

# Kelp (*Ascophyllum nodosum*) meal 첨가 사료가 돌돔 (*Oplegnathus fasciatus*)의 성장과 비특이적 면역 반응에 미치는 영향

원경미 · 김병기<sup>1</sup> · 박수일\* · 유병서<sup>2</sup>  
부경대학교 수산생명의학과, <sup>1</sup>강원도립대학 해양생물자원개발과, <sup>2</sup>(주)에이뱅크

## Effects of Kelp (*Ascophyllum nodosum*) Meal on Growth and Nonspecific Immune Responses of Parrot Fish (*Oplegnathus fasciatus*)

Kyoung-Mi WON, Pyung-Kih KIM<sup>1</sup>, Soo-Il PARK\* and Byoung-Seo YU<sup>2</sup>  
Department of Aquatic Life Medicine, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea  
<sup>1</sup>Department of Marine Bio-resources, Kangwon Province University, Kangnung 210-804, Korea  
<sup>2</sup>2F Dae Sung-Bld, 519-17 Sin Sa-Dong, Seoul 135-888, Korea

In this study, the effects of kelp (*Ascophyllum nodosum*) meal on growth and immune responses of parrot fish (*Oplegnathus fasciatus*) were studied. Fish were fed an experimental diet supplemented with 2% and 5% kelp meal in a controlled diet. Several factors such as weight gain, hematological parameters and nonspecific immune responses were evaluated for 0, 2, 4 and 8 weeks after the administration of the kelp meal supplemented diet. Weight gain in the fish fed the diet supplemented with 2% and 5% kelp meal was not significant among the tested groups. The NBT reaction of the phagocytes in the head kidney and the phagocytic rate/index of phagocytes in the peripheral blood were significantly higher than the control group. But, there was no significant difference both in complement bactericidal activity, mucus lysozyme activity and hematology among each group.

Key words: Kelp meal, Parrot fish, Oral administration, NBT, Nonspecific immune

### 서 론

우리 나라의 돌돔 (*Oplegnathus fasciatus*)은 남해안과 여름철 서해안의 해상가두리에서 주로 양식되고 있으나, 원래 아열대성 어류로 우리 나라에서 겨울철에 월동하는 데 상당한 어려움이 있다 (Kang et al., 1998). 더욱이 최근에는 남해안 일대의 돌돔 양식장의 겨울철 폐사에 의한 피해가 늘어나고 있다. 현재, 정확한 현황과 원인을 파악하지는 못하고 있는 실정이나, 저수온 스트레스에 의한 면역능 저하가 한 원인으로 관여했을 가능성이 제기되고 있다. 따라서 돌돔의 성장을 증가시키거나 지장을 주지 않으면서 비특이적 면역능을 증강시킬 수 있는 사료 첨가제에 대한 연구가 무엇보다 중요할 것으로 생각된다.

어류의 비특이적 면역능을 증강시켜 주는 물질로는  $\beta$ -glucan (Won et al., 2004)과 기생충 구제제인 levamisole (Kajita et al., 1990)과 같이 많은 연구가 진행되어 있는 물질부터, 감귤 발효액 (Song et al., 2002), 녹차 (Park et al., 1999), 구기자과 같은 각종 생약재 (Hwang et al., 1999; Kwon et al., 1999)에 이르기까지 매우 다양하다. 특히 최근에는 미역 (Yone et al., 1986), 다시마 (Nakagawa et al., 1985), 파래 (Choi et al., 1995) 등의 해조류를 사료에 첨가하여 사료 효율 개선

및 비특이적 면역 기능 증가 효과를 보인 보고가 이어지고 있다. 해조류는 사료의 물성을 증진시키고 어류 간 내에서의 지질 대사에 관여하며, 복합다당체 성분이 비특이적 면역기능을 자극하는 것으로 알려지고 있다. 특히, Nakagawa et al. (1997)에 의해 보고된 대형 다시마의 일종인 *Ascophyllum nodosum*의 효과가 황돔 (*Dentex tumifrons*)에서 입증되었는데, 이 연구에서 사료효율과 공기 노출 스트레스에 대한 저항능이 증강되었다.

본 연구는 *A. nodosum*를 원료로 제작하여 시판되고 있는 Acadian™Flour을 첨가한 사료를 양식 돌돔 (*O. fasciatus*)에 투여하여, 성장에 미치는 영향을 조사하고 비특이적 면역능과 혈액 생화학적 성분을 분석하였다.

### 재료 및 방법

#### 실험어

강원도 소재 해상 가두리에서 분양받은 평균 어체중 108g의 돌돔을 500 L 사각 FRP 수조 6개에 50마리씩 수용하였으며, 사육 시스템은 생물 여과조 (용량 약 4톤)와 거품분리기가 유기적으로 연결된 해수 순환 여과식을 이용하였다. 사육수 교환은 1일 각 탱크의 배설물을 청소하고 사육수의 보충은 1일 10%를 넘지 않도록 하였다. 실험 기간 동안의 사육 수온은

\*Corresponding author: parksi@mail.pknu.ac.kr

20-22°C를 유지하였으며, 실험어는 2주간 순치 후, 2반복으로 실험에 사용하였다.

#### 사료 제작 및 투여 방법

실험 사료는 CJ 사료사업 본부로부터 협조받은 사료 원료에 시판되는 Kelp (*A. nodosum*) meal (Acadian Seaplants L., Canada)을 0%, 2%, 5% 첨가하여 펠렛으로 제조하였다 (Table 1). 실험 사료의 조단백질 함량은 약 44% 수준으로 조절하였고, 사료 공급은 1일 2회 반복 상태로 8주 동안 공급하였다.

Table 1. Ingredients of the experimental diet

Ingredients	Kelp meal contents		
	Control	2%	5%
Fish meal	56	56	56
Soybean meal	10	10	10
Flour	15	15	15
Fish oil	7	7	7
Soybean oil	3	3	3
Kelp meal	0	2	5
Vitamins	2	2	2
Minerals	2	2	2
Cellulose	5	3	0
Total	100	100	100

#### 성장도 조사

실험 사료와 대조 사료를 8주 동안 투여한 후 각 시험구별 어체중과 먹이 섭취율을 측정하여 각각의 평균치로 나타내었다.

#### 보체의 살균 능력 조사

돌돔의 미부정맥에서 채혈한 후, 5,000 rpm, 5 min 동안 원심 분리하여 혈청을 분리하였다. 살균 반응은 분리한 혈청과 GVB<sup>2+</sup> (gelatin 1 g; NaCl 8.5 g; 5,5-diethyl barbital acid 0.575 g; Na-diethylbarbiturate 0.37 g; MgCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O 0.102 g; CaCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O 0.022 g in distilled water 1 L) 용액을 1:4로 희석한 다음, 이를 다시 *Escherichia coli* 현탁액 (10<sup>3</sup> mg/mL)과 1:1로 혼합하여 실시하였다. 생균수의 측정은 세균과 희석된 혈청 혼합액을 27°C로 조정된 진탕 배양기로 반응시키면서 0, 1, 3, 6, 12시간 경과할 때마다 단계 희석하여 Miles and Misra (1938)의 방법에 따라 균 집락수로 계수하였다.

#### 점액 lysozyme 활성 조사

Takahashi et al. (1986)의 방법에 따라 체표 점액을 채취하여 이 시료에 5배의 0.005 M PBS (pH 7.4)를 첨가하여 균질화한 후, 원심분리 (4°C, 12,000×g, 20 min) 한 상정액을 측정용 시료로 사용하였다. Lysozyme 활성은 Parry et al. (1965)의 turbidimetric method를 이용하여 측정하였다. 즉, 측정용 시료 0.5 mL에 *Micrococcus lysodeikticus* (OD<sub>530</sub>=0.6) 현탁액 2.5 mL를 첨가하여 25°C에서 20분간 반응시킨 후 530 nm에서 흡광도를 측정하였다. Lysozyme 활성은 units/mL로 나타내었

으며, 1 unit는 흡광도 값이 0.001 감소한 값으로 표시하였다.

#### 어류 두신 식세포의 활성 산소 측정

넙치의 두신을 무균적으로 분리하여 2% fetal calf serum (FCS), 1% penicillin/streptomycin 및 0.2% heparin이 함유된 L-15 medium에서 nylon mesh를 통과시켜 세포 현탁액을 준비하였다. 준비된 세포 현탁액을 27%와 45% 농도의 Percoll에 중층시킨 후 450 g에서 30분간 원심 분리하여 백혈구를 분리하였다. 분리된 백혈구는 0.1% trypan blue로 viability를 확인한 후 2×10<sup>6</sup> cells/mL 농도로 조정하여 96 well tissue culture plate에 0.1 mL씩 분주하였다. 이를 18°C에서 2시간 부착시킨 다음 상정액을 제거한 후, 3회 세척하여 식세포를 준비하였다. FCS로 옅소닌화된 zymosan을 nitroblue tetrazolium (NBT) 용액에 현탁시킨 후 식세포가 부착된 well에 0.1 mL씩 첨가하고 18°C에서 30분간 반응시킨 다음 100% methanol로 세포를 고정시켰다. 각 well에 2 M KOH 용액 0.12 mL와 dimethyl sulphoxide (DMSO) 0.14 mL를 첨가한 후 630 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이 때 blank는 2 M KOH와 DMSO 혼합액을 사용하였다.

#### 혈액 중 식세포의 식균능 조사

헤파린 처리된 주사기로 돌돔의 미부정맥에서 순환 혈액 0.25 mL를 채혈한 후, 실리콘 처리된 유리시험관에 옮기고 *Escherichia coli* formalin killed cell (FKC) 부유액 0.025 mL를 넣어 27°C에서 반응시켰다. 반응 3시간 후, 반응시킨 혈액을 슬라이드 글라스에 도말하여 May-Giemsa 염색법으로 염색하였다. 식작용은 식세포 100개에 대한 식균율과 식균지수로 나타내었으며, 식포 내에 세균이 관찰되는 것만 계수하였다.

식균율=(식균한 식세포의 수/관찰한 식세포의 수)×100

식균지수=식세포에 식균된 세균 수/식균한 식세포의 수

#### 혈액세포 수의 변화 조사

혈액세포의 수적 변화는 혈액 도말 표본법으로 조사하였다. 돌돔의 미부정맥에서 채혈한 혈액을 곧바로 슬라이드 글라스에 도말하여, May-Giemsa 염색법으로 염색한 후 광학 현미경으로 관찰하였다. 적혈구 5,000세포당 관찰되는 림프구, 전구, 그리고 호중구의 수를 계수하였다.

#### 혈액 생화학적 성분 분석

돌돔의 미부정맥에서 헤파린 처리된 주사기로 순환 혈액을 채혈하여 Glucose, ALT, AST, Total protein의 성분 분석에 사용하였다. Glucose, ALT, AST의 농도는 전혈을 이용하여 혈액자동분석기 (Boehringer Mannheim, Germany)로 측정하였으며, Total protein은 채혈한 혈액을 5,000 rpm, 5 min 동안 원심분리하여 분리한 혈청을 이용하여 biuret 법으로 측정 (Asan Pharm Co., Ltd)하였다.

#### 통계학적 분석

대조구와 각 실험구 사이의 통계학적 유의성은 Student's t-test로 비교하여 P값이 0.05 미만일 때 유의성이 있는 것으로

처리하였다.

**결 과**

**성장도 조사**

Kelp meal 첨가 사료와 대조 사료를 양식 돌돔에 8주 동안 투여한 후 체중 변화 및 사료계수를 측정하였다. 그 결과 Kelp meal 첨가 사료를 투여한 실험구의 증중량이 대조구에 비하여 상대적으로 낮고 사료 계수는 증가하는 경향을 보였으나, 유의적인 차이는 아니었다 ( $p>0.05$ , Table 2).

Table 2. Growth performance of parrot fish (*Oplegnathus fasciatus*) fed a kelp meal based diets for 8 weeks (means±SD. n=52)

Group	Initial weight (g)	Final weight (g)	Gain weight (g)	Feed coefficient
Control	107.7±1.84	163.5±5.37	56±5.2	1.13±0.04
2%	105.8±0.78	150.5±7.57	50.1±7.6	1.22±0.11
5%	109.6±0.85	160±2.47	48.5±2.8	1.23±0.02

**보체의 살균 능력 조사**

Kelp meal 첨가 사료를 투여하면서 돌돔 혈청에 있는 보체의 살균 능력을 조사한 결과, 대조구와 유의적인 차이를 보이지 않는 것으로 나타났으며, 이러한 반응은 실험기간 내내 유지되었다 ( $p>0.05$ , Fig. 1).

**체표 점액의 lysozyme 활성 조사**

Kelp meal 첨가 사료를 투여하면서 돌돔의 체표 점액 라이소자임 활성을 측정하였다 (Fig. 2). Lysozyme 활성은 전반적으로 증가하는 경향을 보였으나, 유의성 있는 증가를 보인 것은 4주째의 2% 첨가구 뿐이었다 ( $p>0.05$ ).

**두신 식세포의 활성 산소 측정**

Kelp meal 첨가 사료를 투여하면서 식세포의 활성 산소를 측정한 결과를 Fig. 2에 나타내었다. 4주째부터 Kelp meal 첨가 사료를 투여한 실험구의 활성이 증가하여 8주째까지 활성을 유지하였다. 특히 2% 첨가구에서 더 높은 활성을 보였으며, 최고치는 8주째 2% 첨가구에서 나타났다.

**혈액 중 식세포의 식균능 조사**

Kelp meal 첨가 사료를 투여한 후, 순환혈액 식세포의 식균능을 조사하여 식균율과 식균지수로 나타내었다 (Fig. 3). 식균율은 2% 첨가구에서는 실험 기간 내내 대조구보다 높은 수치를 보인 반면, 5% 첨가구에서는 2주와 4주째에는 대조구보다 높은 수치를 보이다가, 8주째에는 대조구와 유사한 수치로 감소하였다. 식균지수는 Kelp meal 첨가구에서 실험기간 내내 높은 수치를 유지하였으나, 유의성 있는 증가는 4주째 2, 5% 첨가구와 8주째 2% 첨가구에서만 나타났다.

**혈액 세포수의 변화 조사**

Kelp meal 첨가 사료가 돌돔의 말초 혈액의 혈구조성에

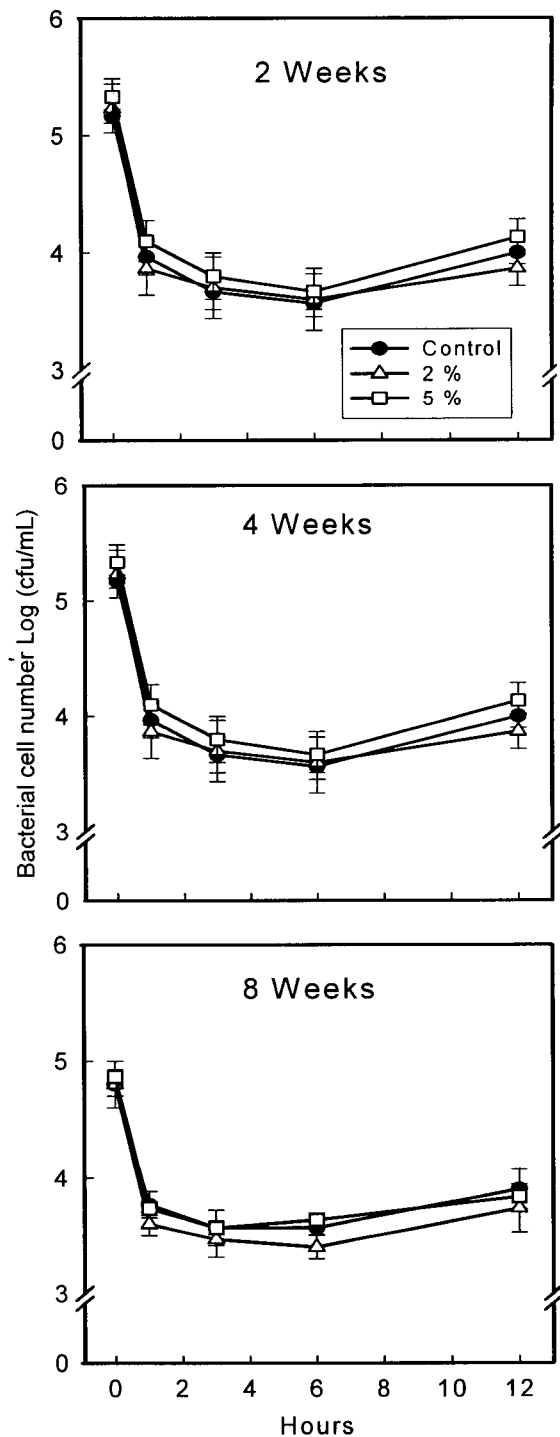


Fig. 1. Change of bactericidal reaction of complement in the serum against *E. coli* in the parrot fish (*Oplegnathus fasciatus*) fed a kelp meal based diets for 8 weeks.

미치는 영향을 조사하였다 (Table 3). 림프구와 전구의 수는 다소간의 증감이 나타났으나, 유의성 있는 변화는 없었다. 반면 호중구 수는 2%와 5% 첨가구 모두 실험 기간 내내 대조구보다 유의하게 높은 수치를 유지하였다.

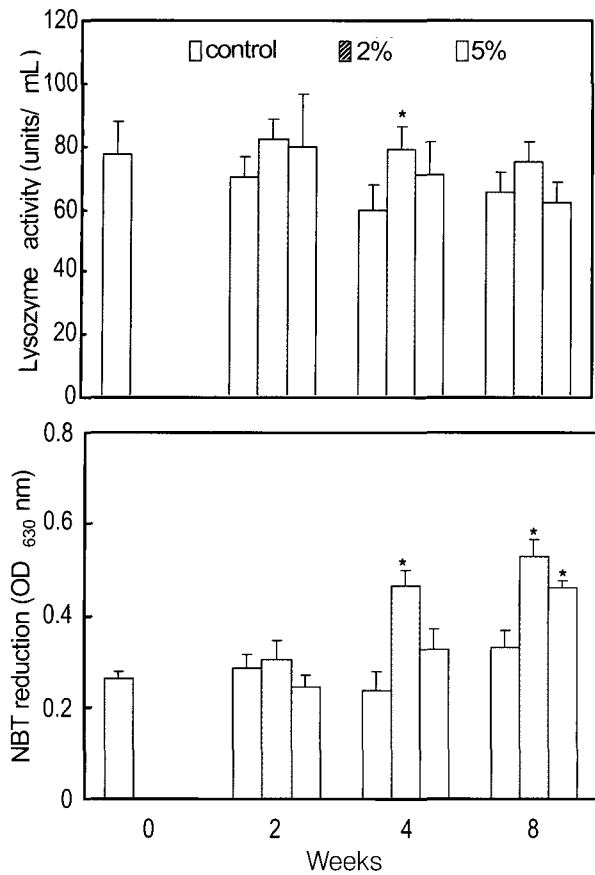


Fig. 2. Lysozyme activity in the mucus and NBT reduction of phagocytes in the head kidney from the parrot fish (*Oplegnathus fasciatus*) fed a kelp meal based diets for 8 weeks. \*significant difference from control, P<0.05.

혈액의 생화학적 성분 분석

해조당 첨가 사료를 8주 동안 투여하면서 혈액 성분 (Total protein, Glucose, ALT, AST)을 분석한 결과를 Table 4에 나타내었다. Glucose 수치는 투여 2주째의 5% 첨가구에서 유의적으로 높은 Glucose 수치를 보였으나, 4주째 부터는 대조구와 유사한 수치로 다시 안정되었다. Glucose 이외의 혈액 생화학적 성분은 대부분 대조구와 유의차가 없었다.

고찰

최근의 양어사료의 평가기준은 어체의 성장 및 사료효율 뿐만 아니라, 양식시에 필연적으로 발생하는 각종 어류 질병의 감수성을 감소시킬 수 있는 사료 첨가물에 대한 관심이 높아지고 있다. 따라서 면역 증강 물질을 사료 내에 첨가하여 투여함으로써, 불특정 질병에 대해 광범위한 방어력을 증강시키고자 하는 시도가 많이 이루어지고 있다. 특히, 인체의 면역 증강 효과가 입증된 천연 물질들에 관한 관심이 날로 높아지고 있는 실정인데, 대표적인 것이 각종 한약제 (Hwang et al., 1999; Kwon et al., 1999)와 해조류 (Mustafa and Nakagawa, 1995)이다.

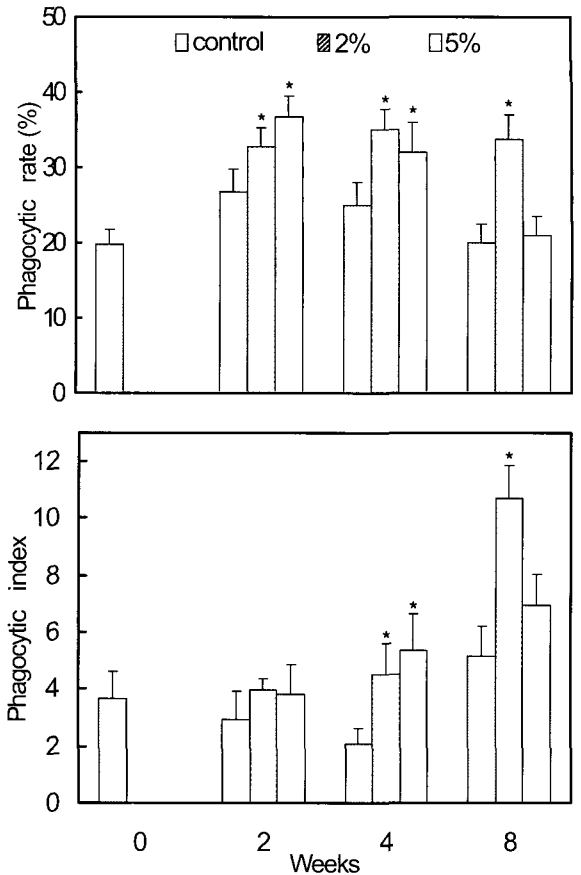


Fig. 3. Changes of phagocytic rate and phagocytic index in phagocytes of peripheral blood from the parrot fish (*Oplegnathus fasciatus*) fed a kelp meal based diets for 8 weeks. \*significant difference from control, P<0.05.

Table 3. Changes in number of blood cells per 5,000 red blood cells in peripheral blood of the parrot fish (*Oplegnathus fasciatus*) fed a kelp meal based diets for 8 weeks

	Lymphocytes	Thrombocytes	Neutrophils	
0 W	67.2±9.1	57±9.8	10.8±2.3	
2 W	Control	105.5±7.0	90.8±12.7	6.5±1.3
	2%	89±12.2	86.3±11.8	13.3±2.6*
	5%	93.2±9.6	89.2±8.0	9±1.2*
4 W	Control	58±10.2	43.6±12.1	11±1.6
	2%	62.5±14.1	56.5±5.4	14±1.4*
	5%	54.2±17.7	47.8±6.0	11.3±3.0
8 W	Control	93.8±11.1	47.2±5.0	8±1.0
	2%	87±11.7	38.3±12.0	11.5±1.4*
	5%	95.3±13.2	40.7±4.4	10.7±2.0

\*significant difference from control, P<0.05.

본 연구에서 사용된 *A. nodosum*은 1990년대 후반 많은 연구가 이루어진 해조류로, Nakagawa et al. (1997)은 *A. nodosum* 가 2.5% 첨가된 사료를 참돔에 11주 동안 투여한 결과, 성장률

Table 4. Hematological changes of parrot fish (*Oplegnathus fasciatus*) fed a kelp meal based diets for 8 weeks

	TP (g/dL)	GLU (mg/dL)	ALT (U/L)	AST (U/L)
0 W	3.0±0.2	30±1	31±10	31±4
2 W	Control 2.8±0.6 2% 3.2±0.5 5% 3.3±0.5	29±6 37±7 55±0.5*	24±5 22±6 30±7	27±13 47±16 52±9
4 W	Control 2.6±0.05 2% 4.2±0.6* 5% 4.2±0.2*	36±8 45±6 47±7	25±10 26±6 21±2	23±15 43±10 24±12
8 W	Control 4.7±0.4 2% 3.9±0.7 5% 4.3±0.5	55±8 57±5 49±6	28±3 28±6 28±13	38±6 40±11 42±5

이 증가하고 마취제와 공기노출에 의한 스트레스로부터의 회복율이 높아졌다고 하였다.

본 연구에서 Kelp meal 첨가 사료를 8주 동안 투여한 후 돌돔의 성장을 조사한 결과, 2%와 5% 모두 대조구보다 낮은 성장률을 보였으나 유의차는 없었다 ( $p>0.05$ ). 이는 Nakagawa et al. (1997)이 참돔에 *A. nodosum*이 5% 첨가된 사료를 50일 동안 투여한 후 어체중이 증가했다는 보고와 상반되는 것이다. 그러나, 동일 어종에 10% 첨가 사료를 먹일 경우 오히려 성장에 장애를 준다고 하였으며 (Yone et al., 1986), 유사한 기능으로 이용되고 있는 *Chlorella powder*를 조피분락에 경구 투여한 경우에 1.5% 이상의 첨가는 오히려 성장을 둔화시킨다는 연구도 있다 (Bai et al., 2001). 따라서 각 어종에 맞는 적정 투여 농도를 정하는 일이 무엇보다 중요하므로, 우리 나라 양식 돌돔의 경우 2% 이하의 저농도에서 적절한 농도가 있는지를 검토할 필요가 있을 것으로 생각된다. 또한 실험 과정에 나타난 실험구의 사료 섭취율 감소로 보아, 육식성인 돌돔의 성장과 해조류의 성분이 맞지 않아 나타나는 사료 섭취 자체의 문제에 의한 성장 둔화 가능성도 배제할 수 없을 것으로 보인다.

Kelp meal 첨가 사료를 투여한 돌돔의 비특이적 면역능을 조사하기 위해, 체액성 면역 반응으로는 혈청 보체의 살균 능력과 체표 점액 lysozyme 활성, 세포성 면역 반응으로는 전신 식세포의 NBT 환원능과 말초 혈액의 식균능을 측정하였다. Kelp meal 첨가 사료를 투여한 넙치 혈청의 보체 살균능은 대조구와 실험구의 차이가 거의 없었으며, 체표 점액 lysozyme 활성은 전반적으로 증가하는 경향을 보였으나 유의적인 증가는 4주째 2% 첨가구에서만 나타났다. Gabrielsen and Austreng (1998)은 *A. nodosum* 첨가 사료를 대서양 연어에 6개월 동안 투여한 후, lysozyme 수치가 증가하고 용혈능 등 대서양 연어의 체액성 면역능이 증가했다고 보고하여, 본 연구 결과와 상반된다. 그러나 인삼을 투여한 넙치에서 실험기간 내내 매우 높은 살균능을 보인 반면, 인삼과 유사한 약리 작용을 하는 하수오를 첨가한 넙치에서는 오히려 대조구보다 유의하게 낮은 보체의 살균능을 보인다는 보고가 있어 (Hwang et al.,

1999), 투여하는 제재와 어종에 따라 다양한 결과를 보일 수 있는 것으로 생각된다. 이상의 결과, Kelp meal 첨가 사료 투여가 돌돔의 비특이적 체액성 면역에 미치는 영향은 비교적 적은 것으로 보인다.

Kelp meal 첨가 사료를 투여한 돌돔의 NBT 환원능을 측정 한 결과, 4주째부터 유의적인 증가가 나타났으며, 특히 2% 첨가구의 환원능이 매우 높은 것으로 조사되었다. NBT 환원능은 병원체 침입 등에 의해 자극된 전신 식세포의 활성산소 ( $O_2$ )를 측정하는 시험으로, 이 물질은 강력한 살균 효과가 있는 것으로 알려져 있다 (Ellis, 1999). 우리 나라에서도 구기자 첨가 사료를 투여한 틸라피아 (*Oreochromis niloticus*)와  $\beta$ -glucan 첨가 사료를 투여한 넙치에서 높은 NBT 활성을 보였다는 보고들이 있다 (Kwon et al., 1999; Won et al., 2004). 비특이적 세포성 면역능을 측정하기 위한 또 다른 시험으로 순환 혈액 식세포의 식균능을 조사하였다. Kelp meal 첨가구에서 유의하게 높은 식균율과 식균지수를 관찰하였는데, 특히 2% 첨가구에서 식균능이 높았으며 이는 호중구의 수가 증가된 결과와도 일치한다. 이와 같이 증강된 면역 반응은 Kelp meal의 당단백 성분과 연관될 가능성이 있는 것으로 추측된다. Cho et al. (1990)은 김과 청각으로부터 추출한 당단백 성분이 항암효과를 보인다고 밝힌 보고에서 당단백 성분은 세포 표면막, 세포간 기질, 혈장 및 점액성분의 구성성분이 될 뿐만 아니라 구조가 복잡한 사슬을 형성하기 때문에 대식 세포 등의 활성을 통하여 직, 간접적으로 면역반응을 증강시키는 것으로 주장하여 이러한 가능성을 지지하였다. 말초 혈액의 식세포인 단구나 호중구는 침입한 세균 등을 비특이적으로 식작용하여 확산을 저지시킴으로써 생체 방어에 최일선에서 작용하는 주요 방어체계를 이룬다 (Park, 1995). 따라서 혈액 식세포의 식균율과 식균지수가 현저히 증가한 것은 돌돔에 질병이 발생할 경우, 초기 방어에서 중요한 역할을 수행할 것으로 보인다.

Kelp meal 첨가 사료가 돌돔에 8주 동안 투여하면서, 혈액 성분 (Total protein, Glucose, ALT, AST)을 분석하였다. 고농도인 5% 첨가구에서 2주째에 유의적으로 높은 Glucose 수치를 보였으나, 이는 일시적으로 나타난 값으로 그 이후에는 다시 안정되었다. 이러한 현상은 고농도의 Kelp meal 투여에 의해, Kelp meal 에 들어 있는 해조당이 혈당치를 급증시켰을 가능성이 있는 것으로 생각된다. 그러나 이러한 혈당치는 4주째 이후에는 안정되어 어체에 지속적인 악영향을 미치지 않았을 것으로 판단된다. 또한 glucose 이외의 혈액 생화학적 성분은 대부분 대조구와 유의차가 없는 것으로 나타나, Kelp meal 첨가가 돌돔의 생리기능에 그다지 부정적인 영향을 미치지 않는 것으로 판단되었다. 그러나, 고농도의 Kelp meal 첨가로 인한 부작용의 가능성도 배제할 수 없으므로 이에 대한 연구가 더 필요할 것으로 생각된다.

본 연구에서, Kelp meal 첨가 사료를 돌돔에 8주 동안 투여한 결과, 성장에는 그다지 큰 영향을 미치지 않으나 돌돔의 비특

이적 세포성 면역능을 현저히 증가시키는 것으로 밝혀졌다. 또한 혈액 생화학적 분석결과, 돌돔의 생리 기능에 부정적인 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 따라서 저수온 스트레스를 심하게 겪어 면역능이 급감하는 시기에 맞추어 Kelp meal 첨가사료를 투여하는 방법을 긍정적으로 검토해 볼 필요가 있을 것으로 생각된다.

## 사 사

본 연구는 한국과학재단 지정 강릉대학교 지역협력연구센터 (EMBRC)의 지원으로 수행되었으므로 이에 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

- Bai, S.C., J.W. Koo, K.W. Kim and S.K. Kim. 2001. Effect of *Chlorella* powder as a feed additive on growth performance in juvenile Korean rockfish, *Sebastes schlegeli* (Hilgendorf). *Aquacult. Res.*, 32 (Suppl. 1), 92-98.
- Cho, K.J., Y.S. Lee and B.H. Ryu. 1990. Antitumor effect and immunology activity of seaweeds toward sarcoma-180. *Bull. Kor. Fish. Soc.*, 23(5), 345-352. (in Korean)
- Choi, M.S., K.H. Park, S.H. Choi, J.Y. Kim, J.M. Kim, J.G. Choi and S.I. Jang. 1995. Effect of *Enteromorpha compressa* on the physiological activities in carp, *Cyprinus carpio*. *J. Fish Pathol.*, 8(2), 149-156. (in Korean)
- Ellis, A.E. 1999. Immunity to bacteria in fish. *Fish Shellfish Immunol.*, 9, 219-308.
- Gabrielsen, B.O. and E. Austreng. 1998. Growth, product quality and immune status of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., fed wet feed with alginate. *Aquacult. Res.*, 29, 197-401.
- Hwang, M.H., S.I. Park and Y.C. Kim. 1999. Effect of dietary herb medical stuff on the non-specific immune response of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *J. Fish Pathol.*, 12, 7-14. (in Korean)
- Kajita, Y., M. Sakai, S. Atuta and M. Kobayashi. 1990. The immunomodulatory effects of levamisole on rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Fish Pathol.*, 25, 93-98.
- 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. (in Korean)
- Kwon, M.G., Y.C. Kim, Y.C. Shon and S.I. Park. 1999. The dietary effects of kugija, *Lycium chinense*, on immune responses of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, to *Edwardsiella tarda*. *J. Fish Pathol.*, 12, 73-81. (in Korean)
- Miles, A.A. and S.S. Misra. 1938. The estimate of the bactericidal power of the blood. *J. Hygiene*, 38, 732-749.
- Mustafa, M.G. and H. Nakagawa. 1995. A review: Dietary benefits of algae as an additive in fish feed. *Israeli J. Aquacult.*, 47, 155-162.
- Nakagawa, H., T. Unimo and Y. Tasaka. 1997. Usefulness of *Ascophyllum nodosum* as a feed additive for red sea bream, *Pagrus major*. *Aquaculture*, 151, 275-281.
- Nakagawa, H., S. Kasahara, A. Tsujimura and K. Akira. 1985. Effect of algae diet on serum and body constituents of cultured yellowtail. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 51(2), 279-286. (in Japanese)
- Park, S.W. 1995. Studies on classification of Korean catfish (*Silurus asotus*) peripheral leucocytes. *J. Fish Pathol.*, 8(1), 47-55. (in Korean)
- Park, S.M., S.I. Park, M.D. Huh and Y.G. Hong. 1999. Inhibitory effect of green tea extract on collagenase activity and growth of fish pathogenic bacteria. *J. Fish Pathol.*, 12(2), 83-88. (in Korean)
- 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.
- Song, Y.B., S.W. Moon, S.J. Kim and Y.D. Lee. 2002. Effect of EM-fermented orange in commercial diet on growth of juvenile flounder, *Paralichthys olivaceus*. *J. Aquacult.*, 15(2), 103-110. (in Korean)
- Takahashi, Y., T. Itami and K. Konegawa. 1986. Enzymatic properties of partially lysozyme from the skin mucus of carp. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 52(7), 1209-1214. (in Japanese)
- Won, K.M., S.M. Kim and S.I. Park. 2004. The effects of  $\beta$ -1,3/1,6-linked glucan in the diet on immune responses of olive flounder, *Paralichthys olivaceus* by oral administration. *J. Fish Pathol.*, 17(1), 29-38. (in Korean)
- Yone, Y., M. Furuichi and K. Urano. 1986. Effects of wakame *Undaria pinnatifida* and *Asophyllum nodosum* supplements on growth, feed efficiency and proximate compositions of liver and muscle of red sea bream. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 52(8), 1465-1468. (in Japanese)

2004년 5월 27일 접수

2004년 8월 17일 수리