

## 양식장 배출물 발효물의 어류 사료 첨가에 따른 넙치, *Paralichthys olivaceus*의 혈액학적 변동에 미치는 영향

강주찬<sup>†</sup> · 지정훈 · 송승엽 · 문상욱\* · 강지웅\*\* · 이영돈\*\* · 김세재\*  
부경대학교 수산생명의학과, \*제주대학교 지역기술혁신센터, \*\*제주대학교 해양과환경연구소

## Effects of Oral Administration with Fermented Product from Sewage in Land-based Seawater Fish Farm on Haematological Factors of Olive Flounder, *Paralichthys olivaceus*

Ju-Chan Kang<sup>†</sup>, Jung-Hoon Jee, Seoung-Yeop Song, Sang-Wook Moon\*,  
Ji-Woong Kang\*\*, Young-Don Lee\*\* and Se-Jae Kim\*

Department of Aquatic Life Medicine, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

\*Cheju National University Technology Innovation Center, Jeju 690-756, Korea

\*\*Cheju National University Marine and Environmental Research Institute, Jeju 695-814, Korea

Effects of oral administration with fermented product from sewage in land-based seawater fish farm on haematological disturbance in the olive flounder, *Paralichthys olivaceus* was investigated. After 4 weeks of conditioning with a basal diet, fish were divided into 4 groups and provided experimental diet (0.1, 0.5, 1.0 and 2.0%) supplement of fermented sewage for 80 days. Proximal analysis was performed for the product of sewage which was fermented by lactic acid and yeast. RBC count, hemoglobin concentration and hematocrit value were increased according to the treated periods, however, no statistical difference was observed between control and treatment groups. There were no significant difference in serum organic, inorganic compounds and enzyme activities between control and treatment groups. This study hypothesized that the supplement of fermented product from sewage in land-based seawater fish farm might be an additive supplement for source of fish diet in view of haematological examination. Recycling of the sewage may be an economic artificial sources of diet for fish aquaculture practices.

**Key words** : Fermented product, Haematological changes, Oral administration, *Paralichthys olivaceus*, Sewage

지난 20년간 세계적으로 양식장의 규모와 수가 증대하여 왔으며, 양식 활동에 의한 연안해양 생태계의 변화가 사회적 관심사로 대두되고 있다 (Wu, 1995). 특히 오염원 배출의 측면에서 관심의 대상이 되는 양식형태로는 해상가두리양식 (cage), 야외연못형 담수양식 (pond) 등이 있으며, 연안생태계 보전의 차원에서 순환여과식 형태의 양식 활동도 점점 활발해지고 있는 추세

이다 (Nordvarg and Johansson, 2002; Tucker *et al.*, 1996). 하지만, 한국에서 성행하는 넙치 육상수조식 양식장에서 생사료를 투여한 후, 배출구에서 회수되는 배출물의 양은 양식어의 크기 및 양식장에 따라 다소의 차이는 있으나, 아직 이들을 대상으로 하는 별도의 처리 방법이 확립되어 있지 않다. 이러한 배출물은 대부분의 양식어류가 섭취하고 남은 잔류 생사료이며, 탄수화물이

<sup>†</sup>Corresponding Author : Ju-Chan Kang, Tel : 051-620-6146,  
Fax : 051-628-7430, E-mail : jckang@pknu.ac.kr

나 지방에 비해 단백질 함량이 높은 것이 특징이다 (Moon *et al.*, 2002).

양식장 배출수 중에 함유된 고형물의 관리방안에는 중요한 애로사항이 존재하는데, 상대적으로 단백질의 함량이 높은 양식장 배출고형물의 보관 및 수집에서 나타나는 어려움이며, 처리 단계에서도 일반적으로 수행되는 활성오니법에 의해서는 쉽게 처리되지 않는 어려움 등을 내포하고 있다. 이러한 문제 이외에도 양식장 (고형물 배출시설)이 해안가를 중심으로 넓게 분포하고 있다는 점은 국내외를 불문하고 많은 연구자들의 표준적인 처리법 개발에 걸림돌이 되고 있어 이에 대한 방안이 시급한 실정이다. 양식장 배출물과 관련한 주요 연구 분야는 투여된 사료 중 섭취되지 않고 저층에 침전된 사료찌꺼기의 생태적 영향을 밝히는 것이며 (Nordvarg and Johansson, 2002; Tucker *et al.*, 1996), 순환여과식 양식분야에서는 질산화 (nitrification)와 탈질 (denitrification)을 중심으로 연구가 활발히 진행되고 있다 (Asano *et al.*, 1992; Myoga *et al.*, 1991). 현재 사료에 첨가되고 있는 여러 종류의 첨가제에 대한 효과 및 생산성 검토가 이루어지고 있으나, 첨가제 원자재의 대부분은 수입에 의존하는 경우가 허다하며, 이는 양식어업의 애로사항으로 작용하고 있다.

광합성세균을 이용한 오폐수처리는 일본에서 처음 시도되었으며 (Kobayashi, 1972), 국내에서의 광합성세균을 이용한 오폐수처리는 축산분뇨, 두부공업폐수, 도시하수 등의 분야에서 주로 이루어지고 있다 (오 등, 1996; 이 등, 1998). 국내에서는 양식장 배출물의 제거를 위한 여과장치의 개발 및 순환여과식 양식법 개발에 따른 수질관리기술 확립과 관련한 연구들이 보고되고 있다 (Kim *et al.*, 1997a; Kim *et al.*, 1997b; Kim, 1999; 강 등, 1998; 강 등, 1999). 하지만, 이러한 배출물을 이용한 사료 등의 재활용에 있어, 아직 안정성에 대한 검토가 전무한 실정이다. 이러한 관점에서 생화학 및 생리학적 분석은 수계 환경 및 바이오모니터링에서 매우 유용한 방법으로

사용되고 있기 때문에 (McDonald and Milligan, 1992; Folmar, 1993), 혈액성분의 분석은 매우 유용한 생태독성학적 방법이라고 생각할 수 있다 (Pacheco and Santo, 2001). 따라서 본 연구는 한국의 주요 양식어류인 넙치, *Paralichthys olivaceus*를 대상으로 육상수조식 양식장 배출물 발효물의 어류 사료 첨가에 따른 혈액학적 변동에 미치는 영향을 검토하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 미생물 배양

본 연구에 사용된 미생물 균주는 젖산균, *Lactobacillus plantarum* (ATCC8014) 및 효모, *Saccharomyces cerevisiae* (IFO 0203)를 사용하였다. 젖산균은 GYP 액체배지로 30°C의 항온기 내에서 정지 배양하였고, 효모 *Saccharomyces cerevisiae* (IFO 0203)는 YM 액체배지에서 25°C로 설정하였다.

### 2. 발효 및 발효물의 이화학적 분석

양식장 배출물 분쇄시료를 120°C, 1기압 하에서 20분간 멸균하고, 이 시료를 증류수로 10배 희석시킨 후 교반하였다. 조제된 양식장 배출물

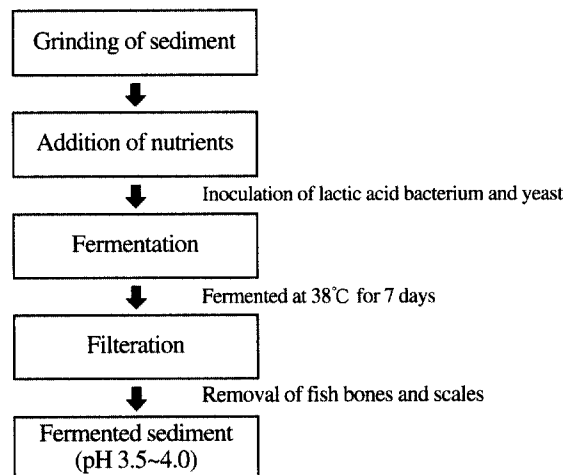


Fig. 1. Process of fermentation of sediment by lactic acid bacterium and yeast.

시료는 젓산균과 효모의 배양기질로서 이용하였다 (Fig. 1). 예비 실험을 통해 탄수화물의 상대적인 함량이 적을 것으로 기대되는 양어장 배출물의 안정적인 발효 수행을 위한 조건으로서 당분의 첨가농도는 10%, *L. plantarum* ( $10^6$  cells/ml)과 *S. cerevisiae* 배양액 ( $10^6$  cells/ml)을 1:2(V/V)의 비율로 혼합한 액을 전체의 10%(V/V)되게 접종하였다. 배양은 혐기조건, 38°C에서 수행하였다. 양식장 배출물 발효물 시료의 수분, 조단백, 조지방, 조회분 등은 각각 Kjeltac Auto 1030 Analyzer, Soxtec System 1046, 회화로, 항온건조기 등을 이용하여 측정하였다. 또한 배출물 발효물의 구성 아미노산 분석은 Ninhydrin 방법으로 amino acid analyzer S433 (SYKAM, Germany)을 사용하여 분석하였다.

### 3. 실험어 및 실험조건

전장 7 cm 내외의 넙치 치어를 8주 동안 사육하였다. 실험 시작시 실험어 평균 전장은  $7.13 \pm 0.02$  cm, 체중은  $4.24 \pm 0.05$  g 이었다. 양식장 배출물 발효물의 농도를 0.1%, 0.5%, 1.0% 그리고 2.0%로 설정하여, 각 수조 ( $\varnothing 150$  cm  $\times$  100 cm)에 넙치 치어 150 마리씩 수용하였고, 실험구는 각각 2반복으로 실시하였다. 사육 수량은 1일 15~18회 환수시켰으며, 충분한 산소 공급을 위하여 통기하였다. 실험 기간 중의 수온, 용존산소 (dissolved oxygen, DO), pH, 염분을 매일 측정하였으며, DO는 DO meter (DO-14P), pH는 pH meter (HM-12P), 염분은 광학염분계 (S/Mill-E, ATAGO)를 사용하였다. 실험기간 중 사육 수온은 15.2~24.8°C의 범위로, 최저수온은 15.2°C 이었으며, 최고 수온은 24.8°C 이었다. 염분은 34.0~36.0%의 범위였다. 사육수의 DO는 7.2~8.7 mg/L였고, pH는 7.5~8.4 범위였다.

### 4. 혈액학적 분석

실험기간 동안 혈액검사는 배출물 발효물 투여 후부터 실험종료까지 2개의 반복 실험구를

두어 4주간격으로 실시하였다. 실험어를 ethyl aminobenzoate (Sigma, USA)로 마취시킨 후, 1회 용 주사기를 사용하여 미부혈관 (caudal vein or artery)에서 채혈하였다. 채혈한 혈액은 2개로 나누어, 한 개는 heparin-Na (25,000 IU, 중외제약)을 첨가하여 혈액성상을 측정하였고, 다른 한 개는 혈청화확성분을 측정하기 위하여 1시간 동안 실온에 방치한 후, 4°C에서 2시간동안 방치한 후에 6,000rpm에서 5분간 원심 분리하여 혈청을 분리하였다. 혈액성상은 채혈 후 곧바로 실시하였고, 혈청화학 및 효소 측정은 혈청을 분리한 후 냉장상태를 유지하면서 3시간 이내에 측정하였다. 적혈구 (RBC)수는 hendrick's diluting solution으로 혈액을 1:200으로 희석한 후에 hemocytometer (Improved Neubauer, Germany)를 이용하여 광학 현미경하에서 계수하였다. 혈색소 (Hb)농도는 시판되고 있는 임상용 kit (Asan Pharm. Co., Ltd.)를 사용하여 cyan-methemoglobin법, 상대혈구용적 (Ht) 값은 microhematocrit centrifuge (Model 01501, Hawksley and Sons Ltd., England)에서 12,000rpm으로 5분간 원심 침적시켜 판독판으로 측정하였다. 혈장 무기성분의 변동은 calcium 및 magnesium에 대하여 측정하였다. 측정은 calcium은 o-cresolphthalein-complexone법, magnesium은 xylydyl blue법에 의하여 각각 임상용 kit (Asan Pharm. Co., Ltd.)를 사용하여 측정하였다. 총단백질량(total protein)은 혈청에 알칼리성으로 구리이온을 작용시키면, 단백질은 착염을 형성하여 청자색을 나타내므로 이 착염에 의하여 생성된 청자색을 파장 540nm에서 측정하여 총 단백질량을 구하는 Biuret법으로 측정하였다. 혈당량 (glucose)은 GOD (glucose-oxidase)의 작용에 의하여 glucose는 용액중의 효소 및 물과 반응하여 글루콘산과 과산화수소가 된다. 이어서 이 과산화수소가 peroxidase의 작용에 의하여, phenol과 4-aminoantipyrine을 산화적으로 축합시켜, 키논형 적색 색소를 생성한다. 이 적색 색소를 파장 500nm에서 비색 측정하여 검체중의 glucose량을 구하는 GOD/POD

법으로 (Werner *et al.*, 1970) 측정하였다. 효소활성은 GOT (glutamic oxalate transaminase), GPT (glutamic pyruvate transaminase), LDH (lactate dehydrogenase)에 대하여 측정하였다. GOT와 GPT는 reitman-frankel법, LDH는 젓산기질법으로 측정하였다. 먼저 젓산을 탈수소시켜 피루빈산을 생성하였다. 이 때 보조소 NAD는 환원되어 NADH로 된다. 생성된 NADH는 1-Methoxy PMS의 존재하에 NBT (Nitrotetrazolium blue)를 환원시켜 디포르마잔을 생성한다. 이 디포르마잔의 정색을 비색정량하여, LDH의 활성을 구하였다.

## 5. 유의성 분석

실험결과의 통계적 처리는 SPSS 통계 프로그램 (SPSS Inc.)을 이용하여 ANOVA-test를 실시한 후 사후 다중비교는 최소 유의차 검정 (LSD)으로 평균간의 유의성 ( $P < 0.05$ )을 판단하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 발효물의 일반 구성 및 아미노산 구성표

양식장 배출물 발효물의 일반성분 분석결과는 Table 1과 같다. 수분의 함량은 87.7%였으며, 조단백은 3.04%로 조사되어 수분이 다소 높게 조사되었다. 이러한 수분함량은 발효에 따른 미생물 분해 작용에 기인하는 것으로 생각된다. 또한 육상 양식장 유래의 배출물 발효물에 대한 아미노산을 분석한 결과는 Table 2와 같다. 15종의 아미노산 분석결과 asparagine, glutamic acid,

**Table 1.** General composition of fermented sediment from land-based seawater fish farm

Composition	Content(%)
Moisture	87.65 ± 1.17
Protein	3.04 ± 0.07
Ash	3.92 ± 0.01
Fat	1.94 ± 0.05

**Table 2.** Amino acid composition of fermented sediment from land-based seawater fish farm

Composition	Content (% in sample)
Asp.	2.539
Thr.	1.193
Ser.	1.012
Glu.	2.916
Pro.	1.949
Gly.	2.889
Ala.	2.435
Val.	1.318
Ile.	1.263
Leu.	1.748
Tyr.	0.629
Phe.	0.416
His.	2.328
Lys.	1.788
Arg.	0.520
Total	24.944

glycine, alanine, histamine 등의 아미노산이 높게 구성함을 확인하였다 (Table 2).

### 2. 혈액성상 및 혈청 무기성분

개발된 양식장 배출물 발효물의 사료 첨가에 따른 넙치의 영향을 파악하기 위하여 혈액학적 분석을 실시한 결과 혈액성상에 대한 분석결과를 Table 3에 나타내었다. 적혈구수는 5월 대조구가  $191 \times 10^4$  cell/mm<sup>3</sup>이었으며, 6월 조사에서는 대조구가  $199 \times 10^4$  cell/mm<sup>3</sup>, 2% 첨가구가  $160 \times 10^4$  cell/mm<sup>3</sup>으로 조사되었다. 7월조사에서는 실험구 전체가 259~288 cell/mm<sup>3</sup>으로 조사되어 전반적으로 적혈구수가 증가하는 경향을 나타내었으나 이는 어류의 성장과 관련이 있는 것으로 생각된다. 혈색소 (Hb)농도는 실험초기 2.02 g/dL 으로 조사되었고, 7월조사에서는 대조

**Table 3.** Effects of oral administration of fermented sediment on haematological property of olive flounder, *Paralichthys olivaceus*

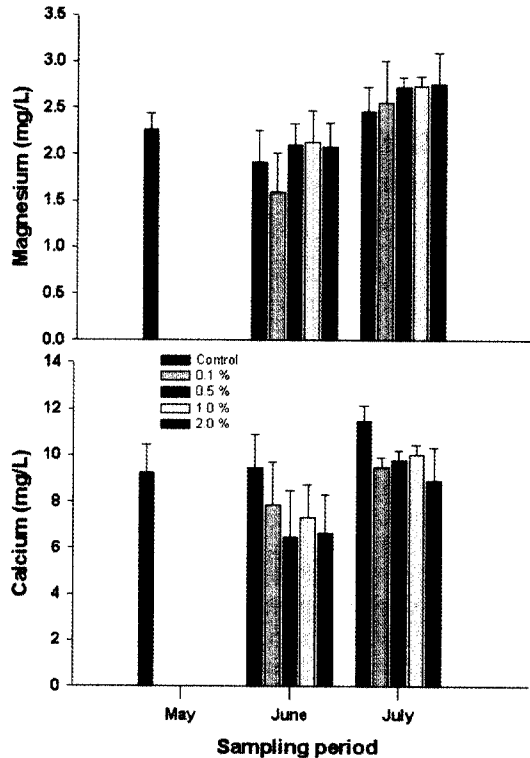
	Period	Treatment groups				
		Control	0.1%	0.5%	1.0%	2.0%
RBC count (10 <sup>6</sup> cell/mm <sup>3</sup> )	May			191.0 ± 6.0 <sup>ab*</sup>		
	June	199.3 ± 13.6 <sup>ab</sup>	206.6 ± 25.7 <sup>ab</sup>	182.0 ± 15.1 <sup>a</sup>	149.1 ± 19.9 <sup>a</sup>	160.6 ± 24.2 <sup>a</sup>
	July	282.3 ± 18.3 <sup>c</sup>	284.3 ± 22.1 <sup>c</sup>	259.9 ± 31.8 <sup>bc</sup>	288.3 ± 36.7 <sup>c</sup>	280.4 ± 10.6 <sup>c</sup>
Ht (%)	May			18.8 ± 0.7 <sup>a</sup>		
	June	20.8 ± 2.3 <sup>b</sup>	23.8 ± 2.1 <sup>bc</sup>	23.1 ± 1.3 <sup>bc</sup>	23.3 ± 1.6 <sup>bc</sup>	22.8 ± 0.8 <sup>bc</sup>
	July	27.1 ± 1.1 <sup>c</sup>	24.3 ± 1.5 <sup>bc</sup>	27.5 ± 1.4 <sup>c</sup>	24.3 ± 1.2 <sup>bc</sup>	23.8 ± 0.9 <sup>bc</sup>
Hb (g/dL)	May			2.03 ± 0.44 <sup>a</sup>		
	June	2.68 ± 0.45 <sup>ab</sup>	3.50 ± 0.30 <sup>abc</sup>	4.05 ± 0.95 <sup>bc</sup>	3.17 ± 0.17 <sup>ab</sup>	3.62 ± 0.48 <sup>bc</sup>
	July	3.40 ± 0.18 <sup>abc</sup>	3.37 ± 0.53 <sup>abc</sup>	4.14 ± 0.48 <sup>bc</sup>	4.00 ± 0.31 <sup>bc</sup>	4.77 ± 0.28 <sup>c</sup>

Values represent means ± S.E. (n=10).

\* Different letters indicate significant difference (P<0.05).

구가 3.4 g/dL 이었으나, 2% 첨가구에서는 4.7 g/dL로 조사되어 첨가구가 다소 높게 조사되었다. 또한 혈색소 지수는 초기 18.8%이었으나, 7월조사에서는 23.7~27.5%의 범위를 나타내어 첨가농도별로 유의한 차이는 관찰되지 않았다. 이러한 배출물 발효농도별 투여에 따라 동일 분석시기에 따른 유의한 차이는 나타나지 않았지만 (P>0.05), 분석시기에 따른 적혈구수, 혈색소 농도 및 혈색소 지수가 증가하는 경향은 성장과 관련이 높은 것으로 판단된다 (Sano, 1960; McCarthy et al., 1975).

혈청 마그네슘 및 칼슘의 농도는 Fig. 2에 나타내었다. 5월 조사에서는 넙치 혈청 마그네슘 농도는 2.26 mg/dL이었으며, 6월조사에서는 대조구가 1.92 mg/dL이었으며 0.1, 0.5, 1 및 2% 첨가구에서는 각각 1.59, 2.09, 2.13 및 2.08 mg/dL으로 조사되었다. 하지만, 7월 조사에서는 6월 보다는 다소 높게 조사되어 1 및 2% 발효물 첨가구에서는 각각 2.73 및 2.75 mg/dL으로 조사되었으나, 첨가구간별 및 대조구와의 유의적 차이는 나타나지 않았다 (P>0.05). 혈청 칼슘 농도는 5월 조사에서는 9.24 mg/dL이었으나, 6월조사에서는



**Fig. 2.** Effects of oral administration of fermented sediment on serum inorganic components of olive flounder, *Paralichthys olivaceus*.

대조구가 9.45 mg/dL이었으며 0.1, 0.5, 1 및 2% 첨가구에서는 각각 7.88, 6.50, 7.35 및 6.66 mg/dL으로 조사되어 발효물 첨가구가 대조구에 비해 낮은 경향을 나타내었다. 이러한 경향은 7월조사에서도 대조구가 11.45 mg/dL이었으나, 1 및 2% 첨가구에서는 각각 10.03 및 8.91 mg/dL으로 조사되어 발효물 첨가구가 대조구에 비해 낮은 혈청 칼슘농도를 나타내었다. 혈청 무기성분 중 사료 및 환경수중에 유해한 물질이 상존할 경우, 어류 체내의 마그네슘과 칼슘 농도가 변동을 나타낼 수 있는데 (Leatherland *et al.*, 1981; Singh *et al.*, 1997), 특히 마그네슘의 이온의 증가는 조직 등에서의 혈청으로 유리된 결과로 짐작할 수 있다 (Ma *et al.*, 1995). 하지만, 본 연구에서는 유의한 무기성분의 변동은 조사되지 않았다.

### 3. 혈청 유기성분 및 효소활성

어류의 total protein 농도의 변화는 최근 환경오염의 지표로 사용되고 있으며 (Ito and Murata, 1990; Hodson *et al.*, 1992), 일반적으로 오염물질에 의해 감소하며, 그 원인중의 하나는 장관 손상에 따른 흡수장애를 들 수 있다 (Mayer, 1985; Yamawaki *et al.*, 1986; Khattak *et al.*, 1996). 본 연구에서는, 배출물 발효물 첨가에 따른 넙치 혈청 유기성분에 대한 결과를 Fig. 3에 나타내었다. 혈청 총 단백질 농도는 5월 조사에서는 2.71 g/dL이었으나, 6월조사에서는 대조구가 2.86 g/dL이었으며 0.1, 0.5, 1 및 2% 첨가구에서는 각각 2.74, 2.57, 2.75 및 2.72 g/dL으로 조사되어 발효물 첨가구와 대조구가 유의한 차이가 나타나지 않았다. 7월조사에서는 대조구가 3.27 g/dL이었으며, 발효물 첨가구는 2.80~3.50의 범위를 나타내어 대조구와 유의한 차이가 나타나지 않았다. Glucose의 경우 외인성 화합물질과 같은 독성물질에 대하여 증가하는 경향을 나타내는데, 이것은 아드레날린의 과분비에 의한 과혈당 조건을 유발할 수 있으며 체내 glycogen을 분해하여 혈장 glucose가 증가하게 된다 (Gupta, 1974).

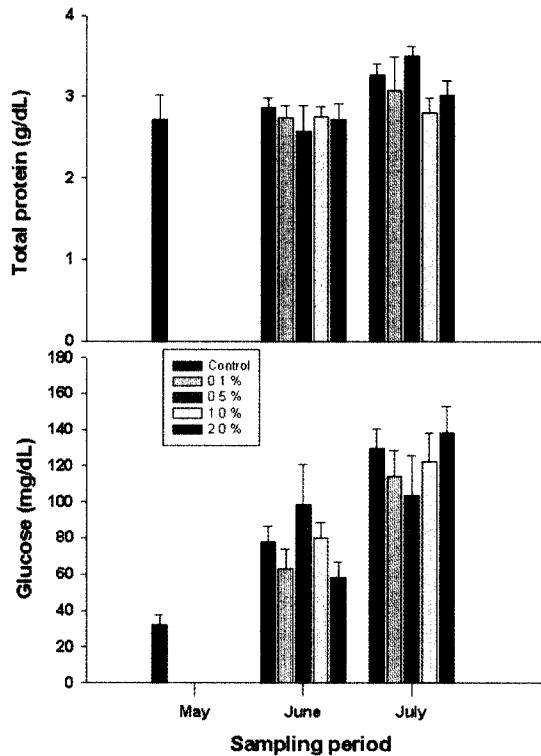


Fig. 3. Effects of oral administration of fermented sediment on serum organic components of olive flounder, *Paralichthys olivaceus*.

이번 조사에서는 발효물 첨가에 따른 혈당치의 변동은 각 조사시기별로 구간별 유의한 차이는 나타나지 않았다. 5월 조사에서 32.12 mg/dL이었으나, 6월조사에서는 대조구가 77.69 mg/dL이었으며 0.1, 0.5, 1 및 2% 첨가구에서는 각각 62.86, 98.75, 79.73 및 58.49 mg/dL으로 조사되어 2% 발효물 첨가구가 대조구에 비해 낮은 수치로 조사되었으나, 농도구간별 유의한 차이가 나타나지 않았다. 7월조사에서는 대조구와 발효물 첨가구에서 103.5~138.4 mg/dL으로 조사되어 발효물 첨가구가 대조구에 비해 유의적으로 변동이 조사되지 않았다. 따라서 배출물 발효물의 사료내 2% 함량에서는 혈청 단백질과 혈당농도에는 영향을 주지 않는 것으로 생각된다.

넙치 혈청 효소 활성 중 GOT (glutamic oxalate transaminase), GPT (glutamic pyruvate transaminase), LDH (lactate dehydrogenase)에 대한 배출

**Table 4.** Effects of oral administration of fermented sediment on serum enzyme activities of olive flounder, *Paralichthys olivaceus*

	Period	Treatment groups				
		Control	0.1%	0.5%	1.0%	2.0%
GOT (Karmen unit)	May			95.1 ± 4.2 <sup>a</sup>		
	June	81.5 ± 2.7 <sup>ab</sup>	81.7 ± 6.1 <sup>ab</sup>	80.9 ± 7.9 <sup>ab</sup>	86.8 ± 10.0 <sup>ab</sup>	82.9 ± 5.6 <sup>ab</sup>
	July	78.7 ± 4.1 <sup>ab</sup>	88.1 ± 5.8 <sup>ab</sup>	80.2 ± 2.3 <sup>ab</sup>	72.7 ± 6.3 <sup>b</sup>	79.4 ± 7.8 <sup>ab</sup>
GPT (Karmen unit)	May			53.4 ± 6.0 <sup>ab</sup>		
	June	57.7 ± 4.5 <sup>ab</sup>	59.8 ± 3.9 <sup>ab</sup>	55.6 ± 2.4 <sup>ab</sup>	46.1 ± 4.7 <sup>a</sup>	55.9 ± 6.7 <sup>ab</sup>
	July	65.3 ± 4.0 <sup>ab</sup>	76.9 ± 8.4 <sup>b</sup>	73.2 ± 5.8 <sup>b</sup>	71.5 ± 4.9 <sup>b</sup>	64.3 ± 5.1 <sup>ab</sup>
LDH (W.U.)	May			508.9 ± 16.1 <sup>ab</sup>		
	June	727.0 ± 96.3 <sup>a</sup>	622.0 ± 74.8 <sup>ab</sup>	632.1 ± 106.1 <sup>ab</sup>	482.7 ± 41.0 <sup>ab</sup>	674.9 ± 84.0 <sup>ab</sup>
	July	439.2 ± 57.0 <sup>b</sup>	525.3 ± 112.3 <sup>ab</sup>	596.7 ± 164.9 <sup>ab</sup>	429.9 ± 52.2 <sup>b</sup>	478.6 ± 48.7 <sup>b</sup>

Values represent means ± S.E. (n=10).

\* Different letters indicate significant difference (P<0.05).

물 발효물 첨가에 따른 영향을 조사한 결과를 Table 4에 나타내었다. 혈장 전이효소인 GOT 및 GPT의 활성은 오염물질에 의한 간, 심장 및 근육 등의 조직 손상의 지표로 사용되기 때문에 어류의 환경성 질병 진단에 이용되고 있으며 (Sakamoto and Yone, 1978; Shich, 1978; Smith and Ramos, 1980), 일반적으로 오염물질에 의해 증가하는 경향을 나타낸다 (Casillas and Ames, 1985; Rao *et al.*, 1990). 본 연구에서 혈청 GOT 활성은 5월 조사에서는 95.1 Karmen Unit이었으나, 6월 조사에서는 대조구가 81.5 Karmen Unit이었으며 0.1, 0.5, 1 및 2% 첨가구에서는 각각 81.7, 80.9, 86.8 및 82.9 Karmen Unit으로 조사되어 발효물 첨가구와 대조구가 유의한 차이가 나타나지 않았다. 7월조사에서는 대조구가 78.7 Karmen Unit이었으며, 발효물 첨가구는 72.7~88.1 Karmen Unit의 범위를 나타내어 대조구와 유의한 차이가 나타나지 않았다 (P>0.05). 혈청 GPT 활성은 5월 대조구에서는 53.4 Karmen Unit이었으나, 6월조사에서는 전 실험구에서 46.1~59.8 Karmen Unit의 범위를 나타내어 유사한 활성을 나타내었다. 7월조사에서도 혈청 GPT 활성이 대조구에

서는 65.34 Karmen Unit이었으며, 발효물 첨가구에서는 64.3~76.9 Karmen Unit으로 조사되어 유사한 범위의 활성을 나타내었다. 혈청 LDH 활성은 5월 조사에서는 508.9 W.U./dL이었으나, 6월조사에서는 대조구가 727.0 W.U./dL으로 조사되어 5월보다 다소 높게 조사되었다. 이러한 경향은 발효물 첨가구에서도 비교적 높게 조사되었는데, 0.1, 0.5, 1 및 2% 첨가구에서는 각각 622.0, 632.1, 482.7 및 674.9 W.U./dL으로 조사되어 발효물 첨가구와 대조구가 유의한 차이가 나타나지 않았다 (>0.05). 7월조사에서는 대조구가 439.2 W.U./dL이었으며, 발효물 첨가구는 1 및 2% 첨가구에서는 각각 430.0 및 478.6 W.U./dL으로 조사되어 발효물 첨가구와 대조구가 유사한 활성을 나타내었다. 따라서 발효물 첨가가 넙치의 효소활성에 영향을 주지 않는 것으로 평가되었다.

## 요 약

본 연구는 우리나라 주요 양식어류인 넙치, *Paralichthys olivaceus*를 대상으로 육상수조식

양식장 배출물 발효물의 어류 사료 첨가에 따른 혈액학적 변동에 미치는 영향을 검토하였다. 젓산균 및 효모를 사용하여 발효한 양식장 배출물의 이화학적 분석을 실시하였고, 발효물을 0.1, 0.5, 1.0 및 5.0% 농도로 8주간 투여하였다. 투여 4주째 및 8주째에 각 투여 구간별로 혈액학적 항목을 중심으로 그 차이를 확인하였다. 배출물 발효농도별 유의한 차이는 나타나지 않았지만, 분석시기에 따른 적혈구수, 혈색소 농도 및 혈색소 지수가 증가하는 경향을 나타내었으나, 주요 혈청 무기 및 유기성분은 배출 발효물 농도별로 유의한 차이는 나타나지 않았다. 또한 혈청 효소학적 조사에서는 조사시기별로 변동은 나타났지만, 동일 조사시기에서 각 구간별 유의한 차이는 나타나지 않았다. 따라서 이러한 육상 양식장 유래의 배출물 발효산물에 대한 다양한 방면의 연구가 진행되어야겠다.

## 사 사

이 논문은 2003년도 해양수산부 “수산특정연구개발사업비” 및 2003년도 한국과학재단 “신진연구자 연수지원사업비”의 지원에 의해 연구되었습니다. 현장실험에 도움을 준 제주대학교 해양과환경연구소 관계자에게 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

- Asano, H., Myoga, H., Asano, M. and Toyao, M.: A study of nitrification utilizing whole microorganisms immobilized by the PVA-freezing method. *Water Sci. Tech.*, 26: 1037-1046, 1992.
- Casillas, E. and Ames, W.: Serum chemistry of diseased English sole, *Parophrys vetulus* Girard, from polluted areas of Puget Sound, Washington. *J. Fish Dis.*, 8: 437-449, 1985.
- Folmar, L. C.: Effects of chemical contaminants on blood chemistry of teleost fish: A bibliography and synopsis of selected effects. *Environ. Toxicol. Chem.*, 12: 337-375, 1993.
- Gupta, P. K.: Malathion induced biochemical changes in rats. *Acta Pharmac. Tox.*, 35: 191-194, 1974.
- Hodson, P. V., McWhirter, M., Ralph, K., Gray, B., Thivierge, D., Carey, J.H., Van-Der-Kraak, G., Whittle, D.M. and Levesque, M.C.: Effects of bleached kraft mill effluent on fish in the St. Maurice River, Quebec. *Environ. Toxicol. Chem.*, 11: 1635-1651, 1992.
- Ito, Y. and Murata, T.: Changes in glucose, protein contents and enzyme activities of serum in carp administered orally with PCB. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. Nissuishi.*, 46: 465-468, 1980.
- Khattak, I. U. D. and Hafeez, M. A.: Effect of malathion on blood parameters of the fish, *Cyprinion watsoni*. *Pak. J. Zool.*, 28: 45-49, 1996.
- Kim, J. K.: Characterization of denitrifying photosynthetic bacteria isolated from photosynthetic sludge. *Aquacult. Eng.*, 19: 179-193, 1999.
- Kim, S. K., Kim, B. J., Seo, J. K., Lee, J. S., Kong, I. S. and Suh K. H.: Immobilization of nitrifier consortium for the removal of ammonium ion in the recirculating aquaculture system. *J. Kor. Fish Soci.*, 30: 816-822, 1997b.
- Kim, S. K., Kong, I. S., Seo, J. K., Kim, B. J., Lee, M. G. and Suh, K. H.: Removal of total ammonia-nitrogen (TAN) using immobilized nitrifier consortium. *Kor. J. Biotechnol. Bioeng.* 12: 543-549, 1997a.
- Kobayashi, M.: Utilization of photosynthetic bacteria. *Proc. IV. Internat. Ferment. Sympo.*, 527-531, 1972.
- Leatherland, J. F. and Sonstegard, R. A.: Effect of Dietary Mirex and PCBs on Calcium and



- Magnesium Metabolism in Rainbow Trout, *Salmo gairdneri* and Coho Salmon, *Oncorhynchus kisutch*; A Comparison With Great Lakes Coho Salmon. Comp. Biochem. Physiol. C. 69: 345-351, 1981.
- Ma, G., Lin, H. and Zhang, W.: Effects of cadmium on serum gonadotropin and growth hormone in common carp (*Cyprinus carpio* L.) J. Fish. China Shuichan Xuebao., 19: 120-126, 1995.
- Mayer, K. S., Mayer, F. L. and Witt, A.: Waste transformer oil and PCB toxicity to rainbow trout. Am. Fish. Soc., 114: 869-886, 1985.
- McCarthy, D. H., Stevenson, J. P. and Roberts, M. S.: Some blood parameters of the rainbow trout (*Salmo gairdneri* Richardson). II. The Shasta variety. J. Fish Biol., 7: 215-219, 1975.
- McDonald, D. G. and Milligan, C. L.: Chemical properties of the blood. pp. 55-133. In Fish Physiology (Hoar, W.S., Randall, D.J. and Farrell, A.P., eds.). Academic Press, San Diego. 1992.
- Moon S. W., Lee, J. B., Lee, Y. D., Kim, S. J., Kang, B. J. and Go, Y. B.: Recycling marine fish farm effluent by microorganisms. J. Aquacult. 15: 261-266, 2002. (in Korean)
- Myoga, H., Asano, H., Nomura Y. and Yoshida, H.: Effect of immobilization on the nitrification treatability of entrapped cell reactors using the PVA freezing method. Water Sci. Tech., 23: 1117-1124, 1991.
- Nordvag, L. and Johansson, T.: The effects of fish farm effluents on the water quality in the Aland archipelago, Baltic Sea. Aquacult. Eng., 25: 253-279, 2002.
- Pacheco, M. and Santo, M. A.: Tissue distribution and temperature-dependence of *Anguilla anguilla* L. EROD activity following exposure to model inducers and relationship with plasma cortisol, lactate and glucose levels. Environ. Int., 26: 149-155, 2001.
- Rao, P. P., Joseph, K. V. and Rao, K. J.: Histopathological and biochemical changes in the liver of a fresh water fish exposed to heptachlor. J. Nat. Conserv., 2: 133-137. 1990.
- Sakamoto, S. and Yone. Y.: Requirement of red sea bream for dietary iron. 2. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 44: 223-225, 1978.
- Sano, T.: Haematological studies of the culture fishes in Japan. 3. Changes in the blood constituents with growth of rainbow trout. J. Tokyo Univ. Fish., 46: 77-87, 1960.
- Shich, M. S.: Changes of blood enzymes in brook trout induced by infection with *Aeromonas salmonicida*. J. Fish Biol., 11: 13-18, 1978.
- Singh, H. and Singh, T. P.: Formothion and propoxur induced ionic imbalance and skeletal deformity in a catfish, *Heteropneustes fossilis*. J. Environ. Biol., 18: 357-363. 1997.
- Smith, A. C. and Ramos, F.: Automated chemical analysis in fish health assessment. J. Fish Biol., 17: 445-450, 1980.
- Tucker, C. S., Kingsbury, S. K., Pote, J. W. and Wax, C. L.: Effects of water management practices on discharge of nutrients and organic matter from channel catfish (*Ictalurus punctatus*) ponds. Aquaculture, 147: 57-69, 1996.
- Werner, W., Rey, H. G., Wielinger, H.: Properties of a new chromogen for determination of glucose in blood according to GOD/POD-method. Anal. Chem., 252: 224-228, 1970.
- Wu, R. S. S.: The environmental impact of marine fish culture: towards a sustainable future. Mar. Pollut. Bull., 31: 159-166, 1995.
- Yamawaki, K., Hashimoto, W., Fujii, K., Koyama, J., Ikeda, Y. and Ozaki, H.: Hemochemical

changes in carp exposed to low cadmium concentrations. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 52: 459-466, 1986.

강주찬, 김성근, 박수일: 필터의 개발을 통한 육상수조식 양식장의 환경개선에 관한 연구. II. 필터 운행에 따른 유입수 및 유출수의 정화효과. *한국수산학회지*, 31: 914-919, 1998.

강주찬, 박수일, 김성근: 필터의 개발을 통한 해수 육상수조식 양식장의 환경개선에 관한 연구. III. 스크린필터 및 자외선 등의 운행에 따른 사육수의 정화효과. *한국수산학회지*, 32: 501-506, 1999.

오광근, 이철우, 전영준, 이재홍: 광합성세균 미생물막 반응기에 의한 유기성 폐수의 처리 특성. *산업미생물학회지*, 24: 738-742, 1996.

이명균, 권오중, 정진영, 태민호, 허재숙: 광합성세균을 이용한 고농도 양돈슬러리의 무취화 관리방안에 관한 연구. *한국축산시설환경학회지*, 4: 137-147, 1998.

---

Manuscript Received : October 18, 2003

Revision Accepted : February 19, 2004

Responsible Editorial Member : Jin-Woo Kim  
(National Fisheries Research and Development Institute)