

해양오염의 진단을 위한 생화학적 오염지표에 관한 연구

IV. 황해산 도다리 (*Pleuronichthys cornutus*)의 지질성분의 변화

최진호·김동우·박청길*·김재일**·양동범***
부경대학교 식품생명과학과, *부경대학교 공과대학 환경공학과
한림대학교 환경생명과학연구소, *한국해양연구소 해양화학연구부

Study on Biochemical Pollutant Markers for Diagnosis of Marine Pollution

IV. Changes in Lipid Components of Flounder (*Pleuronichthys cornutus*) in the Yellow Sea

Jin-Ho CHOI, Dong-Woo KIM Chung-Kil PARK*, Jae-Il KIM** and Dong-Beom YANG***

Department of Food and Life Science, *Department of Environmental Engineering,
Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea

**Institute of Environment & Life Science, Hallym University, Chunchon 200-702, Korea

***Korea Ocean Research and Development Institute, Ansan 425-170, Korea

This study was designed to investigate the biochemical pollutant marker for diagnosis of marine pollutions by the changes in lipid components of the flounder (*Pleuronichthys cornutus*) in the Yellow Sea of Korea.

Hemoglobin levels in serum of wild flounders in the Yellow Sea were significantly lower (15~30%) than those of wild flounder in Pohang (control) of the East Sea. Triglyceride (TG) contents in serum of wild flounders in the Yellow Sea were higher (15~50%) than those of wild flounder in Pohang. Total and low density lipoprotein (LDL)-cholesterol contents in serum of flounders in the Yellow Sea were significantly higher (20~25% and 15~35%, respectively) than those of wild flounder in Pohang. Atherogenic index (AI) in serum of wild flounders in the Yellow Sea were significantly higher (10~60%) than those of wild flounder in Pohang, but T-Chol/PL ratios showed almost no change in serum of flounders in the Yellow Sea we examined. These results suggest that near-coastal water as well as neritic water of the Yellow Sea might be affected by pollutant input.

Key words : flounder (*Pleuronichthys cornutus*), Yellow Sea, triglyceride (TG), total cholesterol, LDL and HDL-cholesterol

서 론

최근의 급속한 공업화·산업화에 따른 공업용 폐수와 생활오수의 유입 뿐만 아니라 농약의 과다 사용과 양축 양식 등에 의한 해양의 환경오염이 심화되어 해양오염에 따른 수산생물의 오염문제가 심각하게 대두되고 있다. 이들 오염물질중에서도 유해 중금속이나 PCB 등의 유기 염소계 농약 및 방사능 등은 수산생물에 심대한 영향을 미칠 뿐만 아니라 이들 유해 오염성분들이 체내에 농축될 가능성도 매우 높기 때문에 오염원의 제거 및 정화문제 또한 심각한 문제가 아닐 수 없다. 특히 빈발하고 있는 유류의 유출사고로 양식 어장이 심각한 피해를 입고 있는가 하면, 그 중에서도 우리나라 서해안은 자정 능력이 약한 황해의 특성으로 인하여 해양의 오염상태가 황폐화 및 해양 생태계의 파괴 가능성이 높아지면서 수산

생물의 안 크게 우려되고 있다. 이로 인한 양식 어장이 정적 확보가 크게 위협을 받고 있는 실정이다.

해양의 오염문제는 비단 우리나라에 국한되고 있는 것만은 아니기 때문에 해양오염의 진단을 위한 오염의 지표연구에 관심이 집중되고 있다. 오염의 지표로 사용되기 위해서는 분석 측정이 용이하고 특정 오염물질에 대한 반응도가 크며, 또 대상을 원하는 해역에서 쉽게 포획할 수 있어야 한다. 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; Viarengo, 1985; Olso et al., 1987; Watanabe et al., 1989; Safe, 1990; Galgani et al., 1990, 1991, 1992; Bocquéné et al., 1991). AChE는 생화학적으로 가장 중요한 신경 전달물

본 연구는 환경부 과학기술처의 선도기술개발사업인 “황해의 오염감시 및 개선기술”의 1차년도연구비 지원을 받아 수행되었음.

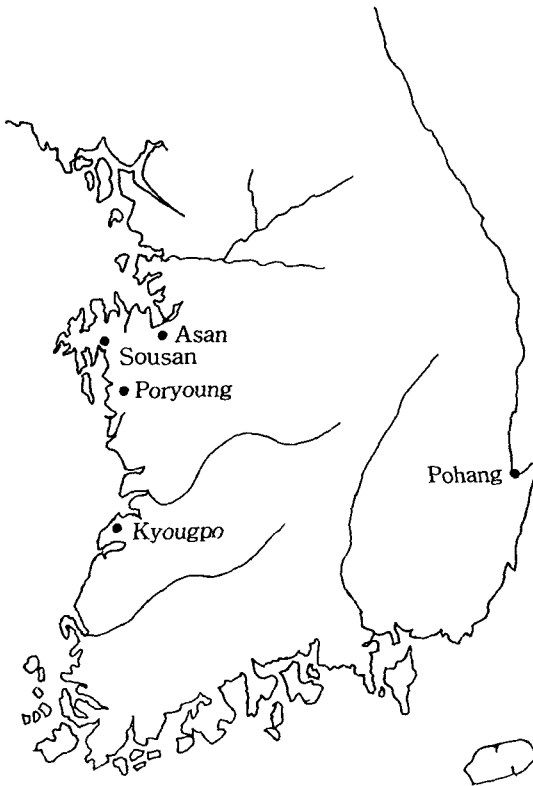


Fig. 1. Sampling stations of the flounder (*Pleuronichthys cornutus*) in May-July 1996.

질인 아세틸콜린 (acetylcholine)을 가수분해하는 효소로서 유기인제 (organophosphorus pesticides) 또는 carbamate에 의해서 그 활성이 유의적으로 억제되기 때문에 해양오염의 지표로서 사용되어 왔다 (Weiss et al., 1964; Hollard et al., 1967; Galgani et al., 1988; Collier et al., 1988; Grzebyk et al., 1991; Stein et al., 1993).

Choi et al., (1997a,b,c)은 해양오염의 신속 진단법 개발을 위한 기초연구의 일환으로서 이미 황해산 넙치 (*Paralichthys olivaceus*)의 지질대사, 산소 라디칼 및 제거 효소, 그리고 콜린에스테라아제의 활성변화 등을 보고한 바 있다. 따라서 본 연구에서는 같은 저서어 (底棲魚)인 황해산 도다리 (*Pleuronichthys cornutus*)를 시료로 하여 혈액을 분리하여 헤모글로빈의 함량을 측정하고 혈청중의 단백질 함량을 측정하고 지질성분으로서 중성지질 (TG), 인지질 (PL), 저밀도리포단백 (LDL) 및 고밀도리포단백 (HDL)-콜레스테롤의 함량을 평가하고 사람의 질병의 진단에 활용되는 동맥경화지수 (atherogenic index)를 평가하며, 노화의 지표로 활용되는 인지질에 대한 콜레스테롤의 비 (Chol/PL ratio) 등을 분석하여 오염도와

의 관계 및 넙치와의 관계도 비교 평가하고자 한다.

재료 및 방법

1. 도다리 시료 및 시약

본 실험에 사용한 도다리 시료 (*Pleuronichthys cornutus*)는 Fig. 1에서 보는 바와 같이 시험군은 서해안의 보령 (Poryoung), 아산 (Asan), 격포 (Kyoungpo), 서산 (Sousan)에서 채집한 (체장 32.5~36.5 cm, 체중 600~800 g) 자연산물, 그리고 대조군은 오염도가 비교적 적은 포항 (Pohang)에서 구입한 동해의 자연산물을 각각 1996년 5월~7월 사이에 7~10마리씩 구입하여 현지에서 마취제 4-aminobenzoic acid ethyl ester (benzocaine) 소량을 에탄올에 녹여 물에 희석한 다음, 이들 도다리를 넣어 마취한 다음, 체장과 체중을 측정하고 동시에 꼬리부분의 등뼈에서 채혈하여 혈청을 분리하였고 뇌 및 근육을 일정량씩 분취한 다음, 동결 (-70°C)에 저장하였다.

본 실험에 사용한 관련시약은 모두 특급 및 1급을 사용하였고, 비색법을 이용한 성분분석은 Double Beam Spectrophotometer (UV-140-02; Shimazu Co.)를 사용하여 측정하였다.

2. 혈액의 채취 및 분리

혈액은 채취하기전 12시간 절식시킨 상태에서 마취제 (benzocaine: 4-aminobenzoic acid ethylester)를 에탄올에 용해하여 마취시킨 다음, 도다리의 꼬리부분 (尾部)에서 5cm지점의 등뼈 밑 동맥에서 일회용 주사기로 채혈하였다. 채혈한 혈액은 실온에 일정시간 방치한 후 700×g에서 10분간 원심분리하여 상층액을 항응고제 (sodium heparin, 100,000 units)을 혈액 1ml당 0.05ml 처리한 CBC 병 (complete blood cell count, 녹십자사)에 넣어 -70°C에 동결·보존하면서 분석에 사용하였다.

3. 뇌 및 근육조직의 분획

뇌 및 근육의 일정량을 분취하여 완충용액 (1.15% KCl/10 mM phosphate buffer + 5 mM EDTA, pH 7.4)에 넣어 -70°C에 동결 보존하였다. 이들 조직 획분은 Galgani et al. (1992)의 방법으로 분획하였다. 즉 각 조직 1g씩을 분취한 다음, 인산완충용액 (0.1M Tris buffer, pH 8.0)에 2.0ml의 완충용액으로 1분간 균질화한 다음, 10,000×g에서 20분간 원심분리하였다. 이 때 잔사는 버리고 상층액을 사용하였다. 혈청 및 조직획분의 단백질 함량은 Lowry et al., (1951)의 방법에 따라 정량하였다.

4. 헤모글로빈 함량의 측정

혈액중의 헤모글로빈의 함량은 헤모글로빈 측정용 키트시약 (Sigma, Co.)을 사용하여 CMG법 (cymmethemoglobin)에 의해 측정하였다. 먼저 시험관에 Drabkin's용액을 각 시험관에 5 ml씩 넣은 다음, 탈이온수 및 혈액 20 μ l을 각각 첨가한 후, 15분간 실온에서 방치하였다. 헤모글로빈 키트시약의 표준용액은 CMG 표준용액을 0, 2, 4, 6 ml을 각각 시험관에 넣고 Drabkin's용액을 반대로 6, 4, 2, 0 ml을 첨가한 후, 혈액과 같이 15분간 실온에 방치하였다. 이 때 혈액 헤모글로빈의 함량은 0, 6, 12, 18 (g/dl)가 된다. 그 후 헤모글로빈 키트시약의 표준용액과 혈액을 Drabkin's용액을 대조군으로 하여 540 nm에서 흡광도를 측정하여 표준 검량선에 의하여 헤모글로빈의 함량을 정량하였다.

5. 중성 및 인지질의 측정

혈청중의 중성지질로서 트리글리세리드 (triglyceride: TG)의 함량은 TG키트시약 (Sigma, Co.)을 사용하였다. 먼저 혈청 10 μ l, 표준용액 (300 mg/dl) 10 μ l와 대조 (blank)로서 탈이온수 10 μ l에 TG키트시약 1.0 ml씩을 첨가하여 잘 혼합한 후 37°C 수조상에서 5분간 반응하여, 540 nm에서 흡광도를 측정하여 다음 식에 따라 트리글리세리드 (TG)의 함량을 정량하였다.

또한 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.

TG의 함량 (mg/dl) = (검체의 흡광도/표준용액의 흡광도) \times 300*

*트리글리세리드 (TG) 표준용액의 농도

6. 콜레스테롤 함량의 측정

1) 총콜레스테롤 함량: 혈청중의 총콜레스테롤 함량은 Rudel et al. (1973)의 방법에 따라 o-phthaldehyde법으로 측정하였다.

2) 리포단백-콜레스테롤 함량: 혈청중의 저밀도리포단백 (low density lipoprotein: LDL) 및 고밀도리포단백 (high density lipoprotein: HDL)-콜레스테롤의 함량 측정은 LDL-콜레스테롤 (BLF Eiken Co.) 및 HDL-콜레스테롤 (HDL-555 Eiken Co.) 측정용 키트시약을 사용하여 측정하였다. 먼저 LDL-콜레스테롤의 함량은 혈청 0.1 ml, 표준혈청 0.1 ml를 시험관에 넣고, 여기에 BLF키트시약 I, II, III을 각각 4.0 ml씩 넣어 5초간 잘 혼합한 다음, 실

온에서 25분간 방치후 10분 이내에 증류수를 대조로 하여 650 nm에서 흡광도를 측정하여 다음 식에 따라 LDL-콜레스테롤의 함량을 정량하였다.

LDL-콜레스테롤 (mg/dl) = O.D.I-O.D.II/O.D A-O.D B' \times 표준 혈청농도 (LDL+VLDL)**

*표준혈청에 BLF키트시약 I, II을 섞은 후 흡광도를 측정후 나타난 O.D치를 표시함.

**I=O.D A III=O.D B의 수치를 사용, 표준 검량곡선에 의거 계산.

한편 HDL-콜레스테롤의 함량도 혈청 0.3 ml를 시험관에 넣고 여기서 침전시약 0.3ml를 넣어 잘 혼합한 다음, 실온에서 10분간 방치한 후 700 \times g에서 10분간 원심분리하였다. 그 후 상층액 50 μ l, 표준용액 (100 mg/dl) 50 μ l, 대조로서 증류수 50 μ l에 HDL발색시약 3.0 ml씩을 첨가하고 잘 섞은 후, 37°C 항온 수조상에서 5분간 가온하여 555 nm에서 흡광도를 측정하여 다음 식에 따라 HDL-콜레스테롤의 함량을 정량하였다.

HDL-콜레스테롤 (mg/dl serum) = (시료의 흡광도/표준용액의 흡광도) \times 100*

*HDL-콜레스테롤 표준용액의 농도

7. 동맥경화지수 (AI)의 계산

동맥경화지수 (atherogenic index; AI)는 Haglund et al. (1991)의 방법에 따라 다음 식에 따라 계산하였다. 총콜레스테롤의 함량에서 HDL-콜레스테롤의 함량을 제하고, 이 값을 HDL-콜레스테롤의 함량으로 나눈 값을 동맥경화지수로 하였다.

동맥경화지수 (AI) = (T. cholesterol - HDL-cholesterol) / HDL-cholesterol

8. 분석결과와 통계처리

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

결과 및 고찰

1. 헤모글로빈 함량의 비교

혈액의 주성분인 헤모글로빈 (hemoglobin)은 혈액소로서 매우 중요한 역할을 담당하고 있다. 혈액중의 헤모글로빈의 함량에 미치는 해양오염의 영향을 평가하기 위하여 비교적 오염도가 낮은 동해안 포항의 자연산 도다리를 대조군으로 하여 서해안의 자연산 도다리의 혈액중의 헤모글로빈의 함량을 분석하여 비교하여 보면 Fig. 2와 같다.

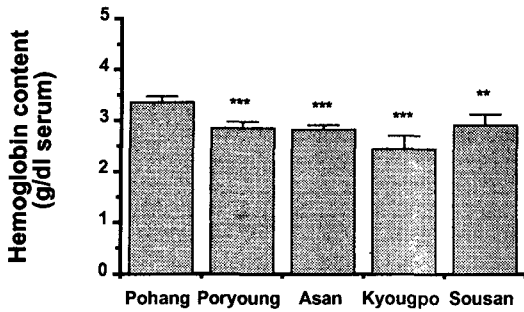


Fig. 2. Comparisons of hemoglobin levels in serum of wild flounder (*Pleuronichthys cornutus*) in May-July 1996. *** $p < 0.01$; **** $p < 0.001$ compared with wild flounder in Pohang.

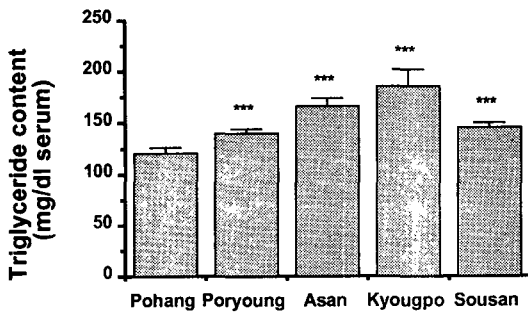


Fig. 3. Comparisons of triglyceride (TG) contents in serum of wild flounder (*Pleuronichthys cornutus*) in May-July 1996. **** $p < 0.001$ compared with wild flounder in Pohang.

서해안의 자연산 도다리의 혈청중의 헤모글로빈의 함량(보령 2.85 ± 0.11 , 아산 2.82 ± 0.10 , 격포 2.44 ± 0.28 , 서산 2.90 ± 0.21 g/dl serum)은 대조군으로서 동해안 포항의 자연산 도다리의 혈청중의 헤모글로빈의 함량(3.35 ± 0.12 g/dl serum; 100%)에 대비 72.8~86.6%로서 서해안의 자연산 도다리의 헤모글로빈의 함량은 동해안의 포항의 자연산 도다리의 헤모글로빈 대비 15~30%의 헤모글로빈의 유의적인 감소현상을 나타내고 있었다($p < 0.01$, $p < 0.001$). 그런데 같은 서해안이라도 격포산 도다리의 헤모글로빈의 함량이 보령, 아산, 서산의 자연산 도다리의 헤모글로빈의 함량에 비해 훨씬 높았는데, 이러한 사실은 격포의 오염이 그만큼 적다는 사실을 알 수 있었다.

따라서 서해안의 자연산 도다리의 혈청중의 헤모글로빈의 함량이 동해안의 자연산 도다리의 혈청중의 헤모글로빈의 함량에 비해 유의적으로 낮다는 사실은 서해안의 자연산 도다리가 해양오염에 의해 그만큼 유의적으로 감소되었다는 사실을 알 수 있겠다. 이러한 사실은 전보

(Choi et al., 1997; Moon et al., 1997)의 서해안의 자연산 넙치의 헤모글로빈의 함량의 측정결과와 거의 유사하다는 사실을 알 수 있었다.

서해안의 보령, 부안, 서산, 영광 등의 양식산의 헤모글로빈의 함량사이에 큰 차이가 없다는 것은 육지에서 가까운 연안해역의 육상하수에 의한 오염 이외에도 근해역의 오염도 문제가 될 수 있다는 사실을 알 수 있다. 한편 포항의 자연산의 헤모글로빈의 파괴가 적다는 것은 그만큼 동해의 근해역이 오염되어 있지 않다는 사실을 알 수 있다. 따라서 이 문제는 모델실험을 통해서 좀더 구명할 필요가 있다고 판단된다.

2. 중성지질 함량의 비교

오염도가 비교적 낮은 동해안 포항의 자연산 도다리를 대조군으로 하여 서해안의 자연산 도다리의 혈청중의 트리글리세리드(TG)의 함량을 비교하여 보면 Fig. 3과 같다.

서해안의 자연산 도다리의 혈청중의 TG의 함량(보령 139.19 ± 5.36 , 아산 165.70 ± 8.23 , 격포 185.71 ± 15.20 , 서산 145.27 ± 4.34 mg/dl serum)은 대조군으로서 동해안의 포항산 도다리의 혈청중의 TG의 함량(120.97 ± 5.92 mg/dl serum; 100%)에 대비 115.1~153.5%로서, 15~50%의 중성지질(TG)의 함량이 유의적으로 높았다($p < 0.001$). 이러한 사실은 전보(Choi et al., 1997)의 넙치를 시료로 했을 때의 양식산 넙치의 TG의 함량이 자연산의 TG의 함량보다 유의적으로 높았던 경우와는 상당한 차이가 있었다. 따라서 서해안의 자연산 도다리의 혈청중의 TG의 함량이 유의적으로 높다는 사실은 그만큼 연안오염이 심각할 것으로 생각된다.

사실 혈청중의 중성지질로서 트리글리세리드(triglyceride: TG)의 함량은 생체내의 대표적인 지질성분로서 스쿠아렌이나 콜레스테롤의 합성의 원료로서, 그리고 성인병의 하나로 알려진 고지혈증의 원인으로 작용하고 있기 때문에 혈청중의 TG의 함량은 중요한 의미를 갖고 있다. 따라서 중성지질의 체내 축적은 이와 같은 많은 문제를 야기할 뿐만 아니라 식미(食味)와 관계되는 육질에도 문제가 있을 것으로 판단된다.

3. 콜레스테롤의 함량 변화

어패류는 계절에 따라 콜레스테롤의 함량에 차이가 있을 뿐만 아니라 붉은살 생선은 흰살 생선보다 콜레스테롤의 함량이 훨씬 높고 껍질은 근육보다 상당히 높은 것으로 알려져 있다. 이처럼 콜레스테롤은 계절에 따라, 그리고 조직의 부위에 따라 콜레스테롤의 필요량이 다르기

Table 1. Comparisons of Total, LDL, HDL-cholesterol contents and atherogenic index in serum of wild flounder (*Pleuronichthys cornutus*) in May-July 1996

Stations (Area)	Total cholesterol (mg/dl serum)	LDL-cholesterol (mg/dl serum)	HDL-cholesterol (mg/dl serum)	Atherogenic index
East Sea				
Pohang (W)	200.9 ± 15.7 100.0%	121.9 ± 7.3 100.0%	43.21 ± 3.97 100.0%	3.65 ± 1.07 100.0%
West Sea				
Poryoung (W)	200.4 ± 14.3 99.8%	141.3 ± 10.3 ² 115.9%	39.46 ± 0.60 91.3%	4.08 ± 1.21 111.8%
Asan (W)	251.3 ± 19.5 ² 125.1%	165.4 ± 10.9 ³ 135.7%	45.64 ± 4.92 105.6%	4.51 ± 0.54 ² 123.6%
Kyongpo (W)	214.3 ± 21.9 106.7%	145.2 ± 9.1 ² 119.1%	31.64 ± 3.32 ² 73.2%	5.77 ± 0.79 ³ 158.1%
Sousan (W)	239.2 ± 16.1 ¹ 119.1%	152.9 ± 7.8 ³ 125.4%	42.29 ± 3.54 97.9%	4.66 ± 0.53 ² 127.7%

W: wild flounder; ¹p<0.05; ²p<0.01; ³p<0.001 compared with wild flounder in Pohang.

때문에 판단된다. 따라서 오염도가 비교적 적은 동해안 포항의 자연산 도다리를 대조군으로 하여 서해안의 자연산 넙치의 혈청중의 총콜레스테롤, LDL 및 HDL-콜레스테롤의 함량, 그리고 동맥경화지수 (atherogenic index)를 비교하여 보면 Table 1과 같다.

서해안의 자연산 도다리중에서 아산 및 서산의 혈청중의 총콜레스테롤의 함량(아산 251.3 ± 19.5, 서산 239.2 ± 16.1 mg/dl serum)이 동해안 포항의 자연산 도다리의 혈청중의 총콜레스테롤의 함량(200.9 ± 15.7 mg/dl serum; 100%) 대비 각각 125.1% 및 119.1%로서 20~25% 정도 높다는 사실을 알 수 있었다. 그러나 보령과 격포에서는 동해안의 포항의 자연산 도다리의 총콜레스테롤의 함량과 뚜렷한 차이를 발견할 수는 없었다. 이러한 결과에서 볼 때 어류중의 혈청중의 총콜레스테롤의 증가가 사람을 비롯한 육상의 포유동물의 성인병의 발병과는 차이가 있을 것으로 판단되지만, 이러한 차이의 메카니즘 구명은 더욱 연구가 필요할 것으로 생각된다.

서해안의 자연산 도다리의 혈청중의 LDL-콜레스테롤의 함량(보령 141.3 ± 10.3, 아산 165.4 ± 10.9, 격포 145.2 ± 9.1, 서산 152.9 ± 7.8 mg/dl serum)이 대조군인 포항산 자연산 도다리의 혈액중의 LDL-콜레스테롤의 함량(121.9 ± 7.3 mg/dl serum; 100%) 대비 115.9~135.7%로서 15~35%로 유의적으로 높았다. 따라서 사람의 성인병을 유발하는 LDL-콜레스테롤의 함량을 비교하여 보면 서해안 자연산 도다리의 혈청중의 LDL-콜레스테롤의 함량이 대조군인 동해안 자연산 도다리의 그것에 비해 현저히 높다는 사실은 서해안은 해양오염이 상당히 심각하다는 사실을 알 수 있다. 이러한 사실은 전보(Choi et al., 1997)에서 발표한 넙치의 경우와 거의 같은 경향을 나

타내고 있었다.

한편 인체내에서 항콜레스테롤인자 (anticholesterol factor) 또는 장수인자 (longevity factor)로 알려진 HDL-콜레스테롤의 함량을 비교하여 보면 Table 1에서 보는 바와 같이 서해안 자연산 도다리의 혈청중의 HDL-콜레스테롤의 함량(보령 39.46, 아산 45.64 ± 4.92, 서산 42.29 ± 3.54 mg/dl serum)이 동해안의 포항의 자연산 도다리의 혈청중의 HDL-콜레스테롤의 함량(43.21 ± 3.97 mg/dl serum; 100%) 대비 뚜렷한 차이를 발견할 수 없었다. 그러나 서해안의 격포 및 보령산 도다리의 혈청중의 HDL-콜레스테롤의 함량이 대조군의 HDL-콜레스테롤의 함량에 비해 오히려 감소하는 경향을 나타내고 있었다. 이상의 결과에서 볼 때 이들 도다리의 먹이생물의 오염은 말할 필요도 없고 상대적으로 운동량의 저하도 예측된다.

4. 동맥경화지수의 비교

사람의 성인병의 초기증상으로 나타나는 동맥경화증의 발병지표로 알려진 동맥경화지수 (atherogenic index: AI)에 미치는 해양오염의 영향을 평가하기 위하여 비교적 오염도가 낮은 동해안 포항의 자연산 도다리를 대조군으로 하여 서해안의 자연산 도다리의 동맥경화지수 (AI)를 분석 비교하여 보면 Table 1과 같다.

Table 1에서 보는 바와 같이 서해안의 자연산 도다리의 동맥경화지수(보령 3.65 ± 1.07, 아산 4.51 ± 1.54, 격포 5.77 ± 1.79, 서산 4.66 ± 1.02)는 대조군인 포항산 자연산 도다리의 동맥경화지수(3.65 ± 1.07; 100%) 대비 111.8 ± 158.1%로서, 10~60%의 유의적인 증가효과가 인정되었다. 이상의 결과에서 볼 때 체내 총콜레스테롤, LDL

Table 2. Comparisons of Total cholesterol and phospholipid contents, and T-Chol/PL ratio in serum of wild flounders in May-July 1996

Stations (Area)	Total cholesterol (T-chol) (mg/dl serum)		Phospholipid (mg/dl serum)		T-chol/PL ratio	
East Sea						
Pohang (W)	200.9 ± 15.7	100.0%	89.3 ± 6.3	100.0%	2.25 ± 0.32	100.0%
West Sea						
Poryoung (W)	200.4 ± 14.3	99.8%	91.3 ± 5.3	102.2%	2.20 ± 0.31	97.8%
Asan (W)	251.3 ± 19.5 ²	125.1%	108.0 ± 7.3 ²	120.9%	2.33 ± 0.06	103.6%
Kyougpo (W)	214.3 ± 21.9	106.7%	106.6 ± 7.5 ²	119.4%	2.01 ± 0.22	89.3%
Sousan (W)	239.2 ± 16.1 ¹	119.1%	102.6 ± 5.0 ²	114.9%	2.33 ± 0.19	103.6%

W: wild flounder; ¹p<0.05; ²p<0.01; ³p<0.001 compared with wild flounder in Pohang.

-콜레스테롤 등의 지질함량이 서해안 자연산 도다리에서 높은 함량을 나타낼 뿐만 아니라 동맥경화지수까지 현저히 높다는 사실은 이들 서해안의 자연산 도다리의 병변의 가능성을 배제할 수 없다.

5. 인지질에 대한 콜레스테롤비의 비교

병적상태에 있거나 노화과정중에 증가하는 것으로 알려진 인지질에 대한 총콜레스테롤의 함량비 (T-Chol/PL ratio)를 서식조건에 따른 도다리에 적용시켜 보기로 하겠다. 서해 및 동해 등 해역별 같은 자연산에 있어서 인지질의 함량은 보령을 제외하고는 유의적으로 증가하였다 (p<0.01). 그렇지만, 병적상태나 노화와 관련이 있는 인지질에 대한 콜레스테롤의 함량비 (T-Chol/PL ratio)는 Table 2에서 보는 바와 같이 유의적인 차이를 발견할 수 없었다.

이러한 사실은 전보 (Choi et al., 1997)에서 서해안의 넙치를 대상으로 한 오염조사와 상당한 차이가 있음을 알 수 있었다. 따라서 서식환경 뿐만 아니라 어류의 종류에 따라서도 오염원에 따른 어체내 (魚體內)의 변화에 상당한 차이가 있을 것으로 생각되기 때문에 모델실험을 통해 좀더 구체적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

요 약

해양오염의 진단을 위한 생화학적 오염지표 설정의 기초연구의 일환으로서 오염이 심각한 서해안 (황해) 도다리 (*Pleuronichthys cornutus*)의 혈액의 지질성분을 분석 평가하였다. 서해안의 자연산 도다리의 혈액중의 헤모글로빈의 함량은 동해안 포항의 자연산 도다리 대비 15~30%의 현저한 감소현상이 나타나서 서해안의 내해 (內海) 뿐만 아니라 외해 (外海)의 오염도 상당히 심각함을 알 수 있었다. 서해안의 자연산 도다리의 혈청중의 중성지질 (TG)의 함량도 포항의 자연산 도다리의 혈청중의

TG의 함량 대비 15~50%나 유의적으로 높았다.

서해안 자연산 도다리의 혈청중의 총콜레스테롤의 함량은 포항의 자연산 도다리의 혈청중의 총콜레스테롤의 함량 대비 아산과 서산은 20~25%나 높았지만, 격포나 보령은 차이가 없었다. 서해안의 자연산 도다리의 혈청중의 LDL-콜레스테롤의 함량도 각각 15~35%나 유의적으로 높았지만, HDL-콜레스테롤의 함량의 증가는 거의 인정할 수 없었다. 또한 서해안의 자연산 도다리의 동맥경화지수는 포항의 자연산 도다리의 동맥경화지수 대비 각각 10~60%의 유의적인 증가효과가 인정되었다. 질병이나 노화와 함께 증가되는 것으로 알려진 인지질에 대한 총콜레스테롤의 함량비 (T-Chol/PL ratio)는 서해안의 자연산 도다리의 T-Chol/PL비가 포항의 자연산 도다리의 T-Chol/PL비와 거의 유사한 값을 나타내고 있었다.

이상의 결과에서 볼 때 서해안의 자연산 도다리의 오염도 서해안의 넙치와 마찬가지로 병적상태로 오염의 정도가 상당히 심각할 것으로 판단된다. 이러한 사실은 서해안의 수질환경이 공장폐수 및 육상오수의 유입, 그리고 농약 등의 오염원에 노출되어 있다는 사실을 알 수 있다.

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 and D.B. Yang,

1997. Study on Biochemical Pollutant Index 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, 1997. 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.
- 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, 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 biochemical 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.
- Galgani, F. and G. Bocquéné, 1988. A method for routine detection of organophosphorus and carbamates in sea water. Environ. Technol. Lett. 10, 311~322.
- Grzebyk, D. and F. Galgani, 1991. Measurement 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. Wibell 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. Randall, 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 Index 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.
- Olson, 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 M.D. 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 mechanistic 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.
- Weiss, C.M. and J.H. Gakstatter, 1964. Detection of pesticides in water by biochemical assay. J. WPCF 36 (2), 240~252.

1997년 3월 4일 접수

1997년 7월 2일 수리