서는 어분 75% 대체사료를 공급한 실험구가 대조구보다 유의하게 높은 값을 나타내었으며 ($P < 0.05$), 나머지 실험구간에 있어서는 유의한 차이가 없었다. 또 혈액내 GPT에 있어서는 어분 25% 대체사료를 공급한 실험구간이 대조구와 유의한 차이를 보였으나 ($P < 0.05$), 나머지 실험구에서 유의한 차이를 보이지 않았다. 혈액내 RBC에서는 어분 25% 및 어분 75% 대체사료를 공급한 실험구가 대조구에 비하여 유의하게 높은 값을 나타내었지만

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

| | Diets ² | | | | Pooled SEM ³ |
|---------------------------|--------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | Cont. | SLP(DHSM) ₂₅ | SLP(DHSM) ₅₀ | SLP(DHSM) ₇₅ | |
| PCV (%) ⁴ | 23.5 ^b | 25.6 ^a | 15.2 ^d | 19.1 ^c | 1.59 |
| Hb ⁵ | 9.6 ^c | 11.3 ^a | 9.35 ^c | 10.8 ^b | 0.32 |
| GOT (IU/l) ⁶ | 7.7 ^b | 17.3 ^{ab} | 15.0 ^{ab} | 19.7 ^a | 1.98 |
| GPT (IU/l) ⁷ | 4.3 ^b | 12.0 ^a | 7.7 ^b | 7.3 ^b | 0.94 |
| RBC (mg/dl) ⁸ | 2.70 ^b | 2.90 ^a | 2.34 ^c | 2.98 ^a | 0.11 |
| Chol (mg/dl) ⁹ | 168 ^d | 239 ^c | 291 ^b | 350 ^a | 20.7 |
| TP (g/dl) ¹⁰ | 2.63 ^b | 2.67 ^b | 2.90 ^b | 3.50 ^a | 0.12 |
| Glucose(g/dl) | 23.3 ^{ab} | 12.0 ^b | 26.7 ^a | 14.7 ^{ab} | 2.52 |

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

²Cont.; FM 100%, SLP(DHSM)₂₅; FM 75%+SLP(DHSM) 25%, SLP(DHSM)₅₀; FM 50%+SLP(DHSM) 50% and SLP(DHSM)₇₅; FM 25%+SLP(DHSM) 75%.

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

⁴PCV (%)=Haematocrit

⁵Hb (g/dl)=Hemoglobin

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

($P < 0.05$), 어분 50% 대체사료를 공급한 실험구는 대조구에 비하여 유의하게 낮은 값을 나타내었다 ($P < 0.05$). 혈액내 콜레스테롤 (Cholestrol)에 있어서는 모든 실험구가 대조구에 비하여 유의하게 높은 값을 나타내었다 ($P < 0.05$). 혈액내 TP (Total protein)은 어분 75% 대체사료를 공급한 실험구가 대조구에 비하여 유의하게 높은 값을 나타내었으나 ($P < 0.05$), 어분 25% 및 어분 50% 대체사료를 공급한 실험구는 대조구와 유의한 차이를 나타내지 않았다. 혈액내 글루코스 (Glucose)는 대조구와 모든 실험구간에는 유의한 차이가 없었으나 어분 50% 대체사료를 공급한 실험구가 어분 25% 대체사료를 공급한 실험구보다 유의하게 높은 값을 나타내었다 ($P < 0.05$).

고 찰

7주간의 어분 대체원으로서의 대두박에 오징어 간분을 혼합하여 사용할 경우 증체를 및 사료효율에 있어서 어분을 25%까지 대체가 가능할 것으로 나타났다. Cho et al. (2005)의 보고에 따르면 동절기에 오징어 간분 (SLP)을 이용할 경우 증체를 및 사료효율에서 10%까지 어분 대체가 가능할 것이라는 보고가 있었다. 오징어 간분은 다른 동물성 단백질원에 비하여 EPA와 DHA 성분이 풍부하여 주 단백질원보다는 유인제 및 기호성 첨가제로 사용되고 있다. 또한 Choi (2004)의

보고에 따르면 SLP는 인함량이 0.72%로 다른 동물성 사료원들에 비해 낮으며, 인 소화율은 대두박 및 어분에 비해 높아 저오염 사료원으로도 이용할 수 있다는 보고가 있다. 이러한 결과는 조피볼락에서도 이와 비슷한 결과가 보고된 바 있다 (Choi, 2001). 어분은 높은 단백질 함량과 기호성으로 인해 현재까지 가장 많이 이용되어 온 사료원이다. 하지만, 높은 인 함량은 수질오염의 원인이 되고 있다. 백색어분 (White fish meal, WFM)의 경우 단백질 함량과 인 함량이 오징어 간분에 비하여 높으나, 인의 이용률이 54%로 반 이상의 인이 외부환경에 배출되어 수질오염의 원인이 되므로, 저오염 배합사료 생산시 오징어 간분은 유용한 사료원이란 보고가 있다 (Choi, 2004).

또한, 대두박을 그대로 이용할 때 고려되어야 할 몇 가지 제한요인이 있는데 첫째, 전지 대두와 탈지 대두에는 적혈구를 응집시키는 헤마글루티닌 (hemagglutinin), 갑상선을 붓게 하는 고이트로젠 (goitrogen), 단백질 분해 효소인 트립신 (trypsin)과 키모트립신의 활성을 저해하는 protease inhibitor 등 몇 가지의 항영양인자가 들어있다는 점 (Dabrowski et al., 1989), 둘째, 대두에 들어 있는 약 0.6%의 인은 어류가 제대로 소화하지 못하는 피틴 (phytin) 형태여서 어류는 그 중 약 1/3 정도 밖에 이용할 수 없으므로 대두박의 사용 비율이 높을수록 인을 추가로 첨가해주어야 한다는 점 (Lovell, 1982), 셋째, 양어 사료 원료로 대두박이나 콩비지를 사용할 경우 필수아미노산의 균형을 확인해야하고 추가로 첨가해 주어야 한다는 점이다 (Viola and Arieli, 1983). 이러한 단점을 극복하기 위해서 대두박 첨가에 따른 부족한 아미노산의 첨가량 결정에 관한 연구 (Murai et al., 1989), 전지 대두나 탈지 대두박 이용시 대두에 남아 있는 항영양인자의 제거 방법의 연구 (Wee and Shu, 1989), 전지대두-용매 추출 대두박-정제 대두의 이용성 (Pongmaneerat and Watanabe, 1993), 및 대두의 가공부산물인 콩비지의 활용에 대한 많은 연구가 수행되고 있다 (Sun et al., 2007a, b). 앞의 결과를 토대로 대두박만을 그대로 이용할 경우에는 제한요인으로 인하여 이용률이 저하되는 문제점을 보완하기 위하여 대두박을 오징어 내장과 혼합하여 오징어 간분화 함으로써 다른 제한 인자를 줄일 수 있는 이점들을 확인할 수 있었다. 타 어종에 대한 대두박만의 이용성에 대한 연구는 틸라피아 (Jackson et al., 1982; Viola et al., 1988; Wee and Shu, 1989), 잉어 (Dabrowski and Kozak, 1979; Murai et al., 1986, 1989; Viola et al., 1983), 송어 (Simth, 1988), 메기 (Robinson et al., 1985; Wilson and Poe, 1985) 및 Blue catfish (Webster et al., 1995) 등 주로 담수어에 대해 연구되어 왔고, 해산어에 있어서는 방어에서 Shimeno et al. (1993)이 대두박만으로 어분의 20%까지 대체 가능할 것으로 보고하였으며, Mcgoogan and Gatlin III (1997)은 홍민어에서 대두박만으로 어분을 90%까지 대체할 수 있다고 보고하였다. 또한, 은치어기 및 성장기 넙치에서 30%까지 대체가 가능하다고 보고하였다 (Choi, 2004; Kim et al., 2008). 이와같이 여러 어종에서

대두박을 어분을 대체할 사료원으로 많이 연구가 되어오고 있지만 어종에 따른 종 특이성으로 인하여 대체율이 서로 다를 수 있었으며, 본 실험에서는 대두박에 오징어 간분을 이용할때 어분을 25%까지 대체가 가능할 것으로 분석되었다.

본 실험에서 혈액분석 결과, 헤마토크리트는 15.2-25.6%로 이 결과는 Sim et al. (1995)이 넙치에서 보고한 21.5±3.7%와 유사하지만, Alexis et al. (1985)의 무지개 송어나 성장기 잉어, 틸라피아에서 측정값보다는 낮은 값을 나타내었다. 또 헤모글로빈 양은 9.4-11.1 d/dL로 나타났는데 이는 Sim et al. (1995)가 보고한 값보다 높게 나타난 것이며, 넙치에서 어분을 30%로 대체한 결과 5.48±0.06 d/dL 값보다도 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 환경조건과 성장상태에 따라서 변할 수 있다고 많은 연구자들은 밝히고 있다 (Murai et al., 1982; Cowey et al., 1983; Wilson et al., 1984; Munkittrick and Leathelund, 1983; Eaton et al., 1984; Mosconi-Bac, 1987; Babin 1987a,b; Garrido et al., 1990). 특히 GOT에 있어서 어분 75% 대체사료 실험구가 유의하게 높은 값을 나타내었으나, GPT의 경우에는 어분 25% 대체사료 실험구가 유의하게 높은 값을 나타내었다. 이러한 실험의 결과는 검체의 부족으로 잘못 나온 결과로 사료된다. 혈청내 GOT와 GPT는 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 있다 (Gordon, 1968). 그러나 본 실험에서는 실험구간 간 기능에 영향을 끼치지 않은 것으로 실험결과 파악되었다. 따라서, 치어기 넙치 사료내 대두박을 이용하여 생산한 오징어 간분의 경우 어분을 25%까지 대체가 가능할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- Alexis, M.N., E. Papaparaskeva-Papoutsoglou and V. Theochari. 1985. Formulation of paractical diets for rainbow trout (*Salmo gairdneri*) made by partial or complet 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, VA.
- Babin, P.J. 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, P.J. 1987b. Plasma lipoprotein and apoprotein distribution as a function of density in the rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *J. Biochem.*, 246, 425-429.
- Cho, S.H., S.M. Lee, S.M. Lee, B.H. Park, I.S. Park, C.Y. Choi, B.H. Min, S.B. Hur and J.Y. Jo. 2005. Effect of partical 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. and Tec.* 8, 65-69.
- Choi, S.M. 2001. Apparent protein and phosphorus digestibilities of dietary protein source in juvenile korean rockfish, *Sebastes schlegeli* (Hilgendorf). Master course dissertation. Pukyong National Univ., Busan, Korea.
- Choi, S.M. 2004. Development of the low pollution diets for growing olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. Ph. D. course disseration. Pukyong National Univ., Busan, Korea.
- Cowey, B.B., J.W. Adron and A. Youngson. 1983. The vitamin E requirement of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) given diets containing polyunsaturated fatty acids derived from fish oil. *Aquaculture*, 30, 85-93.
- Dabrowski, K., P. Poczyczynski., G. Kock, and B. Berger. 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 exocrin pancreatic secretion. *Aquaculture*, 77, 29-49.
- Dabrowski, K. and B. Kozak. 1979. The use of fish meal and soybean meal as a protein source in the diet of grass carp fry. *Aquaculture*, 18, 107-114.
- Eaton, R.P., T. McConnell, J.G. Hnath, W. Black and R.E. Swartz. 1984. Coronary myointimal hyperplasia in freshwater lake Michigan salmon (*genus Oncorhynchus*). *Am. J. Pathol.*, 116, 311-318.
- Garrido, L.G., R.M. Chapuli and A.V. Andres. 1990. Serum cholesterol and triglyceride levels in *Scyliorhinus canicula* (L.) during sexual maturation. *J. Fish Biol.*, 36, 499-509.
- Gordon, R.B. 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.
- Jackson, A.J., B.S. Capper and A.J. Matty. 1982. Evaluation of some plant proteins in complete diets

- for the tilapia *Sarotherodon massambicus*. *Aquaculture*, 27, 97-109.
- Jo, J.Y., C.K. Hue, J.H. Park, G.H. Yoon, Y.H. Kim, S.Y. Oh and S.C. Bai. 1998. Effects of fish meal analogue on the growth of Israeli strain of common carp, *Cyprinus carpio*, *J. Aquaculture*, 11, 487-493.
- Kikuchi, K. 1999. Partial replacement of fish meal with corn gluten meal in diets for Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*. *J. World Aqua. Soc.*, 30, 357-373.
- Kikuchi, K., T. Furuta and H. Honda. 1994. Utilization of feather meal as a protein source in the diet of juvenile Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*. *Fisheries Science*, 60, 203-306.
- Kim, Y.C., G.Y. Yoo, X. Wang, S. Lee, I.S. Shin and S.C. Bai. 2008. Long term feeding effects of dietary dehulled soybean meal as a fish meal replacer in growing olive flounder *Paralichthys olivaceus*. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*, 21, 868-872.
- Lim, S.R., K.W. Kim, S.M. Choi, X.J. Wang, Sungchul C. Bai and I.S. Shin. 2004. Effects of dietary dehulled soybean meal as a fish meal replacer in fingerling and growing olive flounder, *Paralichthys olivaceus* (Temminck et Schlegel). *Aquaculture*, 231, 457-468.
- Lovell, R.T. 1984. Use of the soybean products in diets for aquaculture species. *Animal Nutrition. Bulletin, Am. Soybean Asso.*, 1-6.
- Mcgoogan B.B. and D.M. Gatlin III. 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.
- 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, K.R. and J.F. Leatheland. 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., H. Ogata, and T. Nose. 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.
- Murai, T., H. Ogata, P. Kosutarak and S. Arai. 1986. Effects of amino acid supplementation and methanol treatment on utilization of soy flour by fingerling carp. *Aquaculture*, 56, 197-206.
- Murai, T., Daozun Wang and H. Ogata. 1989. Supplementation of methionine to soy flour diets for fingerling carp, *Cyprinus carpio*. *Aquaculture*, 77, 373-385.
- Pongmaneerat, J. and T. Watanabe. 1993. Nutritional evaluation of soybean meal for rainbow trout and carp. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 59, 157-163.
- Post, G. 1983. Nutrition and nutritional diseases of fish. In: *Textbook of fish health*. TFH. Publications, Inc., Ltd., pp. 199-207.
- Refstie, S., T. Storebakken, G. Baeverfjord and A.J. Roem. 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.
- Robinson, E.H., J.K. Muler and V.M. Vergara. 1985. Evaluation of dry extrusion cooked protein mixes as replacement for soybean meal and fish meal in catfish diets. *Prog. Fish. Cult.*, 47, 102-109.
- Sato, T. and K. Kijuchi. 1997. Meat meal as a protein source in the diet of juvenile Japanese flounder. *Fisheries Science*, 63, 877-880.
- Shimeno, S., T. Mima, O. Yamamoto and Y. Ando. 1993. Effects of fermented defatted soybean meal in diet on the growth, feed conversion, and body composition of juvenile yellowtail. *Nippon suisan Gakkaishi*, 59, 1883-1888.
- Sim, D.S., S.H. Jung and S.D. Lee. 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.
- Smith, R.R. 1988. Soybeans and wheat flour by products in trout feeds. *Animal Nutrition Bulletin, Am. Soybean Asso.*, 8.
- Sun, M., Y.C. Kim, O.E. Okorie, S. Devnath, G. Yoo, S. Lee, S.C. Bai and Y.K. Jo. 2007a. Use of fermented fisheries by-products and soybean curd residues mixture as a fish meal replacer in diets of juvenile olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. *J. World Aqua. Soc.*, 38, 543-549.
- Sun, M., Y.C. Kim, O.E. Okorie, S. Lee, S. Devnath, G. Yoo, S.C. Bai and Y.K. Jo. 2007b. Evaluation of fermented soybean curd residues as an energy source in diets for juvenile olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. *J. World Aqua. Soc.*, 38, 536-542.
- Viola, S., S. Mokady and Y. Arieli. 1983. Effects of soybean processing methods on the growth of carp (*Cyprinus carpio*). *Aquaculture*, 32, 27-38.
- Viola, S., Y. Arieli and G. Zohar. 1988. Animal-Protein-

- free feeds for hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* X *O. aureus*) in intensive culture. *Aquaculture*, 75, 115-125.
- Webster, C.D., L.S. Goodgame-Tiu and J.H. Tidwell. 1995. Total replacement fish meal by sobean meal, with various percentages of supplemental L-methionnine, in fish diets for blue catfish, *Ictalurus furcatus* (Leseur). *Aquaculture Research*, 26, 299-306.
- Wee, K.L. and S.W. Shu. 1989. The nutritive value of boiled full-fat soybean in pwlleted feed for nile tilapia. *Aquaculture*, 81, 303-312.
- Wilson, R.P. and W.E. Poe. 1985. Effects of feeding soybean meal withvarying trypsin inhibitor activities on growth of fingerling channel catfish. *Aquaculture*, 46, 19-25.
- Wilson, R.P., R.R. Bowser and W.E. Poe. 1984. Dietary vitamin E requirement of fingering channel catfish. *J. Nutrition*, 114, 2053-2058.

2009년 1월 9일 접수

2009년 6월 6일 수정

2009년 6월 8일 수리