J. of Aquaculture
Vol. 16(4) : 210-215, 2003

한국양식학회지
Journal of Aquaculture
©Korean Aquaculture Society

배합사료에 미역, 어보산 및 고추냉이 첨가가 넙치 치어의 성장, 체성분, 혈액성상 및 비특이적 면역능에 미치는 효과

박상언 · 권문경 · 이윤호 · 김경덕 · 신일식[1] · 이상민[1]*
국립수산과학원 동해수산연구소, [1]강릉대학교 해양생명공학부

Effects of Supplemental *Undaria*, Obosan and Wasabi in the Experimental Diets on Growth, Body Composition, Blood Chemistry and Non-specific Immune Response of Juvenile Flounder, *Paralichthys olivaceus*

Sang-Un Park, Mun Gyeong Kwon, Yoon-Ho Lee, Kyoung-Duck Kim,
Il-Shik Shin[1] and Sang-Min Lee[1]*
National Fisheries Research and Development Institute, Busan 619-900, Korea
[1]*Faculty of Marine Bioscience and Technology, Kangnung National University, Gangneung 210-702, Korea*

When fed on one of the six isonitrogenous (45%) and isolipic (8%) feed containing 5 or 10% *Undaria*, 2% wasabi leaf, 2% wasabi stem and 0.5% herb (Obosan) for a period of 8 weeks, 95~98% juvenile flounder survived. Growth, feed efficiency and condition factor of the flounder fed on diet containing 0.5% herb were significantly ($p<0.05$) higher than those fed on diet supplemented with 10% *Undaria*. There was no significant ($p>0.05$) differences in moisture, crude protein, lipid and ash of the flounder receiving the different diets. The flounder fed on diet supplemented with 10% *Undaria* had the highest moisture but the lowest lipid in liver. Hematological paramaeters such as red blood cell, hematocrit and hemoglobin and serum constituents such as glucose, total cholesterol and glutamic-oxalaoacetic transaminase of the flounder fed on the diets varied but no specific trend became apparent. Lysozyme activity in the serum of the flounder fed on diet supplemented with 5% *Undaria* and the herb, as well as nitroblue tetrazolium (NBT) reduction of macrophage in the head kidney of the flounder fed on diet containing the herb and 2% wasabi stem were significantly ($p<0.05$) higher than those receieving control diet. Briefly, the herb supplementation promoted growth and that of *Undaria* and wasabi stem enhanced non-specific immune response.

Keywords: Dietary additive, *Undaria*, Obosan, Wasabi, Non-specific immune response

서 론

어류의 질병 치료는 발병 후 약제에 의존하기 때문에 치료 약제의 선택과 치료 기간 등에 따라 비용이 과다하게 소요될 수 있으며, 약제의 남용으로 인하여 내성균을 출현시킬 뿐 아니라 환경을 악화시켜 치료에 어려움을 더욱 가중시키고 있다(Aoki et al., 1985; 권 등, 1999). 내성균에 의한 질병 발생의 대책으로 사료에 유용물질을 첨가하여 어류의 면역능 및 생리 상태를 개선시키는 연구들이 활발히 진행되어 왔는데, 사료에 peptidoglycan, *Ulva* 및 *Chlorella*-extract 첨가가 양식어의 질병 저항력을 증가시키는 것으로 알려져 있으며(Nakagawa et al., 1981; Satoh et al., 1987; Matuso and Miyazono, 1993), 감초에서 분리된 triteponoid saponin계의 일종인 glycyrrhizin은 나일틸라피아의 성장과 질병 저항성을 향상시키는 것으로 보고 되었다(Jang et al., 1992).

사료 첨가제의 효능은 어종이나 사료조성 및 사료품질 등에 따라서 다를 수 있으므로(Lindsay et al., 1984; Kono et al., 1987; Shiau and Yu, 1999), 첨가제 사용시에는 반드시 이에 대한 고려가 있어야 한다. 즉, 품질이 우수하고 양식 대상종이 요구하는 영양소나 물질이 충분히 함유된 사료에 첨가제의 사용은 예상했던 만큼 그 효능을 발휘하지 못할 수 있다(Lee et al., 2000). 또한, 효능이 있다고 해서 첨가제의 농도를 적정 함량 이상 사용하는 것은 첨가제의 종류에 따라서 오히려 부작용이 나타날 수도 있으며(Shiau and Yu, 1999), 그에 따른 경제적인 불이익을 초래할 것이다. 따라서 양식어의 성장, 품질 및 생리 상태를 향상시킬 수 있는 첨가제의 효능은 첨가제 종류 및 첨가범위에 따른 생리적인 변화 등을 고려하면서 연구되어야 할 것이다. 그

*Corresponding author: smlee@kangnung.ac.kr

래서 본 연구에서는 배합사료의 첨가제로서 미역 분말, 한약제(어보산) 및 고추냉이가 넙치 치어의 성장, 체성분, 혈액성상 및 비특이적 면역능에 미치는 효과를 조사하였다.

재료 및 방법

실험사료

미역(*Undaria pinnatifida*) 분말, 어보산(성암산업, 서울) 및 고추냉이(*Wasabia japonica*)의 첨가효과를 조사하기 위하여 대조사료(Con)의 소맥분 대신 미역 분말을 5%(U5) 및 10%(U10), 어보산을 0.5%(HO), 고추냉이 잎(WL)과 줄기(WS) 건조 분말을 각각 2%씩 첨가한 모두 6종류의 실험사료를 설정하였다(Table 1). 대조사료는 북양어분(간접식, 개척호, 국산)을 주 단백질원으로 사용하였으며, 오징어간유를 지질원으로, 소맥분과 감자전분을 탄수화물원으로 각각 사용하여 모든 실험사료의 영양소 함량이 넙치의 성장에 적합하도록 설계하였다(Kim et al., 2002; Lee et al., 2002, 2003). 이와 같이 설계된 원료들을 분말형태로 잘 혼합하고, 물을 첨가하여 수분을 30% 전후가 되도록 하여 moist pellet 제조기로 실험사료를 압출 성형하였다. 성형된 사료는 실온에서 24시간 건조한 후 -30°C에 보관하면서 사료 공급시 마다 사용하였다.

Table 1. Ingredients and nutrient contents of the experimental diets

	Diets					
	Con	U5	U10	HO	WL	WS
Ingredients (g/100 g)						
White fish meal (70.0% CP, 7.5% CL)	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0
Potato starch	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
Wheat flour	22.5	17.5	12.5	22.0	20.5	20.5
Squid liver oil	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Undaria powder (20.0% CP, 1.0% CL)		5.0	10.0			
Herb (Obosan)[1]				0.5		
Wasabi leaf (19.0% CP, 3.9% CL)					2.0	
Wasabi stem (8.3% CP, 1.5% CL)						2.0
Vitamin premix[2]	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Mineral premix[3]	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Choline salt	0.5	0.5	0. 5	0.5	0.5	0.5
Nutrient contents (%, dry matter basis)						
Crude protein	45.6	45.5	46.5	45.0	45.8	45.2
Crude lipid	7.5	7.9	7.7	7.6	7.8	7.8
Ash	15.7	15.8	16.3	16.5	16.2	15.6
n-3HUFA[4]	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4

[1]Provided by Sung-Am Co., Seoul, Korea.
[2]Vitamin premix contained the following amounts, which were diluted in cellulose (g/kg premix): L-ascorbic acid, 121.2; DL-α-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, 0.0031.
[3]Mineral premix contained the following ingredients (g/kg premix): $MgSO_4 7H_2O$, 80.0; $NaH_2PO_4 \cdot 2H_2O$, 370.0; KCl, 130.0; Ferric citrate, 40.0; $ZnSO_4 7H2O$, 20.0; Ca-lactate, 356.5; CuCl, 0.2; $AlCl_3 6H_2O$, 0.15; KI, 0.15; $Na_2Se_2O_3$, 0.01; $MnSO_4 H_2O$, 2.0; $CoCl_2 6H_2O$, 1.0.
[4]Highly unsaturated fatty acids ($C \geq 20$).

실험어 및 사육관리

사육 실험은 평균 체중 8.4±0.19 g(평균±표준편차)의 넙치를 300L fiber reinforced plastic 원형수조에 각각 3반복으로 각 수조에 30마리씩 수용하여 8주간 실시하였다. 실험사료는 매일 오전(09:00)과 오후(17:00)에 실험어가 먹을 때까지 손으로 던져 주었으며, 실험 개시시와 종료시에 측정 전일 절식시킨 후 각 실험수조에 수용된 실험어 전체의 무게를 측정하였다. 사육수는 각 수조마다 분당 4L로 조정하여 흘려주었으며, 사육기간 동안의 수온은 20.1±1.94°C(평균±표준편차)였고, 비중은 1.024±0.0011이었다. 이와 동시에 실험기간 중에 혈액 성상을 조사하기 위하여 각 실험구마다 별도로 한 수조씩을 설정하여 채혈에 사용하였다. 혈액 분석을 위하여 사육기간 중 2주 간격으로 측정 전일 절식시킨 후 각 실험구 당 6마리 실험어의 미부정맥에서 헤파린 처리된 1 ml 주사기로 채혈하였으며, 어체의 성분 분석용으로 실험 시작시 30마리를, 실험 종료시 각 실험수조에서 10마리의 실험어를 sample하여 냉동(-75°C) 보관하였다.

혈청의 라이소자임 활성 및 식세포의 활성 산소 측정

혈청의 라이소자임 활성은 Parry et al.(1965)의 turbidimetric 방법에 따라 *Micrococcus lysodeikticus*(0.2 mg/ml) 현탁액(pH 6.2) 950 μl와 혈청 50 μl를 혼합하여 25°C에서 30초 및 4분 30초 동안 반응시킨 후 530 nm에서 흡광도를 측정하였다. 라이소자임 활성은 units/ml로 나타내었으며, 1 unit는 흡광도 값이 0.001/min 감소한 양으로 계산하였다.

식세포의 활성 산소 측정을 위해서 실험어의 두신을 무균적으로 분리하여 2% fetal calf serum, 1% penicillin과 streptomycin, 0.2% heparin이 함유된 L-15 medium을 소량 분주한 disposable petridish에서 40 μm nylon membrane을 통과시켜 세포 현탁액을 준비하였다. 준비된 세포 현탁액을 51% percoll에 중층 시킨 후 3,000 rpm에서 25분간 원심 분리하여 백혈구를 분리하였으며, 분리된 백혈구는 0.1% tryphan blue에서 viability를 관찰한 후 2×10^6 cells/ml의 농도로 조정하여 microculture well에 분주한 다음 20°C에서 2시간 부착시켜 식세포를 준비하였다. 옵소닌화된 zymosan을 nitroblue tetrazolium(NBT) mg/L-15 medium ml로 현탁시킨 다음, 식세포가 부착된 microculture well에 NBT 용액을 100 μl씩 첨가하여 20°C에서 30분 동안 반응시킨 후 100% methanol로 고정시켰다. 각 well에 2M KOH 용액 120 μl와 dimethyl sulphoxide 140 μl를 첨가한 후 630 nm에서 흡광도를 측정하였다. Blank로는 2M KOH와 dimethyl sulphoxide의 혼합 용액을 사용하였다.

성분분석 및 통계처리

실험사료와 어체의 일반성분은 AOAC(1990)의 방법에 따라, 조단백질(N×6.25)은 Auto Kjeldahl System(Buchi B-324/435/412, Switzerland; Metrohm 8.719/806, Switzerland)을 사용하여 분석하였고, 조지방은 ether를 사용하여 분석하였으며, 수분은 105°C의 dry oven에서 6시간 동안 건조 후 측정하였으며, 조회분은 550°C의 회화로에서 4시간 동안 태운 후 측정하였다.

적혈구수는 멸균생리식염수로 희석한 후 혈구계산기를 사용하여 계수하였으며, 헤마토크리트치는 capillary tube에 혈액을 채운 후 8,000 rpm으로 5분간 원심 분리하여 측정하였으며, 헤모글로빈은 임상용 kit(아산제약)을 사용하여 측정하였다. 혈청의 글루코스, 총콜레스테롤 및 glutamic-oxaloacetic transaminase 농도는 혈액자동분석기(Boehringer Mannhein, Germany)를 사용하여 분석하였다.

결과의 통계처리는 ANOVA-test를 실시하여 Duncan's multiple range test(Duncan, 1955)로 평균간의 유의성을 SPSS Version 10.0(SPSS, Michigan Avenue, Chicago, IL, USA) program을 사용하여 검정하였다.

결 과

8주간 넙치 치어를 사육한 결과는 Table 2를 나타내었다. 생존율은 95~98%로 모든 실험구간에 유의적인 차이가 없었다(P>0.05). 증중량(g/fish)은 어보산 첨가구가 55.3 g으로 가장 높아 미역 분말 10% 첨가구의 38.6 g보다 유의하게 높았지만(P<0.05), 타 실험구의 48.1~49.8 g과는 유의한 차이가 없었다(P>0.05). 사료효율도 어보산 첨가구가 가장 높아 미역 분말 10% 첨가구보다 유의하게 높았지만(P<0.05), 타 실험구와는 역시 유의적인 차이가 없었다(P>0.05). 일일사료섭취율은 미역 분말 10% 첨가구가 가장 높았다(P<0.05). 단백질 섭취에 따른 증체량을 나타내는 단백질효율은 어보산 첨가구가 미역 분말 첨가구 및 고추냉이 줄기 첨가구에 비해 유의하게 높았지만(P<0.05), 대조구 및 고추냉이 잎 첨가구와는 유의한 차이가 없었다(P>0.05). 비만도는 어보산 첨가구가 가장 높았지만 미역 분말 10% 첨가구를 제외한 타 실험구와는 유의한 차이가 없었으며(P>0.05), 간중량 지수는 미역 분말 첨가구가 타 실험구에 비해 낮았다(P<0.05).

사육 실험 종료시, 전어체와 간의 성분 분석 결과를 Table 3에 나타내었다. 전어체의 수분, 단백질, 지질 및 회분함량은 사료 첨가제의 종류에 영향을 받지 않았다(P>0.05). 간의 수분 함량은 미역 분말 10% 첨가구가 가장 높았으나(P<0.05), 지질 함량은 미역 분말 10% 첨가구가 미역 분말 5% 첨가구를 제외한 타 실험구보다 유의하게 낮았다(P<0.05). 그러나 간의 단백질 함량은 모든 실험구간에 유의한 차이가 없었다(P>0.05).

사육 기간 중 혈액의 생화학적 성분들을 분석한 결과, 적혈구수(178~373×10^4/mm^3), 헤마토크리트치(28.3~46.7%), 헤모글로빈(4.3~7.7 g/100 ml), 혈청의 글루코스(9.4~34.0 g/100 ml), 총콜레스테롤(228~385 g/100 ml) 및 glutamic-oxaloacetic transaminase (42~165 IU/ml) 농도는 사육기간 동안 사료의 첨가제에 따른 특별한 변화 경향을 보이지 않았다.

어류의 비특이적 면역계의 인자로써 라이소자임 활성(Fig. 1)과 식세포의 활성화 산소(Fig. 2)를 조사한 결과, 혈청 라이소자임 활성은 대조구의 150 unit/ml에 비해 미역 분말 5% 첨가구와 어보산 첨가구가 각각 315와 337 unit/ml로 유의하게 높았으며(P<0.05), 식세포의 활성은 어보산 첨가구(1.05)와 고추냉이 줄기 첨가구(1.22)가 대조구(0.35) 보다 유의하게 높았다(P<0.05).

고 찰

양식 어류의 성장 및 품질 개선 뿐 만 아니라 생리적인 기능

Table 2. Growth performance of juvenile flounder fed on the experimental diets containing different additives for 8 weeks*

	Diets					
	Con	U5	U10	HO	WL	WS
IMW[1]	8.4±0.12[ns]	8.2±0.13	8.4±0.19	8.4±0.13	8.5±0.09	8.3±0.15
WG[2]	49.8±1.40[ab]	49.0±1.65[ab]	38.6±1.74[a]	55.3±1.56[b]	48.1±0.43[ab]	48.3±0.58[ab]
FE[3]	97±3.2[ab]	93±1.5[ab]	79±3.1[a]	103±0.4[b]	98±3.7[ab]	92±3.4[ab]
DFI[4]	1.70±0.06[a]	1.76±0.03[a]	1.96±0.06[b]	1.65±0.01[a]	1.67±0.06[a]	1.77±0.05[a]
PER[5]	2.15±0.07[bc]	2.05±0.09[b]	1.72±0.08[a]	2.28±0.03[c]	2.18±0.09[bc]	2.04±0.07[b]
CF[6]	1.14±0.05[ab]	1.11±0.01[ab]	1.05±0.05[a]	1.20±0.04[b]	1.14±0.01[ab]	1.13±0.04[ab]
HSI[7]	1.24±0.09[c]	1.00±0.04[b]	0.80±0.03[a]	1.29±0.04[c]	1.18±0.09[bc]	1.29±0.06[c]

*Values (mean±SE of three replications) in the same row not sharing a common superscript are significantly different (P<0.05).
[ns]Not significant (P>0.05).
[1]Initial mean weight (g/fish).
[2]Weight gain (g/fish).
[3]Feed efficiency (%)=fish wet weight gain×100/feed intake (dry matter basis).
[4]Daily feed intake=feed intake×100/[(initial fish wt.+final fish wt.+dead fish wt.)×days fed/2].
[5]Protein efficiency ratio=fish wet weight gain/protein intake.
[6]Condition factor=(body weight/total body length^3)×100.
[7]Hepatosomatic index=(liver weight/body weight)×100.

Table 3. Proximate compositions of the whole body and liver in juvenile flounder fed on the experimental diets containing different additives for 8 weeks*

	Initial	Diets					
		Con	U5	U10	HO	WL	WS
Whole body							
Moisture	77.0	73.1±0.18^{ns}	74.0±0.78	74.1±0.17	73.7±0.48	73.1±0.48	72.9±0.54
Crude protein	16.8	19.5±0.29^{ns}	19.4±0.13	19.6±1.04	19.4±0.15	19.6±0.58	19.5±0.37
Crude lipid	2.9	2.7±0.62^{ns}	2.4±0.42	1.8±0.14	2.5±0.35	3.0±0.54	2.4±0.53
Ash	3.5	4.0±0.08^{ns}	4.1±0.15	4.0±0.07	3.9±0.15	3.8±0.13	3.9±0.03
Liver							
Moisture		60.0±0.74^{a}	64.9±1.74^{b}	69.9±1.06^{c}	61.5±0.45^{ab}	64.3±0.25^{b}	60.2±2.27^{a}
Crude protein		10.4±0.97^{ns}	10.3±1.01	11.9±0.30	10.1±0.11	11.0±0.77	9.5±0.56
Crude lipid		17.9±1.10^{bc}	15.2±1.61^{ab}	11.3±0.84^{a}	17.8±0.78^{bc}	19.7±1.83^{c}	19.3±1.36^{c}

*Values (mean±SE of three replications) in the same row not sharing a common superscript are significantly different (P<0.05).
^{ns}Not significant (P>0.05).

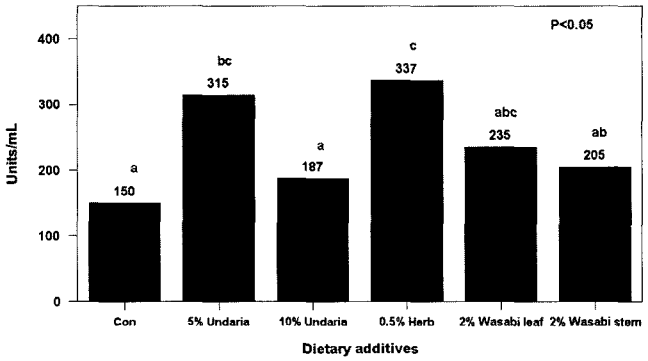

Fig. 1. Lysozyme activity in serum of the juvenile flounder fed on the experimental diets containing different additives for 8 weeks.

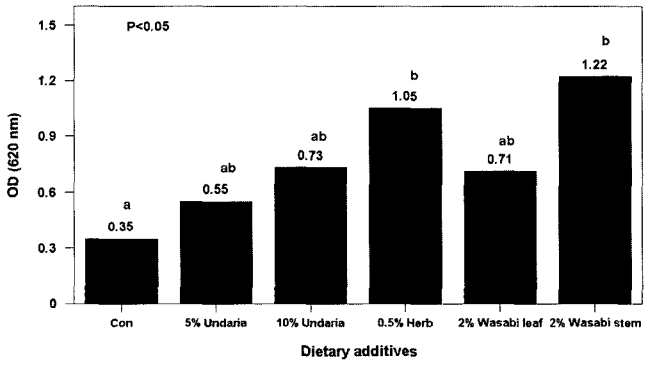

Fig. 2. *Nitroblue tetrazolium* (NBT) *reduction of macrophage in* head kidney of the juvenile flounder fed on the experimental diets containing different additives for 8 weeks.

강화를 위한 천연식물자원 및 한방 생약제재와 같은 각종 첨가제들의 효능은 많은 연구자들에 의하여 조사되어져 왔다(Nagakawa et al., 1981; Satoh et al., 1987; Kim et al., 1998). 본 연구에서 첨가된 미역 분말, 어보산 및 고추냉이 중에서 어보산이 넙치 치어의 성장과 사료효율 개선에 효능을 나타내었다. 이미 넙치를 대상으로 한 기존의 연구에서도 습사료 및 배합사료에 어보산을 첨가함으로써 성장과 사료효율이 증가되었으며 육질도 향상되었다고 보고된 바 있어(Kim et al., 1996; 1998; Lee et al., 1998) 본 연구의 결과와 유사하였다.

사료에 클로렐라, 다시마 및 파래와 같은 해조류의 첨가는 어류의 생리 기능과 사료효율을 향상시킨다고 보고되어 있으며(Nakagawa, 1985; Nakagawa and Kasahara, 1986; Satoh et al., 1987; Lee et al., 1998), Yi and Chang(1994)은 습사료에 3~7%의 미역 분말 첨가는 조피볼락 치어의 성장과 사료효율을 개선하였다고 보고하였다. 또한 사료에 5~10%의 미역 분말 첨가는 참돔의 성장 및 영양소 이용효율을 증가시켰다고 보고된 바 있다(Yone et al., 1986a; b). 그러나 본 연구에서는 5%의 미역 분말 첨가는 타 실험구들과 비교하여 증중량과 사료효율에서 차이를 보이지 않았지만 미역 분말 첨가 수준이 5%에서 10%로 증가함에 따라 오히려 성장과 사료이용효율이 감소하여 기존의 연구들과 차이를 보였는데, 이러한 차이는 실험 어종 및 사용된 사료의 원료나 조성비와 관련이 있을 것으로 판단된다. 그리고 본 연구의 미역 분말 10% 첨가구는 타 실험구에 비해 높은 사료섭취률을 보였는데, 이는 넙치가 식물성 원료에 대한 소화율이 낮기 때문으로 판단되며, 부족한 에너지를 충족시키기 위해 사료섭취량이 상대적으로 높아진 것으로 생각된다. 이미 넙치 치어의 식물성 단백질원 대두박의 이용성에 관한 연구에서 Kim et al.(2000)은 사료의 대두박 첨가수준이 높을수록 일일사료섭취율이 증가하였다고 보고한 바 있다.

또한 사료에 미역 분말을 첨가함으로써 전어체와 간의 지질함량은 감소하는 경향을 보였는데, 참돔과 은어의 경우에도 사료에 파래나 클로렐라와 같은 해조류의 첨가는 어체의 근육, 간 및 복강내 지방조직의 지질량을 감소시키는 것으로 보고되어(Nakagawa and Kasahara, 1986; Nematopour et al., 1987) 본 연구의 결과와 일치하였다.

고추냉이 정유의 휘발성분인 ally lisothiocyanate는 맛과 향으로 인한 식욕 및 소화촉진 작용이외에도 병원미생물의 증식을 저해하는 효과가 있는 것으로 알려져 있으며(Seo et al., 1995; Shin, 2001), 서양고추냉이(*Armoracia rusticana*)의 MeOH 추출물과 이 식물에서 분리한 kaempferol 배당체들은 흰쥐의 간

에서 과산화지질생성 억제효과(*in vitro*)를 나타내었다(Hur et al., 1998). 본 연구에서는 사료에 고추냉이의 첨가는 넙치 치어의 성장과 사료이용효율에는 영향을 미치지는 않았지만 식세포의 활성화 산소 생성을 증가시킨 점을 감안하여 차후 고추냉이가 어류의 면역 반응에 미치는 영향에 대해서는 첨가범위 및 생리적인 역할 등을 고려하여 상세한 연구가 이루어져야 할 것이다.

어류 혈청 중의 라이소자임은 세균의 세포벽 구성성분의 하나인 peptidoglycan에 작용하여 세포벽의 삼투압 작용에 손상을 주어 용균시키지만, 존재 부위와 활성은 어종에 따라 다른 것으로 알려져 있다. 라이소자임은 많은 어류에서 정균 효과가 있는 것으로 보고되었는데(Grinde, 1989), 김 등(1992)은 넙치의 라이소자임은 *Micrococcus luteuse*, *Aeromonas hydrophila*, *Pseudomonas fluorescens* 및 *Streptococcus epidermis*에 대하여 높은 정균 효과를 나타내었다고 보고하였으며, 실제 생체 내에서는 보체 및 식세포 등과 협력하여 훨씬 높은 용균 효과를 보일 것이라고 하였다. 박 등(1996)은 한국산 메기(*Silurus asotus*)에 β-glucan 접종 시, 권 등(1999)은 구기자를 나일틸라피아에 투여 시 라이소자임 활성이 증가된다고 하였으며, 본 연구에서도 대조구에 비하여 미역 분말 5%와 어보산 첨가구에서 라이소자임 활성이 높아 미역 분말과 어보산 첨가 사료의 공급은 넙치의 혈청 라이소자임 활성을 증가시키는 것으로 나타났다.

어류의 비특이적 면역계에서 중요한 역할을 수행하는 식세포는 병원체가 침입하여 자극하면 활성화 산소(O_2^-)와 같은 reactive oxygen species(ROS)를 생산하는데, 이 물질들은 강력한 살균효과가 있는 것으로 알려져 있다(Ellis, 1999). 실제 *in vitro*에서 알로에가 넙치 백혈구의 호흡폭발능을 증가시켰으며(Kim et al., 1999), *in vivo* 시험에서 구기자를 나일틸라피아에 경구 투여 시 유사한 결과를 나타내었는데(권 등, 1999), 본 연구에서도 어보산과 고추냉이 줄기 첨가구에서 활성화 산소의 생성이 높게 나타났다. 이상의 결과로 볼 때, 배합사료에 어보산 첨가는 넙치 치어의 성장을 개선시키는 데 도움이 될 것으로 기대되며, 미역, 어보산 및 고추냉이 줄기의 첨가는 넙치 치어의 비특이적 면역계 활성에 효과가 있는 것으로 판단된다.

요 약

넙치 치어 배합사료의 첨가제로서 미역 분말, 어보산 및 고추냉이의 효능을 조사하기 위하여 평균 체중 8.4g 의 넙치를 각 수조마다 30마리씩 3반복으로 수용하여 미역 분말, 어보산 및 고추냉이를 첨가한 6종류의 사료로 8주간 사육하였다. 생존율은 모든 실험구가 95% 이상이었으며, 증중량과 사료효율은 어보산 첨가구가 가장 높았지만 미역 분말 10% 첨가구를 제외한 타 실험구와는 유의한 차이가 없었다. 일일사료섭취율은 미역 분말 10% 첨가구가 가장 높았다(P<0.05). 단백질효율은 어보산 첨가구가 미역 분말 첨가구 및 고추냉이 줄기 첨가구에 비해 유의하게 높았지만(P<0.05), 대조구 및 고추냉이 잎 첨가구와는 통계적인 차이가 없었다. 비만도는 어보산 첨가구가 가장 높았지만 미역 분말 10% 첨가구를 제외한 타 실험구와는 유의한 차이가 없었으며, 간중량 지수는 미역 분말 첨가구가 타 실험구에 비해 낮았다(P<0.05). 실험 종료시 전어체의 수분, 단백질, 지질 및 회분함량은 모든 실험구간에 유의한 차이가 없었다. 간의 수분 함량은 미역 분말 10% 첨가구가 가장 높은 반면, 지질 함량은 가장 낮았다(P<0.05). 혈액 성상 및 혈청 성분은 사료의 첨가제에 따른 특별한 변화 경향을 보이지 않았다. 혈청 라이소자임 활성은 미역 분말 5% 및 어보산 첨가구가 대조구에 비해 유의하게 높았으며(P<0.05), 식세포의 활성은 어보산 첨가구와 고추냉이 줄기 첨가구가 대조구보다 유의하게 높았다(P<0.05). 이상의 결과로 볼 때, 배합사료에 어보산 첨가는 넙치 치어의 성장을 개선시키는 데 도움이 될 것으로 기대되며, 미역, 어보산 및 고추냉이 줄기의 첨가는 넙치 치어의 비특이적 면역계 활성에 효과가 있는 것으로 판단된다.

감사의 글

이 논문은 해양수산부의 수산특정연구개발사업비 및 한국과학재단 지정 강릉대학교 동해안해양생물자원연구센터의 연구비 지원에 의해 수행된 결과의 일부이며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

AOAC, 1984. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemicals, 14th edition. Arlington. AV. pp. 1141.

Aoki, T., T. Kanazawa and T. Kitao, 1985. Epidemiological surveillance of drug resistant *Vibrio anguillarum* strains. Fish Pathol., **29**: 199–208.

Duncan, D. B., 1955. Multiplerange and multiple F tests. Biometrics, **11**: 1–42.

Ellis, A. E., 1999. Immunity to bacteria in fish. Fish Shellfish Immunol., **9**: 291–308.

Grinde, B., 1989. Lysozyme from rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardon, as an antibacterial agent against fish pathogens. J. Fish Dis., **12**: 95–104.

Hur, J.-M., J. H. Lee, J.-W. Choi, G.-W. Hwang, S.-K. Chung, M.-S. Kim and J.-C. Park, 1998. Effect of methanol extract and kaempferol glycosides from *Armoracia rusticana* on the formation of lipid peroxide in bromobenzene-treated rats *in vitro*. Kor. J. Pharmacogn, **29**: 231–236.

Jang, S. I., J. Y. Jo and J. S. Lee, 1992. Effects of vitamins and glycyrrhizin added to oxidized diets on the growth and on the resistance to *Edwardsiella* infection of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. J. Aquacult., **5**: 143–155.

Kim, D. S., J. H. Kim, C. H. Jong, S.-M. Lee and Y. B. Moon, 1996. Effects of dietary herbs on growth and body composition in olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. J. Fish Pathol., **9**: 461–465.

Kim, D. S., J. H. Kim, C. H. Jong, 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. Fish. Pathol., **11**: 213–221.

Kim, K.-D., S.-M. Lee, H. G. Park, S. Bai and Y.-H. Lee. 2002. Essentiality of dietary n-3 highly unsaturated fatty acids in juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. J. World Aquacult. Soc., **33**: 432–440.

Kim, K. H., Y. J. Hwang and S. H. Bai, 1999. In vitro of Aloe on the respiratory burst activity of olive flounder (*Paralichthy olivaceus*) leucocytes. J. Fish. Pathol., **12**: 1–6.

Kim Y. S., B. S. Kim, T. S. Moon and S.-M. Lee, 2000. Utilization of defatted soybean meal as a substitute for fish meal in the diet of juvenile flounder (*Paralichthys olivaceus*). J. Korean Fish. Soc., **33**: 469–474.

Kono, M., T. Matsui and C. Shimizu, 1987. Effect of chitin, chitosan and cellulose as diet supplements on the growth of cultured fish. Nippon Suisan Gakkaishi, **53**: 125–129.

Lee, K. H., Y. S. Lee, J. H. Kim and D. S. Kim, 1998. Utilization of obosan (dietary herbs) II. Muscle quality of olive flounder, *Paralichthys olivaceus* fed with diet containing obosan. J. Aquacult., **11**: 319–325.

Lee, S.-M., D. J. Kim, J. K. Kim, S. B. Hur, J. K. Lee and H. K. Lim. 2000. Effects of *Kluyveromyces fragilis, Candida utilis* and brewer's yeast as an additive in the diet on the growth and body composition of juvenile Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*). J. Korean Fish. Soc., **33**: 463–468.

Lee, S.-M., C. S. Park and I. C. Bang, 2002. Dietary protein requirement of young Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* fed isocaloric diets. Fish. Sci., **68**: 158–164.

Lee, S.-M., Kim, K.-D., Lall, S. P. 2003. Utilization of glucose, maltose, dextrin and cellulose by juvenile flounder (*Paralichthys olivaceus*). Aquaculture, **221**: 427–438.

Lie, O., O. Evensen, A. Sorensen and E. Froysadal, 1989. Study on lysozyme activity in some fish species. Dis. Aquat. Org., **6**: 1–5.

Lindsay, G. J. H., M. J. Walton, J. W. Adron, T. C. Fletcher, C. Y. Cho and C. B. Cowey, 1984. The growth of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) given diets containing chitin and its relationship to chitinolytic enzymes and chitin digestibility. Aquaculture, **37**: 315–334.

Matuso, K. and I. Miyazono, 1993. The influence of long-term administration of peptidoglycan on disease resistance and growth of juvenile rainbow trout. Nippon Suisan Gakkashi, **59**: 1377–1379.

Nakagawa, H., S. Kasahara, E. Uno, T. Minami and K. Akira, 1981. Effect of *Chlorella*-extract supplement in diet on resisting power against disease of cultured ayu. Aquaculture, **29**: 109–116.

Nakagawa, H., 1985. Usefulness of *Chlorella*-extract for improvement of the physiological condition of cultured ayu, *Plecoglossus altivelis* (Pisces). Tethys, **11**: 328–334.

Nakagawa, H. and S. Kasahara, 1986. Effect of *Ulva*-meal supplement to diet on the lipid metabolism of red sea bream. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., **52**: 1887–1893.

Nematipour, G. R., H. Nakagawa, K. Nanba, S. Kasahara, A. Tsujimura and K. Akira, 1987. Effect of *Chlorella*-extract supplement to diet on lipid accumulation of ayu. Nippon Suisan Gakkaishi, **53**: 1687–1692.

Parry, R. M., R. C. Chandau and R. M. Shahani, 1965. A rapid and sensitive assay of muramidase. Proc. Soc. Exp. Biol. Med., **119**: 384–386.

Satoh, K. I, H. Nakagawa and S. Kasahara, 1987. Effect of *Ulva* meal supplementation on disease resistance of red sea bream. Nippon Susan Gakkaishi, **53**: 1115–1120.

Seo, K. L., D. Kim and S.-I. Yang, 1995. Studies on the Antimicrobial effect of wasabi extracts. Korean J. Nutrition. **28**: 1073–1077.

Shiau, S.-Y. and Y.-P. Yu, 1999. Dietary supplementation of chitin and chitosan depresses growth in tilapia, *Oreochromis niloticus*× *O. aureus*. Aquaculture, **179**: 439–446.

Shin I. S., 2001. Bactericidal activity of Sawa-wasabi (*Wasabia japonica*) against the fish pathogenic bacteria. J. Fish. Sci. Tech., **4**: 252–256.

Yi, Y.-H. and Y.-J. Chang, 1994. Physiological effects of seamustard supplement diet on the growth and body composition of young rockfish, *Sebastes schlegeli*. Bull. Korean Fish. Soc., **27**: 69–82.

Yone, Y., M. Furuichi and K. Urano, 1986a. Effects of dietary wakame *Undaria penatifida* and *Ascophyllum nodosum* supplements on growth, feed efficiency, and proximate compositions of liver and muscle for red sea bream. Nippon Suisan Gakkaishi, **52**: 1465–1468.

Yone, Y., M. Furuichi and K. Urano, 1986b. Effects of wakame *Undaria pinnatifida* and *Ascophyllum nodosum* on absorption of dietary nutrients, and blood sugar and plasma free amino-N levels of red sea bream. Nippon Suisan Gakkaishi, **52**: 1817–1819.

권문경, 김이청, 손영찬, 박수일, 1999. 구기자 투여가 나일틸라피아, *Oreochromis niloticus*의 *Edwardsiella tarda* 백신처리에 미치는 효과. 한국어병학회지, **12**: 73–81.

김진우, 박수일, 전세규, 1992. 양식 넙치로 부터의 lysozyme 정제와 병원성 세균에 대한 정균작용. 한국어병학회지, **5**: 61–76.

박성우, 김영길, 최동림, 1996. β-glucan을 접종한 한국산 메기(*Silurus asotus*)의 호중구와 리소자임 활성 증강. 한국어병학회지, **9**: 87–93.

원고접수 : 2003년 6월 23일
수정본 수리 : 2003년 7월 30일
책임편집위원 : 김강웅