

## 해양오염의 진단을 위한 생화학적 오염지표에 관한 연구 IX. 남해산 넙치 (*Paralichthys olivaceus*)의 콜린에스테라아제의 변화

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

### Study on Biochemical Pollutant Markers for Diagnosis of Marine Pollution

#### IX. Changes in Cholinesterase Activity of the Flounder (*Paralichthys olivaceus*) in the South Sea

Jin-Ho CHOI, Dong-Woo KIM, Soo-Hyun PARK, Jong-Soo LEE,  
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 cholinesterase activity of the flounder (*Paralichthys olivaceus*) in the South Sea of Korea. Acetylcholinesterase (AChE) activities in brain and muscle of cultured flounders in the South Sea were significantly lower (10~20% and 12~19%, respectively) than those of wild flounder in Pohang of the East Sea as a control. Butyrylcholinesterase (BChE) activities in brain and muscle of cultured flounders in the South Sea were also remarkably lower (25~34% and 22~35%, respectively) than those of wild flounder in Pohang. Lactate dehydrogenase (LDH) activities in serum of cultured flounders in South Sea were significantly higher (10~55%) than those of wild flounder in Pohang. It suggests that AChE, BChE and LDH activities of the flounders could be used as effective biochemical markers for early warning of environmental damages caused by organophosphorus pesticides.

Key words: flounder (*Paralichthys olivaceus*), lactate dehydrogenase (LDH), pollutant markers, acetylcholinesterase (AChE), butyrylcholinesterase (BChE)

### 서 론

급속한 산업화에 의한 연안해역의 오염은 지속적으로 이용하여 야 할 연안자원의 보존 및 관리에 심각한 위협을 주고 있다. 오염 물질의 영향을 장기적으로 받아 일단 연안생태계가 파괴되면 그 복원과 회생이 매우 어렵게 된다. 따라서 효과적으로 해양환경을 지키기 위한 대책을 세우기 위해서는 해양오염의 영향이 나타나기 시작하는 초기에 이를 미리 감지할 수 있어야 한다. 해양오염 초기의 영향은 여러 생화학적 현상으로 부터 측정할 수 있는데 일괄하여 조기오염경보지표 (early warning distress signal)라 불리며 해양환경의 효율적인 평가를 위하여 활발히 연구되고 실제 환경평가에 적용되고 있다 (Kramer, 1994).

생체내의 아세틸콜린에스테라아제 (acetylcholinesterase: AChE) 와 부티릴콜린에스테라아제 (butyrylcholinesterase: BChE)는 해양 오염의 지표로서 많이 연구되고 있다 (Ellman et al., 1961; Galgani et al., 1990, 1991, 1992a,b; Bocquéné and Galgani, 1991; Kramer, 1994). AChE는 생화학적으로 가장 중요한 신경 전달물질인 아세틸콜린 (acetylcholine: ACh)을 가수분해하는 효소로서 유기인제 (organophosphorus pesticides) 또는 카바메이트 (carbamate)에 의해서 그 활성이 유의적으로 억제된다 (Weiss et al., 1964; Holland et al., 1967; Galgani and Bocquéné, 1988; Grzebyk and Galgani, 1991). 이들 효소의 활동도는 생화학적 특성연구

(Bocquéné et al., 1990; Habig et al., 1988; Zinkl et al., 1987), 또는 독성실험에 응용 (Coppage and Matthews, 1974; Vandel Wel and Welling, 1989; Bocquéné and Galgani, 1991)되어 왔고 이들 효소의 활성저하는 연안해역에 축적된 오염물질의 영향인 것으로 추정하고 있다. 대부분의 해양동물은 체내에 이 효소를 가지고 있는 것으로 알려져 있어 (Bocquéné et al., 1990; Habig et al., 1988) 해양환경평가를 위한 다각적인 활용이 검토되고 있다.

근래까지 세계적으로 널리 사용된 농약은 주로 유기염소계 농약 (Organochlorine pesticide)이었는데 이는 생태계내에서 지속성이 강하고 또한 먹이사슬을 따라 체내 축적량이 증가하기 때문에 많은 국가에서 이의 사용을 규제하고 있다. 이에 따라 단기독성은 강하지만 잔류성이 일반적으로 약한 유기인계 농약의 사용이 보편화 되고 있다. 유기인계 농약이나 카바메이트계 살충제 등은 환경내에서 잔류성이 적은 것으로 알려져 있지만, 종류에 따라 상당 기간 유기 퇴적물이나 해수중에 잔류할 수 있는 것으로 밝혀지고 있다 (Harris and Miles, 1975; Miles, et al., 1978). 이들 물질들은 신경독성을 나타낼 뿐만 아니라 발암물질인 동시에 기형 유발 및 생식 장애를 나타내는 것으로 알려져 있기도 하다 (廣瀬明彦, 1996).

저자 등은 서해안의 넙치 (Choi et al., 1997a,b; Moon et al., 1997) 및 도다리 (Choi et al., 1997c,d,e) 시료를 사용한 해양오염의 진단을 위한 생화학적 오염지표 연구를 실시하였으며, 도다리

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

혈액의 생화학분석을 이용한 오염의 측정법 (최와 양, 1997a) 및 넙치의 생화학적 분석기법을 이용한 해양오염의 측정법 (최와 양, 1997b)을 특허출원한 바 있다. 본 연구에서는 전보 (Choi et al., 1998a,b)에 관련된 연구로서, 우리나라 남해안의 양식산 넙치 (*Paralichthys olivaceus*)를 사용하여 AChE 및 BChE의 효소활성에 미치는 영향을 평가하고, 아울러 락테이트 젖산탈수소효소 (lactate dehydrogenase: LDH)의 활성에 미치는 영향을 비교 평가하여 생화학적 오염지표로서의 가능성을 검토하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 1. 시료 및 조직의 분획

전보 (Choi et al., 1998a)와 마찬가지로 넙치 시료 (*Paralichthys olivaceus*)는 시험군으로서 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)을, 그리고 대조군은 오염도가 비교적 적은 동해안의 포항 (Pohang)에서 채집한 자연산 넙치 (체장 24.5~32.0 cm, 체중 370~650 g)를 각각 1997년 9월~10월 사이에 7마리씩 구입하여 사용하였다.

이들 넙치 시료의 채혈 및 혈청의 분리는 저자 등 (Choi et al., 1998b)의 방법에 따라 실시하였고, 뇌조직 및 근육의 분획은 Galgani et al. (1992)의 방법에 따라 실시하였다. 이들 혈청 및 핵분의 단백질 함량은 Lowry et al. (1951)의 방법에 따라 표준 단백질로서 BSA (bovine serum albumin)를 사용하여 분광광도계로 525 nm에서 흡광도를 측정하여 표준검량선에 의하여 정량하였다.

### 2. 콜린에스테라아제의 활성 측정

이들 넙치의 뇌조직 및 근육에 많이 분포하는 AChE의 활성 측정은 전보 (Choi et al., 1997b)에 기술한 바와 같이 Hallak et al. (1987)의 방법을 참고로 하여 Galgani et al. (1992)의 방법에 따라 정량하였다. 또한 근육에 많이 분포하고 있는 BChE의 활성 측정은 전보 (Choi et al., 1997b)에 기술한 바와 같이 Galgani et al. (1992)의 방법에 따라 AChE의 활성 측정과 같은 방법으로 정량하였다.

### 3. 젖산탈수소효소의 활성 측정

혈청중의 LDH는 다섯 가지의 이소엔짐을 가지고 있는데, 이들 효소의 활성측정은 키트시약 (Sigma Co., No. 1340-UV)을 사용하여 측정하였다.

### 4. 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. 아세틸콜린에스테라아제의 활성 비교

해양오염의 지표로서 사용되는 AChE는 신경전달물질인 ACh의

분해효소로서, 신경전달의 메카니즘에서 ACh이 시냅스사이에서 신경자극을 전달한 다음, 또다른 자극전달을 위해 AChE에 의해 분해되어야만 한다. 이 효소의 비가역 저해제로서 AChE의 활성저하는 유기인제나 중금속 등의 오염에 의한 것으로 밝혀져 있다 (최와 오, 1993).

AChE의 활성 측정을 통한 남해의 오염정도를 평가하기 위하여 남해안의 양식산 넙치의 뇌조직 및 근육중의 AChE의 활성을 동해안의 포항의 자연산 넙치의 뇌조직 및 근육중의 AChE의 활성을 대조군으로 하여 측정하여 본 결과는 Fig. 1과 같다. 남해안의 양식산 넙치의 뇌조직 및 근육중의 AChE의 활성은 각각  $6,243.72 \pm 325.74 \sim 7,245.27 \pm 309.99$  unit/min/mg protein 및  $1,754.21 \pm 300.21 \sim 1,894.74 \pm 200.54$  unit/min/mg protein로서 대조군으로 사용한 동해안 포항의 자연산 넙치의 뇌조직 및 근육중의 AChE의 활성은  $7,935.91 \pm 472.58$  unit/min/mg protein 및  $2,157.92 \pm 215.94$  unit/min/mg protein 대비 각각 10~20% 및 12~19%나 AChE의 활성이 유의적으로 억제되었다 ( $p < 0.05 \sim 0.001$ ).

이러한 실험결과는 Galgani et al. (1992)이 북해의 중앙부 및 엘베강 하구에서의 조사결과와 거의 일치함을 알 수 있었다. 또한 Galgani et al. (1990)은 홍합, 새우, 가자미류 및 고등어를 대상으로 AChE의 활성을 비교하여 본 결과, 마라치온을 저해제로

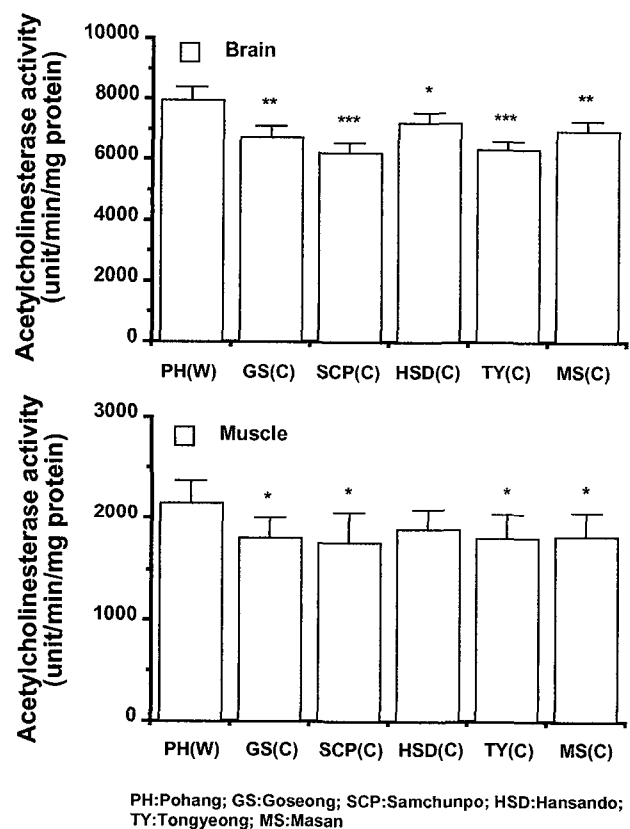


Fig. 1. Acetylcholinesterase (AChE) activities in brain and muscle of cultured flounder (*Paralichthys olivaceus*) in the South Sea of Korea. \* $p < 0.05$ ; \*\* $p < 0.01$ ; \*\*\* $p < 0.001$  compared with wild flounder in Pohang.

사용했을 때에는 홍합이나 새우 등의 무척추동물의 AChE의 활성 저하가 가자미류나 고등어보다 적었지만, 파라티온을 저해제로 사용했을 경우에는 새우의 AChE의 활성이 현저히 저하되었다고 보고했다. 저자 등 (1995a,b,c; 1996)도 뇌의 노화관련연구에서 생체의 바람직하지 못한 생화학적 변화로서 노화과정중에 신경전달물질인 ACh의 분해효소로서 AChE의 활성이 현저히 저하된다는 사실과 어류의 해수오염이라는 바람직하지 못한 서식환경의 파괴와 일치한다는 사실은 흥미롭다.

이상의 실험결과와 같이 양식산 넙치가 비교적 오염이 적은 동해안의 포항산 넙치 대비 뇌 및 근육의 AChE의 활성이 현저하게 억제되었다는 사실은 AChE의 활성부위에 있는 세린 잔기 (serine residue)에 이들 오염물질이 특이적으로 결합하기 때문으로 생각된다. 본 실험결과는 Galgani et al. (1992)의 연구결과와 마찬가지로 조사해역이 주로 카바메이트계 등으로 오염되어 있을 가능성도 배제할 수 없다.

한편 남해안의 양식산 넙치의 AChE의 활성이 전보 (Choi et al., 1997b)에서 조사 발표한 서해안의 양식산 넙치의 AChE의 활성 ( $3,882.25 \pm 325.45 \sim 4,337.66 \pm 215.42$  unit/min/mg protein: 뇌조직 및  $1,131.99 \pm 200.58 \sim 1,298.68 \pm 193.88$  unit/min/mg protein: 근육) 대비 각각 38~40% 및 31~35%나 높았다. 따라서 남해안 시료채취해역의 오염도가 서해안 시료채취해역의 오염도에 비해 유의적으로 낮았다고 생각할 수 있다.

## 2. 부틸릴콜린에스테라아제의 활성비교

BChE도 AChE와 함께 해양오염의 지표로서 사용되고 있다 (Hallak et al., 1987; Zinkl et al., 1987; Galgani et al., 1992). 같은 방법으로 BChE의 활성 측정을 통한 남해안 시료채취 해역의 오염정도를 평가하기 위하여 남해안의 양식산 넙치의 뇌조직 및 근육중의 BChE의 활성을 동해안 포항의 자연산 넙치의 뇌조직 및 근육중의 BChE의 활성을 대조군으로 하여 측정하여 본 결과는 Fig. 2와 같다.

Fig. 2에서 보는 바와 같이 남해안의 양식산 넙치의 뇌조직 및 근육중의 BChE의 활성은 각각  $160.29 \pm 30.11 \sim 185.49 \pm 20.47$  unit/min/mg protein 및  $945.44 \pm 180.97 \sim 1,143.24 \pm 182.11$  unit/min/mg protein으로서 대조군으로 사용한 동해안 포항의 자연산 넙치의 뇌조직 및 근육중의 BChE의 활성 ( $245.95 \pm 40.12$  unit/min/mg protein 및  $1,454.34 \pm 205.56$  unit/min/mg protein) 대비 각각 25~34% 및 22~35%나 BChE의 활성이 유의적으로 억제되었다.

한편 남해안의 양식산 넙치의 BChE의 활성이 전보 (Choi et al., 1997b)에서 조사 발표한 서해안의 양식산 넙치의 BChE의 활성 ( $65.12 \pm 3.18 \sim 76.36 \pm 6.21$  unit/min/mg protein: 뇌조직 및  $320.61 \pm 37.85 \sim 410.54 \pm 103.61$  unit/min/mg protein: 근육) 대비 각각 59% 및 65%나 높아 남해안 시료채취해역의 오염도가 서해안 시료채취해역에 비해 훨씬 낮았다고 볼 수 있다.

BChE의 활성 억제도 AChE의 활성 억제와 거의 유사한 경향을 나타내고 있음을 알 수 있었다. 남해안의 양식산 넙치의 BChE의 활성이 오염도가 적어서 대조군으로 사용한 동해안의 포항산 넙치의 BChE의 활성 대비 뇌조직 및 근육의 BChE의 활성이 현

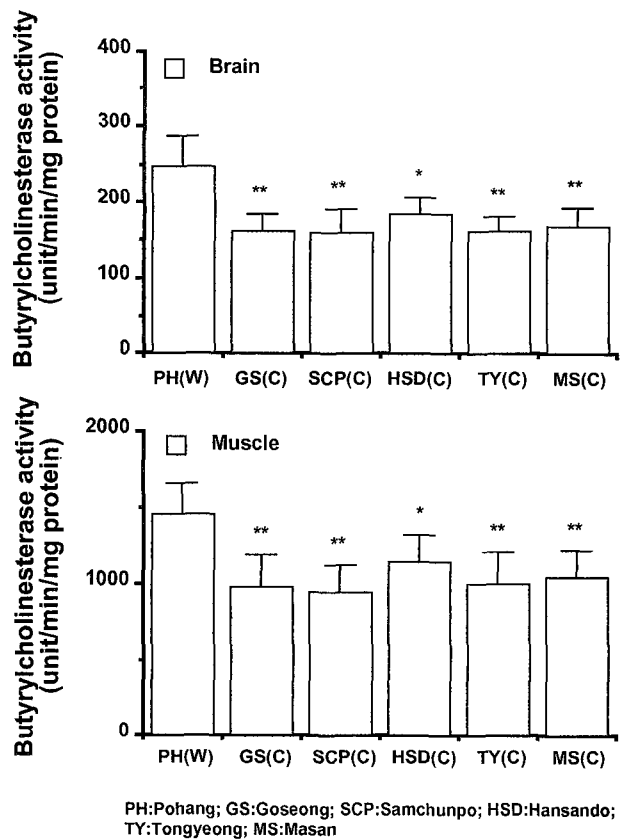


Fig. 2. Butyrylcholinesterase (BChE) activities in brain and muscle of cultured flounder (*Paralichthys olivaceus*) in the South Sea of Korea. \* $p < 0.05$ ; \*\* $p < 0.01$  compared with wild flounder in Pohang.

저히 억제되었다는 것은 주로 육지로부터 유기인체나 중금속 등에 의해 오염될 가능성이 매우 높을 것으로 추정된다.

## 3. 젖산탈수소효소 (LDH)의 활성 비교

혈청중의 LDH는 다섯 가지의 이소엔짐을 가지고 있는 효소로서, 이들 효소의 혈중 증가는 생체의 병변 (病變)과 관계가 있는 것으로 알려져 있다 (최와 오, 1993). 이러한 사실은 질병이 어떤 특정기관에 영향을 미칠 때 질병에 걸린 세포의 일부가 파괴되면서 LDH 이소엔짐이 혈중에 방출되기 때문이다. 따라서 오염에 의한 어체의 병변을 진단할 목적으로 남해안의 양식산 넙치의 혈액중의 LDH의 활성을 동해안의 포항의 자연산 넙치의 혈액중 LDH의 활성을 대조군으로 하여 LDH의 활성을 측정하여 본 결과는 Table 1과 같다.

Table 1에서 보는 바와 같이 남해안의 양식산 넙치의 혈청중의 LDH의 활성은  $0.101 \pm 0.030 \sim 0.145 \pm 0.020$  unit/ml serum으로서 대조군으로 사용한 동해안 포항의 자연산 넙치의 혈청중의 LDH의 활성 ( $0.093 \pm 0.030$  unit/ml serum; 100%) 대비 각각 10~55%정도나 유의적으로 증가하였다. 한편 남해안의 양식산 넙치의 LDH의 활성이 전보 (Choi et al., 1997b)에서 조사 발표한 서해안의 양식산 넙치의 LDH의 활성 ( $0.109 \pm 0.030 \sim 0.175$

**Table 1. Lactate dehydrogenase (LDH) activities in serum of cultured flounder (*Paralichthys olivaceus*) in the South Sea of Korea**

Stations (Area)	Lactate dehydrogenase activity (unit/ml serum)	Relative activity (%)
East Sea		
Pohang (W)	0.093 ± 0.030	100.0
West Sea		
Goseong (C)	0.110 ± 0.030*	118.3
Samchunpo (C)	0.109 ± 0.030*	117.2
Hansando (C)	0.141 ± 0.020**	151.6
Tongyeong (C)	0.101 ± 0.030	108.6
Masan (C)	0.145 ± 0.020**	155.9

C: cultured flounder; W: wild flounder, \*p<0.05; \*\*p<0.001 compared with wild flounder in Pohang.

± 0.040 unit/ml serum) 대비 각각 8~21%나 낮았다. 따라서 남해안의 오염도가 서해안에 비해 상당히 낮다는 사실을 알 수 있었다. 이상의 LDH의 활성에 대한 실험결과에서 볼 때 남해안 시료채취해역이 서해안 시료채취해역보다는 오염도가 낮다 하더라도 넘치의 병변이 있음을 간접적으로 나타내고 있다.

## 요 약

해양오염의 진단을 위한 생화학적 오염지표 설정의 기초연구의 일환으로, 오염이 심각한 남해안 넘치 (*Paralichthys olivaceus*)의 뇌조직 및 근육중의 AChE와 BChE의 활성 및 LDH의 활성을 분석 평가하였다. 남해안의 양식산 넘치의 뇌조직 및 근육중의 AChE의 활성은 대조군으로 사용한 동해안 포항의 자연산 넘치의 뇌조직 및 근육중의 AChE의 활성 대비 각각 10~20% 및 12~19% 정도나 유의적으로 억제되었을 뿐만 아니라 남해안의 양식산 넘치의 뇌 조직 및 근육중의 BChE의 활성도 동해안 포항의 자연산 넘치의 뇌조직 및 근육중의 BChE의 활성 대비 각각 25~34% 및 22~35% 정도나 유의적으로 저하되었다. 한편 남해안의 양식산 넘치의 혈액중의 LDH의 활성은 동해안 포항의 자연산 넘치의 혈액중의 LDH의 활성 대비 10~55% 정도나 유의적으로 증가하였다. 따라서 남해안 시료채취해역의 오염도가 서해안 시료채취해역의 오염도보다는 낮다고 할지라도 생태계에 문제를 줄 수 있다고 생각할 수 있다. AChE, BChE 및 LDH의 활성도는 해양의 환경평가를 위해 넓은 해역에 광범위하게 적용될 수 있을 것으로 기대된다.

## 참 고 문 헌

Bocquéné, G., F. Galgani and P. Truquet. 1990. Characterization and assay conditions for use of AChE activity from several marine species in pollution monitoring. *Mar. Env. Res.* 30, 75~89.  
 Bocquéné, G. and F. Galgani. 1991. Acetylcholinesterase activity in the common prawn (*Palaemon serratus*) contaminated by carbaryl and phosalone: Choice of a method for detection of effects. *Eco-toxicol. Environ. Saf.* 22, 337~345.  
 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.B. 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.  
 Choi, J.H., D.W. Kim, J.H. Kim, K.S. Kim, P.K. Park and D.B. Yang. 1998a. Study on biochemical pollutant marker for diagnosis of marine pollution VII. Changes in lipid components of flounder (*Paralichthys olivaceus*) in the South Sea. *J. Korean Fish. in press.*  
 Choi, J.H., D.W. Kim, J.H. Kim, K.S. Kim, P.K. Park and D.B. Yang. 1998b. Study on biochemical pollutant marker for diagnosis of marine pollution VIII. Changes in oxygen radicals and their scavenger enzymes of flounder (*Paralichthys olivaceus*) in the South Sea. *J. Korean Fish. in press.*  
 Coppage, D.L. and E. Matthews. 1974. Short-term, effects of organophosphate insecticides on cholinesterase of estuarine fishes and pink shrimp. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 11, 483~488.  
 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. 1992. Monitoring of pollutant biochemical effects on marine organisms of the French Coasts. *Oceanologica Acta.*, 15, 4, 355~364.  
 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.* 19~23.  
 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.  
 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.

- Habig, C., R.T. Digiulio and M.B. Abou-Donia. 1988. Comparative properties of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) and blue crab (*Callinectes sapidus*) acetylcholinesterase. *Comp. Biochem. Physiol.* 91C (2), 293~300.
- Hallak, M. and E. Giacobini. 1987. A Comparison of the effects of two inhibitors on brain cholinesterase. *Neuropharmacol.* 26 (6), 521~530.
- Harris, C.R. and J.R.W. Miles. 1975. Pesticide residues in the great lakes region of Canada. *Residue Rev.* 67, 27~79.
- 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.
- Kramer, K.J.M. 1994. Biomonitoring of coastal waters and estuaries. CRC Press London 325~329.
- 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.
- Miles, J.R.W., C. R. Harris and P. Moy. 1978. Insecticide residues in organic soil of the Holland Marsh. *J. Econ. Entomol.* 71, 97~101.
- 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.
- Steel, R.G.D. and J.H. Torrie. 1960. Principles and Procedures of Statistics. McGrawhill, New York.
- Van del Wel, H. and W. Welling. 1989. Inhibition of acetylcholinesterase in guppies (*Poecilia reticulata*) by chliririfos at sublethal concentrations: Methodological Aspects. *Ecotoxicol. Environ. Safety* 17, 205~219.
- Weiss, C.M. and J.H. Gakstatter. 1964. Detection of pesticides in water by biochemical assay. *J. WPCF* 36 (2), 240~252.
- Zinkl, G.J., P.J. Shea, R.J. Nakamoto and J. Callman. 1987. Brain cholinesterase activity of rainbow trout poisoned by carbaryl. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 38, 29~35.
- 최진호·오두환. 1993. 기초생화학. 교문사(역서) V. 효소활성에 영향을 미치는 인자. pp. 79~105.
- 崔鎭浩·金在一·金東右·文英實·金龍善·尹泰憲·韓相燮. 1995. a.SAMP8における脳の學習・記憶障害に及ぼす蘆根エキスの影響. 第11回老化促進モデルマウス (SAM)研究協議會抄録集. 109~110.
- 崔鎭浩·金在一·金東右·文英實·金龍善·尹泰憲·韓相燮·沈昌燮. 1995b. SAMP8における脳の學習・記憶障害に及ぼすアロエ (Aloe vera)の影響. 第11回老化促進モデルマウス (SAM)研究協議會抄録集 111~112.
- 崔鎭浩·金在一·金東右·文英實·金龍善·尹泰憲·韓相燮·尹亨殖. 1995c. SAMP8における脳の學習・記憶障害に及ぼすドコサヘキサエン酸 (DHA)の影響. 第11回老化促進モデルマウス (SAM)研究協議會抄録集 115~116.
- 崔鎭浩·金東右·文英實·尹亨殖. 1996. SAMP8における脳の學習・記憶障害に及ぼすアロエ/ドコサヘキサエン酸の相乗効果. 第12回老化促進モデルマウス (SAM)研究協議會抄録集 91~92.
- 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).
- 廣瀬明彦. 1996. 有機リン酸トリエステル類の健康影響. 水産環境學會 19 (9), 708~714.

---

1998년 7월 30일 접수

1998년 10월 21일 수리