

무지개송어(*Oncorhynchus mykiss*) 사료원으로써 대두박의 이용 효과

II. 소화율, 배설 및 체조성 변화

김병기 · 전중균* · 허형택 · 조재윤**

한국해양연구소 해양생물 연구부, *강릉대학교 생명과학대학

**부경대학교 양식학과

Effects of Dietary Soybean Meal in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) II. On the Apparent Digestibility, Excretion and Body Composition

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

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

*Department of Marine Biotechnology, Kangnung National University, Kangnung 210-702, Korea

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

A feeding experiment for 160 days was conducted to evaluate effects of dietary soybean meal (SBM) on the apparent digestibility, ammonia excretion and body composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Seven diets containing 0~70% SBM were formulated based on iso-nitrogenous and iso-caloric basis of 44% crude protein and approximately 4,200 Kcal/kg of gross energy.

To evaluate the nutritional utilization of the SBM diets at the end of 60 and 120-day rearing with test diets, digestion rates of protein and lipid of SBM diets were measured. Fish fed the diets containing above 46% SBM showed higher apparent digestibility for protein, but lower for lipid than did fish fed the control diet in both trials. Protein and fat contents in the carcass were similar for all experimental fish, except for fish fed 58% and 70% SBM which showed lower fat content than the others, but composition of fatty acid and amino acids were not affected by dietary SBM levels.

Gill and urinary post-prandial ammonia ($\text{NH}_3\text{-N}$) excretions were measured at 12 and 24 hours after single feeding of the experimental diets. Excretions of $\text{NH}_3\text{-N}$ measured after 24 hours were almost 2 times higher than those measured after 12 hours. Total excretion for the 24 hours by fish fed 70% SBM was 15% higher than that of fish fed the control diet.

Results of present study may suggest that the rainbow trout which were fed above 34% or 46% of SBM diet showed a decrease gradually in lipid bioavailability compared to the control group.

Key words : Soybean meal, Rainbow trout, Digestibility, Excretion, Body composition

서 론

가격이 비싸고 수급이 불안정한 어분 대신에 (Andrews and Page, 1974 ; Cho et al.

1974 ; Yamamoto and Akiyama, 1991 ; Pongmaneerat and Watanabe, 1993)는 많이 이루어졌으며, 최근에는 익스트루전(extrusion) 기술이 양어 사료의 제조에 도입되면서 탄수화

물원의 이용성이 큰 온수성 어류를 중심으로 대두박의 이용이 늘어나고 있는 추세이다(정, 1992). 특히 잉어와 틸라피아의 경우에는 단백질 원을 거의 대두박으로 대체가 가능하나(Mohsen and Lovell, 1990; 정, 1991), 냉수성 어종인 무지개송어에서는 그 이용성이 비교적 낮아 사료의 50% (어분의 70%)까지 대체가 가능하다는 연구(Watanabe and Pongmaneerat, 1993)도 있으나 이 보다 장기간 사육이 이루어진 연구에서는 20~30% 정도의 대체가 성장에 지장이 없다고 알려져 있다. 이와 같이 대두박의 이용도가 떨어지는 것은 대두박의 단백질 소화율이 낮기 때문이라기 보다는 탄수화물원의 소화 및 이용 정도가 낮은 것이 한 원인이라고 알려져 있다(Dabrowski et al., 1989; Oliva-Teles et al., 1994).

한편, 실험 사료의 생물학적 이용성은 성장 효과와 함께 소화율, 어체의 성분 분석 및 배설량 측정을 통하여 성분의 이용 효과로써 평가할 수 있다. 무지개송어에서도 대두박 사료의 단백질과 에너지의 소화율을 조사한 경우가 있으나(Pongmaneerat and Watanabe, 1993; Watanabe and Pongmaneerat, 1993; Oliva-Teles et al., 1994; Yamamoto and Akiyama, 1991; 정, 1992), 대부분의 실험은 사육 수온이 비교적 낮고, 산업적인 이용이 기대되는 대형 개체보다는 20~30 g 미만인 소형 개체를 대상으로 하였으며, 60일 미만의 단기간 사육한 연구들이 많다. 그리고 체조성에 미치는 대두박 사료의 영향은 없다(Murai et al., 1989; Yamamoto and Akiyama, 1991; Pongmaneerat and Watanabe, 1993)는 보고도 있으며, 30%의 대두박 사료로 방어를 12주간 사육하였더니 간과 근육의 지질 함량이 감소하고(示野 等, 1993a, 1993b), 잉어에게 메탄올 처리한 대두박 사료를 주면 체내 지방이 감소하며(Murai et al., 1984), 25%의 대두박 사료로 무지개송어를 197일간 사육하면 어체의

지질이 감소(Alexis et al., 1985; Oliva-Teles et al., 1994)하는 등의 연구 결과가 있어 대두박 사료로 인하여 체지질이 감소하는 지에 관해서는 분명치 않다. 한편, 사료의 조성파 질은 암모니아 배설의 양과 형태에 영향을 주는데, 단백질과 에너지비가 적절하면 암모니아 배설량이 감소(Jayaram and Beamish, 1992)하는 것으로 알려져 있다. 대두박과 관련된 배설 수준에 관해서는 강송어(*Salvelinus namaycush*)를 대상으로 한 연구(Jayaram and Beamish, 1992)가 있으나 무지개송어에 관해서는 아직 없다.

따라서 본 연구는 대두박 함량이 비교적 높은 실험 사료의 생물학적 이용성을 장기간 검토하기 위하여 김 등(1996)과 같이 24.2 g의 무지개송어를 160일간 사육하면서 사육 개시 후 60일 및 120일에 어체의 성분 분석과 실험 사료의 소화율 및 암모니아의 배설량을 조사하였기에 그 결과를 보고하고자 한다.

재료 및 방법

1. 실험 어류의 사육

가. 실험 어류

김 등(1996)에서와 같이 평균 체중 29 g의 무지개송어(*Oncorhynchus mykiss*) 치어를 각 실험구마다 73마리(평균 체중 29 g) 씩 2배수로 수용하여 160일간 사육하였고, 사육 단계가 늘어나면서 적정 수용 밀도를 유지하고 실험구 사이의 균형을 맞추기 위하여 어체중을 기준으로 밀도를 조절하였다. 그리고 실험 개시 후 60일 및 120일에는 각각 78~101 g 및 159~251 g 되는 개체를 대상으로 실험 사료의 소화율과 어체의 성분 분석을 실시하였으며, 120일에는 실험 사료를 공급한 후의 암모니아 배설량을 조사하였다.

나. 실험 사료

백색 어분을 64.5% 사용한 실험 사료를 대

조구(사료 1번)로 하여 점차 그 함량을 13%까지 줄이는 대신 대두박을 10%에서 70%까지 등간격으로 늘린 7 종류의 실험 사료(사료 2~7번)를 제조하여 사용하였으며, 전체 실험구의 성장 비교를 위하여 시판되는 D사의 무지개송어용 사료(사료 8번)를 같이 사용하였다(Table 1). 실험 사료의 일반성분은 상법(AOAC, 1984)에 따라 수분은 상압가열건조법, 조단백질은 Kjeldahl법, 조지방은 Soxhlet법, 회분은 회화법으로 분석하였다. 한편, 구성 아미노산과 지방산 분석은 전등(1990a, 1990b)과 같은 방법으로 실시하였다.

이렇게 제조한 각 실험 사료의 일반성분은 Table 1에서와 같이 단백질이 43.7~44.6%, 지질

이 6.5~9.1% 수준이었으며, 실험 사료와 상품 사료(사료 8번)의 구성 아미노산 조성은 Table 2와 같다. 대두박을 첨가한 사료에서 Met과 Lys이 제한 아미노산으로 작용하는 것을 완화시키고자 이들 아미노산을 어분 수준으로 첨가하여 사료간의 아미노산 조성차와 필수 아미노산 함량은 큰 차이가 없었다. 그리고 지방산 조성은 Table 3과 같이 대두박 비율이 높아질수록 모노엔산(monoenoic acid)은 줄어드는 대신에 폴리엔산(polyenoic acid)은 늘어났으며, 사료 중의 포화산 : 모노엔산 : 폴리엔산의 비율은 약 3 : 4 : 3을 유지하였고, ω 3 계열산 : ω 6 계열산도 상품 사료(0.96)를 제외하고는 대부분 1.34~1.82로 큰 차이가 없었다.

Table 1. Ingredient and proximate composition of the experimental diets for rainbow trout

| SBM content (%) | 0 | 10 | 22 | 34 | 46 | 58 | 70 | CD ¹ |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----------------|
| | Diet No. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | |
| Ingredient | | | | | | | | |
| 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. ² | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | |
| Mineral mix. ³ | 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 | — |
| Proximate composition (% on dry matter) | | | | | | | | |
| 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 |

¹Commercial diet for rainbow trout.

²Contain ingredients per Kg mixture. A : 800,000 IU, D₃ : 160,000 IU, E : 5,000 IU, K : 1.0 g, B₁ : 2.0 g, B₂ : 2.0 g, B₆ : 2.0 g, B₁₂ : 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.

³Contain 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.

Table 2. Amino acids composition (area %) of the test diets

| Amino acid | Diet No | | | | | | | |
|------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Asp | 9.37 | 1.00 | 11.12 | 10.05 | 11.14 | 12.02 | 8.72 | 9.72 |
| Glu | 19.72 | 17.83 | 18.09 | 19.74 | 18.89 | 19.13 | 22.92 | 18.85 |
| Ser | 7.34 | 7.08 | 7.08 | 7.73 | 7.17 | 7.33 | 8.09 | 7.09 |
| His | 1.11 | 1.54 | 1.66 | 1.82 | 1.69 | 1.90 | 1.26 | 1.52 |
| Gly | 9.91 | 11.53 | 11.32 | 10.75 | 9.82 | 9.41 | 8.10 | 11.11 |
| Thr | 5.67 | 5.12 | 4.99 | 5.15 | 4.81 | 4.86 | 5.21 | 4.59 |
| Ala | 9.69 | 9.12 | 8.70 | 8.89 | 7.92 | 7.75 | 7.99 | 10.17 |
| Arg | 5.44 | 5.42 | 5.50 | 5.68 | 5.45 | 5.43 | 5.70 | 4.68 |
| Tyr | 2.50 | 2.22 | 2.10 | 2.36 | 2.17 | 2.13 | 2.54 | 2.28 |
| Val | 4.42 | 4.75 | 4.86 | 4.71 | 4.76 | 4.79 | 4.81 | 4.15 |
| Met | 2.46 | 2.29 | 2.05 | 2.18 | 2.23 | 1.79 | 1.86 | 2.08 |
| Phe | 3.86 | 3.56 | 3.62 | 3.93 | 3.79 | 3.95 | 4.37 | 3.60 |
| Ile | 4.22 | 3.73 | 3.92 | 3.76 | 3.97 | 3.98 | 4.02 | 3.11 |
| Leu | 7.79 | 7.82 | 7.85 | 7.24 | 7.81 | 7.97 | 8.74 | 9.26 |
| Lys | 3.67 | 3.76 | 3.60 | 3.47 | 3.82 | 3.60 | 2.88 | 3.26 |
| Pro | 2.84 | 3.23 | 3.54 | 2.55 | 4.58 | 3.95 | 2.81 | 4.64 |
| ΣEAA | 38.64 | 37.99 | 38.05 | 37.94 | 38.33 | 39.27 | 38.85 | 36.25 |

Table 3. Fatty acids composition (area %) of total lipid in the test diets

| Fatty acid | Diet No | | | | | | | |
|------------|---------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 14 : 0 | 5.6 | 7.4 | 5.4 | 6.1 | 6.2 | 4.6 | 5.3 | 3.6 |
| 15 : 0 | 0.4 | 0.5 | 0.4 | 0.5 | 0.4 | 0.6 | 0.4 | 0.3 |
| 16 : 0 | 19.5 | 17.6 | 17.4 | 17.6 | 18.2 | 17.6 | 17.3 | 20.7 |
| 18 : 0 | 3.3 | 4.7 | 3.2 | 4.7 | 2.3 | 4.9 | 3.3 | 3.9 |
| ΣSaturated | 28.8 | 30.2 | 26.4 | 28.9 | 27.1 | 27.7 | 26.3 | 28.5 |
| 16 : 1ω7 | 7.3 | 7.0 | 8.2 | 8.3 | 9.4 | 8.7 | 6.8 | 5.9 |
| 18 : 1ω9 | 18.9 | 20.1 | 18.9 | 20.8 | 16.1 | 18.8 | 20.3 | 18.8 |
| 18 : 1ω7 | 5.9 | 5.5 | 4.6 | 5.0 | 5.3 | 4.5 | 4.8 | 5.1 |
| 22 : 1ω11 | 8.3 | 5.7 | 4.1 | 85.1 | 4.4 | 3.4 | 3.5 | 2.9 |
| 22 : 1ω9 | 2.0 | 1.8 | 3.4 | 1.3 | 1.0 | 0.7 | 0.5 | 1.0 |
| ΣMonoenoic | 42.4 | 40.1 | 39.2 | 40.5 | 36.2 | 36.1 | 35.9 | 33.7 |
| 18 : 2ω6 | 9.7 | 10.8 | 12.5 | 11.9 | 13.4 | 13.2 | 15.0 | 18.5 |
| 18 : 3ω3 | 2.9 | 3.5 | 5.4 | 3.9 | 4.2 | 3.7 | 3.4 | 1.6 |
| 18 : 4ω3 | 2.1 | 1.5 | 1.6 | 2.0 | 2.7 | 2.3 | 1.9 | 0.9 |
| 20 : 4ω6 | 0.5 | 0.4 | 0.2 | 0.2 | 0.5 | 0.6 | 0.5 | 0.8 |
| 20 : 5ω3 | 8.8 | 10.6 | 12.0 | 10.6 | 11.2 | 12.2 | 10.5 | 7.5 |
| 22 : 5ω3 | 0.8 | 0.5 | 0.3 | 0.6 | 0.8 | 0.9 | 0.7 | 8.1 |
| 22 : 6ω3 | 4.0 | 2.4 | 2.4 | 1.4 | 3.9 | 3.3 | 5.8 | 0.4 |
| ΣPolyenoic | 28.8 | 29.7 | 34.4 | 30.6 | 36.7 | 36.2 | 37.8 | 37.8 |
| ω3 acid | 18.6 | 18.5 | 19.7 | 18.5 | 22.8 | 22.4 | 22.3 | 18.5 |
| ω6 acid | 10.2 | 11.2 | 14.7 | 12.1 | 13.9 | 13.8 | 15.5 | 19.3 |
| ΣC16 acid | 26.8 | 24.6 | 25.6 | 25.9 | 27.6 | 26.3 | 24.1 | 26.6 |
| ΣC18 acid | 42.8 | 46.1 | 46.2 | 48.3 | 44.0 | 47.4 | 48.7 | 48.8 |
| ΣC20 acid | 9.3 | 11.0 | 12.2 | 10.8 | 11.7 | 12.8 | 11.0 | 8.3 |
| ΣC22 acid | 15.1 | 10.4 | 10.2 | 8.4 | 10.1 | 8.3 | 10.5 | 12.4 |

다. 사육 결과 분석

실험 어류를 실험 시작, 30일, 60일, 90일, 120일 및 160일째에 40시간 절식시킨 후 각 실험구(2반복)의 총중량을 측정하였다.

2. 외관상 소화율 측정

가. 크롬 사료의 제조 크롬 사료는 Table 1의 실험 사료에 지표물질로 산화크롬(Cr_2O_3)을 1% 첨가하여 소형 초퍼로 성형하였다.

나. 분(糞)의 수집

실험 사료로 사육을 하면서 실험 개시 후 60일과 120일째에 자연스럽게 크롬 사료로 바꾸어 공급하고 3일째부터 분을 수집하였다. 분 수집 장치는 Fig. 1과 같이 사육용 cage 바닥에 분 수집용 판넬을 장 단 방향 모두가 분 수집 흡입구로 향하여 경사지게 설치하였고, 어류의 유영 동작으로 인해 분이 흐트러지지 않도록 하기 위하여 플라스틱 망을 수집용 판넬 상부에 설치하였다. 분은 먹이 공급 후부터 2시간 간격으로 수거하여 원심분리한 후 진공 동결 건조기로 건조하여 분석하기까지 $-80^{\circ}C$ 의 냉동고에 보관하였다.

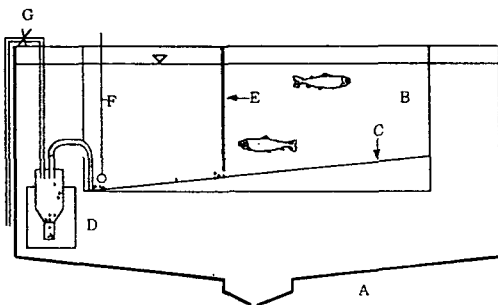


Fig. 1. Schematic diagram of feces collector. A : FRP tank (1 m³), B : net cage, C : plastic panel for feces collection, D : feces receiver, E : plastic mesh, F : air stone, G : clamps.

다. 크롬 사료 및 분의 분석

크롬 사료 및 분 중의 조단백질 및 조지질은 각각 Kjeldahl 및 Soxhlet 법으로 분석하였고, 실험 사료와 분 중의 산화크롬은 Furukawa와 Tsukahara (1966)의 방법으로 분석하여 다음

식에 따라 각각의 외견상 소화율을 계산하였다.

각 영양소의 외견상 소화율(%)

$$= 100 - \left\{ 100 \times \frac{\text{사료중의 } Cr_2O_3(\%)}{\text{분중의 } Cr_2O_3(\%)} \times \frac{\text{분중의 영양소}(\%)}{\text{사료중의 영양소}(\%)} \right\}$$

3. 어체의 성분 분석

실험 사료로 사육하기 전과 사육 개시 60일 및 120일 후 각 공급구에서 5~10마리씩을 무작위로 추출하여 내장을 제거한 나머지를 마쇄하여 일반성분, 지방산 및 아미노산 분석을 위한 시료로 하였으며, 120일째에는 근육(등지느러미 하단 옆줄 사이의 부위) 및 간의 일반성분 조사를 위하여 각 실험구에서 추가로 5마리씩 샘플하였다.

4. 암모니아(NH_3-N) 배설량 조사

120일간 실험 사료로 사육한 무지개송어를 대상으로 Jayaram과 Beamish (1992)가 사용한 방법에 따라 암모니아(NH_3-N)의 배설량을 측정하였다. 즉, 어체중의 2%에 해당하는 사료를 오전 9시에 1회 공급하고 별도의 500 l 수조에 수용하여 2시간 간격으로 24시간 동안 조사하였다.

5. 통계 처리

일반성분의 분석값은 Statistical Analysis System으로 처리하였고, 실험 구간별 유의성 검정은 Duncan's Multiple Range Test (Duncan, 1955)로 검정하였다. 분석에는 단순회귀 또는 다중회귀 모델을 사용하였다.

결 과

1. 성장

실험 사료로 무지개송어를 총 160일간 사육한 결과는 Fig. 2와 같다. 김 등(1996)에서와 같이 29 g 가량의 치어로 사육을 시작하여 60일에서는 사료 8번과 어분만을 단백질원으로 한 사료 1번

이 가장 우수하였고, 그 다음으로 사료 1~4번에서 91.7~100.8 g으로 성장하여 사료 8번의 101.0 g과 차이가 없었지만 대두박 함량이 더 많았던 공급구에서는 성장이 크게 둔화하였다. 120일째에는 사료 1번과 8번이 가장 우수하였고, 사료 2 및 3번은 1번에 비해 증중량은 다소 떨어지지만 유의차가 없는 반면 대두박 함량이 34% 이상인 사료에서는 대두박 첨가량이 많아질수록 성장이 크게 둔화하였다. 160일째에서도 대체적인 성장 결과는 4번과 유사하였다. 즉, 대두박 함량이 34% 이상인 사료에서는 첨가량이 많아질수록 성장이 뚜렷한 차이를 보이면서 둔화하였다.

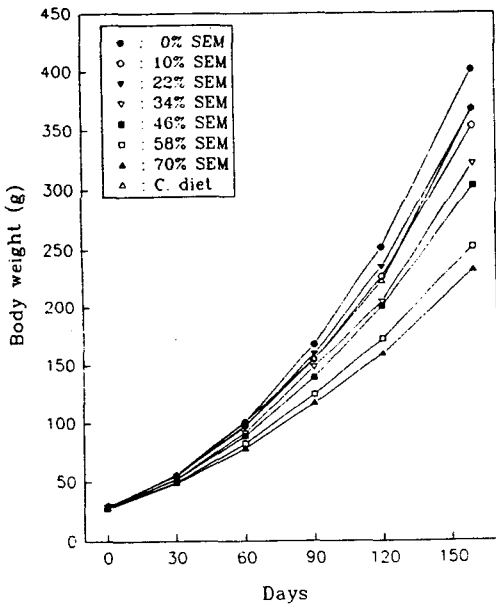


Fig. 2. Changes of mean weight of rainbow trout fed the experimental diets

전체 사육 기간중 무지개송어의 성장을 보면 처음 29 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.

2. 실험 사료의 소화율

실험 사료 공급 후 60일과 120일째에 실시한 무지개송어의 단백질과 지질 소화율은 Table 4와 같다. 단백질 소화율은 60일째에 91.5~94.2% 수준이었고, 120일째에는 88.6~92.2%로 60일째 보다는 다소 낮았지만 대두박 함량이 많은 사료의 공급구일수록 약간 높은 경향을 보였다. 지질 소화율은 60일째에 84.5~92.4%였고, 120일째에는 82.9~92.6%로 거의 차이가 없었으나 대두박 함량이 많을수록 소화율은 크게 감소하는 경향이 있었다.

3. 어체의 성분

실험 사료와 상품 사료(사료 8번)로 무지개송어를 60일과 120일간 사육한 후 이들 어체의 일반성분은 Table 5와 같다.

내장을 제거한 전어체의 경우, 사육 후 60일에는 사육 전에 비하여 수분이 약간 줄어든 대신 지방이 늘었으나, 단백질과 회분의 함량에는 큰 변화가 없었다. 120일이 지나서는 단백질도 약간 늘어나는 변화를 보였다. 대두박 공급구에 따라 수분, 단백질 및 회분 함량에는 뚜렷한 차이가 없었으나, 지질 함량은 120일 후의 사료 6~7번 공급구가 대조구(사료 1번)에 비하여 유의적으로 낮았으

Table 4. Apparent digestibility of protein and lipid for the seven different experimental diets in rainbow trout

| Diet no. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Protein digestibility (mean±SD) | | | | | | | |
| 60 day | 91.5±0.2 | 91.8±0.1 | 92.0±0.5 | 93.2±0.3 | 93.6±0.1 | 92.9±0.5 | 94.2±0.5 |
| 120 day | 88.6±0.3 | 89.3±0.3 | 89.7±0.2 | 89.3±0.3 | 91.3±0.3 | 89.6±0.7 | 92.2±0.4 |
| Lipid digestibility (mean±SD) | | | | | | | |
| 60 day | 92.4±0.1 | 91.2±0.3 | 91.9±0.1 | 91.2±0.5 | 88.2±0.5 | 86.0±0.6 | 84.5±0.2 |
| 120 day | 92.6±0.2 | 91.7±0.1 | 92.7±0.3 | 86.4±0.4 | 88.9±0.4 | 84.0±0.1 | 82.9±0.3 |

Table 5. Proximate composition (%) of rainbow trout fed the experimental diets

| Diet No. | Moisture | Crude protein | Crude fat | Crude ash |
|------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|-----------|
| Whole body (guttled) | | | | |
| Start | 73.80±0.98 | 18.43±0.37 | 1.58±0.15 | 1.50±0.15 |
| After 60 days | | | | |
| 1 (0) | 69.45±0.59 ^{ab} | 17.56±0.22 | 4.78±0.25 ^{ab} | 1.44±0.10 |
| 2 (10) | 68.58±0.50 ^b | 17.60±0.25 | 5.21±0.51 ^a | 1.30±0.12 |
| 3 (22) | 68.81±0.24 ^b | 17.43±0.18 | 4.92±0.41 ^{ab} | 1.43±0.13 |
| 4 (34) | 68.89±0.28 ^b | 17.32±0.39 | 4.16±0.22 ^c | 1.39±0.07 |
| 5 (46) | 69.32±0.34 ^b | 17.97±0.22 | 4.79±0.11 ^{ab} | 1.49±0.06 |
| 6 (58) | 70.05±0.76 ^a | 17.90±1.24 | 4.79±0.19 ^{ab} | 1.36±0.06 |
| 7 (70) | 70.15±0.11 ^a | 17.57±0.07 | 4.63±0.07 ^{bc} | 1.42±0.10 |
| 8 (CD) | 68.82±0.51 ^b | 17.80±0.02 | 3.48±0.22 ^d | 1.33±0.15 |
| After 120 days | | | | |
| 1 (0) | 70.57±0.12 ^d | 19.91±0.37 | 5.81±0.69 ^a | 1.29±0.04 |
| 2 (10) | 71.33±0.39 ^{bc} | 20.81±0.04 | 6.06±0.57 ^a | 1.49±0.07 |
| 3 (22) | 71.42±0.45 ^{bc} | 20.24±0.33 | 5.56±0.60 ^{ab} | 1.28±0.03 |
| 4 (34) | 70.92±0.10 ^{cd} | 20.38±0.08 | 6.08±0.27 ^a | 1.27±0.06 |
| 5 (46) | 71.75±0.40 ^b | 20.42±0.78 | 6.39±0.49 ^a | 1.23±0.15 |
| 6 (58) | 72.43±0.19 ^a | 19.80±0.08 | 4.74±0.34 ^{bc} | 1.32±0.10 |
| 7 (70) | 71.68±0.08 ^b | 19.52±0.23 | 4.76±0.34 ^{bc} | 1.40±0.02 |
| 8 (CD) | 71.47±0.30 ^b | 20.88±0.29 | 4.65±0.26 ^c | 1.18±0.07 |
| Liver, after 120 days | | | | |
| 1 (0) | 74.86±0.62 | 16.24±0.24 ^{ab} | 3.08±0.05 ^{ab} | 1.41±0.06 |
| 2 (10) | 75.13±0.86 | 16.19±0.25 ^{ab} | 3.12±0.19 ^{ab} | 1.38±0.05 |
| 3 (22) | 71.89±2.32 | 17.08±0.72 ^a | 3.39±0.13 ^a | 1.34±0.15 |
| 4 (34) | 75.03±0.32 | 16.14±0.20 ^b | 2.72±0.18 ^{bc} | 1.28±0.08 |
| 5 (46) | 75.55±0.82 | 16.09±0.36 ^b | 2.50±0.04 ^c | 1.21±0.10 |
| 6 (58) | 75.80±0.36 | 15.97±0.67 ^b | 1.95±0.32 ^d | 1.37±0.02 |
| 7 (70) | 76.18±1.24 | 15.87±0.24 ^b | 1.75±0.17 ^d | 1.22±0.05 |
| 8 (CD) | 74.85±0.78 | 16.72±0.17 ^{ab} | 3.50±0.37 ^a | 1.38±0.01 |
| Muscle, after 120 days | | | | |
| 1 (0) | 75.59±0.36 ^{bc} | 20.11±0.30 | 2.12±0.46 ^a | 1.39±0.15 |
| 2 (10) | 75.35±1.44 ^c | 20.20±1.44 | 2.04±0.26 ^a | 1.40±0.10 |
| 3 (22) | 75.61±0.80 ^{bc} | 20.20±0.34 | 2.19±0.15 ^a | 1.32±0.07 |
| 4 (34) | 77.18±0.98 ^a | 20.18±0.55 | 2.02±0.36 ^a | 1.29±0.18 |
| 5 (46) | 76.32±0.68 ^{ab} | 19.89±0.37 | 1.74±0.04 ^{ab} | 1.24±0.03 |
| 6 (58) | 75.93±0.42 ^{bc} | 19.88±0.26 | 1.51±0.21 ^b | 1.29±0.15 |
| 7 (70) | 76.50±0.34 ^{ab} | 19.43±0.38 | 1.38±0.06 ^b | 1.25±0.13 |
| 8 (CD) | 76.30±1.10 ^{ab} | 19.88±1.02 | 2.05±0.29 ^a | 1.28±0.16 |

며(p<0.05), 이와 같은 경향은 120일 사육한 전어체의 간장과 근육에서도 마찬가지였다.

그리고 이들 어체의 아미노산 조성은 Table 6과 같다. 어체의 구성 아미노산 중에는 aspartic acid, glutamic acid 및 alanine이 양적으로 많았고 이들의 합은 전체 아미노산 함량의 약 1/3이나 되었다. 한편 실험 사료의 공급구별 아

미노산 조성에는 그다지 차이가 없었고, 필수 아미노산의 비율도 43.5~46.8%로 비슷하였다. 그렇지만 사육 120일 후에는 필수 아미노산의 비율이 36.6~41.8%로 60일 사육한 것보다 적었는데, 필수 아미노산인 valine과 isoleucine이 줄었고, serine, glycine 및 alanine은 약간 늘었으며 그 밖의 아미노산은 거의 변함이 없었다.

Table 6. Amino acids composition (area %) of rainbow trout fed the experimental diets

| Amino acid (%) | Start | After 60 dats | | | | | | | | After 120 dyas | | | | | | | |
|----------------|-------|---------------|------|------|------|------|------|------|------|----------------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | Diet No. | | | | | | | | Diet No. | | | | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Asp | 12.4 | 11.7 | 11.8 | 11.1 | 11.5 | 11.3 | 11.5 | 12.0 | 12.1 | 10.9 | 10.8 | 8.9 | 13.1 | 12.6 | 11.2 | 11.4 | 12.6 |
| Glu | 15.4 | 14.3 | 14.2 | 14.1 | 14.8 | 13.5 | 14.0 | 9.6 | 14.6 | 13.8 | 14.4 | 16.3 | 14.4 | 17.1 | 14.9 | 15.0 | 15.5 |
| Ser | 5.4 | 5.3 | 5.3 | 5.0 | 5.1 | 5.5 | 5.5 | 5.7 | 5.8 | 6.9 | 6.9 | 6.7 | 6.3 | 6.2 | 6.8 | 7.3 | 7.3 |
| His | 2.1 | 2.0 | 2.0 | 1.9 | 2.2 | 2.1 | 1.9 | 2.2 | 2.1 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 2.0 | 1.9 | 1.6 | 1.6 | 1.8 |
| Gly | 7.8 | 9.3 | 8.8 | 7.5 | 7.8 | 7.9 | 7.5 | 7.7 | 7.7 | 11.1 | 10.1 | 8.3 | 8.5 | 8.5 | 9.5 | 10.8 | 9.5 |
| Thr | 5.3 | 5.1 | 5.1 | 5.1 | 4.9 | 5.2 | 5.9 | 6.2 | 5.5 | 5.0 | 5.2 | 5.5 | 4.8 | 4.7 | 5.5 | 5.0 | 5.1 |
| Ala | 10.4 | 10.7 | 10.5 | 10.3 | 10.7 | 10.3 | 9.8 | 10.3 | 10.6 | 13.2 | 12.6 | 11.2 | 11.4 | 11.0 | 11.7 | 12.5 | 12.3 |
| Arg | 5.2 | 5.3 | 5.2 | 5.1 | 5.3 | 5.2 | 5.0 | 5.4 | 5.2 | 5.7 | 6.0 | 5.5 | 5.0 | 4.6 | 5.9 | 5.9 | 5.5 |
| Tyr | 1.8 | 1.8 | 1.9 | 2.0 | 1.6 | 2.2 | 2.1 | 2.3 | 2.0 | 2.2 | 2.3 | 2.6 | 2.2 | 2.1 | 2.4 | 2.3 | 2.2 |
| Val | 6.3 | 6.2 | 6.2 | 6.2 | 6.2 | 5.5 | 5.6 | 5.3 | 5.6 | 3.7 | 4.2 | 4.4 | 3.6 | 3.4 | 4.7 | 3.7 | 3.7 |
| Met | 2.7 | 2.0 | 2.6 | 2.9 | 2.4 | 2.5 | 2.8 | 3.1 | 2.6 | 2.6 | 2.2 | 3.1 | 1.8 | 1.9 | 1.7 | 1.3 | 1.0 |
| Phe | 83.7 | 3.6 | 3.5 | 3.5 | 3.6 | 3.5 | 3.4 | 3.6 | 3.7 | 3.2 | 3.4 | 3.6 | 3.3 | 3.2 | 3.5 | 3.3 | 3.4 |
| Ile | 5.2 | 4.9 | 4.9 | 5.0 | 5.0 | 4.3 | 4.2 | 4.2 | 4.5 | 2.5 | 3.0 | 3.2 | 2.5 | 2.5 | 3.4 | 2.5 | 2.5 |
| Leu | 6.0 | 8.4 | 8.5 | 8.5 | 8.9 | 8.3 | 8.2 | 8.6 | 8.7 | 7.6 | 8.1 | 8.9 | 8.0 | 7.8 | 8.6 | 8.2 | 8.4 |
| Lys | 7.1 | 6.0 | 6.1 | 7.0 | 6.7 | 7.5 | 7.0 | 8.2 | 5.9 | 5.7 | 5.9 | 6.0 | 7.8 | 7.4 | 6.2 | 6.1 | 5.8 |
| Pro | 3.4 | 3.4 | 3.2 | 4.8 | 3.1 | 5.2 | 5.3 | 5.6 | 3.4 | 4.2 | 83.3 | 4.2 | 5.2 | 5.2 | 2.4 | 3.0 | 3.3 |

Table 7. Fatty acids composition (area %) of total lipid in the rainbow trout (whole body without viscera) fed the experimental diets

| Fatty acid (%) | Start | After 60 days | | | | | | | | |
|--------------------|-------|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | Diet No. | | | | | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | |
| 14 : 0 | | 3.6 | 3.6 | 3.8 | 2.9 | 3.3 | 3.2 | 2.9 | 2.7 | 2.4 |
| 15 : 0 | | 0.6 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 |
| 16 : 0 | | 31.1 | 23.2 | 23.9 | 23.1 | 23.2 | 23.7 | 21.1 | 22.0 | 23.5 |
| 18 : 0 | | 7.6 | 2.5 | 4.9 | 5.2 | 4.7 | 5.2 | 5.0 | 4.6 | 5.3 |
| Saturated | | 42.9 | 29.6 | 32.9 | 31.5 | 31.5 | 32.4 | 29.3 | 29.6 | 31.5 |
| 16 : 1 ω 7 | | 8.4 | 10.9 | 11.2 | 8.9 | 9.7 | 8.8 | 7.1 | 7.8 | 9.0 |
| 18 : 1 ω 9 | | 28.5 | 30.0 | 29.1 | 27.8 | 26.7 | 27.3 | 25.0 | 23.6 | 28.2 |
| 18 : 1 ω 7 | | 5.2 | 4.2 | 4.3 | 4.5 | 3.7 | 3.9 | 4.2 | 3.6 | 3.4 |
| 22 : 1 ω 11 | | 2.0 | 3.5 | 3.4 | 3.1 | 3.2 | 3.2 | 3.1 | 2.7 | 0.6 |
| 22 : 1 ω 9 | | tr | 0.9 | 0.9 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.7 | 0.4 |
| Monoenoic | | 44.1 | 49.5 | 48.9 | 45.1 | 44.1 | 44.0 | 40.2 | 38.4 | 41.6 |
| 18 : 2 ω 6 | | 6.5 | 4.9 | 3.2 | 5.5 | 6.5 | 6.8 | 9.9 | 10.1 | 8.5 |
| 18 : 3 ω 3 | | 0.6 | 1.4 | 1.2 | 1.3 | 1.6 | 1.5 | 2.0 | 2.0 | 0.6 |
| 18 : 4 ω 3 | | tr | 0.6 | 1.0 | 0.6 | 0.7 | 1.5 | 0.7 | 0.6 | 0.2 |
| 20 : 4 ω 6 | | 0.5 | 0.4 | 0.4 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.6 | 0.6 | 1.0 |
| 20 : 5 ω 3 | | 1.0 | 2.9 | 2.5 | 3.1 | 3.3 | 2.6 | 3.2 | 3.1 | 2.0 |
| 22 : 5 ω 3 | | 0.7 | 1.0 | 0.8 | 1.0 | 81.0 | 0.8 | 1.1 | 1.0 | 0.7 |
| 22 : 6 ω 3 | | 3.8 | 9.8 | 9.3 | 11.4 | 10.8 | 9.9 | 13.1 | 14.4 | 14.0 |
| Polyenoic | | 13.1 | 21.0 | 18.4 | 23.4 | 24.4 | 23.6 | 30.6 | 31.8 | 27.0 |
| ω 3 acid | | 6.1 | 15.7 | 14.8 | 17.4 | 17.4 | 16.3 | 20.1 | 21.1 | 17.5 |
| ω 6 acid | | 7.0 | 5.3 | 3.6 | 6.0 | 7.0 | 7.3 | 10.5 | 10.7 | 9.5 |
| C16 acid | | 39.5 | 34.1 | 35.1 | 32.0 | 32.9 | 32.5 | 28.2 | 29.8 | 32.5 |
| C18 acid | | 48.4 | 43.6 | 43.7 | 44.9 | 43.9 | 46.2 | 46.8 | 44.5 | 46.2 |
| C20 acid | | 1.5 | 3.3 | 2.9 | 3.6 | 3.8 | 3.1 | 3.8 | 3.7 | 3.0 |
| C22 acid | | 6.5 | 15.2 | 14.4 | 16.3 | 15.8 | 14.7 | 18.1 | 18.8 | 15.7 |

고 찰

사육 60일이 경과 후 전어체의 총지질 중의 지방산 조성은 Table 7과 같다. 실험에 사용한 무지개송어에서는 palmitic acid (16:0)와 oleic acid (18:1ω9)가 각각 약 30%였고, 전반적인 조성비는 모노엔산>포화산>폴리엔산의 경향이였다. 이들을 각 실험 사료로 60일간 사육한 후에도 팔미틴산과 오레인산이 다소 적어지기는 하였지만 여전히 전체 지방산의 약 절반이나 되었으며, 포화도에 따른 조성은 모노엔산>포화산>폴리엔산의 순이었고, 대두박 함량이 많아질수록 모노엔산의 비율은 감소하는 반면에 폴리엔산이 늘었다. ω3 계열산:ω6 계열산의 비율은 실험 전 어체의 0.87에서 사육 후 1.84~2.96로 커졌으나, 대두박 함량이 많은 사료의 공급구일수록 그 비율은 낮았다. 탄소수에 따른 지방산의 분포도 대두박 함량이 많은 실험 사료의 공급구일수록 C16 지방산은 약간 줄었고, C20과 C22 지방산은 늘어났으며, C18 지방산은 차이가 없었다.

4. 암모니아(NH₃-N) 배설

120일간 대두박 사료로 사육한 무지개송어의 암모니아 배설량은 Table 8과 같다. 사료 섭취 후의 배설량은 전반 12시간보다 후반 12시간이 약 2배 많았고, 24 시간 동안의 배설량은 406.6~519.6 mg·kg⁻¹·day⁻¹로써 실험 사료 내 대두박 함량이 많을수록 배설량도 증가하는 경향을 보였으며, 상품 사료구(사료 8번)도 높았다.

1. 성장

대두박 사료로 장기간 사육 결과를 보면, 20 g 크기의 무지개송어를 25%의 대두박 사료로 197일간 247~317 g 까지 사육하였어도 역효과가 없었다고 한다(Alexis et al., 1985). 하지만 무지개송어를 197일간 사육하면 대두박 함량이 높은 공급구는 40일 이후에 성장이 유의적으로 감소(Dabrowski et al., 1989)하고, 방어 사료에 30%의 대두박을 첨가하여 12주간 사육하면 사육 기간이 늘어남에 따라 성장율이 감소(示野 等, 1993a, 1993b)하는 등 대두박을 장기간 공급하면 성장이 둔화될 수 있는 듯하다.

본 연구에서 대두박 사료로 약 29 g의 무지개송어를 160일간 사육하였더니 60일까지는 대두박이 46%까지 포함되어도 성장의 둔화는 관찰되지 않았으나, 160일째에는 대두박 34% 이상의 공급구에서 모두 성장이 감소되는 현상이 뚜렷하였다. 이러한 성장 감소 원인은 대두박에 포함된 trypsin inhibitor (TI)와 같은 항영양 인자 때문에 성장 부진이나 폐사율이 나타날 수 있지만(Kim et al., 1985), TI가 8.9 mg/g 이하이면 차넬메기의 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 연구의 상품 대두박의 TI 함

Table 8. Ammonia (NH₃-N) excretion by rainbow trout within 12 hr and 24 hr after feeding of the experimental for 120 days

| Time after feeding (hr) | Diet No. | | | | | | | |
|---|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 12 hr | | | | | | | | |
| NH ₃ -N loading ¹ | 11.0 | 10.8 | 11.4 | 11.5 | 10.6 | 10.9 | 12.1 | 12.8 |
| 24 hr | | | | | | | | |
| NH ₃ -N loading ¹ | 22.9 | 22.7 | 23.6 | 23.4 | 24.5 | 24.8 | 26.8 | 30.5 |
| Total NH ₃ -N loading ² | 406.0 | 402.0 | 420.0 | 418.8 | 421.2 | 428.4 | 466.8 | 519.6 |

¹NH₃-N mg·Kg⁻¹ wet body weight·hr⁻¹. ²NH₃-N mg·Kg⁻¹ wet body weight·day⁻¹.

량은 11.47 mg/g 정도였고 사료 제조시 별도의 열이 가해졌으므로 성장에는 영향이 없었을 것으로 사료된다. 그러나 무지개송어의 최적 성장을 위한 단백질과 에너지비는 92~102 정도(Cho and Woodward, 1989)인데, 본 연구의 실험 사료는 105~107 정도로 다소 낮았고, 나아가 대두박 첨가량이 많은 실험구는 대두박에 포함된 탄수화물원의 소화 및 흡수가 나빠 단백질이 에너지원으로 전용된 것이 한가지 원인일 수 있다(김 등, 1996).

2. 사료 중 단백질과 지질의 소화율

사료 영양분의 어체내 소화 흡수율을 측정하려면 무엇보다도 먼저 체내에서 소화되고 빠져나오는 배설물인 분을 수거하여 조사하는 것이 바람직하므로 이를 위해서는 효과적으로 분을 수집할 수 있는 장치를 고안할 필요가 있다. 가장 널리 쓰이는 장치로는 동경수산대학 방식(渡邊等, 1988)이나 적용 대상생물의 크기가 한정되어 있고, 한꺼번에 많은 양의 어류로부터 분을 수거하지 못하는 등 어려움이 있어 본 연구에서는 어류의 스트레스를 최소화하고, 큰 어류를 한꺼번에 많이 수용하여 분을 수거할 수 있는 장치를 자체적으로 제작하여 사용하였다. 대두박 함량이 많은 사료는 분(糞)의 입자가 거칠어 쉽게 부스러질 수가 있어 소화율이 높게 계산 될 가능성이 있으므로(Watanabe and Pongmaneerat, 1993) 수거 간격을 2시간으로 하였다.

이렇게하여 측정한 무지개송어의 단백질 소화율은 사육 60일과 120일째 모두 대두박 함량이 많을수록 대조구에 비하여 거의 같거나 오히려 약간 증가하는 경향을 보였는데, 이것은 대조구에 비해 대두박 함량이 많은 사료를 공급한 어류의 위 내용물에서 수용성 단백질 비율이 더 높았고, 위 내용물의 통과 속도도 더 느렸던 점 등을 감안한다면, 효소적이거나 형태적인 적응을 통하여 단백질의 소화율이 향상되었기 때문이라 여겨진다(김, 1995). 이러한 결과는 무지개송어에게 어분을 대두박으로 완전 대체하거나(Watanabe

and Pongmaneerat, 1993), 약 40% 가량 대체한(Oliva-Teles et al., 1994) 사료를 먹이면 소화율이 약 87~92%나 되어 어분 중심의 사료에 비해 단백질 소화율이 같거나 오히려 우수하였다는 결과와도 일치한다.

무지개송어의 대두박 사료와 관련된 기존의 연구에서 대두박을 어분의 60%까지 대체하였을 경우 에너지의 소화율은 89.5%에서 81.2% 수준으로 감소(Yamamoto and Akiyama, 1991)하고, 처리 방법을 달리한 대두박을 사료의 약 30% 수준으로 첨가하여도 어분만을 단백질원으로 한 대조구보다 에너지의 소화율이 감소(Pongmaneerat and Watanabe, 1993; Oliva-Teles et al., 1994)하는 것으로 보고하고 있어 대두박 사료를 먹이면 탄수화물 또는 지질원의 소화율 나빠짐을 알 수 있다.

이와같이 본 연구에서는 대두박 사료의 지질 소화율이 단백질 소화율과는 반대로 대두박 함량이 많을수록 현저히 낮아지는 것과, 대두박이 많이 함유된 사료의 공급구에서 근육의 지질 축적량이 낮은 것으로 보아 다량의 대두박을 장기간 공급할 경우 지질의 소화 및 흡수에 장애가 있는 것으로 추측된다. 이것은 대두박에 포함된 탄수화물원의 소화율이 떨어지는 것도 원인일 수 있으나, 지질 소화에 관여하는 많은 양의 담즙산이 대두 단백질과 함께 체외로 방출되고, 그 결과 담즙 순환계가 장애를 입어 지질 소화율이 떨어질 수 있는 것으로 알려져 있다(김, 1995).

2. 체성분 비교

대두박 사료로 장기간 사육한 어체의 일반성분 조성은 전반적으로 사료의 조성에 영향을 받았다. 대두박 사료를 공급한 어류의 지질 함량은 30%의 대두박을 첨가하여 12주간 방어를 사육하였더니 간과 근육의 지질 함량이 대조구보다 유의적으로 낮아졌다는 보고(示野等, 1993a, 1993b), 잉어 치어 사료에 메탄을 처리한 대두박을 첨가시켰을 때 체내 지방 축적이 감소하였다는 보고(Murai et al., 1984), 무지개송어를 25%의 대두박 사

료로 197일간 사육하였더니 대두박 함량에 따라 어체 중 지질이 다소 감소하였다는 보고(Alexis et al., 1985 ; Oliva-Teles et al., 1994)가 있는 반면에 Murai 등(1989)은 체조성에 아무런 변화가 없다는 서로 상반된 보고를 하고 있어 대두박 사료로 인하여 체지질이 감소하는 지에 관해서는 분명치 않다. 그러나 본 연구에서는 대두박 함량이 많고 사육 기간이 길어지면서 전어체, 근육 및 간장의 지질 함량이 감소하는 경향을 보여지질 원의 이용성이 떨어짐을 알 수 있었다.

한편, 어체의 구성 아미노산 조성에서도 사료의 아미노산 조성을 잘 반영하였으며, 대두박 70% 사료를 먹인 공급구에서 methionine의 조성비가 다른 공급구의 어체들에 비해 상대적으로 낮았던 것은 실험 사료의 methionine의 조성비가 다소 낮았기 때문인 듯하다. 이밖의 다른 공급구는 대조구의 어체와 비교하여 methionine의 조성비가 뚜렷한 차이를 나타내지 않았으며, 전반적으로 아미노산으로 인한 성장 장애는 없었던 것으로 판단되었다.

3. 암모니아(NH₃-N) 배설

사료의 조성과 질은 어류가 배설하는 질소의 양과 형태에 큰 영향을 주며, 사료 공급후 실험 어류의 암모니아 배설량을 측정하면 실험 사료의 단백질원 이용 패턴 즉, 단백질이 체단백질로 전환 또는 에너지원으로의 이용 수준을 간접적으로 판단할 수 있는 자료가 될 수 있다(Kaushik and Oliva-Teles, 1985 ; Jayaram and Beamish, 1992). 즉, 강송어(*Salvelinus namaycush*)를 대두박 20%의 사료로 사육할 때에 지질 함량이 높을수록 질소 배설량은 감소하며, 같은 지질 농도에서는 사료 내 단백질 함량이 50% 일 때가 40% 보다 질소의 배설량이 크므로 사료 중에 적정량 이상의 단백질 첨가는 오히려 이용성을 나쁘게 한다는 보고(Jayaram and Beamish, 1992)가 있고, 무지개송어에게 생전분 대신에 전분을 먹이면 가용 에너지원에 의한 단백질 절약 효과(protein sparing effects) 때문에(Kaushik

and Oliva-Teles, 1985) 암모니아의 배설량이 줄어든다고 한다.

본 연구에서는 각 공급구의 1일 암모니아(NH₃-N) 배설량이 402~467 mg · kg⁻¹ · day⁻¹ 정도으로써, Jayaram과 Beamish (1992)가 강송어(*Salvelinus namaycush*)에게 단백질 40%와 지질 10%인 사료를 먹였을 때의 암모니아 배설량 340.9 mg · kg⁻¹ · day⁻¹보다 많았는데, 이것은 본 연구에서 사용한 사료의 총 에너지량이 낮았기 때문에 단백질원이 에너지로 사용되었기 때문일 것이다. 그리고 암모니아의 배설 경향은 Kaushik and Oliva-Teles (1985)의 연구 결과와 마찬가지로 1일 중 후반 12시간의 배설량이 더 많았는데, 이것은 전술한바와 같이 위 내용물의 통과 속도가 상대적으로 늦었기 때문에 암모니아의 배설 시기도 이와 더불어 늦추어진 것이라 여겨진다.

한편, 8~12일간 절식시킨 무지개송어는 배설된 총 질소 가운데 약 74%가 암모니아 형태이었다는 Cowey (1992)의 결과를 적용시킨다면 본 연구에서 총 질소 배설량은 500 mg · kg⁻¹ · day⁻¹ 정도로 상당히 많은 수준이다.

이상의 연구 결과를 종합하여 고찰하면, 대두박 함량이 많은 사료 공급구의 성장이 다소 떨어지는 것은 사료 단백질의 소화 흡수에 문제가 있다기 보다는 지질의 이용성이 크게 떨어지므로 부족한 에너지원으로 단백질원이 전용되기 때문인 듯하다.

요 약

사료 단백질원으로써 대두박의 생물학적 이용성을 평가하기 위하여 무지개송어를 160일 동안 사육하면서 사육 후 60일 및 120일째에는 대두박 사료의 소화율, 암모니아의 배설 경향 및 어체의 성분 분석을 실시하였다. 실험 사료로는 단백질 원으로 어분을 64.5% 사용한 대조구 및 상품 탈지 대두박을 10~70%까지 등간격으로 늘린 사료를 사용하였으며, 비교를 위하여 상품용 무

지개송어 사료를 사용하였다.

실험 사료의 단백질 및 지질 소화율은 대두박 함량이 많을수록 단백질 소화율은 증가하였지만, 지질 소화율은 오히려 감소하는 경향을 나타내었다. 또한, 무지개송어의 전어체 및 조직(간 및 근육)의 일반 성분에서 대두박 함량이 많은 공급구일수록 지질 함량이 적었으나 전어체의 아미노산 및 지방산 조성에는 큰 차이가 없었다. 그리고 단백질의 최종 대사산물인 암모니아(NH₃-N)의 배설량을 섭이 후 24시간 동안 조사하였더니, 배설은 주로 후반 12시간에 많아 총 배설량의 2/3 이상이나 되었고, 24시간의 총 배설량은 대두박 함량이 많을수록 증가하여 대두박 함량 70% 공급구가 466.8 mg · kg body wt.⁻¹ day⁻¹으로 대조구의 115% 수준이었다.

이상과 같이 대두박 함량이 많은 사료는 단백질의 소화 흡수에 문제가 있는 것이 아니고 그 보다는 에너지원 중에서 지질의 이용성이 크게 떨어지는 듯 하였다.

감사의 글

본 연구는 과학기술처 특정연구사업비의 일부로 수행되었습니다. 또한 사료 원료의 구입 및 제조에 도움을 주신 대한제당(주) 관계자 여러분께 감사드리며, 본 연구의 사육과 분석을 도와주신 부경대학교 장진덕, 김유희 그리고 오승용님께서도 아울러 감사드립니다.

참 고 문 헌

- Alexis, M. N., E. Papaparaskeva-papoutsoglou and V. Theocharou, 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.
- AOAC, 1884. Official methods of analysis of the association of official analytical chemicals. 14th ed. Alrington. AV, 1141pp.
- Cho, C. Y. and B. Woodward, 1989. Studies on the protein to energy ratio in diets for rainbowtrout (*Salmo gairdneri*). p. 37-40. In : Y. van der Hoing and W. H. Close (Editors), *Energy Metabolism of Farm Animals*. European Association of Animal Production. Publ. No. 43, Pudoc, Wageningen, Netherlands.
- Cho, C. Y., H. S. Bayley, 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.
- Cowey, C. B., 1992. Nutrition : estimating requirements of rainbow trout. *Aquaculture*, 100 : 177-189.
- 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.
- Duncan, D. B., 1955. Multiple-range and multiple F tests. *Biometrics*, 11 : 1-42.
- Furukawa, A. and H. Tsukahara, 1966. On the acid digestion method for the determination of chromic oxide as an index substances in the study of digestibility of fish feed. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 32 : 502-506.
- Jayaram, M. G. and F. W. H. Beamish, 1992. Influence of dietary protein and lipid on nitrogen and energy losses in lake trout, *Salvelinus namaycush*. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 49 : 2267-2272.
- Kaushik, S. J. and A. Oliva-Teles, 1985. Effect of digestible energy on nitrogen and energy balance in rainbow trout. *Aquaculture*, 50 : 89-101.
- 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.

- 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., T. Akiyama and T. Nose, 1984. Effect of amino acid balance on efficiency in utilization of diet by fingerling carp. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 50 : 893-897.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 김병기, 1995. 대두박 사료에 대한 무지개송어(*Oncorhynchus mykiss*)의 성장 및 생리·화학적 변화. 부산수산대학교 박사학위 논문. 부산, 155 pp.
- 김병기·전중균·허형택·조재운, 1996. 무지개송어(*Oncorhynchus mykiss*) 사료원으로써 대두박의 이용 효과. I. 성장. *한국양식학회지*, 9 : 265-278.
- 전중균·주동식·박철원·허형택·이응호, 1990a. 해수사육 틸라피아 근육의 식품성분 연구. 1. 담수 및 해수 사육한 틸라피아 근육의 정미성분. *Bull. Kor. Fish. Soc.*, 23 : 334-338.
- 전중균·김진수·박철원·한명수·허형택·이응호, 1990b. 해수사육 틸라피아 근육의 식품성분 연구. 2. 담수 및 해수 사육한 틸라피아 근육의 정미성분. *Bull. Kor. Fish. Soc.*, 23 : 339-344.
- 정관식, 1992. 대두박의 엑스트루더 처리가 무지개송어의 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. *日水誌*, 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. *日水誌*, 59 : 507-513.
- 渡邊 武·竹内俊郎·佐藤秀一, 1988. 養魚飼料のエネルギー--標示指標に関する研究. 昭和61・62年科 學研 究補助金研究成果報告集, 1-100.