

치어기 조피볼락 사료내 β -1,3 글루칸의 첨가가 성장, 혈액 및 전어체 조성에 미치는 영향

김영철·김강웅¹·박건준²·이준호·손맹현¹·배승철*

부경대학교 양식학과/사료영양연구소, ¹국립수산과학원 양식관리과, ²(주)우성사료

Effects of the Dietary β -1,3 Glucan on Growth, Hematological and Body Composition in Juvenile Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*)

Young Chul Kim, Gun Jun Park¹, Jun Ho Lee, Kang Woong Kim²,
Maeng Hyun Son² and Sungchul C. Bai*

Dept. of Aquaculture / FFNRC, Pukyong National University,
Busan 608-737, Korea

¹Aquaculture Management Division, NFRDI, Pohang 791-802, Korea

²Woosung Co. Ltd, Daejeon 306-817, Korea

This study was conducted to investigate the effects of dietary supplementation of β -1,3 glucan on growth, hematological and body composition in juvenile Korean rockfish, *Sebastes schlegeli* fed the white fish meal based diets for 6 weeks. Four experimental diets were formulated to contain control (without supplementation of glucan), 0.05%, 0.1% and 0.5% (this diet was fed to fish daily, bi-weekly as three different dietary treatments) β -1,3 glucan per kg diet (Control, D_{0.05}, D_{0.1}, D_{0.5}, B_{0.05}, B_{0.1}, B_{0.5}). Fish averaging 4.0±0.1g (mean±SD) were randomly distributed in each aquarium as triplicate groups of 23 fish. Weight gain (WG, %) and specific growth rate (SGR, %) of fish fed D_{0.5} diet were significantly lower than those of fish fed the other diets ($P<0.05$). Feed efficiency (FE) of fish fed B_{0.05} diet was significantly higher than those of fish fed D_{0.1}, D_{0.5}, B_{0.1} and B_{0.5} diets ($P<0.05$). Protein efficiency ratio (PER) of fish fed B_{0.05} diet was significantly higher than those of fish fed D_{0.1} and D_{0.5} diets ($P<0.05$). According to the results, the supplementation of 0.05% β -1,3 glucan daily and/or biweekly is optimum in juvenile Korean rockfish.

Key words: β -1,3 Glucan, Korean Rockfish, Growth Performance, Blood Parameter, Body Composition

서 론

양식어류의 질병을 예방하기 위한 면역증강물질 (Immunostimulant)에 대한 연구가 많은 연구자들에 의해 진행되어지고 있으며 (Sakai, 1999), 이와 같은 면역증강물질은 어류의 비특이적 면역 인자를 증진시키는 화학화합물과 박테리아 유도물 등이 있다. 면역 증강물질중 레바미솔 (Levamisole)과 FK-565는 합성화합물, MDP (Muramyl deptide), LPS (Lipopolysaccharide), 키토산 (Chitosan) 등은 박테리아 유도체로 어류의 비특이적 면역인자를 증강시켜 질병에 대한 저항성을 증강시켜 준다는 보고가 있다 (Engstad et al., 1992; Kawakami et al., 1998; Kim et al., 1998; Kitao et al., 1987; Kodama et al., 1994; Sakai, 1999; Siwicki et al., 1990; Solem et al., 1995). 어류의 비특이적 면역체계는 세포성 면역인자인 macrophage, granulocyte, nonspecific cytotoxic cell 등이 있으며, 체액성 면역인자로는 lysozyme, complement, interferon, transferrin, lectin 등이 있다. 이러한 비특이적 면역 인자의 활성을 증가시켜 주기위하여 인위적으로 면역증강제

를 공급하게 되는데 면역증강제를 사용하게 됨으로써 어류에 있어서 식세포의 활성화 (Raa et al., 1992; Jørgensen et al., 1993a; Kim et al., 2006), natural killer cell 활성화 (Kajita et al., 1992), 라이소자임 (Engstad et al., 1992; Jørgensen et al., 1993b)과 보체의 대사 경로 활성화 (Yano et al., 1989) 등을 포함한 면역반응을 증강시키는 것으로 보고되어져 있다. 또한 글루칸을 넉치 사료내 적정량을 첨가하여 공급할 경우 성장을 향상시킨다는 보고가 있었다 (Kim et al., 2006).

국내 조피볼락 양식은 1980년 말부터 시작하여 2007년 35,415톤으로 어류양식에 중요한 비중을 차지하고 있다 (NSO, 2009). 국내에서 완전양식이 가능한 해산어 주요 종으로 사육관리가 용이하여 국내에서 각광을 받는 종으로 사료 첨가제로 생균제 (Lee et al., 2008) 및 구기자 (Lim et al., 2009)를 이용한 보고가 있다. 하지만 아직까지 조피볼락에서의 글루칸을 이용한 양어용 사료첨가제로의 활용 보고가 미흡하여 본 연구를 수행하고자 한다.

따라서, 본 연구는 국내 양식 주종인 조피볼락을 대상으로 면역증강물질인 β -1,3 글루칸에 있어서 농도별 및 투여주기 별에 따른 성장, 혈액 및 전어체 조성에 대한 미치는 영향을 평가하고자 실시하였다.

*Corresponding author: scbai@pknu.ac.kr

재료 및 방법

실험어 및 사육관리

실험어류는 경남 통영에서 수송된 조피볼락 치어를 부경대학교 부설 수산과학연구소로 운반하여 2톤 원형수조에 실험 환경에 적응할 수 있도록 2주간 예비사육을 실시하였으며, 예비사육 기간 동안 상품 사료를 공급하였다. 2주간 예비사육 후, 평균무게 4.0 ± 0.10 g (mean \pm SD)의 조피볼락 치어를 100 L FRP 원형수조에 23마리씩 수용하여 3 (투여량; 0.05, 0.1 및 0.5) \times 2 (투여시기; 매일 및 격주간) 다원변량분석 (factorial design)으로 총 7가지 실험사료를 3반복으로 무작위 배치하였다. 사육수는 고속모래여과기(역여과 방식)에 의해 여과된 해수를 사용하였으며, 각 실험수조는 유수식으로 유수량은 실험 시작시에 2 L/min 되도록 하였고, 실험어류가 성장함에 따라 3 L/min까지 조절하였다. 수온은 20~22°C로 실험기간 동안 자연수온에 의존하였으며, 실험기간은 6주간 실시하였다.

Table 1. Composition and proximate analysis of the experimental diets (% of dry matter basis)

Ingredients	Diets							
	Daily				Bi-weekly			
	Con.	D _{0.05}	D _{0.1}	D _{0.5}	B _{0.05}	B _{0.1}	B _{0.5}	
White fish meal ¹		64.0				64.0		
Wheat flour ²		20.2				20.2		
Squid liver oil ³		7.0				7.0		
Vitamin premix ⁴		3.0				3.0		
Mineral premix ⁵		3.0				3.0		
CMC ⁶		2.0				2.0		
β -1,3 Glucan (65%)	0.0	0.08	0.15	0.77	0.08	0.15	0.77	
Cellulose	0.77	0.69	0.62	0.0	0.69	0.62	0.0	
<i>Proximate analysis</i>								
Moisture	23.2	24.5	23.1	22.4	24.5	23.1	22.4	
Crude protein	49.6	50.1	50.0	49.8	50.1	50.0	49.8	
Crude fat	12.9	13.0	12.7	13.2	13.0	12.7	13.2	
Ash	11.8	12.0	11.5	11.9	12.0	11.5	11.9	

¹Hanchang Co., Busan, Korea.

²Young Nam Flourmills Co., Busan, Korea.

³E-Wha Oil Co., Ltd., Busan, Korea.

⁴Contains (as mg/kg in diets) : Ascorbic acid, 300; dl-Calcium pantothenate, 150; Choline bitartrate, 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; Vit. B12, 0.06.

⁵Contains (as mg/kg in diet) : Al, 1.2; Ca, 5000; Cl, 100; Cu, 5.1; Co, 9.9; Na, 1280; Mg, 520; P, 5000; K, 4300; Zn, 27; Fe, 40.2; I, 4.6; Se, 0.2; Mn, 9.1.

⁶Carboxymethylcellulose.

실험사료 및 실험 설계

본 실험에 사용된 사료의 조성은 Table 1에 나타내었다. 실험사료는 주단백질원으로 북양어분을, 지질원으로 오징어

간유를, 탄수화물원으로 밀가루를 사용하였다. 실험사료내 β -1,3 글루칸의 첨가농도는 글루칸이 첨가하지 않은 사료구를 대조구로 하여 0.05%, 0.10% 및 0.50%의 3가지 농도로 첨가하였다. 실험사료는 모든 원료를 혼합한 후 펠렛 제조기로 압출·성형하였으며, 입자크기는 Mesh로 고르게 친 후, 밀봉하여 -20°C에 냉동 보관하면서 사용하였다. 실험은 글루칸의 함량에 따라 3개의 실험구로 나누고, 각 실험구는 다시 투여시기에 따라 각각 두 개의 실험구로 나누어 총 7가지 실험구로 실시하였다.

즉, 한 실험구는 6주간 연속적으로 실험사료를 투여하고 다른 한 실험구는 글루칸이 첨가되지 않은 대조구사료와 실험사료를 격주 간격으로 투여하였다. 일일사료공급량은 어체중의 4~5% (건물량 기준)로 1일 2회 (10:00, 16:00) 공급하였다.

어체 측정

어체 측정은 2주 간격으로 실시하였으며, 성장률을 측정하기 위하여 24시간 절식시킨 후 MS-222 (100 ppm)로 마취시켜 전체무게를 측정하였다. 실험 종료후, 증중율 (weight gain, WG), 사료효율 (feed efficiency, FE), 단백질 전환효율 (protein efficiency ratio, PER), 일간성장률 (specific growth rate, SGR), 비만도 (condition factor, CF) 및 생존율 (survival rate)을 조사하였다. 간중량지수 (hepatosomatic index, HSI)를 조사하기 위하여 각 수조별로 5마리씩 무작위로 추출하여 간의 무게를 측정하였다.

일반성분 분석

일반성분은 실험사료와 각 수조별로 5마리씩 무작위로 추출하여 분쇄한 전어체를 AOAC (2000)방법에 따라 수분은 상압가열건조법 (105°C, 4시간), 조단백질은 Kjeldahl 질소정량법 (N \times 6.25), 조회분은 직접회화법으로 분석하였다. 조지방은 샘플을 12시간 동결 건조한 후, Soxtec system 1046 (Tator AB, Sweden)을 사용하여 soxhlet 추출법으로 분석하였다.

어체의 혈액 및 혈청 성분 분석

혈액 및 혈청 성분분석에 있어서 실험종료 후, 증중율 조사와 함께 혈액성분 분석을 위하여 실험어를 채혈하기 전까지 약 24시간 동안 절식시켰다. 실험어를 각 수조당 3마리씩 무작위로 추출하여 일회용 주사기를 이용하여 실험어의 미부정맥에서 혈액을 채혈한 후, micro-hematocrit 방법 (Brown, 1980)에 의해 헤마토크리트 (hematocrit, PCV)를 측정하고, 동시에 Drabkin's 용액을 사용하여 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 3,000rpm에서 10분간 원심분리하여 냉장보관하면서 16시간 이내에 분석하였다. 혈청성분은 임상용 kit (아산제약주식회사, 대한민국)를 사용하여 총단백질 (total protein)은 buret법으로, 글루코스 (glucose)는 효소법으로 그리고 glutamic oxaloacetic acid (GOT)와 glutamic pyruvic acid (GPT)는 Reitman-Frankel법으로 분석하였다.

Table 2. Weight gain (WG), feed efficiency (FE), specific growth rate (SGR), protein efficiency ratio (PER), hepatosomatic index (HSI) and condition factor (CF) of juvenile Korean rockfish fed the experimental diets for 6 weeks

	Diets							Pooled SEM ⁸
	Daily				Bi-weekly			
	Con.	D _{0.05}	D _{0.1}	D _{0.5}	B _{0.05}	B _{0.1}	B _{0.5}	
WG(%) ²	385.9 ^b	405.2 ^{ab}	381.5 ^b	365.0 ^c	413.5 ^a	392.6 ^b	380.9 ^b	6.14
FE(%) ³	89.6 ^{ab}	91.0 ^{ab}	87.4 ^b	85.8 ^b	94.2 ^a	89.3 ^b	88.4 ^b	1.02
SGR(%) ⁴	3.16 ^b	3.24 ^{ab}	3.14 ^b	3.07 ^c	3.27 ^a	3.19 ^b	3.14 ^b	0.03
PER ⁵	2.26 ^{ab}	2.27 ^a	2.21 ^b	2.19 ^b	2.34 ^a	2.24 ^{ab}	2.23 ^{ab}	0.02
HSI ⁶	3.30	3.38	3.31	3.12	3.33	3.29	3.23	0.03
CF ⁷	1.62	1.67	1.61	1.63	1.67	1.65	1.61	0.01

¹Values are means±SD from triplicate groups of fish where the means in each row with a different superscript are significantly different ($P<0.05$).

²Percent weight gain : (final wt. - initial wt.)×100 / initial wt.

³Feed efficiency : (wet wt. gain / dry feed intake)×100.

⁴Specific growth rate : (log_e final wt. - log_e initial wt.) / days.

⁵Protein efficiency ratio : wet wt. gain / protein intake.

⁶Hepatosomatic index : (liver weight / body weight)×100.

⁷Condition factor : {fish wt. (g) / fish length (cm)³}×100.

⁸Pooled standard error of mean : SD/√n.

통계처리

모든자료는 Computer Program Statistix 3.1 (Analytical Software, St. Paul, MN, USA)로 ANOVA(Analysis of variance) test를 실시하여 최소유의차검정 (Least Significant Difference, LSD)으로 평균간의 유의성($P<0.05$)을 검정하였다.

결 과

6주간의 성장율, 사료효율, 일간 성장율, 단백질 전화효율, 간중량지수 및 비만도의 실험결과는 Table 2에 나타내었다. 면역증강물질인 β-1,3 글루칸의 첨가에 따르는 증체율과 일간성장률에 있어서 B_{0.05} 실험구가 대조구와 비교하여 유의하게 높은 경향을 나타내었으나($P<0.05$), D_{0.05} 실험구와 비교하여 유의한 차이를 보이지 않았다($P>0.05$). 사료효율과 단백질전화효율에 있어서 B_{0.05} 실험구가 대조구 및 D_{0.05} 실험구와 비교하여 유의한 차이를 보이지 않았다($P>0.05$). 간중량지수, 비만도 및 생존율에 있어서는 모든 실험구에서 유의한 차이를 나타내지 않았다($P>0.05$).

β-1,3 글루칸의 실험사료를 섭취한 조피볼락 치어의 혈액 및 혈청 성분변화는 Table 3에 나타내었다. 헤모글로빈은 모든 실험구에서 유의한 차이가 없었으며($P>0.05$), 헤마토크리트는 D_{0.05}, B_{0.05}, B_{0.1} 및 B_{0.5} 실험구는 대조구와 D_{0.5} 사료구와

Table 3. Serological and hematological characteristics of juvenile Korean rockfish fed seven experimental diets for 6 weeks¹

	Diets							Pooled SEM ²
	Daily				Bi-weekly			
	Con.	D _{0.05}	D _{0.1}	D _{0.5}	B _{0.05}	B _{0.1}	B _{0.5}	
Hb(g/dL) ⁴	5.90	5.93	5.97	5.67	6.05	6.17	6.09	0.39
PCV(%) ⁵	34.6 ^c	43.0 ^a	37.9 ^{ab}	36.6 ^b	39.8 ^a	42.2 ^a	41.8 ^a	3.49
T. P(g/dL) ⁶	4.20	4.60	4.30	4.50	4.80	4.60	4.50	0.43
Glucose (mg/dL)	51.9 ^b	52.3 ^{ab}	56.2 ^a	56.8 ^a	56.3 ^a	55.9 ^a	57.2 ^a	3.42
GOT (IU/L) ⁷	53.1 ^a	48.1 ^b	47.6 ^b	51.5 ^{ab}	46.3 ^b	49.5 ^b	50.9 ^{ab}	2.56
GPT (IU/L) ⁸	13.0	12.6	12.1	12.9	11.9	12.6	13.1	1.31

¹Means of triplicate groups, values in the same row with different superscripts are significantly different ($P<0.05$).

²Pooled standard error of mean : SD/√n.

³Glutamic oxaloacetic transaminase. One unit is defined as the amount of enzyme causing the transamination of 1.0μ mol of L-aspartate per minute at 25°C and pH 7.4.

⁴Glutamic 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.

Table 4. Proximate analysis of whole-body of juvenile Korean rockfish fed four experimental diets for 6 weeks (% of dry matter basis)¹

Ingredients	Diets							Pooled SEM ²
	Daily				Bi-weekly			
	Con.	D _{0.05}	D _{0.1}	D _{0.5}	B _{0.05}	B _{0.1}	B _{0.5}	
Moisture	66.8	67.1	66.3	66.1	65.6	66.5	65.3	1.35
Crude protein	15.8	16.2	16.6	16.2	16.9	16.2	16.1	0.51
Crude fat	8.7	9.3	9.2	9.1	9.0	9.2	9.1	0.28
Ash	4.5	4.3	4.2	4.2	4.1	4.3	4.1	0.17

¹Means of triplicate groups, values in the same row with different superscripts are significantly different ($P<0.05$).

²Pooled standard error of mean : SD/√n.

비교하여 유의하게 높은 값을 보였으나, D_{0.1} 실험구는 대조구와 비교하여 높은 값을 보였다($P<0.05$). 혈청내 단백질과 GPT는 모든 사료구에서 유의한 차이를 보이지 않았다($P>0.05$). 반면에 혈청내 글루코스에 있어서 D_{0.1}, D_{0.5}, B_{0.05}, B_{0.1} 및 B_{0.5} 실험구는 D_{0.05} 실험구와 비교하여 유의한 차이를 보이지 않은($P>0.05$) 반면 대조구와 비교하여 유의하게 높은 값을 보였다($P<0.05$). 혈청내 GOT에 있어서 대조구는 D_{0.5} 및 B_{0.5} 실험구보다 유의한 차이를 보이지 않았으며($P>0.05$), D_{0.05}, D_{0.1}, B_{0.05} 및 B_{0.1} 실험구와 비교하여 유의하게 높은 값을 보였다($P<0.05$).

β-1,3 글루칸의 실험사료를 섭취한 조피볼락 치어의 전어

체 성분변화는 Table 4에 나타내었으며, 모든 실험구에 있어서 유의한 차이를 보이지 않았다.

고 찰

본 연구결과 조피볼락 사료내 과다한 글루칸의 공급은 조피볼락의 성장을 저해되는 것으로 사료되며, 넙치에서와 유사한 경향을 확인할 수 있었다 (Kim et al., 2006). Won et al. (1998)의 보고에 따르면, 성장기 넙치(60 g)에 있어서 7주간 β -1,3/1,6-linked 글루칸을 매일 및 격주 간격으로 투여한 실험에 있어서는 성장면에서 매일 투여한 0.05% β -1,3 글루칸 실험구와 연속 투여한 0.1% 글루칸 실험구가 높은 성장률을 보였으며, 면역반응에 있어서도 글루칸을 투여한 사료구에서 높은 값을 나타내었다고 보고하였다. 또한, Sung et al. (1994)은 새우 (tiger shrimp)를 4가지 농도에서 글루칸 액을 3일간 침지하여 40일간 관찰한 결과, 0.5, 1 및 5 mg/ml의 사료구에서 대조구와 비교하여 빠른 성장을 보였으나, 낮은 농도인 0.25 mg/ml의 사료구에서는 대조구와 유의한 차이가 없었다. 이와 같은 결과는 상기 실험과 비교하여 실험조건, 어종 및 개체간의 크기에 따른 차이를 보일 수 있을 것으로 사료된다.

조피볼락에 있어서 사료 첨가제로의 생균제 (Lee et al., 2008) 및 구기자 (Lim et al., 2009)를 이용할 경우 성장, 사료효율, 비특이적 면역반응 및 질병저항성이 향상된 보고 하였으나, 본 실험의 경우 비특이적 면역반응을 확인하지 못하여 좀 미흡한 부분이 있으나, Kim et al. (2006)의 보고에 따르면 치어기 넙치에서 비특이적 면역력 향상을 확인함으로써 치어기 조피볼락에서 면역력 향상이 된 것으로 사료된다. 또한 본 실험에서 사료효율 및 단백질 전환효율에 있어서는 글루칸을 첨가하지 않은 실험구가 가장 높은 값을 나타내었는데, 글루칸제제는 다이어트 건강보조식품으로 판매되어 조피볼락에서도 다이어트 효과가 나타난 것으로 사료되어지며, 이 부분에 대해서는 좀 더 구체적인 연구가 필요하다.

조피볼락의 치어에 있어서 β -1,3 글루칸의 생리 상태에 미치는 영향을 조사하기 위해, 헤모글루빈, 헤마토크리트, 혈청내 총단백질량, 글루코스량, GOT, GPT의 변화를 생리적 지표로 하여 조사하였다. 헤마토크리트는 글루칸을 공급한 사료구에서 높은 수치를 나타내었으며, 특히 성장이 가장 좋았던 글루칸 0.05% 사료구에서 가장 높은 값을 보였다. Sim et al. (1995)은 넙치의 질병에 대한 저항력이 높아질 때, 헤마토크리트가 정상어류보다 높아질 수 있다고 보고하였으므로, 본 실험의 결과도 글루칸의 투여에 의해 저항력이 변화한 것과 관련이 있을 것으로 생각된다. 글루코스 농도는 글루칸의 농도가 높을수록 다소 높은 경향을 나타내었으며, 대조구가 다른 사료구와 비교하여 가장 낮은 값을 보였다. 혈청내 GOT의 경우 대조구가 다른 실험구들에 비하여 높은 값을 나타냄으로써 사료내 β -1,3 글루칸을 첨가하여 공급할 경우 간기능 향상이 되는 것으로 사료되어졌다.

따라서, 상기 실험의 결과를 토대로 면역증강물질인 β -1,3 글루칸을 치어기 조피볼락에 첨가할 경우 β -1,3 글루칸을 0.05% 매일 또는 격주간 공급하는 것이 가장 적합한 것으로

사료된다.

사 사

본 연구는 국립수산물과학원(고효율 배합사료 개발 및 실용화 연구, RP-2008-AQ-163) 및 부경대학교 사료영양연구소의 지원에 의해 운영되었습니다.

참고문헌

- AOAC, 2000. Official Methods of Analysis, 16th Ed., Association of Official Analytical Chemists. Arlington, Virginia, USA.
- Brown BA. 1980. Routine hematology procedures. In: Hematology Principles and Procedures. Lea and Febiger, Philadelphia, 71-112.
- Engstad RE, Robertson B and Frivold E. 1992. Yeast glucan induce increase in activity of lysozyme and complement-mediated haemolytic activity in Atlantic salmon blood. Fish Shellfish Immunol 2, 287-297.
- Jørgensen JB, Lunde H and Robertsen B. 1993a. Peritoneal and head kidney cell response to intraperitoneally injected yeast glucan in Atlantic salmon, *Salmo salar* L. J Fish Dis 16, 313-325.
- Jørgensen JB, Sharp GJE, Secombes CJ and Robertsen B. 1993b. Effect of a yeast-cell wall glucan on the bactericidal activity of rainbow trout macrophages. Fish Shellfish Immunol 3, 267-277.
- Kajita Y, Sakai M, Kobayashi M and Kawauchi H. 1992. Enhancement of non-specific cytotoxic activity of leucocytes in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* injected with growth hormone. Fish Shellfish Immunol 2, 155-157.
- Kawakami H, Hirastuka M and Dosako S. 1998. Effects of iron-saturated lactoferrin on iron absorption. Agri Biol Chem 52, 903-908.
- Kim KH, Hwang YJ and Bai SC. 1998. Enhancement of chemiluminescent response of phagocytic cells from juvenile Rockfish, *Sebastes schlegeli*, by oral administration of levamisole. J Fish Sci Tech 1, 42-47.
- Kim YC, Kim KW, Lee S, Park GJ, Okorie OE, Kang YJ and Bai SC. 2006. Effects of dietary β -1,3 glucan on growth and immune responses in juvenile olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. J Aquaculture 19, 247-253.
- Kitao T, Yoshida T, Anderson DP, Dixon OW and Blanch A. 1987. Immunostimulation of antibody-producing cells and humoral antibody to fish bacterins by a biological response modifier. J

- Fish Biol 31, 87-91.
- Kodama H, Mukamoto M, Baba T and Mule DM. 1994. Macrophage-colony stimulating activity in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* serum. Modulators Fish Immune Responses 1, 59-66.
- Lee SH, Yoo GY, Choi SM, Kim KW, Kang YJ, Bai SC. 2008. Effects of dietary probiotics supplementation on juvenile korean rockfish *Sebastes schlegeli*. J Aquaculture 21, 82-88.
- Lim DK, Yoo KY, Shin DG, Kim JE, Bae JY, Bai SC. 2009. Effects of dietary kugija *lycium chinense* supplementation on juvenile Korean rockfish *Sebastes schlegeli*. Kor J Fish Aquat Sci 42, 250-256.
- NSO. 2009. Servey on the status of fish cultureal. Retrieved from <http://fs.fips.go.kr/fc/main.jsp> on October 15.
- Raa J, Tørstad G, Engstad R and Robertsen B. 1992. The use of immunostimulants to increase resistance of aquatic organisms to microbial infections. In: Dis Asian A 1. Sharif M, Subasighe RP and Arthur JR eds. Fish Health Section. Asian Fish Soc Manila Philippines, pp. 39-50.
- Saki M. 1999. Current research status of fish immunostimulants. Aquaculture 172, 63-92.
- Sim DS, Jung SH and Lee SD. 1995. Changes of blood parameters of the culture flounder (*Paralichthys olivaceus*) naturally infected with *Staphylococcus epidermidis*. Bull Nat Fish Res Dev Age 49, 149-155.
- Siwicki AK, Anderson DP and Dixon OW. 1990. In vitro immunostimulation of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* spleen cells with lavamisole. Dev Comp Immunol 14, 231-237.
- Solem ST, Jørgensen JB and Robertsen B. 1995. Stimulation of respiratory burst and phagocytic activity in Atlantic salmon *Salmo salar* L. macrophages by lipopolysaccharide. Fish Shellfish Immunol 5, 475-491.
- Sung HH, Kou GH and Song YL. 1994. Vibriosis resistance induced by glucan treatment in tiger shrimp (*Penaeus mondon*). Fish Pathol 29, 11-17.
- Won KM, Kim SM and Park SI. 2004. The effects of β -1,3/1,6-linked glucan in the diet on immune response of olive flounder, *Paralichthys olivaceus* by oral administration. J Fish Pathol 17, 29-38.
- Yano T, Mangindaan REP and Matsuyama H. 1989. Enhancement of the resistance of carp *Cyprinus carpio* to experimental *Edwardsiella tarda* infection, by some β -1,3 glucans. Nippon Suisan Gakkaishi 55, 1815-1819.

2009년 10월 15일 접수

2009년 12월 1일 수정

2009년 12월 12일 수리