

쥐노래미 사료의 어분 대체 단백질원으로서 '대두박 및 우모분의 이용성

이종관 · 이상민*

국립수산진흥원

*강릉대학교 해양생명공학부

Evaluation of Soybean Meal or Feather Meal as a Partial Substitute for Fish Meal in Formulated Diets for Fat Cod (*Hexagrammos otakii* Jordan et Starks)

Jong Kwan Lee and Sang-Min Lee*

National Fisheries Research and Development Institute, Pusan 619-900, Korea

*Faculty of Marine Bioscience & Technology, Kangnung National University, Kangnung 210-702, Korea

This study was performed to determine the level of soybean meal (SM) or feather meal (FM) that could substitute for fish meal in fat cod (*Hexagrammos otakii* Jordan et Starks) diet. A control diet with fish meal as protein source was included. The amount of 5, 10, 15 and 20% of SM or FM substituted for fish meal in the control diet, respectively. Amino acids supplementation in the 20% SM diet was compared. In addition, combination of 5% SM, 5% corn gluten meal, 5% meat meal, 5% blood meal and 5% FM was substituted for fish meal in the control diet. Duplicate groups of the 40 fish averaging 21 g were fed one of 11 isoproteic (45%) and isolipidic (15%) experimental diets to satiation twice a day for 2 months. No significant differences were found among fish fed the control, substituting up to 20% SM or 10% FM in weight gain, feed efficiency, daily feed intake, and protein efficiency ratio ($P>0.05$). It is concluded that SM or FM can be used as a partial substitute for fish meal up to 20% or 10% in the control diet, respectively.

Key words : Protein source, Soybean meal, Feather meal, Fat cod

서 론

우리 나라의 전 연안에 서식하고 있는 쥐노래미 (*Hexagrammos Otakii* Jordan et Starks)는 아직까지 종묘 생산에서 양식까지의 체계적인 양식 기술이 확립되어 있지 않아 양식 생산량이 매우 낮은 실정이나 종묘생산 등 양식 기술이 확립되면 양식 대상종으로 가치가 매우 높을 것으로 전망된다. 대상어류의 양식 생산량을 높이기 위해서는 양식에 소요되는 비용 절감과 함께 체계적인 양

식관리가 필수적이다. 그래서 이 등(1996a)과 이·이(1996a)는 먼저 쥐노래미의 적정 사육 수조 내에서 적정 사육 밀도를 조사하고, 배합사료 내의 적정 단백질 및 에너지 함량을 구명하였다. 해산어 사료의 주 단백질원으로 사용되는 어분은 종류, 가공 방법, 생산 년도 등에 따라 다소 차이를 보이기는 하나, 대체로 조단백질 함량이 60% 이상으로 높고, 어류에 필요한 영양소, 특히 아미노산 조성이 고르게 갖추어져 있는 양질의 단백질 원이지만 가격이 비싸고 공급이 불안정한 등 문

제점이 잠재되어 있다. 따라서 양식 생산비의 높은 비중을 차지하고 있는 사료비를 절감시키기 위해서는 어분을 대신할 수 있는 값싸고, 공급이 안정적인 대체 단백질원을 찾는 것이 시급하다. 그래서 앞 연구에 이어서 본 연구에서는 쥐노래미 양식에 적합한 경제적인 배합사료를 개발하는데 기초 자료를 제공하기 위하여 사료의 단백질원 중 값비싼 어분을 대체할 수 있는 값싼 대체단백질원으로 대두박과 우모분을 선정하여 그 이용성을 조사하였다.

재료 및 방법

실험 사료

Table 1에 나타낸 바와 같이 어분을 주단백질

원으로 한 대조사료와 식물성 단백질원으로 0.5 mm screen이 부착된 분쇄기로 분쇄한 대두박(탈지, 탈피)을 5%, 10%, 15% 및 20% 첨가한 실험구와 대두박 20% 첨가구에 제한적인 필수아미노산이 대조구와 유사하도록 보충한 실험구를 두었다. 또한 동물성 단백질원으로 우모분을 5%, 10%, 15% 및 20% 첨가한 실험구, 그리고 대두박, 콘글루텐 밀, 육분, 혈분 및 우모분을 혼합하여 첨가한 실험구를 설정하여 모두 11종의 실험사료를 설계하여 제조하였다. 이·이(1996a)의 결과에 따라 실험사료의 단백질 및 지질 함량이 각각 45%와 15% 전후가 되도록 조절하였다. 그리고 실험사료의 필수아미노산 조성은 Table 2에 표시하였다.

Table 1. Composition (%) of the experimental diets

Ingredients	Diets										
	Con	SM5	SM10	SM15	SM20	SM20AA	FM5	FM10	FM15	FM20	MIX
Fish meal	60	56	52	48	44	43	53.3	46.6	40	33.3	33.3
Soybean meal		5	10	15	20	20					5
Corn gluten meal											5
Meat meal											5
Blood meal											5
Feather meal							5	10	15	20	5
Wheat flour	20	19	18	17	16	16.1	21.7	23.4	25	26.7	21.7
Dextrin	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Squid oil	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Soybean oil	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Vitamin premix. ¹	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Mineral premix. ²	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
L-Lys.							0.2				
L-Met.							0.4				
L-Trp.							0.2				
L-Tre.							0.1				
Proximate analysis (% in dry matter basis)											
Protein	47.0	46.4	45.4	45.6	43.8	44.2	47.1	45.2	46.2	47.4	48.1
Lipid	16.0	15.6	16.2	15.1	14.9	14.5	15.2	14.5	15.1	16.7	14.0
Ash	11.8	11.6	11.3	10.8	10.6	10.3	10.7	9.7	8.8	8.0	8.7
Fiber	2.2	2.5	2.7	2.9	3.2	3.2	3.2	2.3	2.3	2.3	2.5

¹Vitamin mix. contained the following diluted in cellulose (g/kg mix) : ascorbic acid, 92.7 ; α-tocopheryl acetate, 14.5 ; thiamin, 2.1 ; riboflavin, 7.0 ; pyridoxine, 1.4 ; nicin, 27.8 ; Ca-D-pantothenate, 9.7 ; myo-inositol, 139.1 ; D-biotin, 4.2 ; folic acid, 0.5 ; p-amino benzoic acid, 13.9 ; K₃, 1.4 ; A, 0.6 ; D₃, 0.002 ; choline chloride, 278.3 ; cyanocobalamin, 0.003.

²Mineral 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 ; CuCl₂ · 2H₂O, 0.2 ; AlCl₃ · 6H₂O, 0.15 ; KI, 0.15 ; Na₂Se₂O₃, 0.01 ; MnSO₄ · H₂O, 2 ; CoCl₂ · 6H₂O, 1.

Table 2. Amino acids composition (g/100 g protein) of the experimental diets

Diets :	Con	SM5	SM10	SM15	SM20	SM20AA	FM5	FM10	FM15	FM20	MIX
Thr	4.8	4.8	4.7	4.7	4.7	4.8	4.8	4.7	4.7	4.7	4.4
Val	4.1	4.1	4.0	4.0	4.0	4.0	4.1	4.1	4.0	4.0	4.2
Met+Cys	4.1	4.0	3.9	3.8	3.7	4.1	4.1	4.0	4.0	4.0	3.4
Ile	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.6	3.6	3.6	3.0
Leu	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.0	8.0	8.0	9.3
Phe+Tyr	7.7	7.8	7.8	7.9	8.0	8.0	7.7	7.7	7.7	7.6	8.3
Lys	4.8	4.8	4.7	4.7	4.6	4.8	4.8	4.7	4.6	4.5	4.3
Trp	1.5	1.4	1.4	1.3	1.3	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.1
His	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9
Arg	6.9	6.9	7.0	7.0	7.1	7.1	6.8	6.8	6.7	6.6	6.3
Total	47.5	47.3	47.2	47.1	47.0	47.8	47.3	47.0	46.7	46.3	46.2

실험어 및 사육 관리

사육실험은 국립수산물진흥원 울진수산종묘배양장에서 쥐노래미 치어를 50 ton 용량의 대형 콘크리트 수조에 수용하여 냉동 생사료(전갱이)와 넙치용 상품분말사료를 1 : 1의 비율로 혼합한 moist pellet으로 예비 사육하다가 평균체중 21 g의 쥐노래미 치어를 250 ℓ FRP 실험수조에 각각 40 마리씩 2 반복으로 수용하여 2개월간 실시하였다. 먹이는 1일 2회 먹을 때까지 급여하였으며, 사육수로 여과된 해수를 분당 약 5ℓ로 조정하여 주수하였다. 사육기간 중의 수온변화는 16.5~23.2℃(평균 20.9℃)였고, 비중은 1.0255~1.0269(평균 1.0263)였다. 측정전일 실험어를 절식시킨 후 MS222 100 ppm에 마취시켜 각 수조의 실험어 전체 무게를 측정하였다. 실험 개시시 및 종료시에 각 실험수조에서 임의로 15 마리씩 추출하여 어체의 일반성분 분석용으로 냉동보관(-30℃)하였다.

성분 분석 및 통계 처리

분석용으로 냉동 보관하던 어체의 간과 근육을 분리하여 일반성분을 분석하였다. 실험 사료 및 어체의 일반성분은 AOAC methods (1990)에 따라 분석하였는데, 조단백질(N×6.25)은 Automatic analyzer (Vapodest 5/6, Gerhardt)를 사용하여 분석하였고, 조지방은 ether를 사용하여 추출하였으며, 수분은 105℃의 dry oven에서 4

시간 동안 건조 후 측정하였다. 또한, 조섬유는 Automatic analyzer (Fibertec, Tecator)를 이용하였고, 조회분은 550℃의 회화로에서 4 시간 동안 태운 후 정량하였다. 결과의 통계 처리는 ANOVA-test를 실시하여 Duncan's multiple range test로 평균간의 유의성을 SPSS (SPSS Inc., 1993) program을 사용하여 검정하였다.

결과 및 고찰

평균체중 21 g 전후의 쥐노래미 치어를 2개월간 사육 실험한 결과(Table 3), 27.5~37.3 g으로 성장하여 증체율이 32~75.4%로 나타나 실험구간에 차이를 보였다. 증체율의 변화는 단백질원에 따라 차이를 보였는데, 대두박을 20%까지 첨가한 실험구들은 대두박 첨가비에 따라 다소 그 값이 낮아지기는 하였으나 대조구와 유의한 차이는 없었다(P>0.05). 또한 대두박 20% 첨가구에 필수 아미노산 보충구(SM20AA)도 대조구와 차이를 보이지 않았다(P>0.05). 그러나 우모분 첨가구들은 그 첨가비가 10%까지는 대조구와 차이가 없는(P>0.05) 반면에 그 이상 첨가구들은 대조구보다 유의하게 낮은 값(P<0.05)을 보였다. 식물성 및 동물성 단백질원 혼합구(MIX)는 대조구와 유의한 차이를 보이지 않았다(P>0.05). 사료효율 및 단백질효율에서도 증체율과 유사한 경향을 보였으며, 간중량비는 우모분 5%와

Table 3. Performance of fat-cod fed the diets containing different soybean meal or feather meal levels for 2 months¹

Diets	Initial av. weight (g)	Feed efficiency (%) ²	Weight gain (%) ³	Protein efficiency ratio ⁴	Daily feed intake (%) ⁵	HSI ⁶
Con	21.3±0.14	41.2±7.2 ^{cd}	68.1±17.8 ^{cd}	0.87±0.15 ^{bcd}	1.478±0.036 ^a	1.29±0.007 ^{ab}
SM5	21.0±0.14	41.6±0.1 ^{cd}	66.0± 5.9 ^{cd}	0.89±0.00 ^{cd}	1.729±0.163 ^{ab}	1.24±0.134 ^{ab}
SM10	20.8±0.35	35.1±4.5 ^{cd}	63.2± 5.3 ^{cd}	0.77±0.09 ^{bcd}	1.748±0.090 ^b	1.26±0.063 ^{ab}
SM15	21.1±0.00	38.6±0.8 ^{cd}	59.0±12.6 ^{bcd}	0.84±0.02 ^{bcd}	1.491±0.034 ^{ab}	1.12±0.070 ^a
SM20	20.9±0.35	32.8±9.7 ^{cd}	51.4± 9.7 ^{bc}	0.75±0.22 ^{bcd}	1.636±0.173 ^{ab}	1.10±0.099 ^a
SM20AA	21.2±0.00	45.1±9.1 ^d	63.2± 2.0 ^{cd}	1.01±0.20 ^d	1.498±0.098 ^{ab}	1.30±0.070 ^{ab}
FM5	21.2±0.07	38.9±0.5 ^{cd}	75.4± 5.3 ^d	0.82±0.00 ^{bcd}	1.683±0.086 ^{ab}	1.42±0.120 ^b
FM10	21.1±0.00	28.8±5.4 ^{cd}	51.8± 0.9 ^{bc}	0.63±0.12 ^{bc}	1.983±0.132 ^c	1.28±0.021 ^{ab}
FM15	20.8±0.21	13.2±1.1 ^a	40.4± 3.1 ^{ab}	0.28±0.02 ^a	1.669±0.041 ^{ab}	1.26±0.014 ^{ab}
FM20	20.8±0.28	15.7±1.2 ^{ab}	32.0± 1.6 ^a	0.33±0.01 ^a	1.720±0.042 ^{ab}	1.43±0.134 ^b
MIX	21.1±0.14	27.6±9.9 ^{bc}	54.5± 1.5 ^{bc}	0.57±0.20 ^{ab}	1.663±0.125 ^{ab}	1.09±0.049 ^a

¹Values (mean±s.d. of replicate groups) in each column with a different superscript are significantly different (P<0.05).

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

³(Final fish weight-initial fish weight)×100/initial fish weight.

⁴Wet weight gain/protein intake.

⁵[Feed intake (dry matter)×100]/[(initial fish weight+final fish weight)/2]×days fed.

⁶Hepatosomatic index : liver wet wt. (g)×100/body wet wt. (g).

20% 첨가구가 대두박 15% 및 20% 첨가구와 혼합첨가구보다 유의적으로 높은 경향을 보이기는 하였으나 대체 단백질원의 첨가수준에 따른 특별한 경향을 보이지는 않았다.

Table 4에 나타낸 바와 같이 간의 수분 함량은 대두박 및 우모분의 첨가비가 증가함에 따라 유의하게(P<0.05) 증가하는 경향을 보였으며, 지질함량은 감소하였다. 이·전(1996) 및 이 등(1995)의 조피볼락 실험에서도 본 실험과 유사하게 대두박 또는 우모분 첨가구의 지질 함량이 감소한 경향을 보였다. 반면에 간의 단백질 함량과 근육의 수분, 단백질 및 지질 함량은 대체 단백질원의 첨가비에 영향을 받지 않았다(P>0.05).

어분 대체 단백질원료들 중 식물성 단백질원인 대두박은 단백질 함량이 40% 이상이고, 아미노산 조성이 비교적 양호할 뿐 아니라 가격이 싸며 공급이 안정적이어서 가장 많이 연구되어 (Dabrowski and Kozak, 1979; Jackson et al., 1982; Murai et al., 1989; Robinson et al., 1985; Smith, 1988; Viola et al., 1988; Wee

and Shu, 1989; Wilson and Poe, 1985) 닭 수어 사료에 널리 이용되고 있다. 해산어 사료에 대해서는 대두박을 비롯하여 대체 단백질원의 첨가 효과에 대한 연구는 부족한 실정이나, 최근에 방어에 대해 이 등(1991) 및 Shimeno et al. (1993)이 대두박 이용성을 조사하여 30%까지 첨가할 수 있다고 보고한 바 있고, 이 등(1996b)과 이·전(1996)은 조피볼락 사료의 적정 대두박 첨가비를 10~20%로 결론지었다. 본 실험에서도 조피볼락과 비슷한 수준인 대두박 20% 첨가구의 성장이 대조구와 차이를 보이지 않아 대조구의 어분을 27%까지 절약할 수 있을 것으로 나타났다.

대두박을 배합사료의 단백질원으로 첨가할 때 고려하여야 할 것은 그 어종에 대한 단백질 및 인의 이용률 감소와 함께 제한적인 필수아미노산 조성 등을 들 수 있는데(NRC, 1993), 대두박의 첨가비가 높아짐에 따라 대두박에 부족한 영양소로 인해 어류의 성장이 저하된다고 보고되어 있다 (Cowey et al., 1971; Dabrowski and Kozak, 1979; Jackson et al., 1982). 그래서 대두박에

Table 4. Proximate composition (%) of liver and muscle in fat-cod fed the diets containing different soy-bean meal or feather meal levels for 2 months¹

Diets	Moisture	Protein	Lipid
Liver			
Con	67.9±0.41 ^a	11.1±0.29	16.0±2.43 ^c
SM5	69.9±0.37 ^{bcd}	11.3±0.97	10.3±0.70 ^{ab}
SM10	71.6±1.00 ^{cd}	11.6±0.34	11.7±1.02 ^{ab}
SM15	70.6±0.50 ^{bcd}	10.9±0.51	10.5±2.11 ^{ab}
SM20	70.9±0.38 ^{cde}	11.5±0.13	10.8±1.68 ^{ab}
SM20AA	71.7±0.82 ^{cd}	11.9±0.21	10.0±0.01 ^{ab}
FM5	69.2±1.18 ^{abc}	11.0±0.31	10.9±2.00 ^{ab}
FM10	69.0±0.94 ^{ab}	11.2±0.43	13.4±0.67 ^{bc}
FM15	72.4±0.52 ^e	11.5±0.28	10.4±1.47 ^{ab}
FM20	71.8±1.15 ^{cd}	11.5±0.07	10.9±0.82 ^{ab}
MIX	68.9±0.50 ^{ab}	11.1±0.16	9.8±1.03 ^a
Muscle			
Con	77.2±0.38	19.7±0.16	1.3±0.19
SM5	76.8±1.01	19.7±0.06	1.6±0.37
SM10	76.9±1.08	19.3±0.84	1.7±0.53
SM15	76.7±0.12	19.2±0.13	1.9±0.23
SM20	76.6±0.37	19.7±0.27	1.6±0.43
SM20AA	76.9±0.00	19.1±0.65	1.7±0.19
FM5	76.9±0.15	19.2±0.06	1.8±0.17
FM10	77.5±0.01	19.3±0.07	1.5±0.55
FM15	77.3±0.28	19.1±0.37	1.6±0.34
FM20	77.7±0.02	19.0±0.29	1.3±0.29
MIX	76.9±0.27	19.4±0.28	1.8±0.08

¹Values (Mean±s.d. of replicate groups) in each column with a different superscript are significantly different (P<0.05).

부족한 Met과 Lys같은 필수아미노산이나 인을 사료에 보충하면 대상 어류의 성장이 개선될 수 있다고 보고된 바 있다(Dabrowska and Wojno, 1977; Murai et al., 1982; Shiau et al., 1988). 하지만 아미노산이나 인을 추가로 사료에 부족한 양만큼 보충하여도 성장 개선 효과가 없었다는 연구보고도 있다(Andrew and Page, 1974; 이 등, 1991; 이·전, 1996; Lim and Dominy, 1989). 본 실험에서 대두박 20% 첨가구에 필수아미노산 보충구의 성장, 사료효율 및 단백질효율의 값이 통계적으로 유의한 차이가 없었으나 대두박 20% 첨가구에 비해 다소 개선된 것으로 나타나 본 실험의 대두박 첨가구들의 성장 저하는 대두박에 부족한 필수아미노산의 영향으로 판단되나 보다 상세한 연구가 요망된다. 또한, 대

두박을 사료 원료로 사용할 때는 대두박의 영양 저해인자인 trypsin inhibitor (TI)를 고려하여야 하는데, 일반적으로 대두박의 TI가 1~3 mg/g 이하일 때가 양어용 배합사료원료로 적합하며, Akiyama (1988)는 이 값이 urease activity 0.23 이하에 해당된다고 보고하였다. 본 실험에 사용된 대두박은 탈지압착하고 가열 처리된 것으로 urease activity가 0.01로 측정되었기 때문에 위의 기준으로 본다면, 양어사료원료로 사용하기에는 가공이 잘 된 것으로 판단된다. 그리고 대두박의 인은 phytic acid에 결합되어 있어 그 이용성이 낮다고 알려져 있는데, 본 실험에서 대두박 20% 첨가구의 인 함량은 2%이고 이중에서 어분 유래의 인이 1.5%, 대두박 유래의 인이 0.1%이다. 따라서 다른 어류의 인 요구량(NRC, 1993)을

감안하여 볼 때 본 실험의 대두박 20% 첨가사료에 보충된 mineral premix의 인산염과 어분유래의 인 함량만으로도 쥐노래미의 인 요구량을 충족시킬 수 있을 것으로 판단된다.

우모분은 가축장에서 부산물로 나오는 우모를 열과 압력으로 처리한 후 건조 분쇄한 것으로, 어류용 사료원으로 연구된 것은 거의 없는 실정이며 주로 가축용 사료로 이용되고 있다. 본 실험에 사용한 우모분의 조단백질 함량은 90% 정도로 매우 높은 편이나, Met, Lys 및 Trp의 함량이 낮다. Table 3에 나타난 것처럼 사료효율, 증체율 및 단백질효율은 우모분 15% 및 20% 첨가구에서 낮아져($P < 0.05$), 사료 단백질으로 10%까지 첨가할 수 있는 것으로 나타났으며 대조구 어분을 22% 절감할 수 있었다. 조피볼락의 경우(이 등, 1995)도 우모분 10% 첨가구까지는 대조구와 성장차이가 없었다고 보고되어 있다.

혼합 첨가구의 성장, 사료효율 및 단백질효율이 대조구보다 그 값들이 다소 낮기는 하였으나 통계적으로 대조구와 차이가 없는 것으로 미루어보아 대두박이나 우모분 단독 첨가보다는 혼합첨가 더 효과적임을 시사하고 있으며 이때 어분 대체율은 44%로 나타났다. 이 등(1996a)의 조피볼락 실험에서 동물성 및 식물성 단백질의 혼합 첨가의 가능성이 제시되어 이를 바탕으로 각종 단백질원을 혼합하여 경제적인 배합사료가 설계된 바 있고(이 등, 1996c; 이·이, 1996b), Viyakarn et al. (1992)도 방어 사료에 대두박과 육분 또는 콘글루텐 밀을 적절히 혼합 첨가하는 것이 대두박 단독 첨가보다 어분을 효과적으로 대체할 수 있다고 보고하였다. 이러한 혼합첨가의 장점은 사료에 첨가되는 각 원료에 부족한 필수아미노산과 같은 영양소를 보완할 수 있기 때문으로 해석된다. 본 실험에서는 혼합 첨가구에 Thr, Met+Cys, Ile, Lys과 같은 필수아미노산 함량이 대조구와 대두박 첨가구들보다 낮을 뿐 아니라 어분 함량이 혼합 첨가구와 동일한 FM20 사료구보다 더 낮음에도 불구하고 대두박 첨가구와 함께 혼합 첨가구의 성장 또는 사료효율이 우모분 15% 및 20%

% 첨가구보다 양호한 결과를 보였다. 따라서 차후 쥐노래미의 경제적인 배합사료 개발을 위해 대체 단백질원의 소화율 등을 고려하여 혼합첨가효과에 대해 심도 있는 연구가 요망된다.

요 약

쥐노래미 사료의 어분 대체 단백질원으로서 대두박 및 우모분의 이용성을 검토하기 위해 어분을 주단백질원으로 한 대조사료와 대두박을 5%, 10%, 15% 및 20% 첨가한 실험구, 대두박 20% 첨가구에 제한적인 필수아미노산 보충구, 우모분을 5%, 10%, 15% 및 20% 첨가한 실험구, 그리고 대두박, 콘글루텐 밀, 육분, 혈분 및 우모분을 혼합하여 첨가한 실험구를 설정하여 11종의 실험 사료를 설계하여 제조하였다. 21 g 전후의 쥐노래미 치어를 2 개월간 2반복으로 사육 실험한 결과, 증체율, 사료효율 및 단백질효율은 대두박을 20%까지 첨가한 실험구들에서 대두박 첨가비에 따라 다소 그 값이 낮아지기는 하였으나 대조구와 유의한 차이는 없었다($P > 0.05$). 또한 대두박 20% 첨가구에 필수아미노산 보충구도 대조구와 차이는 없었다($P > 0.05$). 그러나 우모분 첨가구들은 그 첨가비가 10%까지는 대조구와 차이가 없는($P > 0.05$) 반면에 그 이상 첨가구들은 대조구보다 유의하게 낮은 값($P < 0.05$)을 보였다. 식물성 및 동물성 단백질원 혼합구는 대조구와 유의한 차이를 보이지 않았다($P > 0.05$).

이상의 결과로부터 대두박을 20% 첨가할 때 대조구 어분총량의 27%까지, 우모분을 10% 첨가할 때 대조구 어분총량의 22%까지, 동물성 및 식물성 단백질 혼합 첨가시에는 대조구의 어분을 44%까지 대체할 수 있을 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

- Akiyama, D. M., 1988. Soybean Meal Utilization in Fish Feeds. Am. Soybean Ass., 11pp.
 Andrews, J. W. and J. W. Page, 1974. Growth factors in the fishmeal component of cat-

- fish diets. *J. Nutr.*, 104 : 1091-1096.
- AOAC, 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, Virginia. 1298pp.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- Lim, C. and W. Dominy, 1989. Utilization of Plant Proteins by Warmwater Fish. *Am. Soybean Ass.*, 12pp.
- 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., Wang Daozun and H. Ogata, 1989. Supplementation of methionine to soy flour diets for fingerling carp, *Cyprinus carpio*. *Aquaculture*, 77 : 373-385.
- NRC (National Research Council), 1993. Nutrient Requirements of Fish. National Acad. Press, Washington, D.C. 114pp.
- 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.
- 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.
- Smith, R. R., 1988. Soybeans and Wheat Flour Byproducts in Trout Feeds. *Am. Soybean Ass.*, 8pp.
- SPSS for Window, 1993. Base System User's Guide, Release 6.0, 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.
- Viola, S., S. Mokady and Y. Arieli, 1988. Animal protein-free feeds for hybrid tilapia (*O. niloticus* *O. aureus*) in intensive culture. *Aquaculture*, 75 : 115-125.
- Viyakarn V., T. Watanabe, H. Aoki, H. Tsuda, H. Sakamoto, N. Okamoto, N. Iso, S. Satoh and T. Takeuchi, 1992. Use of soybean meal as a substitute for fish meal in a newly developed soft-dry pellet for yellowtail. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 58 : 1991-2000.
- Wee, K. L. and S. W. Shu, 1989. The nutritive value of boiled full-fat soybean in pelleted feed for Nile tilapia. *Aquaculture*, 81 : 303-312.
- 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.
- 이상민 · 이종윤 · 강용진, 1991. 방어 사료 단백질 대체원으로서의 대두박 첨가효과. *수진연구보고* 45 : 247-257.
- 이상민 · 이종윤 · 류진형 · 전임기, 1995. 조피볼락 사료의 어분 대체 단백질원으로서 동물성 원료의 이용성. 1995년도 추계 수산관련 공동학회 발표 요지서, 218 p.
- 이종관 · 김성철 · 이상민, 1996a. 육상 사육 수조에서 쥐노래미 치어의 적정 사육 밀도. *한국양식학회지*, 9 : 233-237.
- 이상민 · 류진형 · 이종윤, 1996b. 조피볼락 사료의 어분 대체단백질원으로서 대두박, 콘글루텐 밀, 육골분, 육분 및 혈분의 이용성. *한국영양사료학회지*, 20 : 21-30.
- 이상민 · 전임기 · 이창국 · 임치원 · 김태진 · 민진기,

- 1996c. 경제적인 조피분락용 배합사료 설계 및 평가. 한국양식학회지, 9 : 255-264.
- 이종관 · 이상민. 1996a. 사료의 단백질 및 에너지 함량이 쥐노래미 성장에 미치는 영향. 한국수산학회지, 29 : 464-473.
- 이상민 · 이종윤. 1996b. 조피분락 치어용 사료의 어분 대체원으로써 식물성 및 동물성 단백질 혼합 첨가 효과. 한국영양사료학회지, 20 : 409-418.
- 이상민 · 전임기. 1996. 조피분락 사료의 어분 대체 단백질원으로서 대두박 평가. 한국수산학회지, 29 : 586-594.