J. of Aquaculture
Vol. 17(1) : 39-45, 2004

한국양식학회지
Journal of Aquaculture
©Korean Aquaculture Society

치어기 넙치에 있어서 사료 첨가제로서 송강약돌의 이용 가능성

최세민 · 고수홍 · 박건준 · 임성률 · 유광열 · 이제희[1] · 배승철*
부경대학교 양식학과/사료영양연구소, [1]제주대학교 해양생물공학과

Utilization of Song-Gang Stone as the Dietary Additve in Juvenile Olive Flounder, *Paralichthys olivacus*

Se-Min Choi, Su-Hong Ko, Gun-Jun Park, Sung-Ryul Lim, Gwang-Yeol Yu ,
Jehee Lee[1] and Sungchul C. Bai*
Department of Aquaculture/ Feeds &, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea
[1]Faculty of Applied Marine Science, Cheju National University, Jeju 690-756, Korea

Three experiments were conducted to determine utilization of Song-Gang® stone as the dietary additve for growth and immune stimulant in juvenile olive flounder. In the feeding trial, four diets were formulated to contain 0, 0.5, 1.0 and 2.0% Song-Gang® stone per kg diet (SGS_0, $SGS_{0.5}$, $SGS_{1.0}$, $SGS_{2.0}$). Fish averaging 5.0±0.04 g (mean±SD) were fed one of four experimental diets in triplicate groups for 8 weeks. There were no significant differences in weight gain, feed efficiency, protein efficiency ratio, hematosomatic index, condition factor and survival among fish fed all the diets. In chanlenge test, fish were infected by intraperitoneal injection of 0.1ml bacterial suspension with *Edwardsiella tarda* per fish after the feeding trial. Fish fed $SGS_{0.5}$ diet have a significantly higher cumulative survival rate than did fish fed the other diets ($P<0.05$). In the anti-mold test, *Aspergillus niger*, *Penicillium pinophilum*, *Chaetomium globosum* were inoculated with Song-Gang® stone using ASTM G-21 method. The amount of *A. niger*, *P. pinophilum*, *C. globosum* didn't increase in Song-Gang® stone for 4 weeks for the test period. Therefore, these results indicate that 0.5% Song-Gang® stone per kg diet could increase immune resistance in juvenile olive flounder and Song-Gang® stone could be used as the anti-mold additive in fish feed.

Keywords: Song-Gang® stone, Olive flounder, Growth rate, Immune resistance, Anti-mold additive

서 론

어류양식에 있어서 종묘생산 기술 및 고밀도 사육기술이 진보함에 따라 우리 나라에서는 넙치를 비롯하여 조피볼락, 방어, 참돔, 돌돔 및 자주복 등 여러 어류의 생산이 이루어지고 있으며, 시험연구 단계인 어종을 포함한다면 종묘생산 혹은 양식대상 어종은 현재 40여종 이상을 헤아린다. 그러나, 이들 어종의 종묘생산 및 양성과정에 있어서 첫째로, 낮은 사료 섭취로 인한 성장저하 및 사료유실로 인한 수질오염, 둘째로, 고밀도 사육과 같은 인위적 양식환경으로 인한 수많은 세균성 질병, 바이러스성 질병 및 기생충성 질병 등이 커다란 문제로 대두되고 있다. 하지만, 양식어류의 성장을 촉진시킴과 동시에 사료유실을 최소화 하기 위한 사료섭취촉진물질에 대한 연구가 미비한 실정이다. 또한 현재의 질병 대책으로서는 예방보다 발생 후에 항생제 및 여러 종류의 화학약품 등을 사용한 치료에 급급하고 있으며, 이와 같은 약제의 남용으로 어류에게 스트레스를 주어 면역반응을 감소시킬 뿐만 아니라 환경오염 및 병원체의 내성 증가의 문제와 나아가서는 이러한 어류를 섭취하는 인체에도 나쁜영향을 줄 수 있는 가능성 등의 많은 문제점을 가지고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 면역증강과 사료 섭취 촉진을 위한 사료첨가제에 대한 검색이 어종별로 이루어져 어류의 성장촉진과 면역증강을 위한 첨가제 개발이 시급히 이루어져야 한다. 이러한 이유로 국내 주요 양식어종인 넙치에 있어서 성장촉진 및 사료효율을 개선하거나 어류의 비특이적 면역반응 및 항산화능을 증강시켜 생산성 향상 및 양식어류의 질병을 예방할 수 있는 사료첨가제에 대한 연구들이 절실히 요구되며 최근들어 많은 연구들이 진행되고 있고(Kim et al., 1998; Kim et al., 2002b; Kim et al., 2002c; Choi et al., 2002) 또한 현장에서도 이러한 기능을 가진 첨가제에 대한 수요가 급증하고 있다. 넙치에 있어서 사료첨가제로서 산가수분해물질인 KH를 사료내 1.05% 첨가하였을때(Choi et al., 2002)와 클로렐라를 사료내 2% 첨가하였을때(Kim et al., 2002b), 사료효율 및 섭취촉진 효과가 있는 것으로 보고 되고 있다. Kim et al. (1998)은 사료내

*Corresponding author: scbai@pknu.ac.kr

한방첨가제인 어보산을 첨가하였을때 넙치의 생존율, 성장 및 사료효율 향상에 효과가 있다고 보고하였다. 그리고 Kim et al. (2002c)은 넙치의 치어기에 있어서 사료내 0.5%의 알로에 첨가가 생존율, 비특이적 면역증강 및 항산화효과를 증가시킨다고 보고하였으며, 면역증강물질인 β-1,3 glucan과 사료섭취촉진물질의 혼합을 통하여 성장촉진 및 면역증강 향상에 효과가 나타나는 것으로 보고 되고 있다(Han, 2003).

한편, 최근에는 맥반석 등의 약돌을 이용한 유기농법의 개발, 축산에서 소화개선 등 약돌의 사료내 이용 가능성에 대한 연구들이 이루어지고 있다(Choi et al., 1987; Son et al., 1998). 약돌은 대부분 맥반석의 일종으로 화성암중 석영암반에 속하는 암석이며 무수규산과 산화알루미늄이 주성분이고, 그 외에도 약 40여종의 미네랄로 구성되어 있다. 또한 표면과 내부의 무수한 미세 구멍이 모세관현상을 일으켜 카드뮴, 수은 등의 중금속과 같은 유해물질들을 흡착, 분해 및 제거하는 효과가 있는 것으로 보고 되고 있으며(Yu, 2003), 원적외선을 방출하여 생체내 세포를 활성화시키며, 신진대사 및 혈액순환을 도와 체내의 노폐물 및 유해 물질의 배출을 원활하게 하는 효과도 보고 되고 있다(Hayashi, H., 1997).

따라서, (주)다비스톤에서 개발하여 식물(잔디)에서 성장촉진, 생식능력 강화, 질병발생 감소 및 비료사용량 감소 등의 효과를 나타내고 있는 송강약돌을 이용하여 국내 주요 양식어종인 넙치에 있어서 사료 첨가제로서의 이용 가능성을 알아보고자 한다.

재료 및 방법

실험 1. 치어기 넙치사료내 송강약돌 첨가에 따른 성장효과 실험

실험어 및 사육관리

실험어는 경상남도 거제 부경수산에서 운반된 넙치를 부경대학교 부설 수산과학연구소로 운반하여 2톤 원형수조에서 실험 환경에 적응할 수 있도록 2주간 예비사육 하였다. 예비사육 후, 실험어는 평균무게 5.0±0.04 g (mean± SD)인 넙치를 40 L 사각 수조에 각 실험구 당 각각 25마리씩 3반복으로 무작위 배치하였다. 각 실험수조는 유수식으로 유수량은 1~2 L/min으로 조절하여 주었다. 충분한 산소 공급을 위해 에어스톤을 설치하였으며, 실험기간 동안 평균 수온은 19±2°C로 전 실험기간 동안 자연수온에 의존하였다. 일일 사료공급량은 전 실험기간 동안 1일 2회 어체중의 4% 또는 5%로 매일(10:00, 16:00) 공급하였으며 총 사육실험기간은 8주간 실시하였다.

실험사료 및 실험설계

실험에 사용된 실험사료의 조성표와 일반성분은 Table 1에 나타내었다. 실험사료의 단백질원으로 북양어분, 젤라틴, 탈피대두박을 사용하였으며, 탄수화물원으로는 소맥분과 덱스트린을, 지질원으로는 고도불포화지방산이 다량 함유된 오징어간유를 사용하였다. 송강약돌(Song-Gang® stone, SGS, (주)다비스톤, 대한민국)의 사료내 이용가능성을 확인하기 위하여 실험사료내에 각각 0% (SGS_0), 0.5% ($SGS_{0.5}$), 1.0% ($SGS_{1.0}$) 및 2.0% ($SGS_{2.0}$)의 4가지 수준으로 송강약돌분말을 첨가하였으며, 송강약돌의 조성표는 Table 2에 나타내었다. 실험사료의 조단백질 함량은 50.0%, 가용에너지는 16.7 kJ/g (단백질, 16.7 kJ/g; 지질, 37.7 kJ/g; 탄수화물, 16.7 kJ/g)으로 조절하였다. 그리고 각 실험사료별 송강약돌의 첨가에 따라 셀룰로오스함량을 감소시켜 맞추어 주었다. 송강약돌은 (주)다비스톤에서 제공받아 미세한 분말로 제조하였다. 모든 실험사료는 원료를 혼합한 후 펠렛제조기로 압출 · 성형하였으며, 강제 통풍식 건조기로 건조(15°C, 24시간)시킨 다음 실험어의 크기에 맞도록 입자크기를 표준체(sieve)를 이용하여 고르게 친 후, 밀봉하여 -20°C에 냉동 보관하면서 사용하였다.

Table 1. Composition and proximate analysis of the experimental diets (% of DM basis)[1]

Ingredient	Diets[1]			
	SGS_0	$SGS_{0.5}$	$SGS_{1.0}$	$SGS_{2.0}$
White fish meal[2]	55.0	55.0	55.0	55.0
Gelatin[3]	4.5	4.5	4.5	4.5
Dehulled soybean meal[4]	7.0	7.0	7.0	7.0
Wheat flour[5]	14.0	14.0	14.0	14.0
Dextrin[3]	5.6	5.6	5.6	5.6
Squid liver oil[6]	7.9	7.9	7.9	7.9
Vitamins mix.[7]	1.0	1.0	1.0	1.0
Minerals mix.[8]	3.0	3.0	3.0	3.0
Cellulose	2.0	1.5	1.0	0
Song-Gang® stone[9]	0	0.5	1.0	2.0
Proximate analysis				
Crude protein	50.2	50.3	50.0	50.0
Crude lipid	12.0	11.9	11.9	12.0
Crude ash	11.9	11.3	10.8	10.8

[1]Feed stuffs not mentioned here are the same feed stuffs as the domestic aquaculture feed companies are currently using
[2]Suhyup
[3]United States Biochemical, Cleveland, Ohio 44122
[4]American Soybean meal Asociation
[5]Young Nam Flour Mills Co. Busan, Korea
[6]Ewa fat industry Co. Ltd. Busan, Korea.
[7]Contains (as mg/kg in diets): Ascorbic acid, 300; dl-Calcium pantothenate, 150; Choline bitatrate, 3000; Inositol, 150; Menadione, 6; Niacin, 150; Pyridoxine·HCl, 15; Riboflavin, 30; Thiamine mononitrate, 15; dl-α-Tocopherol acetate, 201; Retinyl acetate, 6; Biotin, 1.5; Folic acid, 5.4; B_{12}, 0.06
[8]Contains (as mg/kg in diets): NaCl, 437.4; $MgSO_4 \cdot 7H_2O$. 1379.8; $NaH_2P_4 2H_2O$, 877.8; $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot 2H_2O$, 1366.7; KH_2PO_4, 2414; $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$, 226.4; Fe-Citrate, 299; Ca-lactate, 3004; $MnSO_4$, 0.016; $FeSO_4$, 0.0378; $CuSO_4$, 0.00033; Calcium iodate, 0.0006; MgO, 0.00135; $NaSeO_3$, 0.00025
[9]Dabi stone Co. Busan, Korea.

어체 측정

어체 측정은 2주 간격으로 실시하였으며, 성장률을 측정하기 위하여 24시간 절식시킨 후 MS-222 (100 ppm)로 마취시켜 전체무게를 측정하였다. 실험종료 후, 성장률, 일간성장률, 단백질

Table 2. Mineral composition of Song-Gang® stone

Minerals	%
Ca	0.6
K	0.19
Na	0.071
Mg	0.02
Fe	0.28
Zn	0.001
P	0.01

전환효율, 사료효율, 간중량지수, 비만도 및 생존율을 조사하였다. 간중량지수를 구하기 위해 각 수조별로 3마리씩 간의 무게를 측정하였다.

성분분석

가. 일반성분 분석

일반성분은 실험사료와 각 수조별로 6마리씩 무작위로 추출하여 분쇄한 전어체를 분석하였으며, AOAC (1995)방법에 따라 수분은 상압가열건조법 (125°C, 3시간), 조단백질은 kjeldah 질소정량법(N×6.25), 조회분은 직접회화법으로 분석하였다. 조지방은 샘플을 12시간 동결건조한 후 Soxtec system 1046 (Tacator AB, Sweden)을 사용하여 soxhlet 추출법으로 분석하였다.

나. 어체의 혈액 및 혈청성분 분석

실험종료 후, 증체율 조사와 함께 혈액성분 분석을 위하여 실험어를 채혈하기 전까지 약 24시간 동안 절식시켰다. 실험어를 각 수조당 3마리씩 무작위로 추출하여 실험어의 미부정맥에서 혈액을 채혈한 후, micro-hematocrit 방법(Brown, 1980)에 의해 헤마토크리트(haematocrit, PCV)를 측정하고, cyan-methemoglobin 방법(Sigma Chemical, St. Louis MO; total hemoglobin procedure No. 525)으로 헤모글로빈(hemoglobin; Hb)을 측정하였다. 혈청성분의 분석을 위하여 채혈한 혈액을 항응고제가 처리되지 않은 원심분리관에 넣고 실온에 30분간 방치한 후 3,000 rpm에서 10분간 원심분리하여 냉장보관하면서 16시간 이내에 분석하였다. 혈청성분은 임상용 kit (아산제약주식회사, 한국)를 사용하여 총단백질 (total protein)은 biuret 법으로, 트라이글라이세라이드 (triglyeride)와 글루코스 (glucose)는 효소법으로 그리고 GOT (glutamic oxaloacetic transaminase)와 GPT (glutamic pyruvic transaminase)는 Reitman-Frankel 법으로 분석하였다.

통계처리

모든 자료의 통계처리는 Computer Program Statistix 3.1 Analytical Software, St. Paul MN. USA)로 분산분석(ANOVA test)을 실시하여 최소유의차검정(LSD: Least Significant Difference)으로 평균간의 유의성($P<0.05$)을 검정하였다.

실험 2. 치어기 넙치에 있어서 *Edwardsiella tarda* 복강주사에 의한 누적생존율 조사

8주 동안의 성장실험후 24시간동안 안정화 시킨후, 어류에 독성이 있는 *E. tarda* 부유액(1×10^6 cfu/ml)을 1.5% NaCl이 첨가된 trypticase soy agar (TSA)에 27°C에서 48시간 배양하여 준비하였다. 40 L 사각 수조에 각 실험구당 각각 10마리씩 3반복으로 배치되어 있었으며, 어류 1마리당 박테리아 부유물을 0.1 ml씩 복강 주사한 후 일별 폐사를 기록하였다. 폐사어의 폐사원인을 확인하기 위해 매일 폐사된 어체로 부터 신장을 채취하여 TSA에 배양하여 *E. tarda*의 존재를 확인하였다. 본 실험은 Kim et al. (2002c)의 방법에 따라 진행되었다.

실험 3. 송강약돌의 항곰팡이효과 실험

ASTM G-21 분석방법에 따라 3가지 균주에 대해 항곰팡이 실험을 한국원적회선 응용평가연구원에 의뢰하여 실시하였다. 본 실험에 사용된 곰팡이 균주는 *Aspergillus niger, Penicillium pinophilum, Chaetomium globosum*의 포자를 채취하여 혼합균주로 사용하였다, 배양접시에 한천을 만들어 송강약돌 시료를 얹고 위에 혼합균주 현탁액을 시료 및 배지에 골고루 분무하여 온도 25~28°C, 상대습도 85%인 배양기에 넣어 곰팡이의 성장을 조사하였다.

결 과

실험 1. 치어기 넙치사료내 송강약돌 첨가에 따른 성장효과 실험

성장결과

8주간의 성장률, 사료효율, 일간성장률, 단백질 전환효율, 간중량지수, 비만도 및 생존율은 Table 3에 나타내었다. 성장률, 일간성장률, 사료효율, 단백질 전환효율, 간중량지수, 비만도, 생존율에 대해 모든 실험구에서 유의적인 차이가 나타나지 않았다.

Table 3. Weigt gain (WG), specific growth rate (SGR), feed efficiency (FE), protein efficiecny ratio (PER), hepatosomatic index (HSI), condition factor (CF) and survival of juvenile olive flounder fed four experimental diets for 8 weeks[1]

	Diets[2]				Pooled SEM[3]
	SGS_0	$SGS_{0.5}$	$SGS_{1.0}$	$SGS_{2.0}$	
WG (%)[4]	617.6	595.3	618.7	586.5	14.3
FE (%)[5]	100.6	97.4	101.7	96.2	3.06
SGR (%)[6]	3.50	3.40	3.51	3.37	0.07
PER[7]	2.01	1.92	2.03	1.89	0.06
HSI[8]	2.00	1.98	1.98	1.99	0.05
CF[9]	1.45	1.44	1.44	1.43	0.04
Survival (%)	93.4	97.3	97.3	92.0	1.76

[1]Means of triplicate groups, values in the same row with different superscripts are significantly different ($P<0.05$).
[2]See the Table 1.
[3]Pooled standard error of mean.
[4]Weight gain (%): (final weight - initial weight)×100/initial wt.
[5]Feed efficiency (%): (wet weight gain/dry feed intake)×100.
[6]Specific growth rate: ($\log_e$ final weight. - $\log_e$ initial weight.)×100/days.
[7]Protein efficiency ratio: wet weight gain/protein fed.
[8]Hepatosomatic index: (liver weight/body weight)×100.
[9]Condition factor (%): [fish wt. (g)/fish length (cm)^3]×100.

Tabe 4. Blood analysis of juvenile olive flounder fed four experimental diets for 8 weeks[1]

Diets[2]	Hb[3] (g/dL)	PCV[4] (%)	TP[5] (g/dL)	TG[6] (mg/dL)	GOT[7] (IU/l)	GPT[8] (IU/l)	Glucose (mg/dL)
SGS_0	4.98	24.7	4.5	352	50.3	14.4	42.0
$SGS_{0.5}$	4.87	24.5	4.6	366	50.0	14.3	39.7
$SGS_{1.0}$	4.73	22.2	4.4	338	49.4	14.2	49.7
$SGS_{2.0}$	4.66	20.7	4.3	327	49.7	14.3	37.3
Pooled SEM[9]	0.07	0.90	0.06	18.2	0.29	0.06	2.26

[1]Means of triplicate groups, values in the same row with different superscripts are significantly different ($P<0.05$).
[2]See the Table 1.
[3]Hemoglobin.
[4]Haematocrit.
[5]Total protein.
[6]Trigliceride.
[7]Glutamic oxaloacetic transaminase. One unit is defined as the amount of enzyme causing the transamination of 1.0 μmol of L-aspartate per minute at 25°C and pH 7.4.
[8]Glutamic pyruvic transaminase. One unit is defined as the amount of enzyme causing the transamination of 1.0 μmol of L-alanine per minute at 25°C and pH 7.4.
[9]Pooled standard error of mean.

Table 5. Whole body proximate compositon of juvenile olive flounder fed four experimental diets for 8 weeks[1] (as fed basis)

Diet[2]	Moisture	Crude protein	Crude lipid	Crude ash
SGS_0	73.6	17.3	5.3	3.5
$SGS_{0.5}$	74.0	17.2	5.2	3.6
$SGS_{1.0}$	73.7	17.2	5.1	3.6
$SGS_{2.0}$	73.8	17.2	5.1	3.6
Pooled SEM[3]	0.33	0.1	0.1	0.02

[1]Means of triplicate groups, values in the same row with different superscripts are significantly different ($P<0.05$).
[2]See the Table 1.
[3]Pooled standard error of mean.

혈액 및 혈청성분

실험 사료를 섭취한 치어기 넙치의 혈액 및 혈청 성분의 변화는 Table 4에 나타내었다. hemoglobin (4.66~4.98 g/dL), hematocrit (20.7~24.7%), total protein (4.3~4.6 g/dL), triglyceride (327~366 mg/dL), GOT (49.4~50.3 IU/L), GPT (14.2~14.4 IU/L)와 glucose (37.3~49.7 mg/이)함량에 있어서는 모든 실험구에서 유의적으로 차이가 나타나지 않았다.

전어체 일반성분

실험사료를 섭취한 치어기 넙치의 체조성에 대한 결과는 Table 5에 나타내었다. 전어체의 일반성분의 조성은 수분은 73.6~73.8%, 조단백질 함량은 17.2~17.3%, 조지방 함량은 5.1~5.%, 조회분 함량은 3.5~3.6%로 나타났으며 모든 실험구에서 유의적인 차이가 나타나지 않았다.

실험 2. 치어기 넙치에 있어서 *E. tarda* 복강주사에 의한 누적생존율 조사

E. tarda FPC 799 균주로 복강주사한 후 13일째에 실험구별 누적 생존율을 조사한 결과 $SGC_{0.5}$가 대조구인 SGC_0에 비해서 누적 생존율이 높게 나타났으나($P<0.05$), $SGC_{0.5}$, $SGC_{1.0}$과 $SGC_{2.0}$ 실험구간들과 SGC_0, $SGC_{1.0}$과 $SGC_{2.0}$ 실험구간들에서는 유의적인 차이가 나타나지 않았다(Fig. 1). 복강 주사후 4일째부터 폐사체가 나타나기 시작하였으며, 6~9일 사이의 누적생존율은 송강약돌 첨가구인 SGC_0, $SGC_{1.0}$, $SGC_{2.0}$이 대조구인 SGC_0에 비해서 유의적으로 높게 나타났다($P<0.05$). 10~12일 사이에서는 $SGC_{0.5}$, $SGC_{1.0}$이 SGC0보다 유의적으로 높게 나타났다 ($P<0.05$). 13일째에 $SGS_{0.5}$은 72.7%의 생존율을 나타났으며, $SGS_{1.0}$은 22.2%, $SGS_{2.0}$은 16.7%, SGS_0은 0%의 누적생존율이 나타났다.

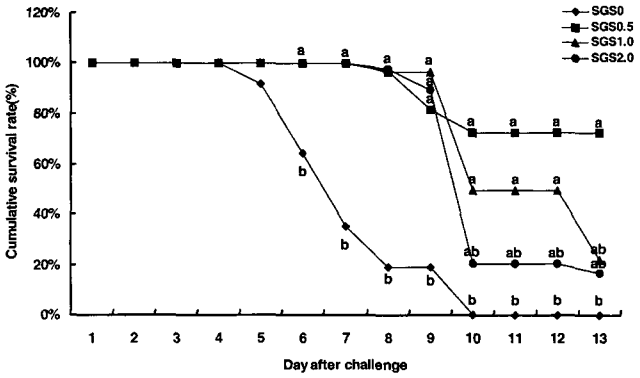

Fig. 1. Cumulative survival rate after intraperitoneal injection with *E. tarda* in juvenile olive flounder.

실험 3. 송강약돌의 항곰팡이효과 실험

실험 4주 후에 송강약돌 무첨가구에서는 *A. niger, P. pinophilum, C. globosum* 균의 성장이 나타났지만, 송강약돌 첨가구에서는 *A. niger, P. pinophilum, C. globosum* 균의 성장을 인지 할수 없었다.

고 찰

최근들어 맥반석 등 약돌은 축산업, 원예, 버섯재배, 의약품, 건강음료, 탈취재 등으로 활발히 사용되고 있다. 맥반석은 석영

반암에 속하는 암석으로 무수규산과 산화알루미늄이 주성분이며 40여종의 미네랄로 구성되어 생체 발육과 생리기능을 조절하여 세포의 활력을 유지하는데 도움을 준다고 알려져 있다. 이로 인해 동식물의 각종 질병 예방과 치료, 살균 작용, 체내 해독, 교감 신경계의 억제 작용, 생육 촉진, 수확량 증가의 효과가 있으며 유해물질 및 중금속을 흡착 분해하며 부패원인제거, 신선도 유지 기능을 가지는 것으로 보고되고 있다.

현재 양어용 사료첨가제 중에서 치어기 조피볼락에서 사료내 산가수분해물인 KH 1% (Choi et al., 2002)와 사료내 Pro, Thr, Met, Gly을 각각 0.3% (Kim et al., 2002a)첨가하였을때 성장 및 사료효율이 개선되는 것으로 보고 되고 있다. 그리고 치어기 넙치에서는 사료내 클로렐라 2% (Kim et al., 2002b), β-1,3 glucan 0.1% (Han, 2003), 어보산(Kim et al., 1998)을 첨가하였을때 성장효과가 있는 것으로 나타났다. 하지만, 본 실험에서는 치어기 넙치에 송강약돌을 사료내 0.5~2.0% 첨가시에 성장률과 사료효율 등 성장실험에 있어서는 별다른 효과가 나타나지 않았기 때문에 사료내 송강약돌 첨가가 성장률증대와는 직접적인 관련성이 없는 것으로 생각된다. 본 실험에서 헤모글로빈은 4.66~4.98 g/dl으로 나타났는데 이러한 측정값은 Sim et al. (1995)와 Kikuchi et al. (1994)가 보고한 넙치에서의 3.6~5.3 g/dl와 유사한 값을 나타내었다. 일반적으로 건강한 어류의 헤모글로빈 함량은 10 g/dl 정도라고 보고하고 있으며(Post, 1983), 아직도 어류에 대해서 정상적인 값은 증명되지 않고 있다. 그러나 필수영양소의 결핍 및 어종에 따른 환경조건과 성장상태에 따라서 변할 수 있다고 여러 연구자들은 밝히고 있다(Babin, 1987; Garrido et al., 1990). 본 실험에서 헤마토크리트는 20.7~24.7%로 나타났는데 이 결과는 Sim et al. (1995)의 보고와 매우 유사하게 나타났고, Alexis et al. 1985)의 무지개송어에 있어서 32~42%의 측정값보다는 낮은 값을 보였으며 성장기 잉어(Song, 1995)와 틸라피아(Bai et al., 1994)에 있어서의 44%보다는 낮은 값을 나타났다. 혈청성분에 있어서 Kim et al.(1998)은 사료첨가제로서 간기능향상 효과가 있는 어보산의 경우 넙치치어에서 어보산 첨가농도가 증가할수록 혈청내 총단백질과 글루코오스 함량은 증가하고 반면에 GOT, GPT은 감소하는 경향이 나타났다고 보고하였다. 하지만, 본 실험에서는 혈청내 총단백질 4.3~4.6 g/100 ml, 글루코스 37.3~49.7 mg/100 ml, GOT 49.4~50.3 IU/L, 14.2~14.3 IU/L로서 유의적인 차이가 나타나지 않았으며, Kim (2001), Han (2003)과 Sim et al. (1995)이 보고한 넙치의 혈청성분과 유사한 값을 나타냈다. 또한 혈청내 트리글리세라이드도 327~366 mg/dl로 실험구간의 유의적인 차이가 없었으며, 이러한 결과는 Kikuchi et al. (2000)이 보고한 수치와 유사하였다. 따라서, 혈청성분 분석으로는 송강약돌의 간기능향상, 면역 등의 사료내 첨가효과는 파악할 수 없었다. 전어체 조성에 있어서 Zeitler et al. (1984)과 Nandeesha et al. (1995)는 어체의 일반성분 조성에 있어서 동일한 종간 계통 차이, 수온, 증체량, 사료공급 및 사료배합에 영향을 받는다고 보고하였고, Murai et al. (1985)은 성장함에 따라 체지방의 함량은 증가하는 반면에 체단백질과 회분의 함량 변화는 적은 것으로 보고하였으나, 본 실험에서는 일반성분 조성에서 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 치어기 넙치 사료내 알로에 0.5% (Kim et al., 2002c), β-1,3 glucan 0.1% (Han, 2003)첨가시 *E. tarda*에 대한 내병성이 있는 것으로 보고 되었다. 본 실험에서는 처음 성장실험 8주동안 사료내 송강약돌 수준에 상관없이 생존율은 모든 실험구에서 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 하지만, 8주실험 후 남은 어류의 복강에 *E. tarda*를 주사하여 13일후에 생존률을 조사하였을때, 송강약돌 0.5% 첨가시 72.6%의 높은 생존율을 보였지만, 다른 실험구는 30% 이하의 낮은 생존율을 보였다. 이러한 결과로 볼때, 8주동안의 성장실험동안 체내에 사료내 송강약돌을 0.5% 첨가시 송강약돌의 축적효과가 나타난 것으로 생각된다. 축산사료와 달리 양어사료는 동물성 단백질원을 많이 이용하기 때문에 항산화제, 항균제 등 품질관리가 필수적이다. 하지만, 현재 양어장에서는 생사료와 양어용 배합사료에 대한 품질관리기준이 마련되어 있지 않아 관리소홀과 품질관리에 대한 지식부재 등으로 인해 사료내 곰팡이 균의 생성과 과산화지질의 독성 등의 문제점을 인지하지 못하고 있으며, 이러한 것들이 성장저하, 질병발생 및 폐사 등의 문제점들을 일으킬 수 있다. 본 실험에서 *A. niger, P. pinophilum, C. globosum*에 대하여 송강약돌은 항균효과가 있는지 ASTM G-21 분석방법에 따라 알아보았는데, 4주 동안 균의 성장을 인지 할 수 없었다. 이러한 결과로 볼때, 이 균들에 대하여 사료내에 송강약돌 첨가시 항균효과가 있는 것으로 나타났다. 실제 곰팡이 균의 경우 약산성의 생육조건을 좋아하는 것으로 보고되고 있으며, 송강약돌의 경우 약알칼리성으로 약돌에서부터 미량의 해리된 항균금속이온 등이 항곰팡이의 역할을 한 것으로 추정된다. 하지만, 항균효과와 어병과의 상호관계에 대한 연구가 지속적으로 이루어져야 할 것으로 생각된다.

따라서, 본 실험의 결과를 통하여 송강약돌은 급속한 양식업의 팽창과 더불어 고밀도 사육과 같은 문제로 인해 생산성 저하 및 어병이 빈번하게 발생하고 있는 국내 양식산업에 성장과 사료효율에 악영향을 끼치지 않고 넙치에 있어 사료첨가제로서 *E. tarda*에 대한 내성으로 생존율 향상에 도움이 될 것으로 판단된다. 또한, *A. niger, P. pinophilum, C. globosum*곰팡이에 대한 항균효과로 사료의 품질관리를 위한 사료첨가제로서 양어사료에 이용 가능할 것으로 사려된다. 나아가 비특이적 면역반응, 항균효과 및 어병과의 상관관계에 대한 연구들이 지속적으로 이루어져야 될 것으로 생각되며, 아울러 송강약돌의 어떠한 성분이 그 역할을 하는지 생화학적인 메카니즘을 파악하는 연구가 이루어져야 될 것으로 생각된다. 앞으로, 사료내 성장촉진 및 면역증강효과가 있는 첨가제를 개발한다면 어류의 육질개선과 내병성 증대와 수질정화에 큰 효과가 있을 것으로 생각되며 양식생산량 증대에도 도움이 될 것으로 기대된다.

요 약

본 연구는 치어기 넙치 사료내 성장 및 면역 증강을 위한 사료 첨가제로서 송강약돌의 이용가능성을 알아보기 위해 성장실험, *E. tarda* 복강주사에 의한 누적생존율 조사, *A. niger*, *P. pinophilum*, *C. globosum*에 대한 항곰팡이 효과 실험이 실시되었다. 첫 번째 성장실험에서는 8주동안 평균무게 4.7±0.04 g (mean±SD) 실험어를 40 L 사각 수조에 각 실험구 당 각각 25마리씩 3반복으로 무작위 배치하여 실시하였다. 실험사료는 송강약들을 사료내 0, 0.5, 1.0, 2.0% 수준으로 첨가하여 제작되었으며, 일일 사료공급량은 어체중의 4~5%를 1일 2회 공급하였다. 8주간의 실험결과, 성장률, 사료효율 등 성장효과에 대해서는 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 헤모글로빈(4.66~4.98 g/100 dl), 헤마토크리트(20.7~24.7%), 총단백질(4.3~4.6 g/dl), 트리글리세라이드(327~366 mg/dl), GOT (49.4~50.3 IU/L), GPT (14.2~14.4 IU/L)와 글루코스(37.3~49.7 mg/dl)함량에 있어서도 모든 실험구에서 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 또한 전어체의 일반성분 조성에서도 유의차가 없었다. 두번째 *E. tarda* 복강주사에 의한 누적생존율 조사 실험은 박테리아 부유물을 0.1 ml씩 복강 주사한 후 누적생존율을 기록하였다. 13일 후에 $SGS_{0.5}$은 72.7%의 생존율을 나타났으며, $SGS_{1.0}$은 22.2%, $SGS_{2.0}$은 16.7%, SGS_0은 0%의 누적생존율이 나타났다. 세 번째 실험은 *A. niger*, *P. pinophilum*, *C. globosum*에 대한 사료의 항곰팡이 효과 실험이었다. 곰팡이 접종후, 4주 후에 사료내 송강약돌 첨가시 곰팡이의 성장을 인지 할수 없었다. 따라서, 상기 결과에 의하여 치어기 넙치에 있어서 사료내 송강약돌 0.5% 첨가하였을때 성장 및 사료효율의 저하없이 질병저항성 및 항균제로서 좋은 효과를 나타낼 수 있을 것으로 생각된다.

사 사

이 연구는 부경대학교 사료영양연구소와 (주)다비스톤이 산학연 컨소시엄으로 수행된 결과이며, 연구개발비 지원과 함께 시료를 제공해주신 (주)다비스톤에 감사드립니다.

참고문헌

Alexis, M. N., E. Papaparaskeva-Papoutsoglou and V. Theochari, 1985. Formulation of paractical 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.

AOAC, 1995. Official methods of analysis, 16th Ed., Association of Official Analytical Chemists. Arlington, Virginia, USA.

Babin, P. J. 1987. Apolipoproteins and the association of egg yolk proteins with plasma high density lipoproteins after ovulation and follicular atresia in the rainbow trout (*Salmo gairdneri*). J. Biol. Chem., **262**: 4290–4296.

Bai, S. C. and D. M. Gatlin., 1994. Effects of L-lysine supplementation of diets with different protein levels and sources on channel catfish (*Ictalurus Punctatus*). Aquaculture and Fish. Man., **25**: 465–474.

Brown, B. A., 1980. Routine hematology procedures. In Hematology: Principles and Procedures. pp. 71–112. Lea and Febiger, Philadelphia.

Choi, D. U., P. K. Jung, K. T. Um, N. K. Park, and S. D. Park, 1987. A Study on the mineralogical characteristics and its agricultural use of barley stone. J. Korean. Soc. Soil Sci. Fert., **20**(3): 199–204.

Choi, Y. J., N. J. Lee, Y. J. Cho and S. C. Bai, 2002. Idenfification of feeding stimulants to improve efficency of diet for flatfish. J. Korean Fish. Soc., **35**(2): 196–200.

Garrido, L. G., R. M. Chapuli and A. V. Andres., 1990. Serum cholesterol and triglyceride levels in (*Scyliorhinus canicula*) during sexual maturation. J. Fish Biol., **36**: 499–509.

Han, Y. O. 2003. Synergistic effects of dietary β-1,3 glucan and feed stimulants in juvenile olive flounder (*Paralichthys olivaceus*). Ms. thesis, Pukyong National University, Busan, Korea, 53 pp.

Hayashi, H., 1997. Health effects of mineral dusts. J. Miner. Soc. Kor., **10**: 1–17.

Kikuchi, K., H. Sugita and T. Watanabe., 2000. Effect of dietary protein and lipid levels on growth and body composition of Japanese flounder. Suisanzoshoku, **48**(3): 537–543.

Kikuchi, K., T Furuta and H. Honda., 1994. Utilization of feather meal as a protein source in the diet of juvenile Japanese flounder. Fish. Sci., **60**(2): 203–206.

Kim, D. S., J. H. Kim, C. H. Jeong, S. Y. Lee, S. M. Lee, and Y. B. Moon, 1998. Utilization of Obosan (dietary herbs) I. Effects on survival, growth, feed conversion ratio and condition factor in olive flounder (*Paralichthys olivaceus*). J. of Aquaculture, **11**: 213–221.

Kim, K. W. 2001. Evaluation of the optimum dietary protein to energy ratio of olive flounder (*Paralichthys olivaceus*), Korean rockfish (*Sebastes shlegeli*) and parrot fish (*Oplegnathus fasciatus*). Ph. D. thesis, Pukyong National University, Busan, Korea, 123 pp.

Kim, K. W, G. J. Park, I. H. Ok, S. C. Bai, Y. J. Choi and I. S. Shin, 2002a. Effects of dietary synthetic amino acid supplementation in Korean rockfish fry (*Sebastes schlegeli*). J. of Aquaculture, **15**(3): 157–163.

Kim, K. W., S. C. Bai, J. W. Koo, X. J. Wang and S. K. Kim, 2002b. Effect of dietary *Chlorella Ellipsoidea* supplementation on growth, blood characteristics, and whole-body composition in juvenile japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*). J. of World Aquaculture. Soc., **33**(4): 425–431.

Kim, K. H., Y. J. Hwang, K. W. Kim, S. C. Bai and D. S. Kim, 2002c. Effect of dietary aloe on chemiluminescent responses of peripheral blood phagocytes and resistance against *Edwardsiella tarda* Ewing and Mcwhorter 1965 in the cultured olive flounder (*Paralichthys olivaceus*). Aquaculture Res., **33**: 147–150.

Murai, T., T. Akiyama and T. Takeuchi. 1985. Effect of dietary

protein and lipid levels on performance and carcass composition of fingerling carp. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., **51**(4): 605–608.

Nandeesha, M. C., S. S. De Silva and D. S. Murthy. 1995. Use of mixed feeding schedules in fish culture: performance of common carp (*Cyprinus carpio*) on plant and animal protein based diets. Aquaculture Res., **26**: 161–166.

Post, G., 1983. Nutrition and nutritional diseases of fish In: Textbook of fish health. TFH. Publications, Inc., Ltd., 199–207pp.

Sim, D. S., S. H. Jung and S. D. Lee. 1995. Changes of blood parameters of the cultured flounder (*Paralichthys olivaceus*) naturally infected with *Staphylococcus epidermidis*. Bull. Nat. Fish. Res. Dev. Age., **49**: 149–155.

Son, Y. S., S. H. Kim, S. H. Hong and S. H. Lee. 1998. Effects of feeding bentonite and granite porphyry on ruminal buffering activity and fermentation pattern. Korean J. Dairy Sci., **20**(1): 21–32.

Song, M. H. 1995. Studies on utilization of blood meal as a source of dietary protein in growing common carp (*Cyprinus carpio*). Ms. thesis, Pukyong National University, Busan, Korea, 34pp.

Yoo, S. J. 2003. Removal characteristic of heavy metal by Song-Gang® stone. Ms. thesis, Kyungsung University, Busan, Korea, 65 pp.

Zeitler, M. H., M. Kirchgessner and F. J. Schwarz, 1984. Effects of different protein and energy supplies on carcass composition of carp (*Cyprinus carpio L.*). Aquaculture, **36**: 37–48.

원고접수 : 2003년 8월 25일
수정본 수리 : 2003년 12월 2일
책임편집위원 : 이상민