

## 무지개송어(*Oncorhynchus mykiss*) 사료원으로써 대두박의

### 이용 효과 I. 성장

김병기 · 전중균<sup>†</sup> · 허형택 · 조재윤\*

한국해양연구소 · \*부경대학교 양식학과

## Effects of Dietary Soybean Meal in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) I. Growth

Pyong Kih Kim, Joong-Kyun Jeon, Hyung-Tack Huh and Jae-Yoon Jo\*

KORDI, Ansan P. O. Box 29, Ansan 425-600, Korea

\*Department of Aquaculture, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea

A long-term (160 days) feeding experiment was conducted to evaluate effects of dietary soybean meal (SBM) on growth of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*).

Fish fed diets containing up to 46% of SBM showed the same growth rates with control during the first 60 days ( $p>0.05$ ). However, growth showed a gradual decrease with the culture period. At the end of 160-days experiment, fish fed diets with above 34% of SBM showed a decrease in growth rate compared to the control group. Fatness of experimental fish was reduced with an increase in dietary SBM levels and in feeding period. Hepatosomatic index was significantly lower from fish fed the diets containing above 46% of SBM than that from fish fed the control diet throughout the 160 days of experimental period, and fish fed diet containing above 46% of SBM appeared to make restricted utilization of carbohydrate sources.

These results may suggest that soybean meal could be used up to 22% in trout diet as a substitute for fish meal without unfavourable side effects.

Key words : Soybean meal, Growth, Rainbow trout

### 서 론

어분은 어류가 필요로 하는 아미노산을 고르게 갖춘 양질의 단백질원이지만, 가격이 비싸고 수급이 불안정하여 그 이용에 많은 제한을 받고 있다. 따라서 어분 이외의 단백질원을 찾기 위한 많은 연구에서(Andrews and Page, 1974; Cho et al., 1974), 대두박은 아미노산 조성이 비교적 우수하며, 가격 및 시장성도 우수하다고 평가되

었다(Andrews et al., 1977; Lovell, 1982; Tacon et al., 1983; Kim et al., 1984; Balogun and Ologhobo, 1989; Lim and Doming, 1990).

하지만 대두박은 어분에 비하여 사료의 이용성을 저하시키는 몇가지 불리한 점이 있다는 것이 밝혀지면서 대두박 사료의 생물학적 이용성을 높이기 위한 연구가 이루어 졌으며(Dabrowski and Kozak, 1979; Ogino, 1980; Viola et

<sup>†</sup> 현주소 : 강원도 강릉시 지변동 강릉대학교 생명과학대학

al., 1982; Murai et al., 1989; Yamamoto and Akiyama, 1991; Pongmaneerat and Watanabe, 1993), 인의 이용 및 배설(Wiesman et al., 1988; Satoh et al., 1993), 이용성이 뛰어난 각종 인의 첨가 연구(Watanabe et al., 1988; Kim and Kim, 1990), 성장 단계별 대두박의 이용 능력(Murai et al., 1989)에 관한 연구 등이 다양하게 이루어졌다.

한편, 익스트루전(extrusion) 기술이 양어 사료의 제조에 도입되면서 탄수화물의 이용성이 큰 온수성 어류를 중심으로 대두박 사료의 이용성이 많이 개선되었고(정, 1992), 특히 잉어와 틸라피아의 경우에는 단백질원을 거의 대두박으로 대체할 수 있다고 알려 졌다(Mohsen and Lovell, 1990; 정, 1991). 그러나 냉수성 어종인 무지개송어에서는 그 이용성이 비교적 낮아 사료의 50% (어분의 70%) 정도까지 대두박 대체가 가능하다는 연구 보고도 있으나(Tacon et al., 1983; Watanabe and Pongmaneerat, 1993), 그 연구 기간이 약 50일 정도로 짧은 경우이고 이 보다 더 오랫동안 사육이 이루어진 연구에서는 20~30% 정도의 대체가 성장에 지장이 없다고 알려져 있다(Dabrowski et al., 1989; Oliveira-Teles et al., 1994). 이처럼 이제까지 무지개송어를 대상으로 한 국내외 여러 연구에서는 대두박 함량, 열처리 방법과 온도 및 시간, 사료 첨가물의 종류와 양에 따라서 결과가 다양하였고, 더욱이 기존의 연구들은 사육 수온의 부적절, 산업적인 이용이 기대되는 대형 개체보다는 20~30g 미만인 소형 개체의 사용, 60일 미만의 단기간 사육 등을 통한 연구가 대부분으로 전술한 대두박의 단점을 장기간에 걸쳐 충분히 검토하지 못하였다.

따라서 본 연구에서는 장기간 사육에 따른 대두박의 이용성을 검토하기 위하여 160일간 무지개송어를 사육하면서 최대 성장을 위한 대두박의 적정 첨가 수준을 파악하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험 어류 및 사육 장치

사육은 한국해양연구소 수조실에서 5차에 걸

쳐 160일간 연속 실시하였으며, 실험에 사용한 무지개송어(*Oncorhynchus mykiss*)는 강원도 원주의 개인 양어장에서 부화시켜 사육한 치어를 구입하여 실험 전까지 약 1개월간 시판 사료로 예비 사육하였다. 사육 장치는 한개의 여과조(수량 6 m<sup>3</sup>)에 4개의 FRP 수조(1톤)가 연결된 반순환식 여과 사육 시스템 2조를 실험에 이용하였고, 각각의 FRP 수조에는 2개의 cage (1.2×0.6×0.5 m)를 설치하여 실험구를 무작위로 배치하였다.

### 2. 사육 및 수질

사육 실험은 각 실험구마다 73마리(평균 체중 29 g) 씩 수용하여 2배수(1~4 차)로 실험하였고, 사육 단계가 늘어나면서 적정 수용 밀도를 유지하고 실험구 사이의 균형을 맞추기 위하여 어체 중을 기준으로 밀도를 조절하였다. 사료는 매일 오전과 오후(09:00와 16:00) 두 차례씩 포만(*ad libitum*) 상태까지 공급하였다. 사육 시스템에는 지하수를 약 7.65 l/min. 보충하였고, 사육수는 여과조의 물리·생물학적 여과 기능에 의존하였다. 그리고 사육 시스템에는 자동수온제어장치(thermo-controller)를 설치하여 실험 기간 동안 수온이 17℃를 유지하도록 하였다.

수조의 사육수는 2주 마다 채수하여 수질측정기(DEAL 2000, Hack Co., U.S.A.)로 용존산소(dissolved oxygen, DO), 암모니아태 질소(NH<sub>3</sub>-N), pH를 측정하였으며, 실험 기간 중에는 용존산소가 7.21±0.40 mg/l, NH<sub>3</sub>-N 0.11±0.02 mg/l, pH 6.56~6.70 수준을 유지하였다.

### 3. 실험 사료의 제조

어분은 시중에서 유통되는 백색 어분을 사용하였고, 대두박은 유기용매로 탈지한 제품을 구입하여 사용하였다. 그리고 밀가루와 효모는 시판 3등급의 것과 빵효모(baker's yeast)를 각각 사용하였으며, 어유는 명태 간유(이화유지사)를 사용하였다.

사료원료와 사료의 일반성분은 상법(AOAC, 1984)에 따라 수분은 상압가열건조법, 조단백질은 Kjeldahl법, 조지방은 Soxhlet법, 회분은 회화법으로 분석하였으며, 총 에너지량은 bomb calorimeter (Parr Inc., U.S.A.)로 측정하였고, 대두박내 트립신 저해물질(trypsin inhibitor)은 Hamerstrand et al. (1981)의 방법에 따라 분석하였다.

실험 사료는 사료 원료들의 화학적 성분 분석 결과(Table 1)를 기초로 하여 어분을 64.5% 사용한 실험 사료를 대조구(사료 1번)로 하여 점차 그 함량을 13%까지 줄이는 대신 대두박을 10%에서 70%까지 등간격으로 늘린 7종류의 실험 사료(사료 2~7번)를 제조하여 사용하였으며, 전체 실험구의 성장 비교를 위하여 시판되는 D사의 무지개송어용 사료(사료 8번)를 같이 사

Table 1. Proximate composition (%) of the major ingredients used in experimental diet formulation

Ingredient*	WFM	SBM	WF	BY
Moisture	8.2	12.6	12.9	70.6
Crude protein	58.1	44.8	9.7	18.7
Crude fat	6.0	3.5	2.9	3.5
Ash	22.4	6.4	0.5	2.6
Carbohydrate	5.3	32.8	74.0	4.6

\*WFM (white fish meal), SBM (soybean meal), WF (wheat flour), BY (baker's yeast).

용하였다(Table 2). 탈지 대두박은 유지 추출을 위해 유기 용매와 함께 가열 처리된 것이어서 탈피 전지 대두박의 trypsin inhibitor (TI) 함량 ( $54.4 \pm 3.8$  mg/g)에 비해 TI가 상당량 파괴되어  $11.5 \pm 1.2$  mg/g의 수준이었다. 한편, 어분과 대두박의 아미노산 분석 결과를 기초로 하여 실험 사료(2~7번)에는 적당량의 methionine과 ly-

Table 2. Ingredient and proximate composition of the experimental diets for rainbow trout

SBM content (%)	0	10	22	34	46	58	70	CD <sup>1</sup>
Diet No.	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Ingredient</b>								
Soybean meal	—	10.0	22.0	34.0	46.0	58.0	70.0	
White fish meal	64.5	57.2	48.5	39.5	30.5	22.0	13.0	
Wheat flour	33.0	30.3	26.9	23.8	21.7	17.2	14.1	
Vitamin mix. <sup>2</sup>	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
Mineral mix. <sup>3</sup>	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
Baker's yeast	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
L-methionine	—	0.04	0.10	0.15	0.20	0.25	0.31	
L-lysine	—	0.01	0.03	0.05	0.07	0.09	0.11	
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Pollack liver oil	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	—
<b>Proximate composition (% on dry matter)</b>								
Moisture	9.8	9.6	9.6	9.5	9.6	9.5	9.8	8.9
Crude protein	44.6	44.2	44.0	43.8	44.6	44.0	44.3	43.7
Crude fat	9.0	9.1	8.6	8.7	8.7	8.3	8.0	6.5
Crude ash	16.1	15.3	14.0	13.8	13.2	11.3	7.4	21.2
Carbohydrates	30.3	31.4	33.4	33.7	33.5	36.4	40.3	28.6
Gross energy (kcal/g)	4.78	4.71	4.66	4.69	4.69	4.66	4.69	4.40
GE/P ratio	107.2	106.6	105.9	107.1	105.2	105.9	105.9	100.7

<sup>1</sup>Commercial diet for rainbow trout.

<sup>2</sup>Contain ingredients per Kg mixture. A : 800,000 IU, D<sub>3</sub> : 160,000 IU, E : 5,000 IU, K : 1.0 g, B<sub>1</sub> : 2.0 g, B<sub>2</sub> : 2.0 g, B<sub>6</sub> : 2.0 g, B<sub>12</sub> : 2.0 mg, C : 10.0 g, niacin : 10.0 g, pantothenic acid : 5.0 g, folic acid : 0.5 g, choline chloride : 55.0 g, biotin : 10.0 mg, inositol : 10.0 g.

<sup>3</sup>Contain ingredients per Kg mixture. Mn : 40 g, Fe : 50 g, Cu : 10 g, Zn : 60 g, Ca : 10 g, I : 1 g, Co : 50 mg, Se : 150 mg.

sine을 보충하였다. 사료는 펠렛 제조기(AEZ16 S, 平賀工作所, 日本)를 이용하여 만들었으며 어류에 공급하기까지는  $-30^{\circ}\text{C}$ 의 냉동고에 보관 하면서 사용하였고, 보관 중의 지질 산패를 막기 위하여 사료 공급 직전에 적당량의 에탄올에 녹인 명태 간유를 실험 사료에 혼합시켰다. 이렇게 제조한 각 실험 사료의 일반성분은 Table 2와 같이 상품 사료(사료 8번)를 포함한 각 실험 사료의 일반성분 중 수분(8.9~9.8%), 조단백질(43.7~44.6%)은 거의 비슷하였다. 그러나 실험사료(사료 1~7번)에서는 조지방(8.0~9.1%), 열량(4.66~4.78 kcal/g), GE/P 比 (105.2~107.2)가 거의 비슷하였지만 상품 사료는 각각 6.5%, 4.40 kcal, 100.7로 대두박 사료보다 낮았다. 회분은 상품 사료가 21.2%로 가장 많았고, 실험 사료에서는 어분의 첨가율이 높을수록 많았다.

#### 4. 사육 결과 분석

실험 어류를 실험 시작, 30일, 60일, 90일, 120일 및 160일째에 40시간 절식시킨 후 각 실험구(2반복)의 총중량을 측정하였다. 이 중 20~25마리씩을 MS-222로 마취시켜 개체의 전장, 체장 및 체중을 측정하고 동시에 4~8마리씩 해부하여 간 중량을 측정하였다. 성장도 판정의 지수로 사용된 사료계수(feed co-efficiency, FC)는 사료량/증중량(weight gain)으로, 일일성장율(daily growth rate, DGR)은 김 등(1991)의 방법에 따라, 그리고 일일사료공급율(daily feeding rate, DFR)은 일일성장율과 사료계수를 곱한 값으로, 단백질 효율비(protein efficiency ratio : PER)는 증중량/단백질 섭취량으로 각각 산출하였다.

모든 측정값은 Statistical Analysis System (SAS Inst. Inc. USA) Procedure로 처리하였고, 실험 구간별 유의성 검정은 Duncun,s Multiple Range Test로 95% 유의 수준에서 하였다. 분석에는 단순회귀(simple regression) 또는 다중회귀(multiple regression) 모델을 사용하였다.

## 결 과

### 1. 성장 결과

실험 사료로 무지개송어를 총 160일간 사육한 결과는 Table 3과 같다. 29 g 가량의 치어로 사육을 시작한 1차 실험(30일째)에서 상품 사료(사료 8번)의 공급구는 55.7 g까지 성장하여 가장 우수하였고, 실험 사료 중에서 대두박 함량이 0~46%인 사료 1~5번에서도 49.3~55.2 g으로 성장하였으며, 사료계수는 1.30~1.37 수준으로 유의적인 차이가 없었다. 그렇지만 대두박 함량이 더 많았던 공급구에서는 증중량과 사료계수가 유의적인 차이(p<0.05)를 보일만큼 둔화하였다.

2차 사육 실험(60일째)에서는 사료 8번과 어분만을 단백질원으로 한 대조구사료(사료 1번) 공급구의 증중량과 사료계수가 거의 같았다. 실험 사료 중에서는 사료 1~4 번에서 91.7~100.8 g으로 성장하여 상품 사료 공급구인 사료 8번의 101.0 g과 유의적인 차이가 없었고, 사료계수도 1.27~1.30 수준으로 차이가 없었다.

그렇지만 3차 사육 실험(90일째)에서는 사료 8번과 1번의 공급구 간에 증중량과 사료계수가 모두 유의적인 차이를 나타내어 사료 1번 공급구의 성장이 좋아졌다. 실험 사료 중에서는 사료 1~3 번에서 159.3~167.4 g으로 성장하여 유의적인 차이가 없었고, 사료계수도 1.28~1.30 수준으로 차이가 없었다. 그러나 대두박 함량이 34% 이상의 사료에서는 첨가량이 많아질수록 성장이 유의적인 차이(p<0.05)를 보일만큼 둔화하였다.

4차 사육 실험(120일째)에서도 사료 1번은 8번보다 여전히 유의적(p<0.05)으로 성장이 좋았고, 실험 사료 2~3번과도 유의차를 보였다. 즉 사료 2~3번은 1번에 비해 증중량은 다소 떨어지지만 일일성장율은 유의차가 없는 반면 대두박 함량이 34% 이상인 사료에서는 대두박 첨가량이 많아질수록 성장이 유의적인 차이(p<0.05)를 보일만큼 둔화하였다.

5차 사육 실험(160일째)에서는 실험 배수를 갖지 못해 유의차를 확인하지는 못하였는데 대

Table 3. Growth performance of rainbow trout fed diets containing graded levels of soybean meal<sup>1</sup>

Diet No. <sup>2</sup>	Av. body wt. (g)		Weight gain (g)	FC <sup>3</sup>	DGR <sup>3</sup> (%)	DFR <sup>3</sup> (%)
	Initial	Final				
1st trial (30 day) <sup>4</sup>						
1 ( 0)	29.9 <sup>a</sup>	54.8 <sup>ab</sup>	24.9 <sup>abc</sup>	1.30	2.00 <sup>abc</sup>	2.59 <sup>cd</sup>
2 (10)	29.5 <sup>a</sup>	54.9 <sup>ab</sup>	25.4 <sup>ab</sup>	1.30	2.07 <sup>abc</sup>	2.69 <sup>abcd</sup>
3 (22)	29.3 <sup>a</sup>	55.2 <sup>ab</sup>	25.9 <sup>ab</sup>	1.31	2.11 <sup>ab</sup>	2.76 <sup>abc</sup>
4 (34)	28.8 <sup>a</sup>	52.2 <sup>ab</sup>	23.4 <sup>abc</sup>	1.33	1.96 <sup>bc</sup>	2.61 <sup>bcd</sup>
5 (46)	28.4 <sup>a</sup>	51.8 <sup>ab</sup>	23.4 <sup>abc</sup>	1.37	1.99 <sup>abc</sup>	2.73 <sup>abc</sup>
6 (58)	28.0 <sup>a</sup>	49.3 <sup>ab</sup>	21.3 <sup>bc</sup>	1.50	1.86 <sup>c</sup>	2.80 <sup>ab</sup>
7 (70)	28.0 <sup>a</sup>	48.5 <sup>b</sup>	20.5 <sup>c</sup>	1.55	1.83 <sup>c</sup>	2.83 <sup>a</sup>
8 (CD)	28.5 <sup>a</sup>	55.7 <sup>a</sup>	27.2 <sup>a</sup>	1.14	2.20 <sup>a</sup>	2.50 <sup>d</sup>
2nd trial (30 days) <sup>4</sup>						
1 ( 0)	56.9 <sup>a</sup>	100.8 <sup>ab</sup>	43.8 <sup>a</sup>	1.27	1.87 <sup>a</sup>	2.37 <sup>a</sup>
2 (10)	56.6 <sup>ab</sup>	97.5 <sup>ab</sup>	40.9 <sup>abc</sup>	1.29	1.81 <sup>a</sup>	2.33 <sup>ab</sup>
3 (22)	56.2 <sup>ab</sup>	96.8 <sup>ab</sup>	40.7 <sup>abc</sup>	1.27	1.83 <sup>a</sup>	2.33 <sup>ab</sup>
4 (34)	54.7 <sup>abc</sup>	91.7 <sup>abc</sup>	37.0 <sup>bcd</sup>	1.30	1.72 <sup>ab</sup>	2.24 <sup>bcd</sup>
5 (46)	53.2 <sup>abc</sup>	88.7 <sup>bcd</sup>	35.5 <sup>cd</sup>	1.24	1.76 <sup>ab</sup>	2.19 <sup>d</sup>
6 (58)	50.3 <sup>bc</sup>	82.1 <sup>cd</sup>	31.8 <sup>de</sup>	1.34	1.66 <sup>bc</sup>	2.22 <sup>cd</sup>
7 (70)	48.8 <sup>c</sup>	78.0 <sup>d</sup>	29.2 <sup>e</sup>	1.47	1.54 <sup>c</sup>	2.26 <sup>bcd</sup>
8 (CD)	59.0 <sup>a</sup>	101.0 <sup>a</sup>	42.0 <sup>ab</sup>	1.31	1.76 <sup>ab</sup>	2.30 <sup>abc</sup>
3rd trial (30 days) <sup>4</sup>						
1 ( 0)	101.5 <sup>ab</sup>	167.4 <sup>a</sup>	65.9 <sup>a</sup>	1.28	1.48	1.89
2 (10)	96.6 <sup>ab</sup>	154.3 <sup>ab</sup>	57.7 <sup>b</sup>	1.30	1.40	1.83
3 (22)	100.8 <sup>ab</sup>	159.3 <sup>ab</sup>	58.5 <sup>ab</sup>	1.30	1.33	1.73
4 (34)	98.4 <sup>ab</sup>	148.1 <sup>bc</sup>	49.7 <sup>c</sup>	1.38	1.27	1.76
5 (46)	91.2 <sup>bc</sup>	138.9 <sup>c</sup>	47.6 <sup>c</sup>	1.43	1.20	1.72
6 (58)	82.7 <sup>cd</sup>	124.5 <sup>d</sup>	41.8 <sup>cd</sup>	1.49	1.27	1.88
7 (70)	79.5 <sup>d</sup>	116.9 <sup>d</sup>	37.3 <sup>d</sup>	1.62	1.20	1.95
8 (CD)	106.3 <sup>a</sup>	154.6 <sup>ab</sup>	48.3 <sup>c</sup>	1.59	1.19	1.90
4th trial (30 days) <sup>4</sup>						
1 ( 0)	168.5 <sup>a</sup>	251.6 <sup>a</sup>	83.2 <sup>a</sup>	1.18	1.34 <sup>a</sup>	1.58 <sup>bc</sup>
2 (10)	155.8 <sup>ab</sup>	225.5 <sup>bc</sup>	69.8 <sup>bc</sup>	1.28	1.23 <sup>ab</sup>	1.57 <sup>bc</sup>
3 (22)	161.5 <sup>ab</sup>	234.7 <sup>ab</sup>	73.2 <sup>b</sup>	1.32	1.24 <sup>ab</sup>	1.64 <sup>abc</sup>
4 (34)	148.7 <sup>bc</sup>	204.6 <sup>cd</sup>	55.9 <sup>c</sup>	1.46	1.06 <sup>cd</sup>	1.55 <sup>c</sup>
5 (46)	140.4 <sup>c</sup>	200.4 <sup>d</sup>	60.0 <sup>de</sup>	1.44	1.19 <sup>b</sup>	1.71 <sup>a</sup>
6 (58)	124.5 <sup>d</sup>	172.2 <sup>e</sup>	47.7 <sup>f</sup>	1.54	1.08 <sup>cd</sup>	1.67 <sup>ab</sup>
7 (70)	115.6 <sup>d</sup>	159.2 <sup>e</sup>	43.6 <sup>f</sup>	1.65	1.02 <sup>d</sup>	1.66 <sup>ab</sup>
8 (CD)	156.2 <sup>ab</sup>	221.4 <sup>bcd</sup>	65.2 <sup>cd</sup>	1.40	1.16 <sup>bc</sup>	1.63 <sup>abc</sup>
5th trial (40 days) <sup>5</sup>						
1 ( 0)	250.8	400.8 <sup>a</sup>	150.0	1.45	1.18	1.71
2 (10)	224.2	353.0 <sup>bc</sup>	128.8	1.46	1.15	1.68
3 (22)	232.7	367.0 <sup>ab</sup>	134.3	1.51	1.17	1.77
4 (34)	203.9	321.5 <sup>cd</sup>	117.6	1.66	1.02	1.69
5 (46)	203.0	302.7 <sup>d</sup>	99.7	1.58	0.97	1.53
6 (58)	170.8	251.9 <sup>e</sup>	81.1	1.68	0.98	1.65
7 (70)	161.0	231.2 <sup>e</sup>	70.2	1.71	0.89	1.52
8 (CD)	225.2	367.8 <sup>ab</sup>	142.6	1.44	1.15	1.66

Table 3. (continued)

Diet No. <sup>2</sup>	Av. body wt. (g)		Weight gain (g)	FC <sup>3</sup>	DGR <sup>3</sup> (%)	DFR <sup>3</sup> (%)
	Initial	Final				
Whole period (160 days)						
1 (0)	29.9	400.8	370.9	1.29 <sup>d</sup>	1.62	2.06
2 (10)	29.5	353.0	323.5	1.31 <sup>cd</sup>	1.58	2.06
3 (22)	29.3	367.0	337.7	1.32 <sup>cd</sup>	1.58	2.07
4 (34)	28.8	321.5	292.7	1.40 <sup>bc</sup>	1.45	2.00
5 (46)	28.4	302.7	274.3	1.39 <sup>bcd</sup>	1.47	2.02
6 (58)	28.0	251.9	223.9	1.49 <sup>ab</sup>	1.41	2.09
7 (70)	28.0	231.2	203.2	1.59 <sup>a</sup>	1.31	2.10
8 (CD)	28.5	367.8	339.3	1.37 <sup>cd</sup>	1.53	2.04

<sup>1</sup>The means in each column with a same superscript are not significantly different ( $P>0.05$ ).

<sup>2</sup>Numbers in parenthesis represent the percentage of soybean meal content used in the experimental diets.

<sup>3</sup>FC : feed coefficient, DGR : daily growth rate, DFR : daily feeding rate.

<sup>4</sup>Mean value of duplicate tries.

<sup>5</sup>Single attempt.

체적인 성장 결과는 4차와 유사하였다. 즉, 사료계수는 사료 8번과 사료 1~3번이 1.44~1.51로 거의 비슷한 수준이었고, 대두박 함량이 34% 이상인 사료에서는 첨가량이 많아질수록 성장이 뚜렷한 차이를 보이면서 둔화하였다.

전체 사육 기간중 무지개송어의 성장을 보면 처음 28.0~29.9 g이던 것이 약 160일 후에는 231.2~400.8 g으로 성장하였으나, 대두박 함량 34% 이상의 공급구(사료 4~7번)는 60일 이후부터 대조구에 비하여 성장이 뚜렷이 나빠짐을 알 수 있었다. 또한, 실험 사료간에는 사료계수가 뚜렷하게 유의차를 보였다. 즉, 사료 1번의 사료계수와 사료효율은 각각 1.29와 79%로 상품 사료인 사료 8번의 1.37과 74%보다 유의적으로 좋았지만, 실험 사료 중에서는 대두박 함량이 0~22%(사료 1~3번)인 사료와는 별다른 유의차를 보이지 않았고, 이보다 대두박이 더 많이 들어 있는 사료의 공급구와는 뚜렷하게 유의차를 보여 성장에 차이가 있었다.

## 2. 일일성장률 및 일일사료공급율

1차 사육 실험에서 사료 8번의 일일성장률과 일일사료공급율은 2.20%와 2.50%로 가장 좋았지만, 사료 1~3번의 2.00~2.11%와 2.59~2.76

%와는 유의적으로 차이가 없었다. 그러나 대두박 함량이 34% 이상으로 많아지면서 성장률(1.83~1.96%)과 사료섭취율(2.61~2.83%)도 둔화하였다. 2차 사육 실험에서 일일성장률은 1차의 결과와 유사하여 사료 8번과 1~5번이 1.72~1.87%로 유의적인 차이( $p<0.05$ )가 없이 좋았으나, 일일사료공급율은 사료 1~3번(1.81~1.87%)과 8번 (1.76%)에서 유의적인 차이가 없었다. 그러나 대두박 함량이 이보다 많은 공급구에서는 유의적으로 감소하는 경향을 보였다. 이러한 경향은 3, 4 및 5차의 사육 실험에서도 계속되어 대두박 함량이 증가함에 따라 일일성장률이 현저하게 감소하는 경향을 보였다. 즉, 3차 사육 실험에서 사료 1, 2 및 3번 공급구는 1.33~1.48%로 유의적인 차이가 없었으나, 이보다 대두박 함량이 많으면 성장률이 크게 감소하였다. 그리고 4차 사육 실험에서는 일일성장률이 사료 1~3번에서 1.23~1.34%로 차이가 없었으며, 일일사료공급율은 전 실험구간에서 1.55~1.71% 수준이었다. 5차의 경우는 일일성장률이 0.89~1.18% 수준으로, 대두박 함량이 많아짐에 따라 성장률은 크게 감소하였다.

이상과 같이 사육 시작 60일까지는 대두박 함량이 0~46%(사료 1~5번)의 공급구에서는 일

일성장이 유의적인 차이를 보이지 않았지만 60일 이후 160일 까지의 장기간 사육에서는 0~22% (사료 1~3번)의 공급 구간에서만 대조구(사료 1번)와 뚜렷한 차이가 없었다. 이와같이 사육 기간 동안 일일성장은 대두박 함량이 많아질수록 또한 사육 기간이 늘어날수록 점차 감소하였으며, 일일사료공급율도 성장함에 따라 감소하였다.

### 3. 단백질이용효율

Fig. 1은 전체 사육 기간 동안 각 실험 사료 공급구의 단백질이용효율을 나타낸 것이다. 30일 간의 1차 사육 실험에서는 앞의 성장 결과와 같은 경향이였다. 즉 사료 8번 공급구가 2.21로 가장 우수하였고, 사료 1~5번(대두박 0~46%) 공급구에서는 1.80~1.92 수준으로 서로 유의적인 차이가 없었지만 대두박 함량이 이보다 많은 사료 6번과 7번 공급구는 각각 1.67과 1.62로 그 값이 유의적으로 낮았다( $p < 0.05$ ). 2차(60일) 사육 실험에서는 사료 8번 공급구의 값이 약간 낮아져서

사료 1~5번 공급구와 유의적인 차이를 보이지 않았다. 그러나 3차(90일) 사육 실험동안에는 사료 8번 공급구의 단백질이용효율(1.58)과 사료 1~5번의 것(1.58~1.95)과는 유의적인 차이를 보이기 시작하였으며, 특히 사료 1~3번이 1.92~1.95로 좋았고, 대두박 함량이 많아질수록 효율은 유의적으로 차이가 있었다. 이런 차이는 4차(120일)에서 더욱 두드러져, 사료 1~3번에서는 1.90~2.10으로 유의적인 차이가 없이 좋았으나 대두박 함량이 증가함에 따라 효율도 감소하여 1.73 이하로 현저하게 낮았다. 더욱이 전체 사육 기간의 각 실험 사료별 단백질이용효율의 변화를 보면, 사료 1번 공급구는 완만하지만 조금씩 좋아지는 듯 하였지만, 이 밖의 사료 2~7번 공급구는 사육 기간 내내 일정한 수준을 유지하였다. 그러나 상품 사료의 공급구에서는 사육 기간이 늘어날수록 단백질이용효율이 떨어졌다.

### 4. 비만도 및 간중량지수

Table 4는 각 실험 사료별 사육 기간에 따른 무지개송어의 비만도(fatness)를 나타낸 것이다. 전체적인 경향은 대두박 함량과 사육 기간이 늘어날수록 비만도는 낮아지는 경향을 보여 앞의 성장 결과와 잘 일치하였다. 즉, 1차 사육 기간 중에는 모든 공급구에서 유의적인 차이가 없었지만, 사육 기간이 늘어나면서 2차 사육 기간(60일)에서는 사료 1번(대조구) 공급구의 비만도(19.09)와 사료 2~5번(대두박 함량 10~46%)의 그것(18.90~19.15)과는 유의차가 없었으나, 사료 6번과 7번에서는 각각 18.50와 18.31로 유의적으로 낮았다( $p < 0.05$ ). 한편, 3차(90일) 사육 기간 중에는 사료 1~3번 공급구의 비만도가 19.10~19.58로 다른 것들보다 유의적으로 좋았다. 그렇지만 4차(120일) 사육 기간 중에는 대두박 무첨가구인 사료 1번 공급구만이 19.97로 유의적으로 좋았으며, 대두박 함량이 많은 공급구에서는 상대적으로 떨어졌다. 이처럼 사육 기간이 늘어날수록 모든 실험 사료 공급구별 비만도가 약간씩 늘어나는 추세였으나 사료 1번의 증가

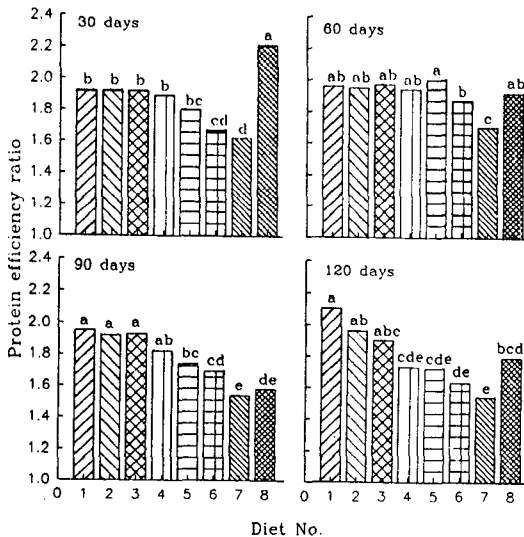


Fig. 1. Protein efficiency ratio of rainbow trout fed diets with the different soybean meal levels. Diets 1~8 refer to Table 2. Same superscript on the bars within a figure are not significantly different ( $P > 0.05$ ).

Table 4. Fatness<sup>1</sup> of rainbow trout fed with the experimental diets

Diet No. <sup>2</sup>	Duration of the experiment (day)			
	30	60	90	120
1 ( 0)	18.80 <sup>a</sup>	19.90 <sup>a</sup>	19.58 <sup>a</sup>	19.97 <sup>a</sup>
2 (10)	18.52 <sup>a</sup>	18.90 <sup>ab</sup>	19.22 <sup>ab</sup>	19.12 <sup>b</sup>
3 (22)	18.75 <sup>a</sup>	19.05 <sup>a</sup>	19.10 <sup>abc</sup>	19.08 <sup>b</sup>
4 (34)	18.65 <sup>a</sup>	18.93 <sup>ab</sup>	18.99 <sup>bc</sup>	18.98 <sup>bc</sup>
5 (46)	18.65 <sup>a</sup>	19.15 <sup>a</sup>	18.75 <sup>bc</sup>	18.84 <sup>bc</sup>
6 (58)	18.35 <sup>a</sup>	18.50 <sup>bc</sup>	18.21 <sup>d</sup>	18.28 <sup>d</sup>
7 (70)	17.98 <sup>a</sup>	18.31 <sup>c</sup>	18.68 <sup>cd</sup>	18.52 <sup>cd</sup>
8 (CD)	18.31 <sup>a</sup>	18.75 <sup>abc</sup>	18.99 <sup>bc</sup>	19.15 <sup>b</sup>

<sup>1</sup>Fatness : (body weight/body length<sup>3</sup>) × 1,000, the means in each column with a same superscript are not significantly different (P>0.05).

<sup>2</sup>Refer to Table 2.

Table 5. Hepato-somatic index (HSI)<sup>1</sup> of rainbow trout fed with the experimental diets

Diet No. <sup>2</sup>	Duration of the experiment (day)				
	30	60	90	120	160
1 ( 0)	1.53 ± 0.26 <sup>a</sup>	1.52 ± 0.24 <sup>a</sup>	1.34 ± 0.22 <sup>a</sup>	1.31 ± 0.13 <sup>a</sup>	1.17 ± 0.33 <sup>a</sup>
2 (10)	1.46 ± 0.21 <sup>a</sup>	1.47 ± 0.19 <sup>a</sup>	1.36 ± 0.08 <sup>a</sup>	1.32 ± 0.14 <sup>a</sup>	1.16 ± 0.09 <sup>a</sup>
3 (22)	1.48 ± 0.15 <sup>a</sup>	1.55 ± 0.05 <sup>a</sup>	1.34 ± 0.25 <sup>a</sup>	1.30 ± 0.13 <sup>a</sup>	1.09 ± 0.16 <sup>a</sup>
4 (34)	1.21 ± 0.12 <sup>b</sup>	1.38 ± 0.21 <sup>abc</sup>	1.10 ± 0.09 <sup>bc</sup>	1.10 ± 0.11 <sup>bc</sup>	1.05 ± 0.12 <sup>bc</sup>
5 (46)	1.28 ± 0.30 <sup>b</sup>	1.27 ± 0.25 <sup>bc</sup>	0.94 ± 0.08 <sup>c</sup>	1.05 ± 0.10 <sup>c</sup>	0.96 ± 0.13 <sup>c</sup>
6 (58)	1.22 ± 0.25 <sup>b</sup>	1.18 ± 0.26 <sup>c</sup>	0.95 ± 0.11 <sup>c</sup>	1.10 ± 0.08 <sup>bc</sup>	0.94 ± 0.22 <sup>bc</sup>
7 (70)	1.24 ± 0.24 <sup>b</sup>	1.21 ± 0.27 <sup>c</sup>	0.94 ± 0.10 <sup>c</sup>	0.99 ± 0.18 <sup>c</sup>	0.85 ± 0.19 <sup>c</sup>
8 (CD)	1.46 ± 0.16 <sup>b</sup>	1.48 ± 0.25 <sup>ab</sup>	1.15 ± 0.17 <sup>b</sup>	1.25 ± 0.2 <sup>ab</sup>	1.03 ± 0.26 <sup>ab</sup>

<sup>1</sup>HSI (mean ± SD) : (liver weight/body weight) × 100, the means in each column with a same superscript are not significantly different (P>0.05).

<sup>2</sup>Refer to Table 2.

경향이 가장 좋았다.

간중량지수(hepato-somatic index : HSI)는 Table 5에 나타낸 바와 같이 전반적으로 성장함에 따라 감소하였다. 전반적으로 전 성장 기간 동안 대두박 함량 0~22% (사료 1~3번) 및 상품 사료 (사료 8번)의 공급구는 대두박 함량 34% 이상의 공급구(사료 4~7번) 보다 유의적으로 높은 값을 보았다(p<0.05).

## 고 찰

### 1. 실험 사료의 영양

어분의 화학 조성은 대체로 단백질 65~67%, 지질 6~9%, 회분 15~18% 수준이라고 하는데 (Tacon et al., 1983 ; Alexis et al., 1985 ;

Watanabe and Pongmaneerat, 1991), 본 연구에 사용한 백색 어분(Table 1)은 단백질이 58.1%, 지질 6.0%, 회분이 22.4%로 단백질 함량이 적었고 상대적으로 회분이 많았다. 이러한 차이는 어분의 가공 방법, 어종 및 어획 시기에 따라 차이가 있을 수 있는데, 본 연구에서 사용한 어분은 육질 부분의 일부를 연제품으로 가공하고 나머지를 어분으로 만들었기 때문이라 여겨진다. 그러나 제품 탈지 대두박은 건중물 기준으로 단백질 51.3%, 지질 4.0% 수준으로(Table 1), Tacon et al. (1983) 및 Alexis et al. (1985)가 분석한 단백질 46.2~50.1%와 지질 0.7~2.9%의 값과 거의 같은 수준이었다.

한편, 어류의 단백질 요구량은 단백질과 에너지 비(C/P ratio), 단백질의 質(이용성과 아미노산



균형), 에너지 源의 종류, 사육 환경(수온, 염분 등) 등에 따라 크게 달라지는데, 무지개송어의 요구량은 40% 내외(Satia, 1974; Austreng and Refstie, 1979)이며, 적정 가소화 단백질(DP)/가소화 에너지(DE)비는 92~102(Cho and Kaushik, 1985; Cho and Woodward, 1989)로 보고하고 있다. 그러나 본 연구에서 사용한 실험 사료는 단백질이 43.8~44.6%로 상기한 요구 수준보다 높았으나, 가소화 단백질 및 가소화 에너지비는 조사하지 않았지만 총단백질/총에너지비(105.2~107.2)로 미루어 상기한 비보다 높아 사료의 에너지 비율이 다소 낮은 것으로 나타났다. 실험 사료의 총 에너지(gross energy, GE)는 4.66~4.78 Kcal/g 수준(Table 2)으로 Alexis et al. (1985)가 이용한 실험 사료보다는 높았으나, 다른 연구자들(Cho and Kaushik, 1990; Cowey, 1992; Pongmaneerat and Watanabe, 1993; Oliva-Teles et al., 1994)의 결과보다 낮았는데, 이것은 사료 중 어분의 비율이 높아 그만큼 회분이 많았고 지질이 적었기 때문일 것으로 사료된다. 연어·송어에게 단백질과 에너지 비가 적절한 저질소 고칼로리 사료를 사용하면 단백질을 절약할 수 있으며(Reinitz et al., 1978; 竹内 等, 1979), 나아가 오염원을 줄일 수 있으므로 앞으로 지질원을 높인 대두박 사료를 대상으로 추가적인 연구가 필요하다.

그리고 대두박을 첨가한 사료에서는 대두박에 남아 있는 trypsin inhibitor (TI)와 같은 항영양인자 때문에 성장 부진이 나타나기도 하고, 가열 처리하지 않은 대두박을 많이 첨가할수록 폐사율이 증가하는 등의 바람직하지 못한 현상이 나타난다. 하지만 제품 대두박은 대두유를 추출하고 나서 추출 용매를 회수하기 위하여 약 30~40분 동안 가열하므로 TI가 상당부분 파괴된다(Kim et al., 1985)고 하며, TI가 8.9 mg/g 이하이면 차멜베기의 성장에 아무런 영향도 주지 않고(Wilson and Poe, 1985), 전지 대두(full fat soybean meal)를 무지개송어 사료에 30% 정도

사용하여도 문제가 없다(Oliva-Teles et al., 1994)고 한다. 본 연구에서 사용한 상품 대두박의 TI 함량은 11.47 mg/g 정도였으나 사료 제조를 위하여 추가로 열처리를 하였기 때문에 무지개송어의 성장에는 별다른 영향을 미치지 못했을 것으로 여겨진다.

## 2. 성장 효과

양어 사료의 단백질원으로 대두박을 사용하려는 연구는 1970 년대 초부터 활발하게 이루어져 왔고, 알코올 추출에 의한 항영양 인자의 감소, 사료의 extrusion 처리, 부족한 아미노산 및 인(P)의 보충 등 대두박의 이용성을 높히려는 목적으로 많은 개선이 이루어져 왔다(Murai et al., 1989).

여러 연구자들이 대두박 사료를 이용하여 무지개송어를 사육한 결과를 Table 6에 정리하였다. 하지만 이들 연구는 연구 기간이 대부분 70일 미만으로 짧아 장기간 사육에 따른 대두박 사료의 문제점을 충분히 파악할 수 없고, 무지개송어의 적정 수온이 16°C 부근(Austreng et al., 1987)임에도 불구하고 이 보다 훨씬 낮은 수온에서 사육시켰기에 성장율이 낮아 대두박의 이용성을 비교하기가 곤란하며, 어류의 성장단계에 따라 대두박의 이용성이 다를 수 있는데도(Murai et al., 1989) 대부분 소형 개체를 대상으로 하였고 대두박의 산업적 이용성이 큰 대형 개체를 대상으로 한 연구는 드물다.

대두박 사료에 의한 어류의 장기간 사육 결과를 보면, 이스라엘계 잉어는 어분을 전량 대두박으로 대체하여 33 주간 사육하여도 유의적인 성장 차이가 없었고(정, 1991), 20 g 크기의 무지개송어를 25%의 대두박 사료로 197일간 247~317 g까지 사육하였어도 대두박 첨가에 따른 역효과가 없었다는 보고(Alexis et al., 1985)가 있는가 하면, 방어 사료에 30%의 대두박을 첨가하여 12 주간 사육한 결과 사육 기간이 늘어남에 따라 성장율이 감소하였고(示野 等, 1993a, 1993b), 무지개송어를 197일간 사육하였는데 대두박 첨

가량이 높은 공급구는 40일 이후에 성장이 유의적으로 감소하였다는 보고(Dabrowski et al., 1989)도 있지만 대체로 대두박을 장기간 공급하면 성장이 둔화되는 듯하다.

본 연구에서 대두박 실험 사료로 약 29 g 크기의 무지개송어를 약 400 g 크기까지 장기간(160일) 사육하였더니 60일까지는 대두박이 46%까지 포함되어도 성장의 둔화는 관찰되지 않았으나, 사육기간이 더 길어지면 성장 감소가 나타나기 시작하였고 160일째에는 대두박 34% 이상의 공급구에서 모두 성장이 감소되는 현상이 뚜렷하였다. 이러한 원인으로는 실험사료의 에너지가 전체적으로 부족하였고, 나아가 대두박 첨가량이 많은 실험구는 대두박에 포함된 탄수화물원의 소화 및 흡수가 나빠 단백질이 에너지원으로 전용된 것이 한가지 원인일 수 있으며, 대두박 첨가량이 많은 실험구에서 성장 단계에 따라 점차적으로 성장이 나빠지는 원인은 정확히 알 수 없으나 대두박 사용에 따른 소화생리적인 장애가 나타날 수 있

으므로 추가적인 연구를 통해서 밝힐 필요가 있다.

일일성장율(Table 3)은 무지개송어가 성장함에 따라 감소하는 경향이였지만 Table 6에 제시한 다른 연구자들의 결과에 비하면 대체로 높은 편이었다.

한편, 대두박에는 소화되지 않는 섬유질과 탄수화물이 포함되어 있어 소화율이 낮고 결과적으로 가소화 에너지 값을 낮추는 결과를 초래한다고 알려져 있다(Watanabe and Pongmaneerat, 1993). 대두박에 들어 있는 약 35%나 되는 탄수화물은 주로 소당류, 다당류 및 섬유질로 구성되어 있으므로 이의 소화를 개선 여부에 따라 성장을 향상시킬 수도 있기 때문에, 최근에는 extrusion 따위의 고온 처리를 함으로써 소화율을 높이려는 시도도 이루어지고 있다(정, 1992). 그렇지만 연어과 어류는 에너지원으로 탄수화물을 효율적으로 이용하지 못하고 지질을 주로 이용하므로(Cowey, 1992), 대두박을 지나치게 많이 사용하면 성장 제한을 가져 올 수가 있다. 비록

**Table 6. Comparison of growth responses of rainbow trout on dietary soybean meal**

Form <sup>1</sup> of SBM in diets	Protein <sup>2</sup> sources	Size <sup>3</sup> of fish (g)	Exp. day	W. T. (°C)	SBM in diets(%)	DGR <sup>4</sup> (%)	Growth response	References
cSBM+MeOH	BFM,	0.7~14.9	42	15	50	2.52~3.31	70.3~87.2% of control	Murai et al. (1989)
	TY	8.9~18.8						
pffSBM	PFM	30.0~73.4	56	10~14	50	1.44~1.63	good	Watanabe & Pongmaneerat (1993)
		74.0~193	70		32	1.32~1.49	good	
cSBM	PFM	30.0~73.4	56		26	1.44~1.63	good	
cSBM	FM,	5.0~43.8	56	13	30~50	1.65~2.25	good	Watanabe & Pongmaneerat (1993)
	KM							
cSBM	FM,	5.2~22.3	42	14	30	1.98~2.88	good	Pongmaneerat & Watanabe (1993)
	KM	5.2~43.1	56	14	30	1.87~2.60	good	
cSBM+MeOH	BFM, BY	11~23	42	16~17	0~46	1.55~1.73	good	Yamamoto & Akiyama (1991)
cSBM	FM, KM	2~70	177	7~20	0~50	-	good up to 25%	Dabrowski et al.
ffSBM	FM	38.2~151	80	14	30	1.66	good	Oliva-Teles et al. (1994)
cSBM	FM	29~400	160	17	0~70	1.18~2.20	good up to 22%	present study

<sup>1</sup>cSBM+MeOH : commercial soybean meal+methanol extracted, pffSBM : puffed-full fat SBM, ffSBM : full fat SBM.

<sup>2</sup>BFM : brown fish meal, TY : torula yeast, PFM : peruvian fish meal, KM : krill meal, BY : baker's yeast.

<sup>3</sup>Initial weight~final weight.

<sup>4</sup>Daily growth rate (%).

Kaushik and Oliva Teles (1985) 및 Bergot (1979)는  $\alpha$  전분 사료를 먹이면 생 전분을 먹인 어류보다 탄수화물의 이용성이 커져 혈중 포도당 농도(혈당치)가 올라가서 공복감을 덜 느껴 사료 섭취량이 떨어진다고 하였으나, 본 연구에서는 대두박을 0%에서 70%(사료 1~7번)까지 늘리는 반면 밀가루를 33.0%에서 17.2%까지 줄여서 탄수화물 함량을 30.3~40.3%가 되도록 조절한 결과 사료공급율은 실험구 사이의 유의차는 있었으나 대두박 첨가량에 따른 사료 섭취량 감소 경향은 관찰되지 않은 것으로 미루어 대두박에 포함된 탄수화물원이 적절히 이용되지 못한 것으로 사료된다. 이와는 반대로 무지개송어는 가소화 에너지를 충족 시킬 수 있는 수준으로 사료를 섭취하기 때문에 대두박 사료는 가소화 에너지 값이 낮아 오히려 대조구보다 사료섭취량이 증가하는 것으로 보고하고 있으나(Lee and Putnam, 1973; Watanabe and Pongmaneerat, 1993) 본 연구에서는 사료공급시 사료섭취 활성에 기준을 설정하고 이 수준에 도달할 때까지 사료가 허실이 되지 않도록 충분한 양의 사료를 공급하였기 때문에 사료공급량 즉, 사료섭취량의 증가 현상은 나타나지 않았다.

한편, 어류의 간장은 소화관에서 소화 흡수한 영양소를 이용하여 단백질 합성, 포도당이나 당질의 대사, 글리코겐의 저장, 독성분의 해독 작용 및 담즙의 합성 등에 관여하는 등 영양 물질 수급에 중요한 역할을 하므로 어류의 영양 상태나 질병 유무를 판단하는 중요한 지표 기관으로 이용된다. 그리고 사료의 가소화 탄수화물 양과 간장 무게와의 관계는 잘 알려져 있어(Lee and Putnam, 1973), HSI는 성장함에 따라 감소하며(Alexis et al., 1985), 사료 섭취량이 많거나 탄수화물원이 화 되어 이용도가 높은 어류에서는 HSI가 유의적으로 높다고 알려져 있다(Kaushik and Oliva Teles, 1985; Storebakken, 1985). 본 연구에서 탄수화물 이용성을 조사하기 위하여 각 공급구 또는 사육 단계 별로 간중량지수(HSI)를 조사하여 비교하였더니(Table 5), 사료 1번

(대조구), 사료 2 및 3번 공급구(대두박 10% 및 22%)는 처음부터 160일까지 유의차 없이 1.30~1.55의 값을 유지한 반면, 대두박 함량이 많은 사료의 공급구는 그보다 낮아 0.94~1.28로 대두박 함량이 낮은 공급구에서 HSI가 유의적( $p < 0.05$ )으로 높았던 것은 대두박보다 밀가루에 포함된 탄수화물원의 이용도가 더 높아 간장에 글리코겐의 축적량이 많았기 때문이라 여겨진다.

이상의 결과를 종합하여 보면, 사육 기간이 늘어남으로써 대두박의 이용성은 감소하였으나 무지개송어를 대두박 22% 함유 사료로 160일 까지 사육하더라도 성장에는 제품 사료에 비해 아무런 문제가 없었고, 더욱이 34% 첨가하면 0~22% 공급구에 비해서 성장은 약 80.2~91.1% 정도로 떨어지지만 특별한 역효과는 없었다.

## 요 약

사료 단백질원으로써 대두박의 이용성을 조사하기 위하여 무지개송어를 대상으로 160일 동안 장기간 사육하면서 성장 효과를 평가하였다.

실험 사료로는 단백질원으로 어분을 64.5% 사용한 대조구(사료 1번) 및 제품 탈지 대두박을 10~70%까지 등간격으로 늘린 사료(사료 2~7번)를 제조하여 사용하였다. 제조 사료의 단백질과 지질 함량은 44% 및 8~9% 정도였고, 총 에너지 함량은 4.66~4.78 kcal/g의 수준이었다.

초기 60일간은 대두박 46% 첨가구까지가 대조구와 비교하여 증중량, 사료효율, 단백질효율 및 일일성장을 등에 유의적인 차이가 없었으나, 그 이후에는 성장율이 감소하여 실험 종료시 대두박 함량 22% 이상의 공급구는 대조구보다 유의적으로 성장이 낮았다( $p < 0.05$ ). 한편, 비만도(fatness)도 성장 결과와 비슷하여 대두박 함량과 사육 기간이 늘어나면서 점차 감소하였고, 간중량비(HSI)는 대두박 함량 34% 이상의 공급구에서 유의적으로 낮아 대두박의 탄수화물 이용성이 떨어짐을 알 수 있었다.

본 연구에서는 무지개송어를 장기간(160일간)

사육시 대두박을 22% 까지 사용하더라도 성장에는 상품 사료에 비해 아무런 문제가 없었고, 더욱이 34% 첨가하면 0~22% 공급구에 비해서 성장은 약 80.2~91.1% 정도로 떨어지지만 특별한 역효과는 없었다.

### 감사의 글

본 연구는 과학기술처 특정연구사업비의 일부로 수행되었습니다. 또한 사료 원료의 구입 및 제조에 협조하여 준 대한제당(주) 관계자 여러분께 감사드리며, 본 연구의 사육과 분석에 많은 도움을 주신 부경대학교 장진덕, 김유희, 오승용님께도 감사드립니다.

### 참 고 문 헌

Alexis, M. N., E. Papaparaskeva-papoutsoglou and V. Theocharo, 1985. Formulation 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.

Andrews, J. W. and J. W. Page, 1974. Growth factors in the fish meal component of catfish diet. *J. Nutr.*, 104 : 1091-1096.

Andrews, J. W., J. W. Page and M. W. Murray, 1977. Supplementation of a semipurified casein diet for catfish with free amino acids and gelatin. *J. Nutr.*, 107 : 1153-1153.

AOAC, 1984. Official methods of analysis of the association of official analytical chemicals. 14th ed. Arlington, AV., 1141pp.

Austreng, E. and T. Refstie, 1979. Effect of varying dietary protein levels in different families of rainbow trout. *Aquaculture*, 18 : 145-156.

Austreng, E., T. Storebakken and T. Asgard, 1987. Growth rate estimates for cultured Atlantic salmon and rainbow trout. *Aquaculture*, 60 : 157-160.

Balogun, A. M. and A. D. Ologhobo, 1989. Growth performance and nutrient utilization of fingerling *Clarias gariepinus* (Bur-

chell) fed raw and cooked soybean diets. *Aquaculture*, 76 : 119-126.

Bergot, F., 1979. Carbohydrate in rainbow trout diets : effects of the level and source of carbohydrate and the number of meals on growth and body composition. *Aquaculture*, 18 : 157-167.

Cho, C. Y., H. S. Bayle and S. J. Slinger, 1974. Partial replacement of herring meal with soybean meal and other changes in a diet for rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 31 : 1523-1528.

Cho, C. Y. and S. J. Kaushik, 1990. Nutritional energetics in fish : energy and protein utilization in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *World Rev. Nutr. Diet*, 61 : 132-172.

Cowey, C. B., 1992. Nutrition : estimating requirements of rainbow trout. *Aquaculture*, 100 : 177-189.

Dabrowski, K. and B. Kosak, 1979. The use of fish meal and soybean meal as a protein source in the diet of grass carp fry. *Aquaculture*, 18 : 107-114.

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 for exocrine pancreatic secretion*. *Aquaculture*, 77 : 29-49.

Hamerstrand, G. E., L. T. Black and J. D. Glover, 1981. Trypsin inhibitors in soya products : modification of the standard analytical procedure. *Cereal Chem.*, 58 : 42-45.

Kaushik, S. J. and A. de Oliva Teles, 1985. Effect of digestible energy on nitrogen and energy balance in rainbow trout. *Aquaculture*, 50 : 89-101.

Kim, I. -B. and Y. M. Kim, 1990. Determination of optimal amount of phosphorus to be supplemented to carp feed which contains a large amount of soybean meal. *J. Aquacult.*, 3 : 13-23.

Kim, I. -B., S. H. Lee and S. J. Kang, 1984. On the efficiency of soybean meal as a protein source substituted in fish feed for common carp. *Bull. Kor. Fish. Soc.*, 17 : 55

- 60.
- Kim, I. -B., S. H. Lee and J. K. Oh, 1985. The effect of phosphorus supplementation to 40% soybean meal substitute diet for common carp. *Bull. Kor. Fish. Soc.*, 18 : 491-495.
- Kim, I. -B. and M. H. Son and B. S. Min, 1991. Growth of the tilapia, *Oreochromis niloticus*, in the closed aquaculture system. *J. Aquacult.*, 4 : 1-12.
- Lee, D. J. and C. B. Putnam, 1973. The response of rainbow trout to varying protein/energy ratios in a test diet. *J. Nutr.*, 103 : 916-922.
- Lim, C. and W. Doming, 1990. Evaluation of soybean meal as a replacement for marine animal protein in diets for shrimp (*Penaeus vannamei*). *Aquaculture*, 87 : 53-63.
- Lovell, R. T., 1982. Use of soybean products in diets for aquaculture species. Presentation made in Philipines and Taiwan. p21 (Abstr.).
- Mohsen, A. A. and R. T. Lovell, 1990. Partial substitution of soybean meal with animal protein sources in diets for channel catfish. *Aquaculture*, 90 : 303-311.
- 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 : 1067-1073.
- Ogino, C. S., 1980. Requirements of carp and rainbow trout for essential amino acids. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 46 : 171-174.
- Oliva-Teles, A., A. J. Gouveia, E. Gomes and P. Rema, 1994. The effect of different processing treatments on soybean meal utilization by rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*, 124 : 343-349.
- Pongmaneerat, J. and T. Watanabe, 1993. Nutritional evaluation of soybean meal for rainbow trout and carp. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 59 : 157-163.
- 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.
- Satia, B. P., 1974. Quantitative protein requirements of rainbow trout. *Prog. Fish-Cult.*, 36 : 80-85.
- Satoh, S., N. Porn-Ngam, T. Takeuchi and T. Watanabe, 1993. Effect of various types of phosphates on zinc availability to rainbow trout. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 59 : 1395-1400.
- Storebakken, T., 1985. Binders in fish feeds. I. Effect of alginate and guar gum on growth, digestibility, feed intake and passage through the gastro-intestinal tract of rainbow trout. *Aquaculture*, 47 : 11-26.
- Tacon, A. G. J., J. V. Haaster, P. B. Featherstone, K. Kerr and A. J. Jackson, 1983. Studies on the utilization of full-fat soybean and solvent extracted soybean meal in a complete diet for rainbow trout. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 49 : 1437-1443.
- Viola, S., S. Mokady, U. Rappaport and Y. Arieli, 1982. Partial and complete replacement of fish meal by soybean meal in feeds for intensive culture of carp. *Aquaculture*, 26 : 223-236.
- Watanabe, T. and J. Pongmaneerat, 1991. Quality evaluation of some animal protein sources for rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 57 : 495-501.
- Watanabe, T. and J. Pongmaneerat, 1993. Potential of soybean meal as a protein sources in extruded pellets for rainbow trout. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 59 : 1415-1423.
- Watanabe, T., S. Shuichi and T. Takenchi, 1988. Availability of mineral in fish meal to fish. *Asian Fish. Sci.*, 1 : 175-195.
- Wiesman, D., H. Scheid and E. Pffler, 1988. Water pollution with phosphorus of dietary origin by intensively fed rainbow trout (*Salmo gairdneri* R.). *Aquaculture*, 69 : 263-270.
- 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.
- Yamamoto, D. and T. Akiyama, 1991. Substitution of soybean meal for white fish meal in a diet for fingerling rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Bull. Natl. Res. Inst. Aqua.*, 20 : 25-32.
- 정관식, 1992. 대두박의 엑스트루더 처리가 무지

- 개송어의 소화흡수율에 미치는 영향. 한국양식학회지, 5: 1-7.
- 정장환, 1991. 사료중 어분에 대한 대두박 함량 변화에 따른 이스라엘계 잉어 *Cyprinus carpio*의 성장과 사료 효율. 부산수산대학 석사학위논문. 부산, 70pp.
- 示野貞夫 · 久門道彦 · 安藤裕章 · 宇川正治, 1993a. 大豆油粕配合飼料によるブリ幼魚の長期飼育. 日本誌, 59: 821-825.
- 示野貞夫 · 竹田正彦 · 瀧井健二 · 小野俊和, 1993b. ブリ幼魚における生餌および配合飼料の消化と血漿成分の経時變化. 日本誌, 59: 507-513.
- 竹内俊郎 · 渡邊 武 · 荻野珍吉, 1978. ニジマス飼料におけるたん白質および脂質の至適添加量. 日本誌, 44: 683-688.