J. Korean Fish. Soc. 31(6), 882~888, 1998 한수지, 31(6), 882~888, 1998

해양오염의 진단을 위한 생화학적 오염지표에 관한 연구
VII. 남해산 넙치 (*Paralichthys olivaceus*)의 지질성분의 변화

최진호 · 김동우 · 김정화 · 박청길* · 양동범**
부경대학교 식품생명과학과 생화학교실, *부경대학교 공과대학 환경공학과, **한국해양연구소 해양화학연구부

Study on Biochemical Pollutant Markers for Diagnosis of Marine Pollution
VII. Changes in Lipid Components of Flounder (*Paralichthys olivaceus*) in the South Sea

Jin-Ho CHOI, Dong-Woo KIM, Jung-Hwa KIM, Chung-Kil PARK* and Dong Beom YANG**
*Department of Food and Life Science, Pukyong National University *Department of Environmental Engineering Pukyong National University **Korea Ocean Research and Development Institute*

This study was designed as a part of efforts to investigate the biochemical pollutant markers for diagnosis of marine pollutions by changes in lipid components of the flounder (*Paralichthys olivaceus*) in the South Sea of Korea. Hemoglobin levels in serum of cultured flounders in the South Sea were lower (4~17%) than those of wild flounder in Pohang as a control group. Triglyceride (TG), Total and low density lipoprotein (LDL)-cholesterol contents in serum of cultured flounders in the South Sea were 12~25%, 9~19% and 17~25% respectively which are higher than those of wild flounder in Pohang. Atherogenic index (AI) and T-Chol/PL ratios in serum of cultured flounders in the South Sea were significantly higher (26~43% and 17~26% respectively) than those of wild flounder in Pohang. These results suggest that near-coastal water as well as neritic water of the South Sea might be affected by pollutant input as well as the Yellow Sea of Korea.

Key words: Flounder (*Paralichthys olivaceus*), pollutant markers, triglyceride (TG), LDL and HDL-cholesterols, atherogenic index (AI)

서 론

급속한 산업발전으로 인한 연안해역의 공업폐수 및 도시하수의 유입 등 여러 경로의 오염물질 유입으로 인한 해양환경오염은 생태계에 영향을 미치고 수산생물의 오염문제까지 심각하게 대두되게 되었다. 해수중의 오염물질로서 유해 중금속이나 PCB 등의 유기염소계 농약 및 방사능 물질 등은 수산생물에 영향을 미치거나 체내에 농축될 가능성이 크다. 최근 남해안에서는 적조 현상으로 인한 넙치의 떼죽음과 유류의 유출사고로 심각한 생태계 피해를 입은바 있고 지형적으로 반폐쇄성인 해역이 많아 환경관리에 어려움을 겪고 있다.

오염물질이 해양생태계에 미치는 영향을 조사하기 위해 사용되는 방법은 매우 다양하다. 근년에는 효소활동도의 변화등으로 오염물질이 영향을 주기 시작하는 초기에 측정이 가능한 생물학적 지표들이 많이 연구되고 있다. 이러한 지표를 사용하면 해양생태계의 파괴가 더 진행되기 전에 해양환경개선책을 적용할 수 있어 해양오염으로 부터의 피해를 최소화 할 수 있다. 해양환경평가에 사용할 수 있는 지표들은 넓은 해역에 공통적으로 적용될 수 있어야 하고 측정방법이 보편화될 수 있어야 한다 (Stein et al., 1993). 현재 널리 연구되고 있는 것으로서는 acetylcholinesterase (AChE)나 butyrylcholinesterase (BChE), 그리고 메탈로치오네인 (metallothionein), MFO (mixed function oxidase), cytochrome P-450 momooxygenase 등이 보고되어 있다 (Ellman et al., 1961; Holland et al., 1967; Viarengo, 1985; Olsson et al., 1987; Collier and Varanas, 1988; Watanabe et al., 1989; Safe, 1990; Galgani and Bocquéné, 1988, 1990, 1991; Galgani, Bocquéné and Cadiou 1992; Bocquéné and Galgani, 1991; Grzebyk and Galgani, 1991; Galgani, 1992).

저자 등은 이미 황해안의 자연 및 양식산 넙치 (Choi et al., 1997a; Moon et al., 1997; Choi et al., 1997b) 및 도다리 (Choi et al., 1997c,d,e)를 시료로 한 해양오염의 진단을 위한 생화학적 오염지표 연구를 실시하여 도다리 혈액의 생화학분석을 이용한 오염의 측정법 (최와 양,

본 연구는 환경부 과학기술처의 선도기술개발사업인 "해양환경 감시 및 평가기술 (9-4-1)"의 연구비 지원을 받아 수행되었음.

1997a) 및 넙치의 생화학적 분석기법을 이용한 해양오염의 측정법 (최와 양, 1997b)을 특허출원한 바 있다. 본 연구에서는 우리나라 남해안의 오염지표 설정을 위한 기초연구의 일환으로서 남해산 넙치 (*Paralichthys olivaceus*)의 혈액을 분리하여 헤모글로빈 (hemoglobin)의 함량을 측정하고 혈청을 분리하여 혈청중의 단백질 함량을 측정하고 지질성분으로서 중성지질 (triglyceride: TG), 인지질 (phospholipid: PL), 저밀도리포단백 (low density lipoprotein: LDL) 및 고밀도리포단백 (high density lipoprotein: HDL)-콜레스테롤의 함량을 평가하고, 사람의 질병진단에 활용되는 동맥경화지수 (atherogenic index)를 평가하며, 노화의 지표로 활용되는 인지질에 대한 콜레스테롤의 비 (Chol/PL ratio) 등을 분석하여 오염도와의 관계를 비교 평가하고자 한다.

재료 및 방법

1. 넙치 시료

본 실험에 사용한 넙치 시료 (*Paralichthys olivaceus*)는 Fig. 1에서 보는 바와 같이 시험군은 남해안의 마산 (Masan), 통영 (Tongyeong), 한산도 (Hansando), 고성 (Goseong), 삼천포 (Samchunpo)에서 채집한 양식산 넙치 (체장 22.5~31.0 cm, 체중 350~550 g)를, 그리고 대조군으로서는 오염도가 비교적 적은 동해안의 포항 (Pohang)에서 채집한 자연산 넙치 (체장 24.5~32.0 cm, 체중 370~650 g)을 각각 1997년 9월~10월사이에 7마리씩 구입하여 실험에 사용하였다.

2. 시료 및 조직의 분획

혈액은 채취하기전 12시간 절식시킨 상태에서 마취제 (benzocaine: 4-aminobenzoic acid ethylester)를 에탄올에 용해하여 마취시킨 다음, 넙치의 꼬리부분 (尾部)에서 5 cm지점의 등뼈밑 동맥에서 일회용 주사기로 채혈하여 전보 (Choi et al., 1997a)에 따라 처리한 다음, −70℃에 저장하면서 분석에 사용하였다. 뇌 및 근육의 분획은 전보 (Choi et al., 1997a)에 따라 완충용액 (1.15% KCl/10 mM phosphate buffer+5 mM EDTA, pH 7.4)에 넣어 −70℃에 저장하면서 분획하여 실험에 사용하였다.

3. 단백질 함량의 측정

혈청 및 조직획분의 단백질 함량은 Lowry et al. (1951)의 방법에 따라 표준 단백질로서 BSA (bovine serum albumin)를 사용하여 분광광도계로 525 nm에서 흡광도를 측정하여 표준검량선으로 정량하였다.

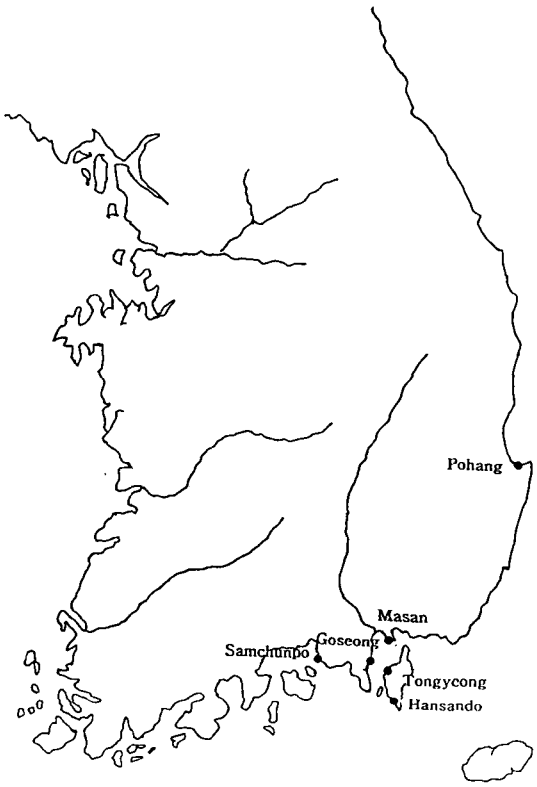

Fig. 1. Sampling stations of the flounder (*Paralichthys olivaceus*) in South Sea of Korea 1997.

4. 헤모글로빈 함량의 측정

혈액중의 헤모글로빈의 함량은 헤모글로빈 측정용 킷트시약 (Sigma, Co.)을 사용하여 CMG법 (cyammethemoglobin)에 의해 측정하였다.

5. 중성 및 인지질의 측정

혈청중의 중성지질의 함량은 전보 (Choi et al., 1997a)에 따라 TG킷트시약 (Sigma, Co.)을 사용하여 측정하였다. 인지질 (phospholipid: PL)의 함량은 Ames (1966)의 방법에 따라 무기인을 정량하고, 여기에 12.5를 곱하여 인지질의 함량으로 계산하였다. 인지질에 대한 콜레스테롤 함량의 비 (Ch/PL molar ratio)는 Calderini et al. (1983)의 방법에 따라 계산하였다.

6. 콜레스테롤 및 동맥경화지수의 측정

혈청중의 총콜레스테롤 함량은 Rudel and Morris (1973)의 방법에 따라 *o*-phthalaldehyde법으로 측정하였다. 혈청중의 저밀도리포단백 (low density lipoprotein: LDL) 및 고단백리포단백 (high density lipoprotein: HDL)-콜레스테롤의 함량 측정은 전보 (Choi et al.,

1997a)와 같은 방법으로 측정하였다. 동맥경화지수(atherogenic index; AI)는 Haglund et al. (1991)의 방법에 따라 총콜레스테롤의 함량에서 HDL-콜레스테롤의 함량을 제하고, 이 값을 HDL-콜레스테롤의 함량으로 나눈 값을 구하였다.

7. 분석결과의 통계처리

모든 실험결과는 통계 처리하여 평균치와 표준편차를 계산하였고, 각 군간의 유의성 검정은 Student's t-test (Steel and Torrie, 1960)로 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 헤모글로빈의 함량의 비교

혈액의 주성분인 헤모글로빈은 혈색소로서 매우 중요한 역할을 담당하고 있다. 혈액중의 헤모글로빈의 함량에 미치는 해양오염의 영향을 평가하기 위하여 비교적 오염도가 낮은 동해안 포항의 자연산 넙치를 대조군으로 하여 남해안의 양식산 넙치의 혈액중의 헤모글로빈의 함량을 분석 비교하였다. Fig. 2에서 보는 바와 같이 남해안의 양식산 넙치의 혈액중의 헤모글로빈의 함량 (4.02 ± 0.41~4.67 ± 0.37 g/dl serum)이 대조군으로 사용한 동해안 포항의 자연산 넙치의 혈액중의 헤모글로빈의 함량 (4.84 ± 0.58 g/dl serum; 100%) 대비 4~17%의 감소가 인정되었다.

한편 남해안의 양식산 넙치 혈액중의 헤모글로빈의 함량이 전보 (Choi et al., 1997a)에서 조사 발표한 서해안의 양식산 넙치 혈액중의 헤모글로빈의 함량 (3.78 ± 0.94~4.19 ± 0.72 g/dl serum) 대비 약 10%정도나 높았다. 이러한 사실은 남해안 시료채취해역이 서해안 시료채취해역에 비해 오염도가 상대적으로 낮다는 사실을 알 수 있다. 또한 같은 남해안중에서도 헤모글로빈의 함량을 통한 헤모글로빈의 파괴에서 본다면 통영과 한산도 근해에서 양식하고 있는 넙치가 마산 등의 다른 지역에서 양식하고 있는 넙치보다 오염도가 높다는 사실을 시사하고 있었다. 대조군으로 사용한 포항의 자연산 넙치 혈액중의 헤모글로빈의 파괴가 없는 것은 동해안의 해역이 그만큼 오염되어 있지 않다는 것을 나타내는 것으로 보인다.

2. 중성지질 함량의 비교

혈청중의 중성지질로서 트리글리세리드 (triglyceride: TG)의 함량은 생체내의 대표적인 지질성분으로서 성인병의 하나로 알려진 고지혈증의 원인으로 작용하고 있기 때문에 혈청중의 TG의 함량은 중요한 의미를 갖고 있다. 오염도가 비교적 낮은 동해안의 포항의 자연산 넙치를 대조군으로 하여 남해안의 양식산 넙치의 혈청중의 TG의 함량을 비교하여 보면 Fig. 3과 같다.

Fig. 3에서 보는 바와 같이 고성을 제외한 대부분의 남해안의 양식산 넙치의 혈청중의 TG의 함량 (270.00 ± 10.98~330.56 ± 19.74 mg/dl serum)은 대조군으로 사용한 동해안 포항의 자연산 넙치의 혈청중의 TG의 함량 (265.30 ± 21.47 mg/dl serum; 100%) 대비 12~25%나 높았다. 한편 남해안의 양식산 넙치 혈액중의 TG의 함량이 전보 (Choi et al., 1997a)에서 조사 발표한 서해안의 양식산 넙치 혈액중의 TG의 함량 (285.80 ± 36.10~363.70 ± 33.90 mg/dl serum) 보다 약 6~10%정도나 낮았다. 같은 남해안중에서 마산이나 한산도에서 양식한

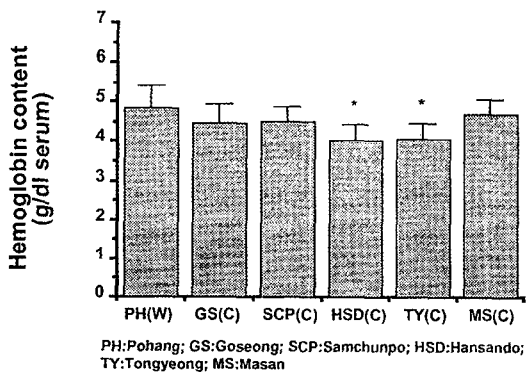

Fig. 2. Hemoglobin levels in serum of cultured flounder (*Paralichthys olivaceus*) in the South Sea of Korea.
*p<0.05 compared with wild flounder in Pohang.

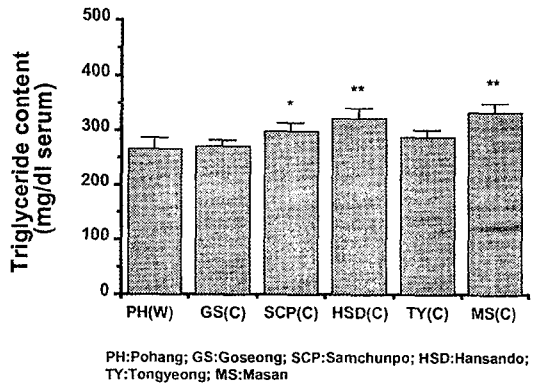

Fig. 3. Triglyceride (TG) contents in serum of cultured flounder (*Paralichthys olivaceus*) in the South Sea of Korea.
*p<0.05; **p<0.001 compared with wild flounder in Pohang.

넙치 혈액중의 TG의 함량이 고성 등 다른 지역에서 양식한 넙치 혈액중의 TG의 함량보다 20%정도 높다는 사실도 흥미로우며 같은 남해안중에서도 오염도에 상당한 차이가 있을 것으로 예상된다. 이러한 사실은 육수의 유입과 연안 자체의 오염도등에 기인할 것으로 생각된다.

또한 남해안이나 서해안의 양식산 넙치의 TG의 함량이 대조군으로 사용한 포항의 자연산 넙치의 TG의 함량에 비해 유의적으로 높다는 사실은 해양의 오염도 중요한 인자로 작용하겠지만, 사료의 과량 투여 및 운동량의 부족에도 기인할 것으로 판단된다. 따라서 사료의 적정량 투여와 인공적인 수류(水流)를 통하여 운동량을 증가시키는 것이 중성지질의 체내 축적을 예방할 수 있을 뿐만 아니라 식미(食味)와 관계되는 육질의 개선에도 크게 기여할 수 있을 것으로 판단된다. 이와 관련하여 저자 등(崔 等, 1993)은 穗本 등(1988)과의 공동연구로 양식 어류의 운동량 부하에 의한 육질개선 연구를 수행한 바 있다.

3. 콜레스테롤의 함량 비교

어패류는 계절에 따라 콜레스테롤의 함량에 차이가 있을 뿐만 아니라 등푸른 생선으로 알려진 붉은살 생선은 흰살 생선보다 콜레스테롤의 함량이 높고, 껍질은 근육보다 상당히 높은 양의 콜레스테롤을 함유하고 있다. 오염도가 비교적 적은 동해안의 포항의 자연산 넙치를 대조군으로 하여 남해안의 양식산 넙치의 혈청중의 총콜레스테롤, LDL 및 HDL-콜레스테롤의 함량 및 동맥경화지수(atherogenic index)를 비교하여 보면 Table 1과 같다.

남해안의 양식산 넙치의 혈청중의 총콜레스테롤의 함량(332.1 ± 28.7~362.7 ± 28.5 mg/dl serum)이 대조군으로 사용한 동해안 포항의 자연산 넙치의 혈청중의 총콜레스테롤의 함량(305.9 ± 25.7 mg/dl serum; 100%) 대비 108.6~118.6%로서 약 9~19%정도나 총콜레스테롤의 함량이 높다는 사실을 알 수 있었다. 한편 남해안의 양식산 넙치 혈액중의 총콜레스테롤의 함량이 전보(Choi et al., 1997a)에서 조사 발표한 서해안의 양식산 넙치 혈액중의 총콜레스테롤의 함량(345.3 ± 20.4~395.4 ± 42.2 mg/dl serum) 보다 약 4~10%정도나 낮았다. 이러한 사실은 남해안 시료채취해역이 서해안 시료채취해역에 비해 오염도가 상대적으로 낮다는 사실을 알 수 있다.

혈청중의 콜레스테롤중에서 성인병의 발병인자로 알려진 저밀도리포단백(LDL)-콜레스테롤의 함량 변화에 미치는 해양오염의 영향을 평가하기 위하여 비교적 오염도가 낮은 동해안 포항의 자연산 넙치를 대조군으로 하여 남해안의 양식산 넙치의 혈청중의 LDL-콜레스테롤의 함량을 분석 비교하여 보았다. 남해안의 양식산 넙치의 혈청중의 LDL-콜레스테롤의 함량(280.4 ± 20.7~300.5 ± 26.2 mg/dl serum)이 대조군으로 사용한 동해안 포항의 자연산 넙치의 혈청중의 LDL-콜레스테롤의 함량(240.5 ± 28.2 mg/dl serum; 100%) 대비 116.6~125.0%로서 17~25%정도나 LDL-콜레스테롤의 함량이 높았다. 그러나 예상과는 달리 남해안의 양식산 넙치 혈액중의 총콜레스테롤의 함량이 전보(Choi et al., 1997a)에서 조사 발표한 서해안의 양식산 넙치 혈액중의 총콜레스테롤의 함량(260.5 ± 35.5~292.0 ± 29.1 mg/dl serum)과는 유의적인 차이점을 발견할 수 없었다. 이러한 사실은 사람

Table 1. Total, LDL and HDL-cholesterol contents and atherogenic index in serum of cultured flounders in the South Sea of Korea

Stations (Area)	Total cholesterol (mg/dl serum)	LDL-cholesterol (mg/dl serum)	HDL-cholesterol (mg/dl serum)	Atherogenic index
East Sea				
Pohang (W)	305.9 ± 25.7	240.5 ± 28.2	35.52 ± 3.54	7.61 ± 1.24
	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
South Sea				
Goseong (C)	353.2 ± 20.9**	280.4 ± 20.7*	32.74 ± 2.79	9.79 ± 1.14*
	115.5%	116.6%	92.2%	128.7%
Samchunpo (C)	332.1 ± 28.7	282.1 ± 20.4*	27.94 ± 3.21**	10.89 ± 1.78**
	108.6%	117.3%	78.7%	143.1%
Hansando (C)	347.5 ± 22.9*	290.5 ± 30.1*	29.74 ± 2.84*	10.68 ± 1.84*
	113.6%	120.8%	83.7%	140.3%
Tongyeong (C)	340.4 ± 20.7*	287.8 ± 27.1*	30.02 ± 3.21*	10.34 ± 1.92*
	111.3%	119.7%	84.5%	135.9%
Masan (C)	362.7 ± 28.5**	300.5 ± 26.2**	34.24 ± 2.79	9.59 ± 1.43*
	118.6%	125.0%	96.4%	126.0%

C: cultured flounder; W: wild flounder. *$p<0.05$; **$p<0.01$ compared with wild flounder in Pohang.

과는 달리 LDL-콜레스테롤이 갖는 의미가 다를 것으로 판단되므로 좀더 구체적인 연구가 필요할 것으로 기대된다.

한편 인체내에서 항콜레스테롤 인자(anti-cholesterol factor) 또는 장수인자(longevity factor)로 알려진 HDL-콜레스테롤의 함량을 비교하여 보면(Table 1) 남해안의 양식산 넙치(27.94 ± 3.21~34.24 ± 2.79 mg/dl serum)에 비해 대조군으로 사용된 포항의 자연산 넙치의 혈액중의 HDL-콜레스테롤의 함량(35.52 ± 3.54 mg/dl serum)이 마산과 고성을 제외하고는 15~25%나 유의적으로 낮았다($p<0.05$~0.01). HDL-콜레스테롤은 운동(exercise)과 생선 단백질(fish protein) 및 섬유질(cellulose, alginic acid, chitin)의 섭취에 의해서 주로 증가되는 것으로 알려져 있기 때문에 자연산 넙치가 운동량이 상대적으로 많을 뿐만 아니라 해초나 먹이사슬에 의한 생선을 먹이로 사용하고 있기 때문으로 판단된다. 결국 자연산 넙치가 양식산 넙치보다 영양학적으로서 뿐만 아니라 생리생화학적 효과가 있을 것으로 기대된다.

4. 동맥경화지수(AI)의 비교

성인병의 초기증상으로 알려진 동맥경화증의 발병지표로 알려진 동맥경화지수(atherogenic index: AI)에 미치는 해양오염의 영향을 평가하기 위하여 비교적 오염도가 낮은 동해안 포항의 자연산 넙치를 대조군으로 하여 남해안의 양식산 넙치의 AI를 분석 비교한 결과는 Table 1과 같다. 남해안의 양식산 넙치의 AI(9.59 ± 1.43~10.89 ± 1.78)는 대조군으로 사용한 동해안 포항의 자연산 넙치의 AI(7.61 ± 1.24; 100%) 대비 126.0~143.1%로서 남해안의 양식산 넙치가 상당한 문제점이 있는 것으로 나타났다($p<0.05$-0.01).

한편 남해안의 양식산 넙치의 AI가 전보(Choi et al., 1997a)에서 조사 발표한 서해안의 양식산 넙치의 AI(9.24 ± 1.95~11.16 ± 2.10)와 거의 유사한 경향을 나타내고 있었다. 이러한 사실에서 볼 때 남해안 시료 채취해역의 오염정도가 서해안 시료 채취해역의 경우와 유사한 수준일 가능성이 있다.

5. 인지질에 대한 콜레스테롤비의 비교

최근 병적 상태나 노화과정중에 증가하는 것으로 밝혀진 인지질(phospholipid: PL)에 대한 총콜레스테롤의 함량비(T-Chol/PL ratio)를 남해안의 양식산 넙치를 사용하여 해양오염이 비교적 적은 동해안 포항의 자연산 넙치를 대조군으로 하여 남해안의 오염상태를 비교하여 보면 Table 2와 같다.

남해안의 양식산 넙치의 T-Chol/PL비(3.75 ± 0.21~4.03 ± 0.33)는 대조군으로 사용한 동해안 포항의 자연산 넙치의 T-Chol/PL비(3.2 ± 0.3: 100%) 대비 116.8~125.6%로서 약 17~26%나 높아 남해안 넙치의 서식환경으로서 남해안의 오염도 상당한 문제가 있음을 알 수 있었다. 한편 남해안의 양식산 넙치의 T-Chol/PL비가 전보(Choi et al., 1997a)에서 조사 발표한 서해안의 양식산 넙치의 T-Chol/PL비(3.41 ± 0.36~4.32 ± 0.38)와 거의 유사한 경향을 나타내고 있지만, 최대의 T-Chol/PL비는 거의 10%나 높았다. 이러한 사실에서 볼 때 남해안 시료 채취해역의 오염정도도 서해안 시료 채취해역의 경우와 유사한 수준일 것으로 판단된다.

이상의 실험결과를 종합하면 남해안 시료채취해역의 오염도를 같은 넙치를 사용하여 서해안 시료채취해역과 비교했을 때 남해안이 다소 낮긴 하지만, 안심할 수준이 아니라는 사실을 시사한다. 따라서 정화되지 않는 육상오수의 유입 방지, 해상 유류사고의 방지대책 및 양식장 자체의 수질 정화시설 설치 등을 포함한 양식장의 서식환경 개선에 적극 나서야 할 단계가 왔다고 판단된다.

Table 2. Total cholesterol and phospholipid contents and T-Chol/PL ratio in serum of cultured flounders in the South Sea of Korea

Stations (Area)	Total cholesterol (T-Chol) (mg/dl serum)		Phospholipid (PL) (mg/dl serum)		T-Chol/PL ratio	
East Sea						
Pohang (W)	305.9 ± 35.2	100.0%	7.62 ± 1.15	100.0%	3.21 ± 0.32	100.0%
South Sea						
Goseong (C)	353.2 ± 20.9**	115.5%	7.10 ± 1.01	93.2%	3.98 ± 0.24**	123.9%
Samchunpo (C)	332.1 ± 28.7	108.6%	7.08 ± 0.54	92.9%	3.75 ± 0.21*	116.8%
Hansando (C)	347.5 ± 22.9*	113.6%	7.24 ± 0.72	95.0%	3.84 ± 0.34*	119.6%
Tongyeong (C)	340.4 ± 20.7*	111.3%	7.06 ± 0.74	92.7%	3.86 ± 0.29*	120.2%
Masan (C)	362.7 ± 28.5**	118.6%	7.21 ± 0.95	94.6%	4.03 ± 0.33**	125.6%

C: cultured flounder; W: wild flounder. *$p<0.05$; **$p<0.01$ compared with wild flounder in Pohang.

요 약

해양오염의 진단을 위한 생화학적 오염지표 설정의 기초연구의 일환으로, 오염이 심각한 서해안의 오염지표에 관한 연구에 이어, 남해안의 오염도를 평가하기 위하여 오염도가 적은 동해안 포항의 자연산 넙치를 대조군으로 하여 남해산 양식산 넙치 (*Paralichthys olivaceus*)의 혈액중의 지질성분을 분석 평가하였다. 남해안의 양식산 넙치의 혈청중의 헤모글로빈의 함량은 포항의 자연산 넙치 대비 각각 4~17%의 감소현상이 나타나서 헤모글로빈의 파괴가 상당함을 알 수 있었다. 남해안의 양식산 넙치의 혈청중의 중성지질, 총콜레스테롤 및 LDL-콜레스테롤의 함량은 대조군으로 사용한 포항의 자연산 넙치 대비 각각 12~25%, 9~19% 및 17~25%나 높았다. 이러한 사실은 해양오염 뿐만 아니라 양식산 넙치의 사료의 과량 투여 및 운동량 부족도 관계할 것으로 판단된다.

남해안의 양식산 넙치의 동맥경화지수 (AI) 및 인지질에 대한 총콜레스테롤의 함량비 (T-Chol/PL ratio)도 대조군으로 사용한 포항의 자연산 넙치 대비 각각 26~43% 및 17~26%나 높아서 남해안의 양식산 넙치의 오염도가 심각한 것으로 판단된다. 한편 남해안의 양식산 넙치의 HDL-콜레스테롤의 함량은 대조군으로 사용한 포항의 자연산 넙치 대비 일부 지역을 제외하고는 15~25%나 낮아서 상당히 문제가 있었다. 사실 운동량이나 섬유질 및 생선 단백질의 섭취에 따라 증가하는 HDL-콜레스테롤이 감소한다는 사실은 연안해역의 환경개선책이 시급함을 말해준다.

참 고 문 헌

Ames, B.N. 1966. Assay of inorganic phosphate, total phosphate and phosphatases. Analytical Methods 8, 115~118.

Bocquéné, G. and F. Galgani. 1991. Acetylcholinesterase activity in the common prawn (*Palaemon serratus*) contaminated by carbarly and phosalone: Choice of a method for detection of effects. Ecotoxicol. Environ. Saf. 22, 337~345.

Calderini, G., A.C. Bonetti, A. Battistella, F.T. Crews and G. Toffano. 1983. Biochemical changes of rat brain membranes with aging. Neurochemical Research. 8 (4), 483~492.

Choi, J.H., D.W. Kim, Y.S. Moon, C.K. Park, J.I. KIM and D.B. Yang. 1997a. Study on biochemical pollutant marker for diagnosis of marine pollution I. Changes in lipid components of flounder (*Paralichthys olivaceus*) in the Yellow Sea. Korean J. Life Science 7 (1), 1~9.

Choi, J.H., D.W. Kim, J.I. Kim, C.K. Park and D.B. Yang. 1997b. Study on biochemical pollutant marker for diagnosis of marine pollution III. Changes in cholinesterase activity of flounder (*Paralichthys olivaceus*) in the Yellow Sea. Korean J. Life Science 7 (1), 17~23.

Choi, J.H., D.W. Kim, C.K. Park, J.I. Kim and D.B. Yang. 1997c. Study on biochemical pollutant index for diagnosis of marine pollution IV. Changes in lipid components of flounder (*Pleuronichthys cornutus*) in the Yellow Sea. J. Korean Fish. Soc. 30 (4), 601~607.

Choi, J.H., D.W. Kim, Y.S. Moon, C.K. Park and D.B. Yang. 1997d. Study on biochemical pollutant index for diagnosis of marine pollution V. Changes in oxygen radicals and their scavenger enzymes of flounder (*Pleuronichthys cornutus*) in the Yellow Sea. J. Korean Fish. Soc. 30 (4), 608~613.

Choi, J.H., D.W. Kim, Y.S. Moon, C.K. Park and D.Y. Yang. 1997e. Study on biochemical pollutant index for diagnosis of marine pollution VI. Changes in cholinesterase activity of flounder (*Pleuronichthys cornutus*) in the Yellow Sea. J. Korean Fish. Soc. 30 (4), 614~619.

Collier, T.K. and U. Varanas. 1988. Xenobiotic metabolizing enzymes in two species of benthic fish showing different prevalences of hepatic neoplasms in Puget Sound, Washington. Mar. Env. Res. 24, 113~114.

Ellman, G.L., K.O. Courtney, V. Andres and R.M. Featherstone. 1961. A new and rapid colorimetric determination of acetylcholinesterase activity. Biochem. Pharmacol. 7, 88~95.

Galgani, F. and G. Bocquéné. 1988. A method for routine detection of organophosphorus and carbamates in Sea Water. Environ. Technol. Lett. 10, 311~322.

Galgani, F. and G. Bocquéné. 1990. In vitro inhibition of acetylcholinesterase from four marine species by organophosphates and carbamates. Bull. Environ. Contamin. Toxicol. 45, 243~249.

Galgani, F. and G. Bocquéné. 1991. Semi-automated colorimetric and enzymatic measurements in aquatic organisms using a plate reader. Wat. Res. 25 (2), 147~150.

Galgani, F. 1992. Monitoring of pollutant biochemocal effects on marine organisms of the French Coasts. Oceanologica Acta. 15 (4), 355~36.

Galgani, F., G. Bocquéné and Y. Cadiou. 1992. Evidence of variation of cholinesterase activity in fishes along a pollution gradient in the North Sea. Mar. Ecol. Prog. Ser. 19~24.

Grzebyk, D. and F. Galgani. 1991. Mesurement of organic pollution on marine organism: rapid determination of EROD induction using plate readers. Aquat. Liv. Resour. 4, 53~59.

Haglund, O., R. Luostarinen, R. Wallin, L. Wibel and T. Saldeen. 1991. The effects of fish oil on triglyceride, cholesterol, fibrinogen and malondialdehyde in humans supplemented with vitamin E. J. Nutr. 121 165~169.

Holland, H.T., D.R. Coppage and N. Imada. 1967. Use of fish brain acetylcholinesterase to monitor pollution by organophosphorus pesticides. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 2 (3), 156~162.

Lowry, O.H., N.J. Roseborough, L.A. Farr and R.J. Randal. 1951. Protein measurement with the Folin phenol reagent. J. Biol. Chem. 193, 265~275.

Moon, Y.S., D.W. Kim, J.H. Choi, C.K. Park and D.B. Yang. 1997. Study on biochemical pollutant marker for diagnosis of marine pollution II. Changes in oxygen radicals and their scavenger enzymes of flounder (*Paralichthys olivaceus*) in the Yellow Sea. Korean J. Life Science 7 (1), 10~16.

Olsson, P.E. and C. Hogstrand. 1987. Subcellular distribution and binding of cadmium to metallothionein in tissues of rainbow trout. Environ. Toxicol. Chem. 6, 867~874.

Rudel, L.L. and D.M. Morris. 1973. Determination of cholesterol using o-phthaldehyde. J. Lipid. Res. 14, 364~366.

Safe, S. 1990. Polychlorinated biphenyls (PCBs), and related compounds: Environmental and nechanistic considerations which support the development of toxic equivalency factors (TEFs). Crit. Rev. Toxicol. 21, 51~88.

Steel, R.G.D. and J.H. Torrie. 1960. Principles and Procedures of Statistics. McGrawhill. New York.

Stein, J.E., T.K. Collier, W.L. Reichert, E. Casillas, T. Horn and U. Varanas. 1993. Bioindicators of contaminant exposure and sublethal effects in benthic fish from Puget Sound, Washington. Mar. Env. Res. 35, 95~100.

Viarengo, A. 1985. Biochemical effects of trace metals. Mar. Pollut. Bull. 16 (4), 153~158.

Watanabe, S.T., T. Shimada, S. Nakamura, N. Nishiyama, N. Yamashita, S. Tanabe and R. Tatsukawa. 1989. Specific profile of liver microsomal cytochrome P-450 in dolphin and whales. Mar. Env. Res. 27, 51~65.

崔鎭浩 · 槌本六良 · 橘勝康. 1993. 韓日兩國の養殖ヤダイ肉質の體脂肪及よびアミノ酸の含量比較. 長崎大學水產學部研究報告 第73號 49~53.

최진호 · 양동범. 1997a. 도다리 혈액의 생화학적 분석을 이용한 해양오염의 측정법. 특허출원 제51849호 (1997. 10. 9).

최진호 · 양동범. 1997b. 넙치의 생화학적 분석기법을 이용한 해양오염의 측정법. 특허출원 제51850호 (1997. 10. 9).

槌本六良 · 宮田克也 · 松尾重己 · 大里進子 · 高良治江 · 三鳥敏雄 · 橘勝康. 1988. 養殖マダイの肉質に對する遊泳運動の效果. 日本水產學會誌 54, 677~681.

1998년 7월 30일 접수
1998년 11월 11일 수리