

# 은연어(*Oncorhynchus kisutch*) 사료 단백질원으로서 대두박의 이용에 관한 연구

## I. 대두박 함량에 따른 성장

김병기 · 전중균 · 김형선 · 명정구 · 허형택

한국해양연구소

# Use of Soybean Meal as a Protein Source for Coho Salmon (*Oncorhynchus kisutch*) Diet

## I. Growth Responses on Soybean Meal

Pyong Kih KIM, Joong-Kyun JEON, Hyung Sun KIM  
Jung-Goo MYOUNG, Hyung Tack HUH

Korea Ocean Research and Development Institute,  
Ansan, P. O. Box 29, Seoul 425-600, Korea

### ABSTRACT

A feeding study was conducted for 85 days to determine if soybean meal can be substituted for fish meal in a diet of coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) fingerlings. Solvent extracted soybean meal was used in the experimental diet at 0%, 10%, 30%, 50% and 70% levels to make up about 40% protein in the final diets. The results of feeding trial indicated that soybean meal can be used up to 30% (replacing 34.3% fish meal) as a major protein source with no adverse effects on the growth of coho salmon ( $P>0.05$ ). However, both growth rate and survival were decreased in the groups of fish fed over 50% soybean meal diets.

### 서 론

어류 양식에서 사료 경비는 전체 생산 경비의 약 60~80%나 되며, 특히 단백질의 비용이 가장 큰 비중을 차지한다. 양어 사료의 단백질원으로는 어분이 가장 많이 쓰이고 있으나, 최근에는 어분의 공급 부족과 이에 따른 가격 상승, 그리고 어분 중 글분 비율 증가 등의 요인때문에 사료 생산에 양적 및 질적 저하 현상을 보이고 있다. 따라서 어분을 대체할 수 있는 값싸면서도 양적으로 풍부한 다른 단백질원을 찾는 일은 어류 양식이 경제적으로나 기술적으로 향상되기 위해서는 중요하다(Smith

1977 ; Balogun and Olohobo 1989).

이러한 단백질원 중에서 시장 공급량, 영양 성분의 조성 및 향후 공급 전망 등을 고려할 때 유망한 것 중의 하나로 상품 탈지 대두박을 들 수 있겠다. 탈지 대두박은 콩으로부터 유지를 추출하고 남은 부산물로서, 화학적 조성과 아미노산의 구성이 어류 사료로 이용하기에 매우 유리하므로 이를 대체 단백질원으로 활용하기 위한 연구가 많이 이루어 지고 있다(Tacon *et al.* 1983 ; Viola and Arieli, 1983 ; 이 등 1989 ; 정 1991).

국내에서도 최근 냉수성 어종인 은연어를 사육하기 시작하였으나, 이를 대상으로 대두박을 이용한 사료 연구는 국내외에서도 거의 없는 실정이며, 단지 무지개송어를 대상으로하여 대두박을 이용한 연구가 다소 있을 뿐이다(Tacon *et al.* 1983 ; Murai *et al.* 1989). 따라서 본 연구는 값싸면서도 단백질 함량이 높고 안정적인 공급이 가능한 대두박을 어느 정도 어분에 대체할 수 있는 지를 연구하여 은연어 사료의 단백질원으로서의 사용 가능성을 밝히고자 수행되었다.

### 재료 및 방법

사육 치어 : 실험에 사용한 은연어는 미국으로부터 발안란 상태로 수입하여 강원도 원주군의 치악수산에서 부화 사육한 치어를 사용하였다.

사육 실험 : 사육 실험은 2 차에 걸쳐 수행되었다. 즉 1 차 사육 실험은 은연어 치어(평균 체중 3.43 g)를 각 수조에 약 190 마리씩 수용하여 1991년 4월 26일부터 6월 2일까지 약 40일간 수행하였고, 2 차 사육 실험은 실험 수조의 밀도를 낮추기 위하여 1 차 사육을 마친 후 평균 체중 8.37~9.96 g의 치어를 대상으로 선별하여 각 실험구에 74~85 마리를 수용하여 1991년 6월 4일부터 7월 20일까지 약 45일간 수행되었다. 사육에는 당 연구소 순환 여과 시스템을 사용하였으며, 이 시스템은 5 개의 250 l 유리수조(90×60×60 cm)를 1.25 m<sup>3</sup>의 여과조에 부착한 것이다. 이 시스템의 개요는 Table 1과 같다.

수질 측정 : 수온은 1일 2회 봉상 온도계로 측정하였고, 용존 산소량, 암모니아태질소(NH<sub>3</sub>-N), pH, 용존 현탁 물질의 양은 Spectrophotometer(DREL/2000, Hach Co., 미국)를 이용하여 2주에 1회 씩 측정하였다. 사육 기간 중에는 수온 17.3±2.0 °C, 용존 산소 7.53±0.31 mg/l, pH 6.65±0.07, NH<sub>3</sub>-N 0.088±0.009 mg/l, 용존 현탁 물질 81.9±1.7 mg/l의 수질 상태를 보였다.

Table 1. Experimental conditions for the soybean meal substitution study for coho salmon

Division	Condition
Culture system	Water recycling filter system
Shape of tanks	Glass
Dimension of tanks (cm)	90×60×60 (D)
Water volum per tank (ℓ)	250
Flow rate	14.5 (ℓ/min.)
New water for replace	1.6 (ℓ/min.)
Turn over rate/day	9.2 times
Water source	Tap water
Feeding frequency/day	4 times
Feeding days/week	6 days

사료의 제조 : 사료 제조에 필요한 어분, 대두박 및 밀가루 등은 미리 일반 조성을 조사한 후 대두박의 첨가량에 따라서 조단백질 함량이 약 40%가 되도록 사료 혼합비를 조정하였다. 즉, 실험 사료 A부터 E는 Table 2와 같이 대두박이 각각 0%, 10%, 30%, 50%, 70%가 첨가된 것이며, 각 원료를 혼합 후 펠렛기(Type AEZ 16S, 平賀製作所, 일본)로 성형하여 사료를 제조하였다.

Table 2. Ingredient and proximate composition of the experimental diets

Ingredient(%)	Experimental diet				
	A	B	C	D	E
White fishmeal	63.3	56.0	41.6	27.1	12.6
Soybean meal	0.0	10.0	30.0	50.0	70.0
Flour, middlings	33.2	30.5	24.9	19.4	13.9
Vitamin mix. *	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Mineral mix. **	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Salt	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Yeast	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Composition(%)					
Moisture	11.5	12.9	12.7	12.1	12.5
Crude protein	40.7	40.0	39.8	40.5	39.8
Crude fat	3.6	2.9	2.6	2.7	2.6
Ash	17.9	13.4	12.8	11.1	9.1
Carbohydrate	26.3	30.8	32.1	33.6	36.0

\* Quantities per kg diet.

Vit. A : 4,650 IU, Vit. D : 930 IU, Vit. E : 27.9 mg, Vit. K : 9.3 mg, Vit. B<sub>1</sub> : 18.6 mg, Vit. B<sub>2</sub> : 18.6 mg, Vit. B<sub>12</sub> : 0.0186 mg, Vit C : 93.0 mg, Niacin : 93.0 mg, Pantothenic acid : 46.5 mg, Folic acid : 4.65 mg, Choline : 511.5 mg, Biotin : 0.093 mg, Inositol : 93.0 mg, PABA : 9.3 mg, Furazolidon : 46.5 mg, BHT : 6.51 mg and filler.

\*\* quantities per kg diet.

Mn : 1,200 mg, Zn : 900 mg, Fe : 400 mg, Cu : 10 mg, Iodine : 25 mg.

성장도 측정 : 1, 2 차 실험 종료시 각 실험구의 전체 어체중 및 사료 섭취량을 계산하여 정(1991)의 방법에 따라 일일성장율, 일일사료섭취율, 단백질효율비 등을 계산하였다.

화학 조성의 분석 : 일반조성의 분석은 상법에 따랐다. 즉, 수분은 상압 가열 건조법, 조단백질은 Kjeldahl 질소 정량법, 조지방은 Soxhlet 추출법, 조회분은 건식 회화법으로 분석하였다. 한편 구성 아미노산의 분석은 시료를 6 N HCl과 함께 ampule에 넣어 110 °C의 sand bath 중에서 24시간 가수분해하여 감압 농축후 pH 2.2의 구연산 완충액으로 정량한 다음 아미노산 자동분석기(LKB-4140a)로 분석하였다.

## 결 과

### 가. 대두박 첨가량에 따른 성장도 비교

총 사육 기간 중 대두박 첨가 비율의 증가에 따른 실험 결과는 Table 3 및 4와 같다. 우선 1차 사육 기간 중의 성장도를 보면, 어분만을 사용한 대조구(사료 A)에서는 사료 효율과 일일성장율이 각각 86.4%와 2.51%이었으나, 대두박 10% 및 30%첨가구(사료 B, C)에서는 사료 효율이 각각 83.3% 및 85.7%로 대조구와 거의 같은 수준이었고, 일일성장율은 각각 2.64% 및 2.65%로서 대조구보다 다소 좋은 결과를 보였다. 그렇지만 대두박 50% 및 70% 첨가구(사료 D, E)에서는 사료 효율 및 일일성장율이 각각 78.7%, 2.41% 및 65.1%, 1.87%로서 대조구에 비해 현저하게 낮았다.

사료의 단백질 함량에 대한 어체의 증중량(wet weight)비도 사료 C 실험구인 대두박 30%를 섞은 곳에서 가장 컸으며(2.15), 그 이상 첨가율이 높아지면 대조구에 비하여 오히려 나빠져 사료에 대두박을 50% 첨가한 D 실험구에서는 대조구의 약 91% 수준이었으나 70%를 섞은 E 실험구에서는 약 77% 수준에 불과하였다.

생존율에 있어서도 사료 E 실험구가 가장 낮아 92.5%였으나, 그 밖의 실험구에서는 97.0~97.7%로 큰 차이를 보이지 않았다.

그리고 3.43 g 되는 은연어를 1차 사육 실험 종료 후에 계측한 결과, 평균 체중은 사료 B, C 실험구에서 각각 9.79 g 및 9.84 g으로 성장이 가장 좋았고( $P < 0.05$ ), 그 다음으로 사료 A (9.27 g), 사료 D (8.72 g), 사료 E (8.36 g)의 순이었으며, 유의차 검정 결과에서도 사료 B 및 C 실험구가 가장 좋은 것으로 나타났다.

Table 3. The results of feeding experiment by soybean meal substitution (1st trial)

'91. 4. 24~6.2 (40 days)

Division	Experimental diet					
	A	B	C	D	E	
Initial	total wt.(g)	600	600	600	600	600
	av. wt. (g)	3.43	3.43	3.43	3.43	3.43
Final	total wt.(g)	1,618	1,678	1,708	1,557	1,260
	av. wt. (g)*	9.27b	9.79a	9.84a	8.72b	8.36c
Survival rate (%)	97.9	97.0	97.9	97.4	92.5	
DER** (%)	2.91	3.10	3.10	3.10	2.86	
DGR*** (%)	2.51	2.64	2.65	2.41	1.87	
Feed efficiency (%)	86.4	83.3	85.7	78.7	65.1	
Protein efficiency	2.12	2.08	2.15	1.94	1.64	

\* Values in the same row with same superscript are not significantly different ( $P > 0.05$ ).

\*\* Daily feeding rate.

\*\*\* Daily growth rate.

45일간 실시한 2차 사육 실험에서는 대조구(사료 A)의 사료 효율과 일일성장율은 각각 83.4%와 1.61%였으며, 사료 B, C 실험구에서는 사료 효율이 각각 84.2% 및 82.5%로 대조구와 거의 같은 수준이었다. 또한, 일일성장율도 각각 1.81% 및 1.70%로서 대조구에 비해 124% 및 106% 수준으로

약간 높은 값을 보였다. 그러나 사료 D, E 실험구에서는 사료 효율이 대조구보다 낮아 각각 77.0% (대조구의 92%) 및 63.5% (대조구의 76%)를 나타냈고, 일일성장율도 1.54% (대조구의 96%) 및 1.10% (대조구의 76%)이었다. 또한, 일일 사료 섭취율은 사료 B 실험구에서 2.15%, C 실험구 2.06%, D 실험구 2.00%로 나타나 대조구의 1.93%보다 높았으나, 사료 E 실험구는 1.73%로 대조구에 비해 낮았다.

단백질 효율비도 사료 B 실험구 (2.10), 사료 C 실험구 (2.07)에서는 대조구 (2.05)와 거의 같은 수준이었지만 사료 D 및 E 실험구에는 낮은 효율을 보여, 대두박이 어분의 50% 이상 대체되면 단백질 효율비가 떨어지는 것으로 나타났다.

생존율도 사료 E 실험구에서 가장 낮았으나(87.1%), 나머지 실험구에서는 94.8~97.4%로 나타나 대두박을 50%까지 첨가하여도 생존율에는 그다지 큰 영향이 없는 듯 하였다.

체중 증가는 사료 A, B, C 실험구에서 실험 개시 전에 비해 218~219% 증가하여 가장 많이 늘어났으며, 그 다음이 사료 D 실험구의 215%, 사료 E 실험구의 186% 순으로 나타나 대두박을 30%까지 첨가하여도 어분만을 사용한 것에 비해 큰 차이를 보이지 않았다. 유의차 검정 결과, 사료 A, B, C 실험구는 사료 E (대두박 70% 첨가구)에 비해 유의적으로 성장이 좋았음을 알 수 있었다( $P < 0.05$ ).

Table 4. The results of feeding experiment by soybean meal substitution (2nd trial)

Division		Experimental diet				
		A	B	C	D	E
Initial	total wt.(g)	703	703	701	702	700
	av. wt. (g)	9.65	9.70	9.85	8.71	8.37
Final	total wt. (g)	1442.5	1576.0	1498.0	1394.3	1147.0
	av. wt. (g)*	21.0a	21.3a	21.6a	18.7b	15.6c
Survival rate (%)		96.2	97.4	94.6	94.8	87.1
DER** (%)		1.93	2.15	2.06	2.00	1.73
DGR*** (%)		1.61	1.81	1.70	1.54	1.10
Feed efficiency(%)		83.4	84.2	82.5	77.0	63.5
Protein efficiency		2.05	2.10	2.07	1.90	1.60

\*, \*\*, \*\*\* : Refer to Table 3.

#### 나. 은연어의 근육 성분

실험 개시 및 사육 40일 후, 80일 후 은연어의 내장을 제거한 근육 성분의 일반 성분을 분석한 결과는 Table 5와 같다. 전 실험구 간의 큰 차이는 없었으나, 은연어가 성장함에 따라 조단백질의 함량이 증가되는 경향을 보였다. 한편, 실험 개시와 실험 종료시 (80일 후)에 은연어 근육에서의 구성 아미노산을 분석한 결과를 Table 6에 나타내었다. 실험구 간에 큰 차이는 없었으나, 사료 E 실험구의 은연어는 리신이 다른 실험구에 비하여 약 26% 정도 낮았다.

Table 5. Proximate composition of coho salmon carcass\* after the soybean meal substitution experiment (%)

Feed content	O day	After 40 days					After 80 days				
		A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
Moisture	78.7	79.0	77.9	77.3	79.2	78.7	78.9	78.7	79.2	79.5	78.9
Crude protein	10.7	10.9	12.7	12.6	12.4	13.5	15.3	17.6	15.6	15.3	17.9
Crude fat	5.5	5.6	5.0	6.8	5.6	5.0	5.3	5.2	4.8	4.8	5.1
Ash	0.9	1.0	2.6	2.2	2.1	2.3	1.9	2.5	2.2	2.5	2.0

\* Whole body gutted

Table 6. Contents of amino acid in carcass\* of coho salmon after the soybean meal substitution experiment

Amino acids	O day	After 80 days of feeding				
		A	B	C	D	E
Asp	10.7	8.6	9.0	10.2	8.8	10.8
Thr	5.0	4.4	4.5	5.1	5.0	4.3
Ser	4.8	4.7	4.9	5.4	5.5	4.7
Glu	14.2	15.4	13.7	16.4	13.6	14.7
Pro	9.5	9.7	4.6	1.7	7.0	5.7
Gly	5.2	4.9	7.3	6.2	5.3	5.3
Ala	5.5	5.4	7.3	6.8	5.5	5.2
Cys	1.0	0.6	1.6	0.7	1.0	1.2
Val	4.5	4.0	4.7	4.1	3.4	4.3
Met	0.4	4.1	4.3	3.6	4.0	4.9
Ile	4.0	3.9	3.8	3.7	3.9	4.1
Leu	6.7	6.8	7.5	8.0	6.9	7.4
Tyr	2.1	5.5	4.7	3.4	4.4	5.9
Phe	5.4	6.3	4.7	4.9	5.1	6.4
His	8.0	2.4	3.0	2.9	3.3	3.0
Lys	6.4	6.7	7.2	9.6	8.7	6.5
Arg	6.8	6.0	7.2	7.0	7.3	6.5

\* Whole body gutted

## 고 찰

대두를 양어 사료로 이용하는 방법은 크게 두 가지로 나눌 수 있는데, 脫脂하지 않은 全脂大豆의 이용과 기름을 추출하고 남은 脫脂大豆粕의 이용이다. 어류 사료로서 대두박을 이용할 수 있을지에 관한 연구는 1970년 대부터 활발히 이루어져 왔으나, 대부분 콩의 가공 처리 방법이 성장에 미치는 효과에 관한 연구가 주류를 이루고 있다 (Balogun and Olohobo 1989 ; Tacon *et al.* 1983).

전지 대두의 영양학적인 가치 및 어류에 의한 이용 효율은 Smith(1977)에 의하여 우수성이 입증된 바 있고, Reinitz *et al.*(1978)도 26 g의 무지개송어를 이용하여 실험한 결과 전지 대두를 사료의 72.7%까지 사용하여도 대조구에 비해 손색없이 성장하는 것으로 보고하고는 있지만, 전지 대두는 가격이나 가공면에서 어류 사료로 이용하기에는 불리한 점이 적지 않아 사료 가격의 절약 측면에서는 그 효과가 크게 감소하는 듯하다.

공급 물량도 많고 가격도 저렴한 상품 대두박 즉, 脫脂大豆粕을 냉수성 어류의 사료에 적용한 연구는 아직껏 그다지 많지 않지만, Tacon *et al.*(1983)은 33~74 g의 무지개송어를 이용하여 실험한 결과 methionine을 0.2~0.4% 첨가할 경우, 탈지 대두를 사료의 75%까지 첨가하여도 성장이 좋아 이용 효율이 양호하다고 보고하였고, Alexis *et al.*(1985)는 무지개송어 사료에 어분의 34%를 탈지 대두박으로 대체한 결과 사료계수가 1.15로서 대조구의 1.35보다 성장이 우수하였다고 보고하였는데, 후자의 결과는 은연어를 대상으로 한 본 연구 결과와 거의 같았다. 그러나 Tacon *et al.*(1983)은 탈지 대두박을 다량 첨가하므로써 생길 수 있는 제한 아미노산의 균형을 보완하기 위하여 methionine을 첨가하였기 때문에 본 실험 결과와 직접 비교하기는 곤란한 것으로 사료된다.

본 실험에서 단백질원으로 이용한 대두박과 어분의 구성 아미노산에서는 대두박의 lysine과 methionine 함량이 각각 어분의 67%와 22%에 불과하였고 특히 methionine의 함유율이 매우 낮았다(미발표자료). 이러한 구성 아미노산의 차이는 사육을 마친 은연어 근육의 구성 아미노산에 그대로 반영되어 나타났다. 즉, 사료 E를 투여하여 사육한 은연어의 근육에는 다른 실험구에 비해 lysine이 약 26%정도 적었다. Lysine이 사료 중에 부족하면 collagen 형성에 심한 장애를 가져오며, 무지개송어에서는 fin rot 현상을 일으키기도 한다. Collagen은 뼈를 형성하는 중요한 단백질로서 주로 enzymatic degradation을 억제하려는 작용을 하는 중요한 물질인데(Ketola 1979), 본 실험에서 70%의 대두박 대체 사료(어분의 80.1% 대체)를 투여한 은연어가 가장 성장 장애를 입은 것은 이와 같이 사료 중의 lysine 부족으로 인한 효소의 활성 저하, 소화율 감소에 기인할 가능성이 매우 클 것으로 여겨진다. 이와 같은 추정은 각 사료의 총 에너지를 고려할 때 더욱 뚜렷이 나타난다. 즉 사료 성분 중 탄수화물, 단백질 및 지질의 열량을 각각 4.10 Kcal/g, 5.65 Kcal/g, 9.45 Kcal/g으로 하여 환산하면 사료 A, B, C, D, E는 1 kg당 각각 3,718 Kcal, 3,797 Kcal, 3,811 Kcal, 3,911 Kcal 및 3,971 Kcal로서 대두박의 첨가 비율이 커질수록 열량은 많아지는데 성장은 오히려 장애를 받는 것으로 나타났기 때문에 결국 이런 성장 장애에는 대두박에서 기인하는 것으로 볼 수 있겠다.

관련하여 Van den Ingh *et al.*(1991)은 대서양 연어에게 대두박을 4개월간 장기 투여할 경우 대두박에 함유된 항영양인자의 영향으로 창자의 영양분 흡수 창구인 미소융모(microvilli)의 길이가 줄어들고, 점액 세포(goblet cell)의 수가 증가하여 성장이 뚜렷하게 저해된다고 하였다.

이 밖에도 사료 중의 인의 함량도 어류 성장에 영향을 미치는 것으로 알려지고 있다. 연어과 어류의 인 요구량은 약 0.6~0.8% (Ketola, 1975; Watanabe *et al.*, 1988)으로 보고되고 있으나, 본 실험에서 사료 E가 0.5%로 다른 사료들에 비해 낮았던 것도 은연어의 성장에 영향을 미쳤을 가능성도 있어 현재 이점을 계속 조사 중에 있다(Table 7).

이상의 사육 결과를 종합하면, 은연어의 성장에 뚜렷한 장애없이 어분을 대체할 수 있는 대두박의 비율은 필수 아미노산의 보충 첨가없이도 사료 원료의 30% (어분의 34.3% 대체)까지 가능한 것을 알 수 있었다. 이러한 결과를 토대로 1992년 3월의 시중 사료 원가 (kg 당 어분 上品 780원, 국산 대두박 201원, 밀가루 3급 250원으로 환산)로 사료 가격을 계산하면, 대두박 무첨가 사료(사료 A)는 kg 당 약 631원이고, 30% 대두박 첨가구(사료 C)는 464원으로서 약 160원(대조구의 73.5%)이 절약되는 효과가 있다.

Table 7. The content of available phosphorus in the experimental diets for coho salmon

Ingredient	Content* (%)	Availabil-ity* (%)	Experimental diet				
			A	B	C	D	E
Fishmeal	3.81	74	1.785	1.579	1.173	1.173	0.355
Soybean meal	0.63	33	—	0.021	0.062	0.062	0.145
Flour	0.18	33	0.020	0.018	0.015	0.015	0.008
Yeast	1.59	91	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007
Total available phosphorus (%)			1.812	1.625	1.257	0.887	0.515

\* NRC (1983).

## 요 약

은연어 치어 (3.43g)의 사료 단백질원으로서 대두박의 이용 가능성에 대한 연구를 85일 간 실시하였다. 실험 사료는 탈지 대두박이 0%, 10%, 30%, 50%, 70% 함유된 5개의 실험 사료를 이용하였다. 그 결과 은연어 치어는 대두박을 사료 내 30%까지 첨가하여도 대조구와 뚜렷한 성장 차이가 없이 성장하였으며(P>0.05), 대두박을 50% 및 70% 첨가한 실험구에서는 사료 효율 및 생존율이 뚜렷이 낮아졌다.

## 참 고 문 헌

- 이상민, 강용진, 이종윤, 1991. 방어 사료 단백질 대체원으로서 대두박 첨가 효과. 수산진흥원 연구보고. 45 : 247~257.
- 정장환, 1991. 사료중 어분에 대체한 대두박 함량변화에 따른 이스라엘계 잉어 *Cyprinus carpio*의 성장과 사료 효율. 부산수산대학교 석사학위논문. 70 p.
- Alexis, M. N., E. Papaparaskeva-Papoutsoglou, and V. Theochari. 1985. Formulations 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.
- Balogun, A. M. and A. D. Ologhobo. 1989. Growth performance and nutrient utilization of fingerling *Clarias gariepinus* (Burchell) fed raw and cooked soybean diets. *Aquaculture* 76 : 117~126.
- Ketola, H. G. 1975. Requirement of Atlantic salmon for dietary phosphorus. *Trans. Am. Fish. Soc.* 3 : 548~551.
- \_\_\_\_\_. 1979. Influence of dietary lysine on "fin rot," survival, and growth of fry of rainbow trout. *Fish Health News* 8(2) : vi.
- Murai, T., H. Ogata, A. Villaneda, and T. Watanabe. 1989. Utilization of soy flour by fingerling rainbow trout having different body size. *Nippon Suisan Gakkaishi* 55(6) : 1067~1073.
- NRC (National Research Council). 1983. Nutritional requirements warmwater fishes and



- shellfishes. National Academy of Sciences, Washington. D. C., 102p.
- Reinitz, G. L., L. E. Orme, C. A. Lemm, and F. N. Hitzel. 1978. Full-fat soybean meal in rainbow trout diets. *Feedstuffs* 50 : 23~24.
- Smith, R. R., 1977. Recent research involving full-fat soybean meal in Salmonid diets. Presented at the 1977 USTFA Convention, Keystone, Colorado., 5p.
- Tacon, A. G. J., J. V. Haster, P. B. Featherston, K. Kerr, and A. F. Fackon. 1983. Studies on the utilization of full-fat soybean and extracted soybean meal in a complete diet for rainbow trout. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 49(9) : 1437~1443.
- Van den Ingh, T. S. G. A. M., A. Krogdahl, J. J. Olli, H. G. C. J. M. Hendriks and J. G. J. F. Koninks. 1991. Effects of soybean-containing diets on the proximal and distal intestine in Atlantic salmon (*Salmo salar*) : a morphological study. *Aquaculture* 94 : 297~305.
- Viola, S. and Y. Arieli. 1983. Nutrition studies with *Tilapia Sarotherodon*. 1. Replacement of fishmeal by soybean meal in feeds for intensive tilapia culture. *Bamidgeh* 35 : 9~17.
- Watanabe, T., S. Satoh and T. Takeuchi. 1988. Availability of minerals in fish. *Asian Fisheries Science* 1 : 175~195.