

## 조피볼락 사료의 어분 대체 단백질으로서 대두박 평가

이상민 · 전임기  
국립수산진흥원 증식부

### Evaluation of Soybean Meal as a Partial Substitute for Fish Meal in Formulated Diets for Korean Rockfish, *Sebastes schlegeli*

Sang-Min LEE and Im-Gi JEON

Aquaculture Department, National Fisheries Research and Development Agency, Pusan 619-900, Korea

This study was designed to determine the level of soybean meal (SM) that could be substituted for fish meal in the diet for Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*). A control diet with white fish meal as only protein source was included. SM was substituted at levels of 5%, 10%, 15%, and 20% for portions of the fish meal in the diet. Amino acids (met+lys) supplementation and two different SM particle sizes (0.5 mm and 0.25 mm) in the 20% SM diet were compared. In addition, combination of 10% SM, 10% corn gluten meal (CGM) and 10% meat and bone meal (MBM) was substituted for the fish meal in the diet. Duplicate groups of the 30 fish averaging 22.9 g were fed one of 8 isoproteic (48%) and isolipidic (7.5%) experimental diets to satiation twice a day for 9 weeks.

No significant differences were found among fish fed the control, substituting up to 20% SM, 20% SM containing amino acids, and 10% SM+10% CGM+10% MBM diets in weight gain, feed efficiency, daily feed intake, and protein retention ( $P>0.05$ ). Feed efficiency, daily feed intake and protein retention in fish fed the diet containing 20% SM with 0.5 mm particle size were not significantly different to those in fish fed the diets containing less than 20% SM ( $P>0.05$ ), however, weight gain was significantly lower than that of the control and 5% SM diets ( $P<0.05$ ). It is concluded that SM can be used as a partial substitute for fish meal up to 20% in the diet, and that the inclusion of SM with an adequate combination of several protein sources can replace larger amounts of fish meal in the diet.

**Key words** : protein source, soybean meal, com gluten meal, meat and bone meal, practical diet, rockfish

#### 서 론

해산어인 조피볼락은 최근 우리 나라에서 양식 생산량이 매년 급격히 증대되고 있고, 이 종의 경제적인 사료를 설계하는데 필요한 자료를 축적하기 위해 각종 영양소 요구량 구명 (Lee and Lee, 1994)과 함께 조피볼락의 성장 및 대조사료의 효과 (Lee et al., 1995)에 대하여 연구되고 있다. 해산어용 사료의 단백질원으로 어분이 가장 높은 비율로 첨가되고 있기 때문에 Lee et al. (1996a)은 조피볼락 사료의 주 단백질원으로 몇 가지 종류의 어분 이용성을 평가하였다. 이러한 어분은 양질의 단백질이지만 공급량이 불안정

하고, 가격이 비싸기 때문에 사료 설계시 사료 단가를 낮추기 위해서는 어분 첨가비를 줄이는 것이 매우 중요하다. 그래서 Lee et al. (1996b)은 조피볼락 사료의 어분 대체 단백질으로 대두박, 콘글루텐 밀, 육분, 육골분 및 혈분의 첨가 효과를 조사하여, 사료 단가를 낮출 수 있을 것으로 보고하였다. 이 원료들 중 대두박은 식물성 단백질로서 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., 1986, 1989; Robinson et al., 1985; Smith, 1988; Viola et al., 1983, 1988; Wee and Shu, 1989;

Wilson and Poe, 1985) 담수어 사료에 널리 이용되고 있다. 해산어인 방어에 대해서도 Lee et al. (1991) 및 Shimeno et al. (1993a, b)이 대두박 이용성에 대해 조사한 바 있다. 또한, 조피볼락 사료의 적정 대두박 첨가비를 구명하기 위해 Lee et al. (1996b)은 실험 시작시 5.8 g의 조피볼락 치어에 대하여 0.5 mm로 분쇄한 대두박을 사료에 10% 간격으로 30%까지 첨가하여 사료의 적정 첨가량을 10%로 결론지었다. 그래서 본 연구에서는 조피볼락 사료에 적정 대두박 첨가 범위를 보다 상세히 밝히기 위하여 대두박의 첨가 범위, 분쇄 입자, 부족한 아미노산 등을 고려하여 대두박 이용성을 재평가하였다.

## 재료 및 방법

### 단백질원

본 실험에서 사용한 단백질원인 북양어분, 대두박, 콘글루텐 밀 및 육골분은 Lee et al. (1996b)이 사용한 것과 같은 원료로서 사료 회사에서 사용하는 상품을 구입하였다. 이들의 일반성분 및 아미노산 조성을 분석하여 Table 1에 나타내었다.

### 실험사료

Table 2에 나타낸 바와 같이 실험사료는 북양어분을 주단백원으로 한 대조사료(사료 1)와 대두박의 적정 첨가량을 조사하기 위해 0.25 mm (분쇄기: RETSH GMBH 5657, Germany)로 분쇄한 탈지 대두박을 5% 간격으로 20%까지 첨가(사료 2~5)하였다. 아미노산 보충 효과와 분쇄 입자를 조사하기 위해 대두박 20% 첨가구에 아미노산(methionine+lysine) 첨가구(사

**Table 1. Chemical composition of the dietary protein sources for Korean rockfish (*Sebastes schlegelii*)**

Protein sources:	WFM <sup>1</sup>	SM <sup>2</sup>	CGM <sup>3</sup>	MBM <sup>4</sup>
Proximate analysis (%)				
Moisture	5.5	8.5	7.3	6.5
Crude protein	66.8	48.6	69.8	44.6
Crude lipid	6.7	1.1	2.3	6.5
Crude ash	17.5	5.7	2.3	39.5
Crude fiber	0.7	4.3	0.6	0.6
Nitrogen-free extract <sup>5</sup>	2.8	31.8	17.7	2.3
Essential amino acids (% in protein)				
Arginine	7.1(148)	7.8(171)	2.9(63)	7.9(190) <sup>6</sup>
Histidine	1.7(35)	1.9(42)	1.3(28)	1.6(39)
Isoleucine	3.7(77)	3.7(81)	2.7(59)	2.8(67)
Leucine	8.1(169)	8.1(177)	16.1(352)	6.2(149)
Lysine	4.9(102)	4.1(90)	1.1(24)	3.7(89)
Methionine+Cystine	4.3(90)	2.6(57)	4.2(92)	4.4(106)
Phenylalanine+Tyrosine	7.9(165)	8.8(193)	10.9(238)	7.0(169)
Threonine	4.9(102)	4.4(96)	3.2(70)	4.2(101)
Tryptophan	1.3(27)	0.6(13)	0.3(7)	0.3(7)
Valine	4.1(85)	3.7(81)	3.1(68)	3.4(82)

<sup>1</sup> White fish meal, produced by steam dry method. <sup>2</sup> Soybean meal, dehulled and solvent extracted. <sup>3</sup> Corn gluten meal. <sup>4</sup> Meat and bone meal. <sup>5</sup> Calculated by difference.

<sup>6</sup> A/E ratio: (each amino acid/total essential amino acids including cys. and tyr.)×1000, Arai (1981) and Ogata et al. (1983).

**Table 2. Composition (%) of the experimental diets for Korean rockfish (*Sebastes schlegelii*)**

Diet no	1	2	3	4	5	6	7	8
White fish meal	55.0	51.7	48.4	45.1	41.8	40.0	41.8	35.0
Soybean meal (0.25 mm) <sup>1</sup>		5.0	10.0	15.0	20.0	20.0		10.0
Soybean meal (0.5 mm) <sup>1</sup>							20.0	
Corn gluten meal								10.0
Meat and bone meal								10.0
Wheat flour	28.3	26.4	24.6	22.8	21.0	21.7	21.0	17.7
Squid liver oil	3.7	3.9	4.0	4.1	4.2	4.3	4.2	4.3
Yeast	3	3	3	3	3	3	3	3
Vitamin mix. <sup>2</sup>	3	3	3	3	3	3	3	3
Mineral mix. <sup>3</sup>	4	4	4	4	4	4	4	4
Sodium alginate	4	3	3	3	3	3	3	3
DL-Met. (98%)							0.5	
L-Lys. (98%)							0.5	
Proximate analysis (% in dry matter)								
Protein	49.0	48.4	47.8	47.3	47.3	46.9	48.5	48.0
Lipid	7.5	7.8	7.7	7.6	7.5	7.3	8.0	7.8
Ash	13.9	13.6	13.0	12.9	12.6	12.5	12.4	16.3

<sup>1</sup> Particle size ground.

<sup>2</sup> Vitamin mix contained the following diluted in cellulose (g/kg mix): ascorbic acid, 92.7;  $\alpha$ -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 benjoic acid, 13.9; K<sub>3</sub>, 1.4; A, 0.6; D<sub>3</sub>, 0.002; choline chloride, 278.3; cyanocobalamin, 0.003.

<sup>3</sup> Mineral mix contained the following ingredients (g/kg mix): MgSO<sub>4</sub> · 7H<sub>2</sub>O, 80; NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> · 2H<sub>2</sub>O, 370; KCl, 130; Ferric citrate, 40; ZnSO<sub>4</sub> · 7H<sub>2</sub>O, 20; Ca-lactate, 356.5; CuCl, 0.2; AlCl<sub>3</sub> · 6H<sub>2</sub>O, 0.15; KI, 0.15; Na<sub>2</sub>Se<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 0.01; MnSO<sub>4</sub> · H<sub>2</sub>O, 2; CoCl<sub>2</sub> · 6H<sub>2</sub>O, 1.

료 6) 및 0.5 mm로 분쇄한 대두박 20% 첨가구 (사료 7)를 설정하였다. 또한, 원료의 혼합 첨가 효과를 알아보기 위하여 대두박 10%에 콘글루텐 밀과 육골분을 각각 10%씩 첨가한 실험구 (사료 8)를 준비하여 총 8개의 실험사료를 제조하였다. 사료의 단백질 및 지질 함량은 각각 48% 및 7.5% 전후가 되도록 하였으며, 필수지방산인 n-3HUFA 함량은 1% 이상이 되도록 오징어 간유로 조정하여 조피볼락의 요구 (Lee et al., 1994)에 충족되도록 하였다.

**실험어 및 사육관리**

국립수산진흥원 완도수산종묘배양장에서 한 어미로부터 산출된 치어를 5 ton 콘크리트 수조에서 rotifer, artemia와 상품 사료로 사육하다가 성장함에 따라 2 ton FRP 사각 수조에 수용하여 moist pellet (생사

료 : 분말사료, 1 : 1)으로 예비 사육하였다. 이 치어들 중 실험용으로 중간 크기의 건강한 어체를 선별하여 실험 수조 (100 l 원형 수조) 16개에 각각 100마리씩 수용하여 1주간 대조사료 (사료 1)를 급여하였다. 이렇게 실험 수조와 실험 사료에 순치시킨 치어 (평균 체중 22.9 g)를 각 수조마다 30마리씩 다시 선별하여 동일한 실험 수조에 수용하여 각 실험 사료마다 2반 복으로 9주간 사육실험하였다. 먹이는 1일 2회 먹을 때까지 급여하였으며, 사육수는 여과해수를 분당 2l로 조정하여 각 실험수조에 흘려 주었다. 사육기간 중의 수온은 15~21°C로 Lee et al. (1993)이 보고한 조피볼락의 성장에 적합한 시기였다.

어체측정은 3주 간격으로 측정 전일 절식시킨 후 100 ppm의 MS222에 마취시켜 각 수조의 실험어 전체 무게를 측정하였다. 실험개시 및 종료시에 각 실험

수조에서 임의로 15마리씩 추출하여 전어체의 일반성분을 분석하기 위해 냉동 보관 (-30°C) 하였다.

소화율 측정, 성분분석 및 통계처리

소화율 측정은 대조구 (사료 1), 0.25 mm 분쇄 대두박 10% 및 20% 첨가구 (사료 3, 5), 0.5 mm 분쇄 대두박 20% 첨가구 (사료 7) 및 대두박, 콘글루텐 밀과 옥골분 혼합 첨가구 (사료 8)에 대하여 사육 실험이 끝난 후 분석용으로 sample하고 남은 실험어를 분수집 장치에 옮겨 분을 수집하였다. 사료 급여 및 분수집 방법은 Lee et al. (1996b)이 사용한 방법과 동일하게 실시하였다. 사료, 어체 및 분의 일반성분, 아미노산과 산화크롬은 Lee et al. (1996b)이 사용한 방법과 동일하게 분석하였다. 결과의 통계 처리는 SPSS (SPSS Inc., 1993) program으로 ANOVA-test를 실시하여 Duncan's multiple range test로 처리 평균간의 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

실험개시시 평균체중 22.9 g의 어체를 9주간 사육 실험한 결과, Fig. 1에 나타난 바와 같이 53.2~60.6 g의 범위로 대두박의 첨가비에 따라 실험구간에 다소 차이를 보이기는 하였으나, 대두박 5~20% 첨가구 (사료 2~5)와 대두박 20%에 아미노산 첨가구 (사료 6)는 60.6~55.2 g의 범위로 대조구의 60.2 g과 유의차는 없었다 (P>0.05). 또한, 대두박 분쇄 입자에 따라서는 0.5 mm로 분쇄한 대두박 20% 첨가구 (사료 7)가 대조구와 대두박 5% 첨가구 (사료 1과 2)보다 유의하게 낮은 값 (P<0.05)을 보인 반면, 0.25 mm 분쇄 대두박 20% 첨가구와는 유의차가 없었다. 대두박 10% + 콘글루텐 밀 10% + 옥골분 10% 혼합 첨가구 (사료 8)는 56.0 g으로 대조구와 유의차가 없었다 (P>0.05).

Table 3에 표시한 바와 같이 증체율도 최종 평균체중과 같은 경향이였다. 사료효율은 모든 실험구간에서 80.4~83.6%로 거의 비슷한 값을 보였다. 일일먹이섭취율, 일일단백질섭취율 및 단백질축적율도 각각 1.776~1.968%, 0.861~0.953% 및 29.9~31.7%로 실

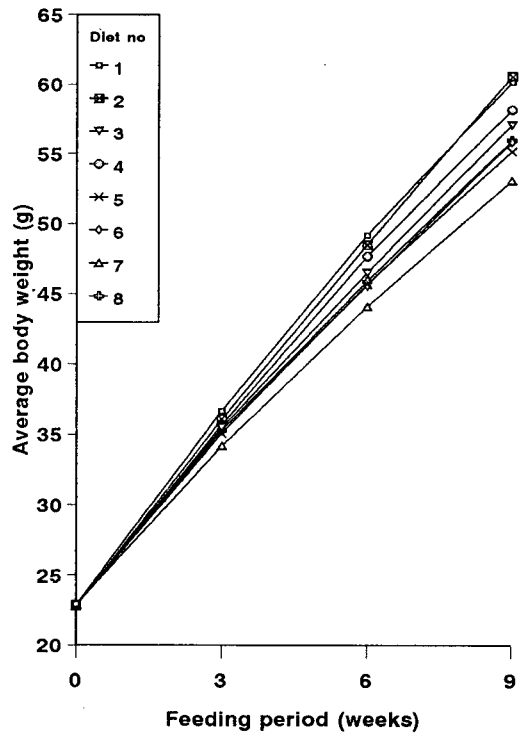


Fig. 1. Effect of the different dietary soybean meal levels on growth in the Korean rockfish *Sebastes schlegeli*.

험 구간에 유의차가 없었다 (P>0.05).

Table 4에 표시한 바와 같이 실험 개시시에 비해서 종료시의 전어체의 수분 함량은 모든 실험구에서 감소되었고, 단백질과 지질 함량은 증가되었다. 사육 실험 종료시 전어체의 일반성분 중 수분 함량은 대조구가 67.7%로 가장 낮았고, 대두박 10~15% 첨가구, 대두박 20%에 아미노산 첨가구가 대조구보다 유의하게 높았다 (P<0.05). 단백질 함량은 16.9~17.6% 사이로 실험구간에 특별한 차이가 없었다. 지질 함량은 수분 함량과 반대로 대조구가 10.3%로 가장 높았고, 대두박 10~15% 및 대두박 20%에 아미노산 첨가구가 대조구보다 유의하게 낮은 값을 보였다 (P<0.05).

외견상 단백질 및 지질 소화율 (Table 5)은 각각 93.9~89.2% 및 95.1~87.1%로 모두 대체 단백질의 첨가비가 높아질수록 낮아지는 경향을 보였으나 큰 차이는 없었다.

현재 가축 사료를 비롯하여 담수어 사료에 많은 종

**Table 3. Performance of Korean rockfish (*Sebastes schlegelii*) fed the diets containing different soybean levels<sup>1</sup>**

Diets	Feed efficiency (%)	Weight gain (%)	Daily feed intake (%)	Daily protein intake (%)	Protein retention (%)
1	83.2 <sup>a</sup> ± 2.12	163.3 <sup>b</sup> ± 18.3	1.922 <sup>a</sup> ± 0.146	0.941 <sup>a</sup> ± 0.071	31.2 <sup>a</sup> ± 1.4
2	83.6 <sup>a</sup> ± 1.83	165.1 <sup>b</sup> ± 3.3	1.968 <sup>a</sup> ± 0.055	0.953 <sup>a</sup> ± 0.026	30.5 <sup>a</sup> ± 0.4
3	83.1 <sup>a</sup> ± 0.21	149.3 <sup>ab</sup> ± 1.4	1.872 <sup>a</sup> ± 0.014	0.895 <sup>a</sup> ± 0.007	31.7 <sup>a</sup> ± 1.0
4	83.5 <sup>a</sup> ± 0.49	155.0 <sup>ab</sup> ± 5.2	1.902 <sup>a</sup> ± 0.025	0.900 <sup>a</sup> ± 0.012	30.8 <sup>a</sup> ± 1.5
5	80.7 <sup>a</sup> ± 0.28	142.2 <sup>ab</sup> ± 7.6	1.860 <sup>a</sup> ± 0.036	0.880 <sup>a</sup> ± 0.017	30.5 <sup>a</sup> ± 1.4
6	81.9 <sup>a</sup> ± 3.88	144.0 <sup>ab</sup> ± 4.8	1.861 <sup>a</sup> ± 0.052	0.873 <sup>a</sup> ± 0.024	30.2 <sup>a</sup> ± 0.9
7	80.9 <sup>a</sup> ± 1.34	132.1 <sup>a</sup> ± 22.0	1.776 <sup>a</sup> ± 0.224	0.861 <sup>a</sup> ± 0.108	30.3 <sup>a</sup> ± 0.1
8	80.4 <sup>a</sup> ± 2.19	145.3 <sup>ab</sup> ± 14.6	1.890 <sup>a</sup> ± 0.075	0.907 <sup>a</sup> ± 0.036	29.9 <sup>a</sup> ± 1.4

<sup>1</sup> Values (mean ± s.d. of duplicate groups) in same column having the different superscripts are significantly different (P<0.05).

**Table 4. Chemical composition (%) of the whole body of Korean rockfish (*Sebastes schlegelii*)<sup>1</sup>**

Diets	Moisture	Protein	Lipid
Initial	72.3	16.4	6.3
Final			
1	67.7 <sup>a</sup> ± 0.12	17.6 <sup>a</sup> ± 0.17	10.3 <sup>b</sup> ± 0.03
2	68.2 <sup>ab</sup> ± 0.19	17.2 <sup>a</sup> ± 0.08	9.7 <sup>ab</sup> ± 0.12
3	69.0 <sup>bcd</sup> ± 0.71	17.5 <sup>a</sup> ± 0.31	8.9 <sup>a</sup> ± 1.06
4	69.5 <sup>cd</sup> ± 0.59	17.0 <sup>a</sup> ± 0.48	8.6 <sup>a</sup> ± 0.07
5	68.4 <sup>abc</sup> ± 0.54	17.3 <sup>a</sup> ± 0.47	9.2 <sup>ab</sup> ± 0.33
6	69.8 <sup>d</sup> ± 0.36	16.9 <sup>a</sup> ± 0.14	8.5 <sup>a</sup> ± 0.52
7	68.8 <sup>abcd</sup> ± 0.53	17.4 <sup>a</sup> ± 0.23	9.4 <sup>ab</sup> ± 0.45
8	68.7 <sup>abcd</sup> ± 0.09	17.3 <sup>a</sup> ± 0.24	9.7 <sup>ab</sup> ± 0.52

<sup>1</sup> Values (mean ± s.d. of duplicate groups) in same column having the different superscripts are significantly different (P<0.05).

**Table 5. Apparent digestibility (%)<sup>1</sup>**

Diets:	1	3	5	7	8
Protein	93.9	91.9	89.7	90.7	89.2
Lipid	95.1	93.7	90.1	91.6	87.1

<sup>1</sup> Values (mean) of the pooled sample from the duplicate tanks for fecal collection.

류의 단백질이 첨가되고 있지만, 해산어 사료에 대해서 단백질 종류별 첨가 효과에 대한 연구는 매우 부족한 실정이다. 조피볼락의 대두박 이용성에 대해 유일하게 연구된 Lee et al. (1996b)의 실험에서 사료의 적정 대두박 첨가량을 10%로 보고하였으나, 본 실험에서는 대두박을 20%까지 첨가하여도 성장, 사료 효율 및 단백질축적율이 대조구와 유의적인 차이가 없어 (P>0.05), 어분을 13%까지 대체할 수 있는 것으로 나타났다. Lee et al. (1996b)의 실험과 이러한 차이는 두 실험에서 사용한 실험어 크기의 차이, 즉 실험시작시 평균체중이 Lee et al. (1996b)의 실험에서는 5.8 g이었고, 본 실험은 22.9 g인 것과 함께 두 실험에서 사용한 대두박의 분쇄 입자 (Lee et al., 1996b: 0.5 mm, 본 실험: 0.25 mm) 차이 때문으로 판단된다. 본 실험에서도 0.25 mm로 분쇄한 대두박 20% 첨가구는 대조구와 유의차가 없었으나, 0.5 mm 분쇄한 대두박

20% 첨가구는 대조구와 유의차를 보였다 ( $P < 0.05$ ). 하지만 분쇄 입자가 다른 두 실험구 사이에는 유의한 차이가 없었다 ( $P > 0.05$ ). 또한, Lee et al. (1996b)의 실험에서는 일일먹이섭취율이 대두박 첨가에 따라 유의한 차이를 보이면서 감소한 경향을 보였지만, 본 실험에서는 일일먹이섭취율이 대두박 첨가에 따라 유의한 차이가 없었다. 이러한 차이는 어체가 커짐에 따라 대두박에 대한 기호성이 개선된 것으로 생각되며, 어체가 성장함에 따라 사료에 대두박 첨가비를 더 높일 수 있을 것으로 판단된다. 따라서 대두박을 조피볼락 사료에 첨가할 때에는 어체의 크기 및 분쇄 입자가 고려되어야 할 것이며, 본 실험에서는 대두박을 단독으로 20%까지 첨가할 수 있을 것으로 나타났다.

대두박을 사료원료로 사용하는데 고려되어야 요인으로는 필수아미노산 조성, phytic acid 및 trypsin inhibitor (TI) 등이 있다. 사료에 대두박을 첨가함에 따라 대두박에 부족한 아미노산으로 인해 어류의 성장이 저해되는데 (Covey et al., 1971; Dabrowski and Kozak, 1979; Jackson et al., 1982), 대두박에 부족한 met과 lys같은 아미노산이나 인을 사료에 보충하여 성장을 개선시키는 연구도 수행되고 있다 (Dabrowska and Wojno, 1977; Murai et al., 1982; Shiau et al., 1988). 하지만 아미노산이나 인을 인위로 사료에 부족한 양만큼 보충하여도 성장 개선 효과가 없었다는 연구 보고도 있다 (Andrew and Page, 1974; Lee et al., 1991; Lim and Dominy, 1989). 본 실험에서도 성장, 사료효율, 단백질축적 등의 결과로 보아 아미노산 보충 효과는 전혀 없는 것으로 나타났다. 부족한 아미노산의 보충 효과는 보충되는 아미노산의 형태, 실험어의 크기, 사료의 단백질 함량, 먹이 섭취량 등 복합적인 요인에 의해 차이가 나타날 수 있으므로 상세한 연구가 더 수행되어야 할 것이다. 영양저해인자인 TI는 적당한 열처리로 활성을 감소시킬 수 있다고 보고되어 있다 (Wilson and Poe, 1985; Viola et al., 1983; Smith, 1988). 일반적으로 대두박의 TI가 1~3 mg/g 이하일때 양어 사료원으로 적합하며, 이 값은 urease activity 0.23 이하에 해당된다고 보고되어 있다 (Akiyama, 1988). 본 실험에 사용된 대두박은 탈지압착하고 가열처리된 것으로 urease activity가 0.01로 측정된 것이어서 대부분의 trypsin inhibitor가 제거되어 양어

사료원료로 사용하기에는 가공이 잘 된 것으로 판단된다.

타 어종의 대두박 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 (Smith, 1988) 및 메기 (Robinson et al., 1985; Wilson and Poe, 1985) 등 주로 담수어에 대해 연구되어 왔고, 최근에 해산어인 방어에 대해서도 Lee et al. (1991) 및 Shimeno et al. (1993b)이 연구하여 대두박으로 사료의 어분을 20%까지 대체 가능한 것으로 보고하였으며, Reigh and Ellis (1992)는 red drum (*Sciaenops ocellatus*) 사료에서 어분을 26%까지 대체하는 것이 경제적으로 좋은 사료라고 발표하였다. 이 외에도 넙치의 일종인 *Pleuronectes platessa* (Covey et al., 1971, 1974) 및 갑각류인 *Procambarus clarkii* (Robert et al., 1993; Lochmann et al., 1992)에 대해서도 연구된 바 있다.

대두박 10%에 콘글루텐 밀 10%와 육골분 10%를 첨가한 실험구 (사료 8)도 성장, 사료효율, 단백질축적 및 체성분이 대조구와 유의차가 없는 것으로 나타나 대두박 단독 첨가보다는 콘글루텐 밀과 육골분 같은 원료를 혼합 첨가하는 것이 더 효율적으로 어분을 대체할 수 있을 것으로 생각된다. 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 것으로 보인다. 예를 들면, Table 1에 표시한 바와 같이 대두박에는 필수아미노산인 met+cys 함량이 상대적으로 적지만, 콘글루텐 밀과 육골분에는 어분과 비슷한 수준으로 함유되어 있고, 콘글루텐 밀에 부족한 arg은 대두박과 육골분에 상대적으로 높게 함유되어 있어, 이 원료들을 적절히 혼합 첨가함으로써 상호 보완 효과를 얻을 수 있을 것으로 기대된다. 또한, 식물성 단백질에 부족하기 쉬운 미네랄은 Ca과 P와 같은 무기물이 풍부하게 함유된 육골분을 보충함으로써 효과를 높일 수 있을 것으로 판단된다. 본 실험에서도 대두박, 콘글루텐 밀과 육골분을 혼합하여 30%까지 첨가하여도 단독으로 대두박을 20% 첨가한 실험구와 비슷하고 대조구와 유의차가 없어 ( $P > 0.05$ ), 어분을 20%까지 대체할 수 있었다. 이미 Lee et al. (1996b)의 실험에서도 이와 같은 혼합 첨가의 가능성이 제시된

바 있고, Shimen et al. (1993a)과 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. 따라서 대체원의 적정 첨가량 구명과 함께 이에 대해서는 부족한 아미노산의 첨가 등 실용 사료의 formulation에 응용할 수 있도록 계속 연구를 수행하여 혼합 첨가의 최적 비 등을 밝혀 보다 값싼 양질의 사료를 개발할 수 있도록 해야 할 것이다.

### 요 약

조피볼락 사료의 어분 대체 단백질원으로서 대두박의 이용성을 검토하기 위해, 북양어분을 주단백원으로 한 대조사료, 0.25 mm로 분쇄한 대두박을 5% 간격으로 20%까지 첨가한 사료, 대두박 20% 첨가 사료에 아미노산 (met+lys) 보충 사료, 0.5 mm로 분쇄한 대두박 20% 첨가 사료 및 대두박 10%에 콘글루텐 밀과 육골분을 각각 10% 혼합 첨가한 사료를 제조하여, 22.9 g 전후의 조피볼락을 9주간 사육 실험하여 성장 효과, 체성분 조성 및 외견상 소화율을 조사하였다.

0.25 mm로 분쇄한 대두박을 20%까지 단독으로 첨가하여도 최종 평균체중, 증체율, 사료효율, 일일사료섭취율 및 단백질축적율이 대조구와 유의차없이 ( $P < 0.05$ ) 좋은 결과를 보였고, 대두박 20% 첨가구에 methionine 및 lysine를 각각 0.5%씩 보충한 실험구에서도 성장효과는 개선되지 않았다. 대두박의 분쇄 입자에 따른 효과를 검토하기 위해 0.5 mm로 분쇄한 대두박을 20% 첨가한 실험구는 사료효율, 일일사료섭취율 및 단백질축적율에서 0.25 mm로 분쇄한 대두박 20% 첨가구와는 유의차가 없었지만 ( $P > 0.05$ ), 최종 평균체중 및 증체율은 대조구와 대두박 5% 첨가구에 비해 낮은 값을 보였다 ( $P < 0.05$ ). 또한, 대두박 10% + 콘글루텐 밀 10% + 육골분 10% 첨가구도 최종 평균체중, 증체율, 사료효율, 일일사료섭취율 및 단백질축적율에서 대조구와 유의차가 없어 ( $P < 0.05$ ), 여러 가지 원료를 적절히 혼합 첨가하는 것이 대두박을 단독으로 첨가하는 것 보다 더 효율적으로 어분을 대체할 수 있을 것으로 판단된다.

### 참 고 문 헌

- Akiyama, D.M. 1988. Soybean Meal Utilization in Fish Feeds. Am. Soybean Ass., 11 pp.
- Andrews, J.W. and J.W. Page. 1974. Growth factors in the fishmeal component of catfish diets. J. Nutr., 104, 1091~1096.
- Arai, S. 1981. A purified test diet for coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*, fry. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish., 47, 547~550.
- 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.
- Cowey, C.B., J.W. Adron, A. Blair and A.M. Shanks. 1974. Studies on the nutrition of marine flatfish. Utilization of various dietary proteins by plaice (*Pleuronectes platessa*). Br. J. Nutr., 31, 297~306.
- 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.
- 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 (in Korean with English abstract).
- Lee, S.M., J.Y. Lee and Y.J. Kang. 1993. Effects of

- dietary n-3 highly unsaturated fatty acids and water temperatures on growth and body composition of the Korean rockfish *Sebastes schlegeli*. Bull. Nat'l. Fish. Res. Dev. Agency, Korea, 48, 107~124 (in Korean with English abstract).
- Lee, J.Y. and S.M. Lee. 1994. Nutritional studies and feed development for Korea rockfish (*Sebastes schlegeli*). Proceedings of FOID, '94, The Third International Conference on Fisheries and Ocean Industrial Development for Productivity Enhancement of the Coastal Waters. pp.75~92.
- Lee S.M., J.Y. Lee and S. B. Hur. 1994. Essentiality of dietary EPA (eicosapentaenoic acid) and DHA (docosahexaenoic acid), and importance of dietary EPA/DHA ratio in the Korean rockfish *Sebastes schlegeli*. Bull. Korean Fish. Soc., 26, 477~492.
- Lee, S.M., J.Y. Lee and I.G. Jeon. 1995. Effects of a practical Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*) diet; comparison with raw fish and moist pellet diet. Korean J. Aquacult., 8, 261~269 (in Korean with English abstract).
- Lee, S.M., I.G. Jeon and J.Y. Lee. 1996a. Comparison of various fish meals as dietary protein sources for Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*). J. Korean Fish. Soc., 29, 135~142 (in Korean with English abstract).
- Lee S.M., J.H. Yoo and J.Y. Lee. 1996b. 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 (in Korean with English abstract).
- Lim, C. and W. Dominy. 1989. Utilization of Plant Proteins by Warmwater Fish. Am. Soybean Ass., 12 pp.
- Lochmann, R., W.R. McClain and D.M. Gatlin III. 1992. Evaluation of practical feed formulations and dietary supplements for red swamp crawfish. J. World Aquacult. Soc., 23, 217~227.
- 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., Wang Daozun and H. Ogata. 1989. Supplementation of methionine to soy flour diets for fingerling carp, *Cyprinus carpio*. Aquaculture, 77, 373~385.
- Ogata, H., S. Arai and T. Nose. 1983. Growth responses of cherry salmon (*Oncorhynchus masou*) and amago salmon (*O. rhodurus*) fry fed purified casein diets supplemented with amino acids. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish., 49, 1381~1385.
- 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.
- Robert, C.R., S.L. Braden, and R.J. Laprarie. 1993. Substitution of soybean protein for fish protein in formulated diets for red swamp crawfish *Procambarus clarkii*. J. World Aquacult. Soc., 24, 329~338.
- 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 (2), 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, O. Yamamoto, and Y. Ando.



- 1993a. Effects of fermented defatted soybean meal in diet on the growth, feed conversion, and body composition of juvenile yellowtail. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 59 (11), 1883~1888.
- Shimeno, S., T. Mima, T. Imanaga and K. Tomaru. 1993b. Inclusion of combination of defatted soybean meal, meat meal and corn gluten meal to yellowtail diet. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 59 (11), 1889~1895.
- Smith, R.R. 1988. Soybeans and Wheat Flour Byproducts in Trout Feeds. *Am. Soybean Ass.*, 8 pp.
- 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 (10), 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.
- 
- 1996년 1월 16일 접수  
1996년 9월 2일 수리