

넙치 치어 배합사료의 어분 대체 단백질원으로서는 탈지 대두박 이용성

김윤숙 · 김봉석* · 문태석* · 이상민
 강릉대학교 해양생명공학부, *국립수산진흥원

Utilization of Defatted Soybean Meal As a Substitute for Fish Meal in the Diet of Juvenile Flounder (*Paralichthys olivaceus*)

Yoon-Sook KIM, Bong-Seok KIM*, Tae-Seok MOON*
 and Sang-Min LEE

Faculty of Marine Bioscience & Technology, Kangnung National University, Kangnung 210-702, Korea
 *National Fisheries Research & Development Institute, Pusan 619-900, Korea

This study was conducted to investigate the utilization of defatted soybean meal as a substitute for fish meal in the diet for juvenile flounder (*Paralichthys olivaceus*). Duplicate groups of average weighing 35 g were fed one of four isonitrogenous (54%) and isocaloric (375 kcal/100 g diet) diets containing 0%, 10%, 20% and 30% soybean meal for 45 days. Survival rates of all groups were 100%. Weight gain of fish decreased with increasing dietary soybean meal levels, however, this value was not significantly different between fish fed the control and 10% soybean meal diet ($P>0.05$). Feed efficiency and protein efficiency ratio decreased with increasing dietary soybean meal levels, but no significant differences were found among fish fed the control, 10% and 20% soybean meal diets ($P>0.05$). Daily feed and protein intake increased with increasing dietary soybean meal level. Crude protein and moisture content of liver tended to decrease and crude lipid content tended to increase with decreasing of dietary soybean meal levels. Plasma total cholesterol levels of fish fed the diets containing 20% and 30% soybean meal were significantly lower than that of fish fed control diet ($P<0.05$). Plasma GOT level significantly increased with increasing dietary soybean meal level ($P<0.05$). It is concluded that soybean meal can be used as a partial substitute for fish meal up to 10% in this dietary formulation for growth of juvenile flounder.

Key words: Protein source, Soybean meal, Fish meal, Flounder, *Paralichthys olivaceus*

서 론

우리 나라의 넙치양식은 1980년대 후반부터 본격화되어 1999년에는 그 양식생산량이 21,368톤 (해양수산부, 2000)으로 해가 거듭될수록 증가되고 있다. 넙치는 성장이 빠르고, 중요생산기술이 확립되어 있을 뿐만 아니라 고밀도 사육이 가능하며, 특히 우리나라와 일본에서 횡감으로 선호도가 높아 양식 대상으로 가치가 높은 종이다. 하지만 이 종을 양식하는 대부분의 양어들은 냉동 전갱이나 메가리 등 주로 생사료를 사용하여 왔기 때문에 최근에 생사료 부족과 함께 가격이 상승하는 등 많은 부작용이 초래되고 있는 실정이다.

대부분의 해산어류는 육상동물이나 담수어와는 달리 육식성이 강하고 단백질 요구량이 높아 사료원가 중 단백질원이 차지하는 비중이 높다. 또한, 육식성 어류는 잡식성이나 초식성 어류처럼 식물성 단백질의 이용성이 높지 않기 때문에 배합사료에 항상 어분이 주 단백질원으로 사용되고 있어 해산어용 사료 개발에 있어 어분의 첨가비율은 사료단가에 매우 중요한 요인이다. 이러한 어분은 여러 가지 영양소의 균형이 잘 갖추어진 양질의 사료 단백질원이지만 가격이 비싸고, 어획량 변동이 심해 공급이 불안정한 실정이다 (McCoy, 1990; Rodriguez-Serna et al., 1996). 양어 사료에 사용되고 있는 어분은 전 세계 어분 생산량의 10% 이상을 차지하고 있어서 (Rumsey, 1994), 고급 어분의 사용은 앞으로 계속 제한적일 수밖에 없는 실정이다. 따라서 경제적인 사료의 안정적인 공급을 위해서는 사료중의 어분 첨가비를 줄이는 것이 중요하다.

며, 이를 위해서는 어분을 대신할 수 있는 값싸고 공급이 안정적인 단백질원을 개발하는 것이 시급하다. 식물성인 대두박이 어분 대체 단백질원으로 가장 많이 연구되고 있는데, 주로 담수어를 대상으로 연구되어 왔다 (Dabrowski and Kozak, 1979; Jackson et al., 1982; Robinson et al., 1985; Wilson and Poe, 1985). 이는 다른 식물성 단백질원에 비해 대두박에는 단백질 함량과 아미노산 조성 등 영양성분이 비교적 잘 갖추어져 있을 뿐 아니라 (NRC, 1993), 가격이 싸고 공급이 안정적이기 때문이다. 최근, 방어와 조피볼락에 대해서 대두박 이용성을 평가하여 사료단가를 낮출 수 있을 것으로 보고된 바 있다 (Lee et al., 1991; Lee and Jeon, 1996).

현재 넙치용 배합사료가 시판되고 있으나, 넙치의 양식 사료에 관한 연구로 단백질과 에너지 요구량 (Lee et al., 2000a), 대체 단백질원 이용성 (Kikuchi, 1999) 및 사료공급 (Lee et al., 1999, 2000b) 외에는 그 연구가 의외로 제한적인 실정이다. 그래서 본 연구에서는 경제적인 넙치 (*P. olivaceus*) 배합사료 개발의 일환으로 대두박의 이용성을 조사하였다.

재료 및 방법

단백질원

본 실험에 사용된 사료의 주 단백질원인 북양어분 (간접식, 고려원양 개척호 제품)과 대체단백질원인 대두박 (탈지, 탈피)의 일 반성분 및 필수아미노산 조성을 Table 1에 나타내었다.

Table 1. Proximate and essential amino acids composition of dietary protein sources

	Protein sources	
	White fish meal	Soybean meal
<i>Proximate analysis (%)</i>		
Moisture	4.6	9.6
Crude protein	69.6	47.6
Crude lipid	7.6	1.8
Crude ash	16.0	6.0
<i>Essential amino acids (% in protein)</i>		
Arg	7.7	7.8
His	1.7	1.9
Ile	3.7	3.7
Leu	8.1	8.1
Lys	4.9	4.1
Met+Cys	4.3	2.6
Phe+Tyr	7.9	8.8
Thr	4.9	4.4
Try	1.6	0.6
Val	4.1	3.7

실험사료

Table 2와 같이 실험 사료는 북양어분을 주 단백질원으로 어분 대체단백질원인 대두박을 사료의 0%, 10%, 20% 및 30%씩 첨가하여 단백질 함량을 54%로 조절하였으며, 탄수화물원으로 소맥분, 지질원으로 오징어 간유를 첨가하여 지질함량을 8% 전후, 넙치의 필수지방산인 n-3HUFA 함량을 1.5% 전후가 되도록 하였으며, 모든 실험사료의 에너지가 375 kcal/100g이 되도록 조절하였다. 이 때 에너지 함량은 사료의 단백질, 지질 및 가용성무질소물(nitrogen-free extract)을 각각 4, 9 및 4 kcal/g로 계산하였다 (Garling and Wilson, 1976). 이와 같이 설계된 원료들을 잘 혼합하여 분말사료를 제조하고, 분말사료 100g 당 물 40g을 첨가하여 moist pellet 제조기로 성형하였으며, -30°C의 냉동고에 보관하면서 사료 공급시마다 사용하였다.

실험어 및 사육관리

강원도 수산양식시험장에서 종묘 생산되어 상품 사료로 사육된 넙치 치어를 국립수산물진흥원 동해수산연구소로 수송하여 일주일 간 상품사료로 예비사육 하였으며, 실험용으로 중간크기의 건강한 어체 (평균체중 35g)를 선별하여 300ℓ들이 FRP 사각수조에 각각 20마리씩 수용하여 각 실험사료마다 2반복으로 45일간 사육실험 하였다. 실험사료는 매일 오전 (09:00)과 오후 (17:00)로 나누어 먹을 때까지 손으로 던져 주었다. 여과 해수를 각 실험수조마다 분당 약 7ℓ로 조정하여 흘려주었고, 사육기간 동안의 수온은 18.0±1.44°C (평균 ± 표준편차), 비중은 1.025±0.0005였다. 어체 측정 은 실험 개시시와 종료시에 측정 전일 절식시킨 후 100 ppm의 MS₂₂₂ (tricaine methane sulfonate, Sigma, USA)에 마취시켜 각 실험수조에 수용된 실험어의 전체무게를 측정하였으며, 혈장성분의 변화를 조사하기 위해 각 실험구 당 5마리씩 (2반복) 무작위로 추출하여 Heparin sodium 주사액 (녹십자, 경기도)이 처리된 1

Table 2. Ingredients and nutrient contents of the experimental diets

	Dietary soybean levels (%)			
	0	10	20	30
<i>Ingredients (%)</i>				
White fish meal ¹	65.0	59.0	53.0	47.0
Soybean meal ²	—	10.0	20.0	30.0
Wheat flour	24.3	19.8	15.3	10.8
Squid liver oil	2.2	2.7	3.2	3.7
Vitamin premix ³	2.0	2.0	2.0	2.0
Mineral premix ⁴	3.0	3.0	3.0	3.0
Chloromethyl cellulose	3.0	3.0	3.0	3.0
Choline salt	0.5	0.5	0.5	0.5
<i>Nutrient content (% , dry matter)</i>				
Crude protein	54.1	53.8	53.5	52.9
Crude lipid	7.8	8.0	8.2	8.3
Crude ash	13.6	13.3	12.9	12.7
Nitrogen-free extract ⁵	23.8	24.1	24.4	24.6
Estimate energy (kcal/100g) ⁶	372.2	374.0	375.8	377.6
n-3HUFA ⁷	1.5	1.5	1.5	1.6

¹ Produced by steam dry method, Han Chang Fish Meal Co., Pusan, Korea.

² Dehulled, solvent extracted.

³ Vitamin premix, contained the following diluted in cellulose (g/kg mix): L-ascorbic acid, 92.7; α -tocopheryl acetate, 14.5; thiamin, 2.1; riboflavin, 7.0; pyridoxine, 1.4; niacin, 27.8; Ca-D-pantothenate, 9.7; myo-inositol, 139.1; D-biotin, 0.21; folic acid, 0.5; p-amino benzoic acid, 13.9; K₃, 1.4; A, 0.6; D₃, 0.002; cyanocobalamin, 0.003.

⁴ Mineral mix, contained the following ingredients (g/kg mix): MgSO₄·7H₂O, 80; NaH₂PO₄·2H₂O, 370; KCl, 130; Ferric citrate, 40; ZnSO₄·7H₂O, 20; Ca-lactate, 356.5; CuCl, 0.2; AlCl₃·6H₂O, 0.15; KI, 0.15; Na₂Se₂O₃, 0.01; MnSO₄·H₂O, 2; CoCl₂·6H₂O, 1.

⁵ Calculated by difference.

⁶ Calculated based on 4.0 kcal/g protein, 9.0 kcal/g lipid and 4.0 kcal/g nitrogen-free extract (Garling and Wilson, 1976).

⁷ Highly unsaturated fatty acids (C≥20).

회용 주사기로 미부 혈관에서 채혈하였다. 실험 종료시 각 수조의 모든 개체를 sample로 취하여 -70°C에 냉동보관하면서 비만도와 간중량 지수를 구했으며, 간은 일반성분 분석용 시료로 사용하였다.

성분분석 및 통계처리

실험사료 및 간의 일반성분은 AOAC (1990)의 방법에 따라 조단백질 (N×6.25)은 Auto Kjeldahl System (Buchi B-324/435/412, Switzerland)를 사용하여 분석하였고, 조지방은 ether를 사용하여 추출하였으며, 수분은 105°C의 dry oven에서 24시간 동안 건조 후 측정하였다. 조회분은 550°C 회화로에서 4시간 동안 태운 후 정량하였으며, 가용성 무질소물은 100-(수분+조단백질+조지방+조회분)의 식으로 계산하였다. 총 아미노산은 일정량의 시료를 취하여 6N HCl로 110°C sand bath 상에서 22시간 동안 가수분해한 후, 시료용액을 회전진공증발기로 감압 건조한 다음 0.02N

sodium citrate dilution buffer (pH 2.2)로 정용하였다. 이것을 0.45 μ m membrane filter로 여과한 다음, -30°C 냉동고에 저장하여 두고 실험에 사용하였다. 또한, 황 함유 아미노산인 Cys과 Met은 performic acid로 산화시켜 cysteic acid와 methionine sulfone으로 분석하였다. 아미노산의 정량은 Sykam amino acid analyzer S433 (Germany)을 이용하여 분석하였다. 혈장성분은 채혈한 혈액을 3,000 rpm에서 10분간 원심 분리하여 얻은 혈장을 -70°C에 동결 보존하면서 1주 이내에 분석하였으며, 임상용 kit (아산제약)를 사용하여 protein은 burette법으로 glucose와 cholesterol은 효소법으로, GPT (glutamate pyruvate transaminase)와 GOT (glutamate oxaloacetate transaminase)는 Reitman-Frankel법으로 분석하였다.

결과의 통계처리는 ANOVA-test를 실시하여 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 평균간의 유의성을 SPSS (SPSS Inc., 1997) program을 사용하여 검정하였다.

결과 및 고찰

45일간의 사육 실험 결과는 Table 3에 표시한 것과 같으며, 실험 기간 동안의 생존율은 모든 실험구에서 100%였다. 증중량은 사료의 대두박 첨가 수준이 높을수록 감소하는 경향을 보였으나, 대조구와 대두박 10% 첨가구의 평균증중량은 60.7~66.0 g/fish로 서로 유의차가 없었으며 (P>0.05), 대두박 20%와 30% 첨가구의 증중량 (50.1~47.1 g/fish)은 대조구보다 유의하게 낮았다 (P<0.05).

Table 3. Growth performance of fish fed the experimental diets for 45 days¹

	Dietary soybean levels (%)			
	0	10	20	30
Initial body weight (g/fish)	34.8±0.39	35.4±2.00	36.3±3.46	35.1±1.67
Weight gain (g/fish)	66.0±2.20 ^b	60.7±1.90 ^{ab}	50.1±1.25 ^a	47.1±6.65 ^a
Feed efficiency (%) ²	106.1±4.75 ^b	90.1±6.00 ^{ab}	81.0±7.85 ^{ab}	69.6±8.45 ^a
Daily feed intake (%) ³	2.04±0.138 ^b	2.27±0.044 ^{ab}	2.25±0.060 ^{ab}	2.55±0.020 ^a
Daily protein intake (%) ⁴	1.10±0.075 ^b	1.22±0.023 ^{ab}	1.20±0.032 ^{ab}	1.35±0.110 ^a
Protein efficiency ratio (%) ⁵	1.96±0.088 ^b	1.67±0.112 ^{ab}	1.51±0.147 ^{ab}	1.31±0.160 ^a

¹ Values (mean±SE of replication groups) in the same row not sharing a common superscript are significantly different (P<0.05).

² (Fish weight gain×100)/feed intake (dry matter).

³ [Feed intake (dry matter)×100]/[(initial fish weight+final fish weight)/2]×days fed.

⁴ (Protein intake×100)/[(initial fish weight+final fish weight)/2]×days fed.

⁵ Weight gain/protein intake.

사료효율도 106.1~69.6%로 증중량과 유사하게 사료 대두박 첨가 수준이 높을수록 감소하는 경향을 보였으나, 대두박 10%와 20% 첨가구는 대조구와 유의차가 없었다 (P>0.05). 일일사료섭취율은 2.04~2.55, 일일단백질섭취율은 1.10~1.35로 대두박첨가에 따라 높아졌고, 대두박 30% 첨가구가 대조구보다 유의하게 높았다 (P<0.05). 단백질효율도 1.96~1.31 범위에서 사료효율과 같은 경향이었으며, 대두박 10%와 20% 첨가구는 대조구와 비교하여 유의차가 없었다 (P>0.05).

Table 4는 어체 간의 일반성분을 나타낸 것으로, 수분과 단백질 함량은 각각 64.6~68.6% 및 10.7~12.0%로 사료의 대두박 첨가 수준이 높을수록 증가하는 경향을 보였으나, 지질 함량은 16.2~12.9%에서 감소하는 경향을 보였다. 하지만 일반성분은 실험구간에 유의차가 없었다 (P>0.05). 간중량비는 7.5~9.3로 실험구간에 유의차가 없었다 (P>0.05). 비만도는 대두박 10%와 20% 첨가구가 대조구와 비교하여 유의차가 없었으나 (P>0.05), 대두박 30% 첨가구는 대두박 10% 첨가구와 비교하여 유의하게 낮았다 (P<0.05).

혈장성분의 변화는 Table 5에 표시하였으며, glucose와 protein 농도는 각각 12.1~21.7 mg/100 ml, 4.0~5.7 g/100 ml로 실험구간에 유의차가 없었다 (P>0.05). Cholesterol 농도는 605.4~375.9 mg/100 ml로 사료의 대두박 첨가 수준이 높을수록 감소하는 경향을 보였으나, 대조구와 대두박 10% 첨가구간에는 유의차가 없었다 (P>0.05). GOT는 사료의 대두박 첨가 수준이 높을수록 증가하는 경향을 보였고, 대두박 30% 첨가구가 대조구와 대두박 10% 첨가구보다 유의하게 높았다 (P<0.05). GPT도 GOT와 같은 경향을 보였으나, 실험구간에 통계적인 차이는 없었다 (P>0.05).

대두박을 사료원료로 사용하는데 고려하여야 할 것은 필수아미노산 조성, phytic acid 및 trypsin inhibitor 농도 등이다. 본 실험에서처럼 사료에 대두박 첨가 수준이 높을수록 성장이 저조한 이

Table 4. Chemical composition of the liver, hepatosomatic index and condition factor of flounder fed the experimental diets for 45 days¹

	Dietary soybean levels (%)			
	0	10	20	30
Moisture (%)	64.6±0.05	65.4±0.65	67.3±2.00	68.6±1.80
Crude protein (%)	10.7±0.86	11.6±0.42	11.7±0.63	12.0±1.07
Crude lipid (%)	16.2±0.37	16.5±1.06	14.1±2.04	12.9±2.65
Hepatosomatic index ²	8.3±0.50	9.3±0.35	8.0±0.95	7.5±1.26
Condition factor ³	1.15±0.010 ^{ab}	1.21±0.025 ^b	1.15±0.025 ^{ab}	1.13±0.005 ^a

¹ Values (mean±SE of replication groups) in the same row not sharing a common superscript are significantly different (P<0.05).

² (Liver weight/body weight)×100.

³ (Body weight/total length (cm)³)×100.

Table 5. Hematological changes of the plasma in flounder fed the experimental diets for 45 days¹

	Dietary soybean levels (%)			
	0	10	20	30
Total glucose (mg/100 ml)	21.7±2.45	14.5±3.60	12.1±2.75	17.2±3.65
Total protein (g/100 ml)	4.2±0.45	4.0±0.75	5.7±0.25	4.5±0.65
Total cholesterol (mg/100 ml)	605.4±35.85 ^b	488.9±48.42 ^{ab}	422.0±7.88 ^a	375.9±5.18 ^a
GOT (Karmen unit) ²	23.5±2.30 ^a	29.3±8.95 ^{ab}	45.8±1.30 ^{bc}	56.2±4.90 ^c
GPT (Karmen unit) ³	21.1±2.05	21.5±2.30	30.7±4.55	31.9±0.80

¹Values (mean±SE of replication groups) in the same row not sharing a common superscript are significantly different (P<0.05).

²Glutamate oxaloacetate transaminase.

³Glutamate pyruvate transaminase.

유는 Table 1에 나타낸 바와 같이 어분에 비해 식물성 단백질원인 대두박에는 Met+Cys과 같은 필수아미노산이 부족했기 때문으로 추정된다. 또한, 대두박의 trypsin inhibitor나 phytic acid와 같은 항영양인자에 의해서도 성장이 저하될 수 있는데 (NRC, 1993), trypsin inhibitor는 열처리에 의해 대부분 파괴되므로 extrusion 처리된 전지대두나 대두유의 생산 부산물인 대두박을 사용하면 그 이용성을 개선시킬 수 있다 (Viola et al., 1983). 본 실험에 사용된 대두박은 탈지 압착하고 가열 처리하여 상품화된 것이므로 이와 같은 항영양성인자는 대부분 제거되었을 것으로 판단된다. 그리고 본 실험사료에 어분 유래 인을 제외하더라도 사료의 인 함량이 2%가 되도록 인을 충분히 보충하여 주었기 때문에 대두박에 존재하는 phytic acid에 결합된 인의 이용성 저하 (NRC, 1993)로 인해 넙치의 성장이 낮아진 것 같지는 않다.

그리고 본 연구에서 사료의 대두박 첨가수준이 높을수록 일일사료섭취율과 단백질섭취율이 증가하였음에도 불구하고 사료효율 및 단백질효율은 감소하였는데, 이는 육식성이 강한 넙치가 식물성 원료에 대한 가소화에너지가 낮았기 때문으로 판단된다. 넙치를 대상으로 각 원료의 가소화에너지가 연구되지 않았기 때문에 본 연구에서는 측정된 사료의 단백질, 지질 및 탄수화물로 에너지 함량을 계산하여 모든 사료의 에너지가 비슷한 수준이 되도록 설계하였다. 하지만 각 원료의 가소화에너지를 고려한다면, 즉 대두박의 영양소 소화율이 낮다면 사료의 대두박 함량이 증가할수록 가소화 에너지는 낮아진다. 이러한 측면에서 사료의 대두박 첨가 수준이 높은 사료구의 넙치는 부족한 에너지를 충족시키기 위해 사료섭취량이 상대적으로 더 높아질 수밖에 없을 것이다. 넙치와 서식환경이 비슷한 Atlantic halibut (Berge et al., 1999)에서도 대두박 첨가구의 사료섭취율이 높아지는 경향을 보였다. 이러한 내용들을 종합하여보면, 본 실험의 대두박 첨가에 따라 성장이 저하되는 것은 필수아미노산의 불균형과 대두박의 낮은 영양소 소화율 때문으로 판단되며, 이에

대해서는 추가적인 연구가 계속되어야 할 것이다.

대두박의 이용성을 개선시키기 위해서는 대두박에 부족한 영양소를 보충하여 주거나 대두박에 부족한 영양소가 상대적으로 풍부한 다른 원료와 혼합하여 사용하는 것이다. 예를 들면, 대두박을 사료에 첨가함에 따라 대두박에 부족한 제한아미노산으로 인해 어류의 성장이 저해되는데 (Cowey et al., 1971; Dabrowski and Kozak, 1979; Jackson et al., 1982), 대두박에 부족한 Met과 같은 아미노산이나 인을 사료에 보충하여 성장을 개선시키는 연구도 수행되고 있다 (Dabrowska and Wojno, 1977; Murai et al., 1982; Shiao et al., 1988). 하지만 아미노산이나 인을 인위적 사료에 부족한 양만큼 보충하여도 성장 개선 효과가 없었다는 결과도 보고되어 있다 (Andrew and Page, 1974; Lee et al., 1991; Lim and Dominy, 1989). 그리고 대두박 단독 첨가보다는 콘글루텐 밀과 육골분 같은 원료를 혼합 첨가하는 것이 더 효율적으로 어분을 대체할 수 있는데, 즉, 여러 가지 원료를 적절히 혼합하여 첨가함으로써 첨가 원료 중에 부족한 영양소가 보완되어 성장 효과를 개선시킬 수 있고, 더 높은 비율로 어분을 대체할 수 있을 것이다. 예를 들면, 대두박에는 Met+Cys 함량이 상대적으로 적지만, 콘글루텐 밀과 육골분에는 어분과 비슷한 수준으로 함유되어 있고, 콘글루텐 밀에 부족한 Arg는 대두박과 육골분에 상대적으로 높게 함유되어 있어, 이 원료들을 적절히 혼합 첨가함으로써 상호 보완 효과를 얻을 수 있을 것으로 기대된다. 이미 해산어류인 조피볼락과 방어에서도 이와 같은 혼합 첨가 가능성이 제시된 바 있어 (Lee et al., 1996; Shimeno et al., 1993), 넙치사료에 대두박과 다른 원료를 적절히 혼합 첨가하는 것이 대두박 단독 첨가보다 어분을 효과적으로 대체할 수 있을 것으로 판단된다. 본 실험에 사용한 대두박과 품질이 다른 단백질 함량이 57%인 대두박을 사용하여 Kikuchi (1999)는 어분 대체 단백질원으로서 그 이용성을 조사하기 위하여 혈분이나 콘글루텐 밀 등과 혼합하여 넙치를 사육실험한 결과 사료의 어분을 40%까지 낮출 수 있다고 보고하였다. 해산어의 대두박 이용성에 대한 연구로 Lee and Jeon (1996) 및 Shimeno et al. (1993)이 조피볼락과 방어 사료의 어분을 13% 및 20%까지 대두박으로 대체 가능한 것으로 보고하였으며, Reigh and Ellis (1992)는 red drum (*Sciaenops ocellatus*) 사료에서 어분을 26%까지 대체하는 것이 경제적인 사료라고 발표하였다. 따라서 대체원의 적정 첨가량 구명과 함께 이에 대해서는 부족한 아미노산의 첨가 등 실용 사료 배합비에 응용할 수 있도록 계속 연구를 수행하여 혼합 첨가의 최적 비 등을 밝혀 보다 값싼 양질의 넙치용 배합사료를 개발할 수 있도록 해야 할 것이다.

통계적인 차이는 인정되지 않았지만, 전어체의 일반성분인 수분과 단백질 함량이 대두박의 첨가수준이 높을수록 증가한데 반해, 지질함량이 감소한 것은 증중량과 관련이 있는 것 같다. 이것은 Murai et al. (1985)의 보고와 일치하는 것으로 어체중이 증가할수록 지질 함량은 증가하였지만 수분, 단백질 및 회분 함량은 감소하였다.

혈장성분의 변화는 생물의 건강상태를 파악하는데 중요한 지표로서, 사료의 필수영양소결핍 (Lee et al., 1993; Murai et al., 1982)이나 어류의 사육환경 (Park et al., 1999) 등에 따라 차이가 난다.

단백질농도와 glucose 농도의 저하는 기아, 영양실조, 소화기관장애나 간의 기능장애로 인한 결합부족과 합성저하에 원인이 있다고 알려져 있다. 본 실험에서 총 단백질과 glucose 농도의 변화는 실험구간에 유의적인 차이가 없었지만, 간 기능에 직접적인 관련이 있는 혈장 GOT는 실험구간에 유의한 차이를 보였다. 이처럼 혈장 내 아미노기 전달효소의 농도가 높아지는 것은 간 세포막의 이상으로 조직에 함유되어 있던 효소가 혈액 중으로 방출되기 때문이다. 본 실험에서 나타난 혈장성분 변화의 결과들을 통해 대두박의 첨가수준이 높을수록 어체간의 기능에 나쁜 영향을 주었다는 사실을 알 수 있었으나, 본 중에 관한 혈장성분의 뚜렷한 기준이 확립되어 있지 않으므로 차후 혈액화학적 연구가 필요할 것으로 판단된다.

이상의 결과로부터, 본 실험 조건에서 어분의 대체 단백질원으로 대두박의 첨가수준이 사료의 10%로 나타난 것은 넙치가 단백질 요구량이 높은 육식성 어류이며 식물성 단백질원에 대한 가스화에너지가 낮기 때문으로 판단되며, 향후 이러한 단점들을 보완한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

요 약

넙치 배합사료의 어분 대체 단백질원으로서 대두박의 이용성을 조사하기 위하여 평균체중 35g인 넙치를 각 수조마다 20마리씩 2반복 수용하여 대두박 함량을 0%, 10%, 20% 및 30%로 조절한 사료로 45일간 사육실험하였다. 그 결과, 모든 실험구에서 100%의 생존율을 나타내었으며, 증중량은 대조구와 대두박 10% 첨가구간에는 차이가 없었지만, 대두박 20%와 30% 첨가구는 대조구보다 유의하게 낮았다 ($P < 0.05$). 사료효율과 단백질효율은 사료의 대두박 첨가수준이 높을수록 감소하는 경향을 보였으나, 대조구와 대두박 10% 및 20% 첨가구간에 유의한 차이를 보이지 않았다 ($P > 0.05$). 이와 반대로, 일일사료섭취율과 일일단백질섭취율은 사료의 대두박 첨가수준이 높을수록 증가하는 경향을 보였다. 어체간의 일반성분은 각 실험구간에 유의차가 없었으나 ($P > 0.05$), 사료의 대두박 첨가수준이 높을수록 단백질과 수분함량은 증가하고, 지질함량은 감소하였다. 혈장 총 콜레스테롤 농도는 사료의 대두박 첨가수준이 높을수록 감소하는 경향을 나타내었으나, 대조구와 대두박 10% 첨가구간에 유의차가 없었다 ($P > 0.05$). 혈장 GOT는 사료의 대두박 첨가수준이 높을수록 증가하는 경향을 보였다. 이상의 결과로부터, 본 실험 사료 조성으로 넙치 치어를 사육하였을 때, 어분 대체단백질원으로서 대두박을 사료의 10%까지 첨가할 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 지정 강릉대학교 동해안해양생물자원 연구센터의 연구비 지원에 의한 것이며, 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

Andrews, J.W. and J.W. Page. 1974. Growth factors in the fishmeal

component of catfish diets. *J. Nutr.*, 104, 1091~1096.
 AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemicals. Arlington, Virginia. 1298 pp.
 Berge, G.M., B. Grisdale-Helland and S.J. Helland. 1999. Soy protein concentrate in diets for Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*). *Aquaculture*, 178, 139~148.
 Cowey, C.B., J.A. Pope, J.W. Adron and A. Blair. 1971. Studies on the nutrition of marine flatfish. Growth of the plaice *Pleuronectes platessa* on diets containing proteins derived from plants and other sources. *Mar. Biol.*, 10, 145~153.
 Dabrowska, H. and T. Wojno. 1977. Studies on the utilization by rainbow trout (*Salmo gairdneri* Rich.) of feed mixture containing soya bean meal and an addition of amino acid. *Aquaculture*, 10, 297~310.
 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.
 Duncan, D.B. 1955. Multiple-range and multiple F tests. *Biometrics*, 11, 1~42.
 Garling, D.L. Jr. and R.P. Wilson. 1976. Optimum dietary protein to energy ratio for channel catfish fingerlings, *Ictalurus punctatus*. *J. Nutr.*, 106, 1368~1375.
 Jackson, A.J., B.S. Capper and A.J. Matty. 1982. Evaluation of some plant proteins in complete diets for the tilapia *Sarotherodon Mossambicus*. *Aquaculture* 27, 97~109.
 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.
 Lee, S.M., Y.J. Kang and J.Y. Lee. 1991. The effect of soybean meal as a partial replacement for white fish meal in diet for yellowtail (*Seriola quinqueradiata*). *Bull. Nat'l. Fish. Res. Dev. Agency, Korea*, 45, 247~257.
 Lee, S.M., J.Y. Lee, Y.J. Kang and S.B. Hur. 1993. Effect of dietary n-3 Highly unsaturated fatty acids on growth and biochemical changes in the Korean rockfish *Sebastes schlegeli*. II. Changes of blood chemistry and properties of liver cells. *J. Aquacult.*, 6, 107~123.
 Lee, S.M. and I.G. Jeon. 1996. Evaluation of soybean meal as a partial substitute for fish meal in formulated diets for Korean rockfish, *Sebastes schlegeli*. *J. Korean Fish. Soc.*, 29, 586~594.
 Lee, S.M., J.H. Yoo and J.Y. Lee. 1996. The use of soybean meal, corn gluten 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, S.M., C.H. Seo and Y.S. Cho. 1999. Growth of the juvenile olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) fed the diets at different feeding frequencies. *J. Kor. Fish. Soc.*, 32, 18~21.
 Lee, S.M., S.H. Cho and K.D. Kim. 2000a. Effects of dietary protein and energy levels on growth and body composition of juvenile flounder (*Paralichthys olivaceus*). *J. World Aquacult. Soc.*, 31, 306~315.
 Lee, S.M., S.H. Cho and D.J. Kim. 2000b. Effects of feeding frequency and dietary energy level on growth and body composition of juvenile flounder, *Paralichthys olivaceus* (Temminck & Schlegel). *Aquacult. Res.*, 31, 917~922.
 Lim, C. and W. Dominy. 1989. Utilization of Plant Proteins by Warmwater Fish. *Am. Soybean Ass.*, 12pp.

- McCoy, H.D. II, 1990. Fishmeal-The critical ingredient in aquaculture feeds. *Aquacult. Mag.*, 16, 43~50.
- Murai, T., T. Akiyama, Y. Hirasawa, T. Oshiro, M. Okauchi and T. Nose. 1982. Blood constituent levels and body composition of wild and cultured bluefin tuna juveniles. *Bull. Nat'l. Res. Inst. Aquaculture*, 3, 51~59.
- Murai, T., T. Akiyama, T. Takeuchi, T. Watanabe and T. Nose. 1985. Effects of dietary protein and lipid levels on performance and carcass composition of fingerling carp. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 54, 605~608.
- NRC (National Research Council). 1993. *Nutrient Requirements of Fish*. National Acad. Press, Washington, D. C. 114 pp.
- Park, M.R., Y.J. Chang and D.Y. Kang. 1999. Physiological response of the cultured olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) to the sharp changes of water temperature. *J. Aquacult.*, 12, 221~228.
- Reigh, R.C. and S.C. Ellis. 1992. Effects of dietary soybean and fish-protein ratios on growth and body composition of red drum (*Sciaenops ocellatus*) fed isonitrogenous diets. *Aquaculture*, 104, 279~292.
- Robinson, E.H., J.K. Muler and V.M. Vergara. 1985. Evaluation of dry extrusion cooked protein mixes as replacements for soybean meal and fish meal in catfish diets. *Prog. Fish. Cult.* 47, 102~109.
- Rodriguez-Serna, M., M.A. Olvera-Novoa and Carmona-Osaldade. 1996. Nutritional value of animal by-product meal in practical diets for Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) fry. *Aquacult. Res.*, 27, 76~73.
- Rumsey, R. 1994. What is the future of fish meal use? *Feed International*, March, pp. 10~17.
- Shiau, S.Y., B.S. Pan, S. Chen, H.L. Yu and S.L. Lin. 1988. Successful use of soybean meal with a methionine supplement to replace fish meal in diets fed to milkfish *Chanos chanos* Forskal. *J. World Aquacult. Soc.*, 19, 14~19.
- Shimeno, S., T. Mima, T. Imanaga and K. Tomaru. 1993. Inclusion of combination of defatted soybean meal, meat meal and corn gluten meal to yellowtail diet. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 59, 1889~1895.
- SPSS Inc. 1997. *SPSS Base 7.5 for Window*, SPSS Inc., 444N. Michigan Avenue, Chicago, IL, 60611.
- Viola, S., S. Mokady and Y. Arieli. 1983. Effects of soybean processing methods on the growth of carp (*Cyprinus carpio*). *Aquaculture*, 32, 27~28.
- Wilson, R.P. and W.E. Poe. 1985. Effects of feeding soybean meal with varying trypsin inhibitor activities on growth of fingerling channel catfish. *Aquaculture*, 46, 19~25.
- 해양수산부, 2000. 해양수산부통계연보.

2000년 7월 29일 접수

2000년 9월 26일 수리