

## 사료 내 송이의 첨가가 돌돔 *Oplegnathus Fasciatus*과 넙치 치어 *Paralichthys olivaceus*의 성장 및 단백질 소화율에 미치는 영향

고경용, 임세진, 김성삼, 오대한, 이경준\*  
제주대학교 해양과학대학 해양생명과학과

### Effects of Dietary Supplementation of Scoria on Growth and Protein Digestibility in Juvenile Parrot Fish *Oplegnathus fasciatus* and Olive Flounder *Paralichthys olivaceus*

Gyung-Yong Ko, Se-Jin Lim, Sung-Sam Kim, Dae-Han Oh and Kyeong-Jun Lee\*  
Department of Marine Life Science, Cheju National University, Jeju 690-756, Korea

We evaluated the effects of dietary supplementation of scoria on growth performances and apparent protein digestibility in juvenile parrot fish *Oplegnathus fasciatus* and olive flounder *Paralichthys olivaceus*. In experiment, parrot fish at initial average weight of  $7.6 \pm 0.01$ g (mean $\pm$ SD) were divided into 9 groups (three groups per dietary treatment) and fed one of three isonitrogenous diets which contained 0%, 1% and 2% of scoria, respectively. Experiment was conducted with juvenile olive flounder to demonstrate the improved apparent digestibility of protein found in the experiment. Five experimental diets were formulated to contain different levels of scoria: Diet 1 (control), 0% scoria; diet 2, 1% scoria; diet 3, 2% scoria; diet 4, 3% scoria; and diet 5, 4% scoria. After 9 weeks of feeding trial (Exp), no significant differences were observed on growth performances between Scoria 2% and the control group. However, the growth was significantly lower in scoria 1% compared to that of the control group. Hematological parameters were not affected by the supplementation of scoria. Interestingly, apparent protein digestibility was improved by dietary supplementation of scoria both in parrot fish and olive flounder. The findings suggest that dietary supplementation of 2-3% scoria is optimum levels in order to improve the protein digestibility in the diets for juvenile parrot fish and olive flounder.

**Keywords:** Parrot fish *Oplegnathus fasciatus*, Olive flounder *Paralichthys olivaceus*, Scoria, Feeds, Protein digestibility

#### 서 론

단백질은 생명현상을 유지하기 위한 필수아미노산의 공급 및 비필수 아미노산의 합성을 위한 질소 공급원임으로(Yoo et al., 2006) 양식어류 사료 내 적정 함량의 단백질 공급은 어류의 성장과 유지에 필수적이다(NRC, 1993). 단백질은 해산어 배합사료 내 가장 높은 함량과 비용을 차지하고, 단백질원은 어종별로 차이는 있지만 사료단가의 40~70%를 차지한다(Yoo et al., 2006). 대부분의 해산어는 육식성으로 잡식성이나 식물성 어류에 비해 높은 함량의 단백질을 요구한다(NRC, 1993). 따라서, 사료 내 단백질원의 이용률을 향상시킬 수 있다면 사료단가와 수질오염을 줄일 수 있을 것이다.

넙치 *Paralichthys olivaceus* 는 한국을 비롯하여 중국, 일본

에서 가장 중요하게 양식되고 있는 해산어 가운데 하나이며 지난 10년간 우리나라에서 가장 많이 생산되고 있는 양식어종이다(Lee et al., 2006). 또한, 돌돔 *Oplegnathus fasciatus*은 고급 어종으로써 배합사료에 대한 적응이 빠르고, 사육관리가 비교적 쉬워 새로운 양식어종으로 각광받고 있다(Kang et al., 1998).

송이(Scoria)는 화산활동에 의해 생성된 다공질 암석의 일종으로 대부분 흑적색을 띠고 있다. 송이의 화학적 조성을 살펴볼 때, 주성분은 zeolite와 마찬가지로 조회분이며, SiO<sub>2</sub>함량이 80% 정도로 양돈사료에 많이 사용되고 있는 다른 규산염 광물질과 그 형태나 특성에서 매우 유사하다(양 등, 1995). 송이는 다공질의 화산암, 화산모래, 기타 화산회 등이 혼합되어 있어 중금속 흡착제로서의 최근 들어 연구가 수행되어지고 있다(Lee et al., 2002; Lee et al., 2003). 또한, Kondo and Kawai (1968), Yang et al (2000a, b)은 육상가축동물인 가금류, 포유류와 반추

\*Corresponding author: kjlee@cheju.ac.krr

동물에 있어서 사료 내 화산암 광물인 송이와 clinoptilolite의 첨가에 따른 그 효과를 알아보기 위한 연구가 수행하여, 특히 돼지 사료에 있어서 송이의 첨가는 성장률과 소화율을 증진시키고, 질소와 인의 배출량이 감소되었다고 밝혔다. 이러한 사실에 근거하여 사료 내 송이를 첨가하였을 경우 육상동물뿐만 아니라 어류의 소화율 및 성장률을 증진시킬 수 있다고 가정할 수 있다. 그러나 현재까지는 어류 사료 내 화산암 광물인 scoria를 이용한 연구는 전무한 실정이다.

본 연구는 한국에서 중요하게 양식되어지는 돌돔과 넙치 사육시에 화산암 광물인 제주산 송이의 사료 내 첨가가 성장과 단백질 소화율에 미치는 영향을 규명하였다.

## 재료 및 방법

### [실험 1. 돌돔]

#### 실험어류 및 사료공급

돌돔 치어는 제주도내 종묘배양장에서 제주대학교 소속 해양환경연구소로 수송되었으며, 약 2주 동안 시판 배합사료를 공급하면서 실험환경에 적응시켰다. 실험어류인 돌돔(초기평균 무게: 7.6 g)은 9개의 플라스틱 100 L 원형 수조에(30마리/수조) 3반복으로 무작위 배치시켰다. 사육수는 모래 여과해수를 사용하였고, 유수량은 2~3 L/min 이었으며, 모든 실험수조에 용존산소 유지와 원활한 사육수 순환을 위하여 에어스톤을 설치하였다. 수온은 사육실험 기간동안 20°C에서 27°C 범위로 계절변화에 따라 자연변동하였다. 실험사료 공급은 하루 두 번씩

오전 08:00 h 와 오후 17:00 h 어체중의 4-5%로 제한공급을 하였다. 어류의 성장률 측정을 위해 매 3주마다 전체 어류의 무게를 측정하였고, 사료공급실험은 9주간 수행되었다.

#### 실험사료

총 3개의 실험사료는 조단백질 함량과 에너지 수준이 각각 49%와 16.9 MJ/kg를 갖도록 동일하게 조성되었다. 기초사료 조성표와 일반성분 분석결과(AOAC, 1995)는 Table 1에 나타내었다. 총 3개의 실험사료는 기초사료에 송이 1%, 송이 2%를 첨가하였고(control, 송이 1%, 송이 2%), 송이가 첨가되는 양만큼 cellulose를 감소시켜 총 백분율을 맞추었다. 사료 제조방법은 먼저 분말형태의 사료원을 잘 섞은 다음, 사료원 총 중량의 30%가량 증류수를 첨가하여 반죽형태로 제조하였다. 반죽된 사료는 소형 초과기(SMC-12, Korea)를 이용하여 직경 3.0 mm로 뽑아낸 뒤 동결건조기에서 24시간 동안 동결건조 후 사료를 알맞은 크기로 분쇄하였다. 사료는 공급 전까지 -20°C 저온 냉동고에 보관하였다. 성장 실험 종료 후, 각각의 실험사료의 단백질 소화율을 알아보기 위해 사료 내 지시제인 Chromic oxide (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)를 0.5% 첨가하여 소화율 측정을 위한 사료를 제작하였다.

#### 성분분석 및 어체측정

실험사료의 일반성분 분석은 AOAC (1995) 방법에 따라 수분은 상압가열건조법(125°C, 3h), 조회분은 직접회화법(550°C, 12 h)으로 측정하였고, 단백질은 자동 조단백 분석기(Kjeltec System 2300, Sweden)로 분석하였으며, 지방은 Folch et al.

**Table 1.** Formulation of basal diet for parrot fish *Oplegnathus fasciatus* and olive flounder *Paralichthys olivaceus*

[Exp 1]		[Exp 2]	
Ingredients	%	Ingredients	%
White fish meal	55.0	White fish meal	55.0
Soybean meal	5.0	Soybean meal	5.0
Corn gluten meal	5.0	Corn gluten meal	5.0
Starch	14.5	Starch	14.5
Wheat flour	8.0	Wheat flour	8.0
Yeast	2.0	Squid liver oil	6.0
Squid liver oil	6.0	Mineral mix <sup>1)</sup>	1.0
Mineral mix <sup>1)</sup>	1.0	Vitamin mix <sup>2)</sup>	1.0
Vitamin mix <sup>2)</sup>	1.0	Cellulose	4.0
Cellulose	2.0	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.5
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.5		
The proximate composition (% DM)		The proximate composition (% DM)	
Moisture	9.6	Moisture	9.8
Protein	47.8	Protein	48.5
Lipid	11.0	Lipid	11.4
Ash	8.9	Ash	8.9

<sup>1)</sup>Mineral premix (g/kg): MgSO<sub>4</sub> · 7H<sub>2</sub>O, 80.0; NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O, 370.0; KCl, 130.0; Ferric citrate, 40.0; ZnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O, 20.0; Ca-lactate, 356.5; CuCl<sub>2</sub>, 0.2; AlCl<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O, 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, 2.0; CoCl<sub>2</sub> · 6H<sub>2</sub>O, 1.0.

<sup>2)</sup>Vitamin premix (g/kg of mixture): L-ascorbic acid, 121.2; DL- $\alpha$  tocopheryl acetate, 18.8; thiamin hydrochloride, 2.7; riboflavin, 9.1; pyridoxine hydrochloride, 1.8; niacin, 36.4; Ca-D-pantothenate, 12.7; myo-inositol, 181.8; D-biotin, 0.27; folic acid, 0.68; p-aminobenzoic acid, 18.2; menadione, 1.8; retinyl acetate, 0.73; cholecalciferol, 0.003; cyanocobalamin, 0.003.

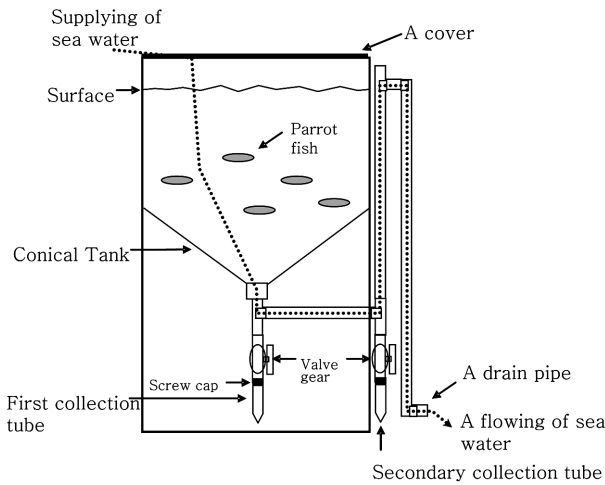


Fig 1. Modified Guelph system for rearing parrot fish *Oplegnathus fasciatus* and olive flounder *Paralichthys olivaceus*.

(1959)의 방법에 따라 Soxhlet 추출장치(Soxhlet Heater System C-SH6, Korea)를 이용하여 분석하였다.

9주간의 사료공급 실험 종료 후, 최종 평균무게를 측정하여 증체율(weight gain), 사료전환효율(feed conversion ratio), 일간 성장율(specific growth rate), 사료섭취율(feed intake), 단백질전환효율(protein efficiency ratio) 및 생존율(survival)을 측정하였다.

### 혈액 분석

9주간의 사료공급 실험 종료 후, 수조당 8마리 (실험구마다 24마리씩)의 어류를 무작위로 선별하여 MS-222 용액 (200 mg/L)으로 마취시켰다. 혈장샘플은 헤파린 처리된 주사기를 이용하여 수조당 4마리 (실험구당 12마리) 실험어류의 미부정맥에서 채혈하였다. Hematocrit은 microhematocrit technique에 의해 측정하였으며, 혈액은 플라스틱 유두관에 넣고서 microhematocrit (VS-12000, Korea) 원심분리기에서 6분 동안 12,000×g으로 원심분리하였다. Hemoglobin은 5 mL의 헤모글로빈 측정 시약에 전혈 샘플 20 µL를 분주하여 15분 반응 후, 반자동 생화학 분석기(CH-100 PLUS)를 이용하여 측정하였다.

혈청샘플은 헤파린 처리가 안되어있는 주사기를 이용하여 수조당 4마리 어류의(실험구당 12마리) 미부정맥에서 채혈하였다. 채혈된 혈액은 실온에서 약 1시간 방치한 후 원심분리기 (TR17, Korea)로 10분간 2,800×g로 4°C에서 원심분리하여 혈청을 분리하였다. 분리된 혈청은 생화학 분석기(CH-100 PLUS)를 이용하여 ALT (alanine aminotransferase)와 AST (aspartate aminotransferase) 분석에 사용하였다.

### 단백질 소화율측정

성장 실험종료 후, 단백질소화율 측정을 위해 각 실험구별로 분석을 제외한 나머지 어류를 자체 고안한 Guelph system (Cho et al., 1982)으로 9개의 100 L 원형 소화율 수조 (Fig. 1)로 이 동시켜 소화율 측정에 이용하였다. 소화율 분석에 사용되는 어

류의 분의 손실을 최소화하기 위하여 분수집관을 2개를 설치하였다. 실험사료는 Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>을 0.5%첨가하고 cellulose로 총 함량을 조절하였다. 유수량은 여과해수로 2 L/min이었고, 모든 실험수조에 용존산소 유지와 원활한 사육수 순환을 위하여 에어스톤을 설치하였다. 사료공급은 매일 오전 08:30 h와 오후 17:00 h에 반복공급을 하였으며, 사료공급 후 사료 찌꺼기를 제거하였다. 다음날 오전 08:00 h시에 분(feces) 수집장치에 모인 분을 수거하였다. 수거된 분은 수분을 최대한 제거한 뒤 동결건조 시킨 후 분쇄하여 분석 전까지 -70°C에 보관하였다. 분 수집은 총 12일 동안 행해졌다. 실험사료와 분의 소화율 측정을 위한 지시제인 Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>함량은 Furukawa and Tsukahara (1966)의 방법에 따라 분석하였다.

실험사료의 단백질 소화율은 다음과 같은 공식에 의해 계산하였다.

$$\text{Apparent protein digestibility (\%)} = 100 - 100 \times \left\{ \frac{\text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ in diet}}{\text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ in feces}} \times \left( \frac{\text{protein in feces}}{\text{protein in diet}} \right) \right\}$$

### [실험 2. 넙치]

#### 실험어류 및 실험사료

넙치 치어는 제주도내 종묘배양장에서 제주대학교 소속 해양환경연구소로 수송되어 분수집장치에서 약 2주 동안 실험사료를 공급하면서 실험환경에 적응시켰다. 단백질 소화율 측정에 사용한 기초사료(control)의 조성은 Table 1에 나타내었다. 총 5개의 실험사료는 기초사료에 송이 1%, 송이 2%, 송이 3%, 송이 4%를 각각 첨가하였고, 송이가 첨가되는 양만큼 cellulose를 감소시켜 총 백분율을 맞추었다. 실험사료 제조방법은 실험 1과 동일하였다.

#### 단백질 소화율측정

실험어류인 넙치(초기평균무게: 17.5 g)는 단백질소화율 측정을 위해 자체 제작한 5개의 플라스틱 100 L 원형 Guelph system (Fig. 1)에 수조당 50마리씩 배치되었다. 유수량은 여과해수로 2-3 L/min이었고, 모든 실험수조에 용존산소 유지와 원활한 사육수 순환을 위하여 에어스톤을 설치하였다. 수온은 분수집 기간 동안 24°C에서 26°C 범위로 계절변화에 따라 자연 변동하였다. 실험사료 공급은 하루 두 번씩 오전 08:30 h와 오후 17:00 h에 반복공급하였다. 분 수집은 3일 단위(1반복)로 총 12일 동안 수행하여 4반복으로 이루어졌으며, 분 수집과 단백질 소화율측정 방법은 실험 1과 동일한 방법으로 수행하였다.

#### 통계학적 분석

실험 1과 2에서의 실험사료 배치는 완전확률계획법(Completely randomized design)으로 하였고, 성장 및 분석결과는 SPSS (Version 11.0) 프로그램을 이용하여 One-way ANOVA로 통계 분석되었다. 데이터 값의 유의차는 Duncan's multiple test (P<0.05)로 비교되었다. 데이터는 평균값±표준편차(mean±SD)

로 나타내었다. 백분율 데이터는 arcsine 변형값으로 계산하여 통계 분석되었다.

**결 과**

9주 동안 실험사료(Control, 송이 1%, 송이 2%)를 공급한 실험 1(돌돔)에 있어서의 생존률은 100%이었다. 성장결과에서는 증체율, 일간성장률, 사료섭취율, 사료전환효율 및 단백질전환효율에 있어서 송이 2%를 첨가한 실험구는 대조구와 비교하여 유의적인 차이가 나타나지 않았지만, 사료 내 송이 1%를 첨가한 실험구는 다른 실험구들에 비해 유의적으로 낮은 값을 나타내었다(Table 2).

실험 1(돌돔)의 혈액분석 결과(Table 3), hematocrit, hemoglobin, aspartate aminotransferase (AST), alanine aminotransferase (ALT)에서 대조구와 다른 실험구간의 유의적인 차이를 발견하지 못하였다. 실험 1의 성장결과(효과 없음)로 실험 2의 넙치를 대상으로 한 실험에서는 성장실험을 생략하고 단백질 소화율에 초점을 두고 실험하였다. 실험 1(돌돔)에 있어서의 단백질 소화율 분석 결과(Fig. 1)에서는 송이 1%(60.6%), 2%(64.0%) 첨가구가 대조구(45.0%)에 비해 유의적으로 높은 단백질 소화율을 나타내었다. 실험 2(넙치)에 있어서의 단백질 소화율 분석 결과에서도 송이 1%, 송이 2%와 송이 3% 첨가의 단백질 소화율 값이 각각 56.7%, 65.5%, 52.8%로서 대조구의 43.5%에 비해 유의적으로 높은 값을 나타내었다(Fig. 1). 반면 송이 4%를 첨가한 실험구의 단백질소화율은 41.4%로서 대조구와 유의적인 차이를 보이지 않았다.

**고 찰**

제주산 송이의 양어용 배합사료 첨가제로서의 가치를 알아보기 위해 수행한 실험결과, 실험 1의 경우 돌돔 치어 사료 내

송이의 첨가는 성장을 향상시키지 못하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 육상동물을 대상으로 사료 내 화산암광물질을 첨가하여 나타나는 결과와 비교 가능하다. 돼지를 대상으로 사료 내 화산암 광물이 첨가되어 성장률과 면역력이 증가하는 경향을 보였다(Kondo and Kawai, 1968; England, 1975). Kondo and Kawai (1968)의 보고에 따르면, 돼지를 대상으로 사료 내 5%의 화산암광물인 clinoptilolite을 첨가하였을 때 성장률과 사료효율을 향상시켰다고 보고하고 있다. 이에 반하여 Arscott, G. H (1975, 1976)는 가금류인 chicken을 대상으로 사료 내 clinoptilolite를 5~6%첨가하였을 때 사망률은 감소하지만, 증체율에는 영향을 미치지 않는다는 결과를 발견하였다. 이러한 결과는 화산암광물질을 첨가하였을 때, 성장에 영향이 미치지 않는 본 실험의 결과와 유사하였다. 돌돔과 넙치를 대상으로 소화율을 분석한 결과, 다른 어종에 비하여 소화율이 낮은 경향을 나타내는 것을 발견하였다. 이러한 원인은 어류의 분 체집 과정에서 해수의 여과가 부족하여, 수집한 분이 오염되었던 것으로 판단된다.

본 연구에서는 단백질 소화율이 대조구에 비해 scoria를 첨가한 실험구에서 높은 값을 나타냄으로써 돌돔과 넙치 치어 배합사료에 제주산 송이의 첨가가 가능할 것으로 나타났다. 소화

**Table 3.** Blood parameters of juvenile parrot fish *Oplegnathus fasciatus* fed different experimental diets for 9 week<sup>1)</sup>

Blood parameters	Control	Scoria 1%	Scoria 2%
Hematocrits (%)	36.7±1.0	37.7±8.1	37.7±9.2
Hemoglobin (g/dL)	9.5±0.4	10.1±0.5	9.0±0.7
Alanine aminotransferase (U/L) <sup>2)</sup>	8.4±0.6	10.6±2.8	11.3±0.5
Aspartate aminotransferase (U/L)	50.0±24.0	40.2±25.4	33.6±12.2

<sup>1)</sup>Means of triplicate groups, values are presented as mean±SD. Values in the same row having different superscript letters are significantly different ( $P<0.05$ ).

<sup>2)</sup>Unit per liter (U/L) is the amount of enzyme which oxidized one  $\mu\text{mol/L}$  of NADH per minute.

**Table 2.** Growth performance of juvenile parrot fish *Oplegnathus fasciatus* fed different experimental diets for 9 weeks

Growth performance	Control	Scoria 1%	Scoria 2%
Initial body weight, g	7.7±0.1	7.7±0.1	7.7±0.1
Final body weight, g	38.6±1.2 <sup>a</sup>	36.1±0.5 <sup>b</sup>	38.2±1.4 <sup>a</sup>
Weight gain <sup>2)</sup>	404.6±12.1 <sup>a</sup>	369.1±6.4 <sup>b</sup>	398.0±13.5 <sup>ab</sup>
Feed intake, g (FI) <sup>3)</sup>	35.2±0.4 <sup>ab</sup>	34.1±0.5 <sup>b</sup>	35.4±0.4 <sup>a</sup>
Feed conversion ratio <sup>4)</sup>	1.1±0.03 <sup>a</sup>	1.2±0.02 <sup>b</sup>	1.2±0.04 <sup>ab</sup>
Protein efficiency ratio <sup>5)</sup>	1.8±0.04 <sup>a</sup>	1.7±0.04 <sup>b</sup>	1.8±0.06 <sup>ab</sup>
Specific growth rate <sup>6)</sup>	1.1±0.02 <sup>a</sup>	1.1±0.01 <sup>b</sup>	1.1±0.02 <sup>ab</sup>
Survival (%)	100	100	100

<sup>1)</sup>Means of triplicate groups, values are presented as mean±SD. Values in the same row having different superscript letters are significantly different ( $P<0.05$ ).

<sup>2)</sup>WG (%) =  $100 \times (\text{final mean body weight} - \text{initial mean body weight}) / \text{initial mean body weight}$ .

<sup>3)</sup>FI = dry feed consumed / fish.

<sup>4)</sup>FCR = dry feed fed / wet weight gain.

<sup>5)</sup>PER = wet weight gain / total protein given.

<sup>6)</sup>SGR (%) =  $[(\log_e \text{ final body weight} - \log_e \text{ initial body weight}) / \text{days}] \times 100$ .

율측정 결과로 미루어 그 첨가 범위는 2-3% 내외가 될 것으로 판단된다. 사료 내 화산암 광물을 첨가하였을 때 단백질 소화율이 증가하는 결과는 육상동물인 돼지를 대상으로 한 연구에서도 찾아볼 수 있다(Han et al, 1975., Hayhurst and Willard, 1980). 이 연구에서는 돼지를 대상으로 사료 내 화산암 광물인 zeolite를 첨가하여 12주간 실험한 결과 단백질 소화율이 1~6% 증가하였다고 보고하였다. 넙치를 대상으로 한 본 연구 실험 2에서 사료 내 4%의 송이 첨가는 단백질 소화율을 증진시키지 못하였는데(Fig. 2), 그 이유는 어류사료에서의 과다한 광물질 첨가로 넙치의 소화장애에 인한 것으로 사료된다.

Yang et al. (2000b)은 돼지사료에 scoria 3%와 zeolite 3%를 첨가하여 150일 동안 실험한 결과, 대조구(옥수수 3%)에 비하여 scoria와 zeolite를 첨가한 실험구에서 성장 및 사료효율에서 높은 결과를 보였다고 보고하였다. 단백질 소화율에서는 scoria 3% 급여구가 대조구와 zeolite 3% 급여구보다 높게 나타남으로서 어류를 대상으로 한 본 연구결과와 일치하고 있다. 또한 사료 내 송이의 첨가 실험은 몇몇 닭에서 보고 되어진 바 있다. Leghorn chickens에 있어서 사료 내 화산암 광물인 송이를 5%첨가하였을 때 실험 닭의 사료효율이 증가하는 경향을 보였으며 사망률은 감소한다고 보고되었다(Hayhurst and Willard, 1980; Onagi, 1966).

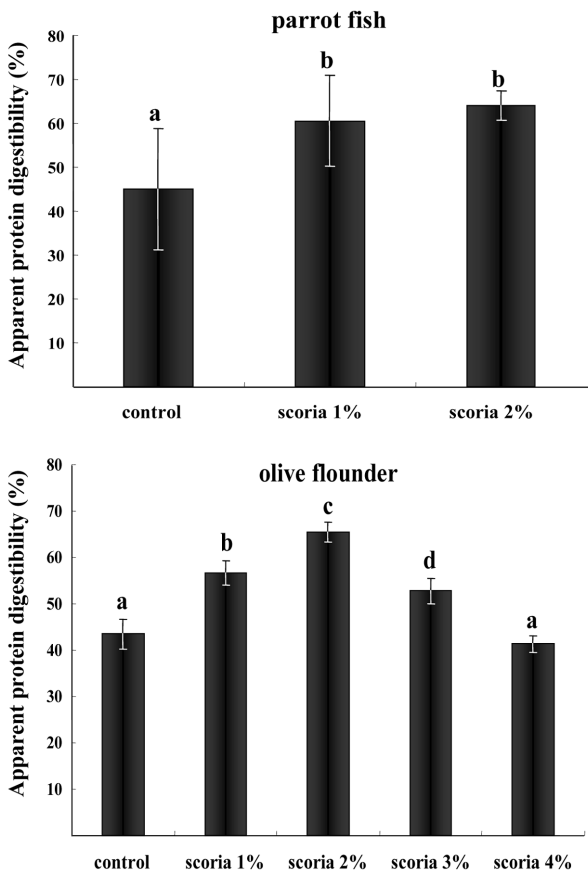


Fig 2. Apparent protein digestibility of juvenile parrot fish *Oplegnathus fasciatus* and olive flounder *Paralichthys olivaceus* fed diets containing different levels of scoria.

육상동물을 대상으로 한 연구결과에서도 사료 내 화산암 광물(송이 등)을 첨가하였을 때, 성장율, 면역력, 및 소화율이 증가한다고 보고되었지만 그 메카니즘은 아직 밝혀지지 않은 실정이다. 이 연구에서도 송이의 첨가에 따른 단백질 소화율 향상의 원인은 정확히 모르기 때문에 이에 관한 다양한 연구가 어류에서 이루어져야 할 것으로 판단된다.

어류를 대상으로 사료 내 송이 첨가효과를 조사한 연구는 전무하다. 따라서 이 연구는 화산암 광물질인 송이의 이용성을 해산 양식 어종인 넙치와 돌돔을 대상으로 한 첫 연구로써 그 가치가 있을 것으로 사료된다.

### 요 약

돌돔 *Oplegnathus fasciatus*과 넙치 *Paralichthys olivaceus*를 대상으로 사료 내 송이(Scoria)의 첨가에 따른 사육효과 및 단백질 소화율을 알아보기 위해 2가지 실험이 수행되었다. 돌돔(초기평균무게: 7.6 g)을 대상으로 한 1차 사양실험에서는 사료 내 송이함량을 0% (Con), 1%와 2%를 첨가하여 3반복으로 수행하였다. 9주간의 성장실험 결과, 송이 2%를 첨가한 실험구에서 대조구와 비교해 유의적인 차이가 없었으나 송이 1%를 첨가한 실험구에서 대조구와 비교해 유의적으로 낮은 값을 나타내었다. 단백질 소화율 측정 결과에서는 45.0% (Con), 60.6% (송이 1%), 64.0% (송이 2%)로 송이가 첨가된 실험구에서 대조구에 비해 유의적으로 높은 단백질 소화율을 나타내었다. 넙치를 대상으로 한 2차 실험은 1차 사양실험에서 확인되어진 증가된 단백질 소화율을 증명하기 위해 실시되었다. 실험사료는 송이 0% (Con), 1%, 2%, 3%, 4%로 조성되었다. 2차 실험의 단백질 소화율 결과에서는 사료 내 송이를 1% (56.7%), 2% (65.5%), 3% (52.8%) 첨가한 실험구에서 대조구(43.5%)에 비해 유의적으로 높은 값이 보였다. 반면 송이 4%를 첨가한 실험구에서는 단백질 소화율의 값이 41.4%로 대조구와 유의적인 차이를 보이지 않았다. 1·2차 사양실험의 결과를 종합하여 볼 때 해산어 배합사료 내 송이의 첨가는 사료 내 단백질 소화율을 증진시킬 수 있을 것으로 보여지며, 그 첨가함량은 2-3% 내외가 될 것으로 판단된다.

### 사 사

이 연구는 산업자원부에 지역산업공통기술개발사업(10025024)의 일환으로 수행되었으며, 일부는 2007년도 누리(NURI)사업에 의하여 지원되었으며 이에 감사드립니다.

### 참고문헌

AOAC (Association of Official Analytical Chemists), 1995. Official methods of analysis, 16th edition, Arlington VA. Associa-

- tion of Official Analytical Chemists. Arlington, Virginia, USA.
- Arscott, G. H., 1975, 1976. Department of poultry science, Oregon state university, Corvallis, OR (personal communication).
- Cho, C. Y., S. J. Slinger, H. S. Bayley., 1982. Bioenergetics of salmonid species : energy intake, expenditure and productivity. *Comp. Biochem. Physiol.*, 73B, 25-41.
- England, D. G., 1975. Effect of zeolite on incidence and severity of scouring and level of performance of pigs during suckling and early postweaning. Rept. 17th Swine Day Spec. Rept. 447, *Agricul. Exp. Sta., Oregon State University*, 30-33.
- Folch, J., M. Lee and G. H. Sloane-Stanley, 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.*, 226, 497-509.
- Furukawa, H. and H. Tsukahara, 1966. On the acid digestion method for the determination of chromic oxide as an index substance in the study of digestibility of fish fed. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 32, 502-508.
- Han, I. K., J. K. Ha and C. S. Kim, 1975. Studies on the nutritive value of zeolites. 1. Substitution levels of zeolite for wheat bran in the rations of growing-fishing swine. *Kor. J. Anim. Sci.*, 17, 595-599.
- Hayhurst, D. T. and J. M. Willard, 1980. Effects of feeding clinoptilolite to roosters. *Proc. 5th Internatl. Conf. Zeolites, Naples, Italy*, 805-812.
- Kang, Y. J., S. M. Lee, H. K. Hwang and S. C. Bai, 1998. Optimum dietary protein and lipid levels on growth in parrot fish (*Oplegnathus fasciatus*). *J. Aquacult.*, 11, 1-10.
- Kondo, N. and B. Kawai, 1968. Experimental use of clinoptilolite-tuff as dietary supplement for pigs. *Yotonkai*, 1-4.
- Lee, M. G., J. H. Lim, S. S. Hyun and S. K. Kam, 2002. Adsorption characteristics of copper ion by Jeju scoria. *Hwahak Konghak*, 30, 252-258.
- Lee, S. H., D. W. Lee and M. G. Lee, 2003. Removal characteristics of benzene in biofilter packed with scoria. *Hwahak Konghak*, 41, 781-787.
- Lee, B. J., K. J. Lee, M. A. Pham and S. M. Lee, 2006. Myo-inositol requirement in diets for juvenile olive flounder (*Paralichthys olivaceus*). *J. Aquacult.*, 19, 225-230.
- NRC (National Research Council), 1993. *Nutrient Requirements of Fish*. National Academy Press, Washington D.C., pp. 25.
- Onagi, T., 1966. Treating experiments of chicken droppings with zeolite tuff powder. 2. experimental use of zeolite-tuffs as dietary supplements for chickens. Rept. Yamagata Stock Raising Inst., 7-18.
- Yang, C. B., J. D. Kim, W. T. Cho and I. K. Han, 2000a. Effect of dietary Cheju scoria meal on the performance of swine. *J. Anim. Sci. Technol.*, 42, 467-476.
- Yang, C. B., J. D. Kim, J. H. Lee, W. T. Cho and I. K. Han, 2000b. Effect of dietary Cheju scoria and zeolite on the performance of swine. *J. Anim. Sci. Technol.*, 42, 477-488.
- Yoo, G. Y., S. M. Choi, K. W. Kim and S. C. Bai, 2006. Apparent protein and phosphorus digestibilities of nine different dietary protein source and their effects on growth of juvenile olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. *J. Aquacult.*, 19, 254-260.
- 양창범, 최동윤, 이왕식. 1995. 제주지역에 알맞은 가축분뇨 처리용 톱밥대체물질 개발 시험. *제시연보*. 132-146.

---

원고접수 : 2007년 12월 20일

심사완료 : 2008년 8월 7일

수정본 수리 : 2008년 8월 11일