

서해안 지역의 환경 오염에 의한 수산식품 오염실태 및 예방에 관한 연구(I. 어류)

김순경[†] · 이종화* · 김애정**

순천향대학교 식품영양학과

*순천향대학교 수산지원학부

**혜전전문대학 식품영양학과

The Study on the Sea Food Pollution According to Environmental Pollution of the Western Coast in Korea(I. Fish)

Soon-Kyung Kim[†], Jong-Wha Lee* and Ae-Jung Kim**

Dept. of Food Science and Nutrition, Soonchunhyang University, Asan 336-745, Korea

*Dept. of Biological Resources, Soonchunhyang University, Asan 336-745, Korea

**Dept. of Food and Nutrition, Hajeon Junior College, Hongsung 350-800, Korea

Abstract

This study was performed to investigate the contamination level of harmful heavy metals and the level of trace elements in 15 kinds of fish collected at the western coast in Korea from July to December in 1996. The levels of total lead, cadmium, mercury, iron, copper and zinc were determined and the results were summarized as follows: The minimum and maximum values(ppm) of fish, mean value bracketed, were; Pb: 0.02~4.80(2.26), Cd: 0.001~0.54(0.04), Hg: 0.007~1.08(0.52), Fe: 7.76~66.39(25.70), Cu: 0.37~121.6(10.90), Zn: 12.01~112.10(54.78). The results show that mean contents of Pb, Cd and Hg in 15 species fish were not yet dangerous levels enough to cause a health problem. But the contents of Pb and Hg tend to increase.

Key words: heavy metal, trace element, fishes, western coast in Korea

서 론

근년에 들어 우리나라는, 급속한 산업발전에 의한 공장폐수의 유출, 도시 인구집중화 현상으로 인한 생활하수의 다량 방출, 농경지의 과도한 농약사용 등으로 농토, 하천 및 연안 해역 등의 환경오염이 가속화되고 있다. 특히 이로 인해, 식량자원인 농수산물물의 오염은 그 원인이 다양해지고 정도가 심각해지고 있어, 국가적으로 많은 관심을 갖고 해결해야 할 과제이다.

그 가운데 사람이 상용하는 식품의 오염은 식생활과 국민건강에 심각한 영향을 미치고 있다. 식품의 오염 원인에는 여러가지가 있으나 납(Pb), 카드뮴(Cd), 수은(Hg) 등의 중금속은 다른 화합물에 비해 낮은 농도로도 독성이 커서 미량 섭취에도 체중 감소, 단백질, 위장 장애, 빈혈, 고혈압, 심혈관 장애, 골연화증, 중추신경계

이상 등의 중독증세를 일으키며 오랜기간 동안 인체에 축적되면 치명적인 것으로 보고되고 있다(1-3). 이러한 중금속 오염은 식물(植物)성 보다는 동물성 식품에 그 함량이 높고, 중금속으로 오염된 물에서 자란 수산 어패류에서 그 오염도가 더욱 가중 되는 것으로 보고되고 있다(4-6).

최근 우리나라는 농·어촌지역으로 산업체가 이전되면서 많은 양의 공장폐수와 생활하수가 바다로 유입되어 오염은 날로 증가하고 있는 것으로 보고되고 있다. 그 결과 지역에 따라서, 오염물질의 부하량이 바다의 자정능력의 한계를 넘어선 상태이며 적조의 발생으로 수산물 생산에도 큰 타격을 주고 있다(7). 특히 중금속류는 농도의 고회를 막론하고 바다를 오염시켜 프랑크톤을 1차적으로 오염시키고 생태계의 먹이사슬을 통하여 점차 농축되어 공해병의 원인이 되는 것으로 알려

[†]To whom all correspondence should be addressed

져 있다(8)

한편 최근 국내·외적으로 성인병이 급증함에 따라 (9) 성인병 예방차원이나 보다 나은 건강을 위하여 수산식품은 단순히 영양소의 급원으로 섭취되기보다는 질병예방을 위한 건강식품의 개념으로 권장되고 있다. 또한 우리 생체내에서 영양소인 무기질은 면역능력을 향상시켜 질병을 예방하는 중요한 급원으로 알려져 있고 (10,11), 특히 철분(Fe), 구리(Cu), 아연(Zn) 등의 미량 무기질(micromineral)이 이에 관여하는 것으로 보고(11) 되고 있다.

1994년 우리나라 국민영양조사보고서(12)에 의하면 국민이 섭취하고 있는 동물성 식품 가운데 어패류의 섭취량은 육류 및 난류의 섭취량보다 높게 나타났고, 전체 식품 섭취량 가운데 육류의 섭취량이 5.2%인데 비하여 어패류와 해조류의 섭취량은 8.4%를 나타내고 있다. 이를 1993년도의 조사결과(13)와 비교해 보면, 육류의 섭취량은 4.5%가 감소한 반면, 수산식품의 섭취량은 10.4%의 증가를 나타내고 있다.

그러나 현 시점에서 앞서 지적된 중금속 등의 수산식품 오염에 대한 정확한 규명없이 수산식품의 섭취가 급격히 늘어나는 것은 오히려 건강을 해치는 결과를 가져올 수 있을 것으로 사료된다. 또한 수산식품내 질병 예방에 관여하는 철분, 구리, 아연 등이 납이나 카드뮴 등의 중금속과 대사과정에서 길항작용을 하여 중금속 오염을 예방할 수 있는 것으로 보고(14-20)되고 있어 그 함량에 관한 정확한 자료가 필요할 것으로 생각된다.

국내에서 어패류 중의 중금속 오염실태를 조사한 보고로는 김 등(21,22), 원(23), 이(24), 황(25), 이 등(26), 권 등(27,28), 백 등(29), 박 등(30)의 보고들이 있으나 조사대상과 지역 및 표본상의 많은 차이점들을 가지고 있어 정확한 결과를 얻을 수는 없으나, 주목되는 점은 오염도가 매년 조금씩 증가하고 있다는 것이다.

따라서 본 연구는 최근 수년 동안 공업단지가 조성되어 바다오염이 진행되고 있을 것으로 생각되는 서해안의 일부지역(서산, 대천, 대산, 갈산 등)을 대상으로 이 지역에서 생산되고 있는 어류(魚類)를 대상으로 하여 이들 어류에 함유되어 있는 납, 카드뮴, 수은 등의 중금속과 구리, 아연, 철분 등의 미량무기질을 측정하고, 함유된 중금속과 미량무기질 함유량과는 어떠한 관계가 있는가를 관찰하여 국민 건강을 위하여 효율적인 수산식품 섭취 방안을 모색하고자 계획하였다.

재료 및 방법

시료 채취

사용된 시료는 약 20종의 어류를 선정하여 순천향

대학교 임해자원개발 연구소를 통하여 서산, 대산, 서천, 갈산지역에서 수거하였으며 각 지역 가운데 수거되지 않은 지역이 있는 어종은 실험에서 제외하고 15종의 어류를 각 지역에서 2~3배수씩 준비하여 사용하였다. 실험에 사용된 어종은 Table 1에 표시하였다.

시료의 전처리 및 측정방법

수거된 어류는 재증류수로 깨끗이 세척하여 냉동건조기에 24시간 동안 냉동건조시킨 후 분말화하여 한 시료당 2회씩 임(31)의 습식분해법에 의거하여 분해한 후, 발광분광광도계(Inductively coupled plasma spectrometer: Lactal 8440 Plasmalac)로 Hg, Pb, Cd, Fe, Cu, Zn을 Table 2와 같은 조건으로 측정하였다. 분석에 사용된 시약은 특급 시약(Junsei Chemical Co. Ltd., Japan)을 사용하였다.

통계처리

본 실험에서 얻어진 모든 결과는 SAS(statistical analysis system)을 이용하여 평균과 표준편차(mean+S.

Table 1. Fish samples collected at western coast in Korea

Samples	Scientific name
Pomfret	<i>Pampus argenteus</i>
Long shanny	<i>Stichaeus grigorjewi</i>
Anger	<i>Lophimus setigerus</i>
Mackeral	<i>Scomber japonicus</i>
Croaker	<i>Nibea imbricatus</i>
Eel	<i>Anguilla japonica</i>
Actic lamprey	<i>Entosphenus spp.</i>
Fine spotted flounder	<i>Pleuromichthys cornutus</i>
Black spotted grouper	<i>Sebastes schlegeli</i>
Areliscus	<i>Areliscus rhomaleus</i>
Big eyed herring	<i>Harengula zunasi</i>
Sea bass	<i>Lateolabrax japonicus</i>
Horn fish	<i>Hemiramphus sayori</i>
Rock trout	<i>Agrammus agrammus</i>
Flatfish	<i>Paralichthys spp</i>

Table 2. The operating condition of ICPS

Classification	Condition	
Wave length spectra(nm)	Pb : 220.35	
	Cd : 226.50	
	Hg : 194.23	
	Fe : 238.21	
	Cu : 324.75	
Zn : 213.86		
Gas pressure line gauge(psi)	80	
Coolant gas flow rate(L/min)	14	
Nebulizer	Sample gas pressure(psi)	38
	Carrier gas flow rate(L/min)	3.5
	Pump rate(ml/min)	3
Intergation period(sec)	60	

D.)를 구하였고 수은, 납, 카드뮴 등의 중금속 함량과 철분, 구리, 아연 등의 미량원소 함량간의 상관관계는 Pearson의 상관계수를 구하여 상호관련성을 측정하였다.

결과 및 고찰

어류의 중금속 및 미량무기질 함량

서해 연안의 어류 15종 172건의 중금속 및 미량무기질의 함유량을 측정한 결과는 Table 3과 같다

중금속 함량

납

전시료 중에서 노래미를 제외하고 14종의 어류에서 검출된 납 함량은 0.02~4.80ppm(평균 2.26ppm) 범위였다. 납의 급성독성은 비교적 약한 편이며, 치사량은 가용성염으로서 10~15g이나 축적독성이 있기 때문에 미량으로 장기간 섭취하면 만성독성을 일으킨다고 하나(32) 수산물을 매개체로 이행된다는 증거는 아직까지 보고되어 있지 않다(33) Table 4의 어패류 중의 납에 관한 외국의 규제치를 보면 0.3~10ppm까지 넓게 규제하고 있으나 1.0~2.0ppm 이하의 범위가 많은데 이에 비해 본 연구결과는 다소 높은 수준이었다. 또 1985~1991년도의 국립보건원에서 실시된 우리나라 연안 어류 중의 미량금속 함유량에 관한 연구 측정치(27,28,30)와 비교할 때, 조사된 어종에는 다소 차이가 있으나 본 연구의 평균 결과치가 더 높게 나타났다. 이러한 결과는 본 연구의 내용만을 가지고 논의할 수는 없으나 과거에 비하여 우리나라 어류 중의 납 함유량은 증가되고 있는 것으로 추정될 수 있으며 따라서 시기적으로

어류의 납오염에 관하여 관심을 가져야 할 것으로 생각된다 그러나 우리나라의 수산식품의 납 규제치인 10 ppm 이하와 비교할 때, 본 연구결과는 허용치 이하를 나타내었다.

카드뮴

전시료 중에서 병어를 제외하고 14종의 어류에서 검출된 카드뮴 함량은 0.001~0.54ppm(평균 0.04ppm) 범위였으며 다른 어종에 비하여 장어에 함량이 다소 높게 나타났다. 카드뮴은 유해금속 중에서 수은과 함께 독성이 가장 높은 것으로 알려져 있으며 구토, 두통, 발열, 호흡곤란, 폐기종, 신장의 세뇨관 기능장애 등의 증독 증상이 있고, 장기간 섭취시는 신장과 뼈의 손상을 일으킨다고 알려져 있으나(1,3,33) 수산물을 매개체로 이행되었다는 증거는 아직까지 보고된 바 없다. Table 4의 어패류 중의 카드뮴에 대한 각국의 규제치를 보면, 어류에 있어서는 최하 0.2ppm(오스트레일리아)도 있으나 대개 1.0~2.0ppm 이하이고, 5.0~5.5ppm 이하인 나라도 있는데 이에 비해 본 연구결과는 낮은 수준이었으며, 박 등(34)이 1991년 서해안 어패류의 카드뮴 함유량을 조사한 결과인 0.007~1.174ppm과 비교했을 때도 낮은 수준을 보였다. 또 1985~1991년도의 국립보건원에서 실시된 우리나라 연안 어류 중의 미량금속 함유량에 관한 연구 측정치(27,28,30)와 비교할 때, 조사된 어종에는 다소 차이가 있으나 본 연구의 평균 결과치와 특별한 차이를 보이지는 않았다. 따라서 본 연구에서 검출된 어류 중의 카드뮴 함량은 오염의 염려는 없는 것으로 사료된다.

수은

전시료 중에서 병어, 농어, 학꽂이를 제외하고 12종

Table 3. Contents of heavy metals and micro minerals in fish samples collected at western coast in Korca (unit: ppm, wet basis)

Samples	Pb	Cd	Hg	Fe	Cu	Zn
Prompret(<i>Pampus argeneus</i>)	0.63	-	-	8.83	0.54	65.25
Long shanny(<i>Stichaeus grigorjewi</i>)	2.80	0.012	0.50	12.27	3.39	91.37
Anger(<i>Lophimus setigerus</i>)	3.77	0.007	0.60	14.71	2.17	86.25
Mackeral(<i>Scomber japonicus</i>)	2.32	0.010	0.63	33.27	5.99	22.73
Croaker(<i>Nibea imbricatus</i>)	2.64	0.003	0.58	17.31	2.13	60.03
Eel(<i>Anguilla japonica</i>)	2.63	0.540	0.75	19.15	121.60	112.10
Actic lamprey(<i>Ertosphenus</i> spp.)	2.40	0.015	0.69	7.76	3.89	22.53
Fine spotted flounder(<i>Pleuronichthys cornutus</i>)	3.55	0.006	0.85	24.51	3.38	59.15
Black spotted grouper(<i>Sebastes schlegeli</i>)	3.78	0.008	0.97	32.71	2.26	53.59
Areliscus(<i>Areliscus rhomaleus</i>)	4.13	0.013	0.95	34.90	4.34	49.88
Big eyed herring(<i>Harengula zunasi</i>)	0.19	0.005	0.07	52.46	0.37	24.43
Sea bass(<i>Lateolabrax japonicus</i>)	0.30	0.008	-	66.39	3.94	18.02
Horn fish(<i>Hemiramphus sajori</i>)	0.02	0.018	-	20.32	3.64	79.89
Rock trout(<i>Agrammus agrammus</i>)	-	0.010	0.10	20.86	2.19	12.01
Flatfish(<i>Paralichthys</i> spp.)	4.80	0.001	1.08	20.01	3.80	64.61

의 어류에서 검출된 수은 함량은 0.007~1.08ppm(평균 0.52ppm)범위였다. Table 4의 어·패류종의 수은에 대한 각국의 규제치를 보면 총 수은으로서 어류는 0.3ppm(덴마크)~2.0ppm(스웨덴) 이하로 규제하고 있는데, 본 연구의 결과는 이 범위 수준에 있었다. 어류 중의 수은 함량은 어류의 연령(또는 중량)·성별에 따라 다르고, 거의 메틸수은의 형태이며, 보통 21~35%(하와이 연안 Lake Troat)에서 62~88%(벨기에 연안)까지 총 수은 중에 메틸수은이 함유되어 있는 것으로 알려져 있다(35). 외국의 조사치를 보면 비오염 수역의 담수어 중 일본 및 캐나다는 0.15ppm, 스웨덴은 0.2ppm을 정상적인 함량이라고 하였으며 1973년 WHO Regional office for Europe 보고서(35)에서 오염지역에는 0.2~5ppm과 심한 오염지역에서는 20ppm까지도 나타났다고 보고하였다. 본 연구결과치를 1985~1991년도의 국립보건원에서 실시된 우리나라 연안 어류 중의 미량금속 함유량에 관한 연구 측정치(27,28,30)와 비교할 때, 국립보건원의 결과에서 총 조사 어류 중 89.3%가 0.1ppm을 나타낸 것에 비해 본 연구결과는 대부분이 0.5~1.0ppm 수준을 나타내었다. 이는 일본어류 규제치인 0.4ppm을 초과하는 수준이며 과거 우리나라의 연구결과치(27, 28,30)에서 최고치가 0.3ppm 이하를 나타내던 비하여 본 연구에서는 넘치(*Paralichthys spp.*)의 경우, 1.08ppm을 보여 우리나라 규제치인 0.7ppm(36)보다 높은 수준을 보여 어류의 수은 함량이 점차 증가하는 것으로 추정할 수 있다. 이러한 결과는 본 연구의 내용만을 가지고 논의할 수는 없으나 과거에 비하여 우리나라 어류 중의 수은함유량은 증가되고 있는 것으로 사료되며, 계(37)는 산업적으로 수은이 오염된 지역에서 채집된 어류에서 함유 농도가 상승될 수 있음을 지적한 바 있어 서해안 지역도 시기적으로 어류의 수은 오염에 관하여 관심을 가져야 할 것으로 생각된다.

미량무기질 함량

철분

전시료 15종의 어류에서 검출된 철분 함량은 7.76~66.39ppm(평균 25.70ppm) 범위였으며 철분 함량이 가장 높게 나타난 것은 농어였다. 철분은 적혈구를 형성하여 세포의 호흡과 대사과정에 관여하며 세포내 mitochondria에서 일어나는 산화·환원 작용에 관여하는 효소 cytochrome의 구성체로서 열량의 산화 등에 관계하는 중요한 미량무기질이나, 세계적으로 가장 흔한 영양 결핍의 원인으로 지적되고 있다. 그러나 만성적인 철분의 과잉섭취도 간장, 췌장, 심장에 지나치게 많은 철의 축적과 세포손상을 일으키는 것으로 알려져 있고, 다른

미량원소인 아연과 구리의 흡수를 방해할 수 있으며 (40) 감염의 위험도 커질수 있음이 보고되고 있다(41).

어류의 철분 함량에 대한 연구는 매우 드물어 본 연구의 결과를 비교·고찰하는데 어려움이 있으나 농촌진흥청의 식품성분표(42)와 비교했을 때, 조사된 같은 어종에서는 본 연구의 결과치가 다소 높게 나타났다. 본 연구의 평균 결과치는 최고기내에 함유된 철분량보다는 낮은 수준이나 닭고기나 돼지고기에 비교했을 때 비슷하거나 더 많은 양을 함유하고 있음을 알 수 있다. 따라서 어류도 철분의 좋은 공급식품이 될 수 있을 것으로 사료된다.

구리

전시료 15종의 어류에서 검출된 구리 함량은 0.37~121.6ppm(평균 10.90ppm) 범위였으며 장어에는 121.60ppm으로 가장 많이 함유되어 있었다. 구리는 체내에서 효소를 비롯한 여러 단백질의 한부분으로서 철분의 이용에 관여하여 부족되면 적혈구 합성의 저하를 가져온다. 또한 미토콘드리아내 전자전달계 과정에서 cytochrome C oxidase의 cofactor로 작용하여 ATP 생성에 관여하고, 결합조직을 구성하는 collagen과 elastin의 교차결합에 필요한 lysyl oxidase를 활성화시켜 골격형성과 심장순환계의 결합조직을 정상으로 유지하는데 관여하는 필수적인 미량무기질로 알려져 있다(43,44). 그러나 구리를 장기간 다량으로 섭취하게 되면 독성이 생길 수 있다고 알려져 있다. 구리 독성을 일으키기 시작하는 구리 섭취량은 매우 광범위하게 보고되고 있으나 보통 0.07mg/kg/day 이상이면 장관내 영향을 주는 것으로 생각된다. 어류 중의 구리 함량에 대한 각국의 규제치는 Table 4와 같으며 호주 10ppm, 캐나다 50ppm, 영국 20ppm, 뉴질랜드 30ppm 이하 등으로 비교적 기준치를 높게 잡고 있는데, 이에 비해 본 연구의 결과치는 장어(*Anguilla japonica*)를 제외하고는 다른 국가들의 규제치에 비해서는 낮은 수준을 나타내었다. 우리나라의 수산진흥원(45)의 조사보고에서 수산식품의 구리 함량이 0.25~10.25ppm으로 보고된 바 있는데, 이와 비교할 때, 본 연구의 결과치에서 장어를 제외한 14종의 어류의 구리 함량은 0.54~5.99ppm 범위로서 자연 함량 수준으로 생각되며 오염의 가능성은 없는 것으로 사료된다. 그러나 1985~1991년 실시된 우리나라 연안어류 중의 미량 금속 함유량의 연구결과에서(27,28,30), 조사된 어종 중 85% 정도가 구리의 함유량 수준이 1.0ppm 이하인 것에 비해 본 연구에서 조사된 어류는 대부분 1~5ppm 범위를 나타내어 과거에 비해 구리의 축적이 진행될 가능성도 있을 것으로 사료된다.

Table 4. Legal limits for hazardous substances in fish and fishery products (unit: mg/kg)

Trace element/ Country	Ilg(total) Fish, crustaceans, molluscs	Pb	Cd	As	Cu	Zn
Argentina	0.3 fish	1.5 fish 2.0 fish (N.S.W.S.A, Victoria)	0.2 fish and fish content of products containing fish			
Australia	0.5 fish content of fish product 1.0 fish(South Australia, Tasmania)	2.5 fish(in tin plate container) molluscs 5.5 fish (N.S.W.S.A, Victoria) molluscs 5.0 fish, mussel (Tasmania) molluscs	20 molluscs and the mollusc content of mollusc product 25 Tasmania, molluscs and the mollusc content of mollusc product 55 NSW	1.0 (Inorganic arsenic only) fish, crustaceans, molluscs (N.S.W.Vic, SA, 15 as arsenic oxide)	10.0 fish, fish products only (Except N.S.W.Vic, SA) 30.0 (N.S.W.Vic, SA) 70.0 molluscs, mollusc products (Except N.S.W.Vic, SA) 30.0 N.S.W.Vic, SA	1000.0 oysters
Canada	0.5(except sword fish)	0.5 fish protein 10 marine and fresh water animal		3.5 fish protein 3.0 marine and fresh water animal products	50 marine and fish water products.	
China	0.5 fish and product, flounder, tuna, bonito, and cod, eel, halibut, fresh water fish, mackerel, bering, sprat, canned fish					
Denmark	0.3 fish and fish product 0.5 flounder, tuna, bonito, and cod 1.0 eel, halibut, fresh water fish, probangle, crustaceans and molluscs	0.3 fish and fish products except canned products 1.0 crustaceans and molluscs	0.5 fish liver crustaceans and molluscs			
Finland	0.5 preparations of fish, crustaceans and molluscs 1.0 fish, crustaceans and molluscs	2.0 mussels, cuttlefish and crayfish		0.5 shellfish,crayfish, fish		
France	0.5 fish and products 0.7 flounder, tuna, bonito and cod					
Greece	0.7 fish					
West Germany	0.1 In edible part of fresh water and marine fish and fish product	0.5 In edible part of fresh water fish (recommended maximum level, 1979)	0.5 In edible part of fresh water fish (recommended maximum level, 1979)			
Hong kong	0.5 all solid foodstuffs	0.6 all solid foodstuffs	2.0 obsters, crabmeat, fish			

Trace element/Country	Hg(total) Fish, crustaceans, molluscs	Pb	Cd	As	Cu	Zn
Italy	0.7 fish fishery products imported from outside the EEC	1.25-1.50 canned fish 2.0 domestic molluscs				
Japan	0.4 (Provisional Guideline) 0.3 (Methylmercury as mercury)					
Netherlands	1.0 fish, crustaceans and molluscs	0.5 fish, crustaceans 2.0 molluscan shellfish	0.3 crustaceans 1.0 molluscan shellfish			
New Zealand	1.0 fish products mackerel, herring, sprat, molluscs crustaceans	0.5 fish and products flounder, tuna, bonito, cod, eel, halibut, fresh water fish poreagle crustaceans 2.0 mackerel, herring, sprat, molluscs	0.3 crustaceans 1.0 molluscs	1.0 fish, fish products	30.0 fish, fish products	40.0 fish, fish products
Philippines	0.5 fish	1.0 edible part of the food 2.0 liver(including fish liver, preserved products in tin plate cans)	0.1 canned fish, crustaceans, molluscs(imported)			
Sweden	2.0 fishery products					
Switzerland	0.5 fish fishery products, imported crustaceans, molluscs	1.0 canned fish crustaceans molluscs(imported)				
Thailand	0.5 frozen cuttle fish, squid and octopus	1.0 fish, floss, fish flake and dried ground fish		20 fish, floss, fish flake and dried ground fish		
U.K		2.0 fish (not otherwise specified) 5.0 dried fish 10 shellfish 2.0 canned fish			20 food (recommended as a general limit in food)	50 food (recommended limit, natural) contain more than 50mg/kg such as herrings. shellfish crustaceans should not be objected to
U.S.A	1.0 fish, shellfish, crustaceans, Other aquatic animals (edible portion only, fresh, frozen or processed)					

Source 1) Reference 38, 39

2) National Health and Medical Research Council Model Food Legislation Canberra PA 12- 2. AI 12-3. 1984

3) International digest of Health Legislation WHO. 34(3), 1983

International digest of Health Legislation, 27(1) 1976

4) National Health and Medical Research Council. MRL standard. Australian Government Publishing Service Canberra, 1987

5) Codex alimentarius, commission, Joint FAO/WHO food standard programme, 1989

6) Codex committee on food additives and contaminants, Joint FAO/WHO food standards programme, 1989

아연

전시료 15종의 어류에서 검출된 아연 함량은 12.01~112.10ppm(평균 54.78ppm) 범위였으며 가장 많이 함유되어 있는 것은 장어로서 이는 구리 함량에서의 결과와 같았다. 아연은 체내에서 60여 가지 효소작용과 구조에 관여하는 것으로 알려져 있으며 특히 단백질과 핵산 대사에서 중요한 역할을 한다. 많은 호르몬의 합성과 면역기능 수행, 성장과 생식, 식품이용율, 미각, 시각 기능 등에 관여하는 생체내 중요한 미량 무기질이다(46, 47). 아연은 다른 미량무기질에 비하여 비교적 독성이 적으나 아연을 1일 2g 이상 과잉 섭취하였을 때, 위장의 염증과 구토가 나타났음이 보고되었고(48), 권장량의 20배 이상을 만성적으로 복용하는 경우 구리 및 철분의 영양 상태를 저하시키며, 면역능력을 손상시키고 HDL-cholesterol 저하 등을 유발하는 것으로 보고되고 있다(49). 또한 식품이나 환경 중에 아연이 이상적으로 높은치가 검출되는 경우에 카드뮴에 의한 오염도 고려할 수 있음이 보고되고 있다.

외국의 어류에 대한 아연(35.50)의 규제치는 뉴질랜드 40ppm, 영국 50ppm 이하로 본 연구의 조사된 어종의 아연 함량의 결과는 비교적 높았으며, 1985~1991년에 실시된 우리나라 연안어류 중의 미량무기질 함유량의 연구결과들(27,28,30)에서, 조사된 어종의 86%가 10 ppm이하를 나타낸 것과 비교할 때 본 연구의 결과치는 높은 수준이었다

어류를 통한 중금속 및 미량무기질의 1일 섭취량 추정

식품 중의 오염물 최대 허용량은 국민의 평균 체중 및 식품섭취 계수에 따라 달라지며, 정확한 섭취량은 FAO/WHO에서 추천한 total diet study(51)를 시행하여 설정하여야 하나 우리나라의 경우, 아직까지 이러한 단계에 이르지 못하고 있다. 따라서 본 연구에서는 1995년도 우리나라 식품수급현황(52)을 참고로하여 1인 1일어 공급량을 64.44g으로하여 어류를 통한 중금속 및

미량무기질의 1일 섭취량을 추정하여, FAO/WHO식품 중의 중금속 오염물에 대한 ADI와 PTWI를 기초로 비교한 결과는 Table 5와 같다.

본 연구를 토대로 추정된 어류를 통한 중금속 및 미량무기질 섭취량은 FAO/WHO 식품 중의 PTWI나 ADI와 비교시 수은이 95.7% 정도 섭취되어 비교적 섭취량이 높은 것으로 사료되며 다른 중금속이나 미량무기질에 대해서는 특별히 다량 섭취되고 있지는 않았다. 그러나 김 등(30)의 연안 어·패류 중의 미량금속 함유량에 대한 연구결과와 비교할 때, 본 연구의 결과치는 모든 원소에 높은 수치를 보였다. 그러나 이것은 식품섭취량을 기준으로 한 것이 아니고 공급량을 기준으로 한 것이므로 이 결과를 가지고 중금속 및 미량무기질의 섭취량의 적정 여부를 정확히 논의하기는 어렵다.

어류 중의 함유된 미량원소간의 상호작용

어류 중의 함유된 미량원소간의 상호작용을 살펴본 결과는 Table 6과 Fig 1, 2, 3과 같다.

중금속 중 납과 수은은 상호작용을 보였는데 납이 많이 함유된 어류일수록 수은을 많이 함유하였다($p < 0.0001$). 카드뮴은 구리와 아연간의 상호작용을 보여 카드뮴 함량이 높은 어류일수록 구리($p < 0.0001$)와 아연($p < 0.05$) 함량이 높았다. 또 미량원소인 구리와 아연간에 상관관계를 보여($p < 0.05$) 구리의 함량이 많을수록 아연의 함량도 증가되었다. 그러나 Hill 등(52)의 연구에서 고수준의 카드뮴 섭취는 구리의 흡수를 저하시킨

Table 6. The correlation of matrix table

	Pb	Cd	Hg	Fe	Cu	Zn
Pb	-	0.05589	0.95411****	-0.28038	0.07705	0.37857
Cd	-	-	0.16319	-0.11406	0.99910****	0.52503*
Hg	-	-	-	-0.23837	0.18453	0.26304
Fe	-	-	-	-	-0.10748	-0.52020
Cu	-	-	-	-	-	0.52080*
Zn	-	-	-	-	-	-

* $p < 0.05$, **** $p < 0.0001$

Table 5. Fish intake of heavy metals and micromineral in Korea

Element	Detection range (ppm)	Detection ratio	Fish intake of heavy metals and micromineral(μg)	FAO/WHO/PTWI/7 ¹⁾ and ADI(μg) ²⁾
Pb	0.02 ~ 4.80(2.26) ³⁾	93	145.63	350
Cd	0.001 ~ 0.54(0.04)	93	2.57	46.9~58.1
Hg	0.007~ 1.08(0.52)	80	33.51	35
Fe	7.76 ~ 66.39(25.70)	100	1,656.11	
Cu	0.37 ~ 121.60(10.90)	100	702.40	2,450~24,500
Zn	12.01 ~ 112.10(54.78)	100	3,530.02	14,700~49,000

¹⁾Hg, Pb and Cd expressed in PTWI/7, ²⁾Based on body weight, ³⁾Mean of detection value

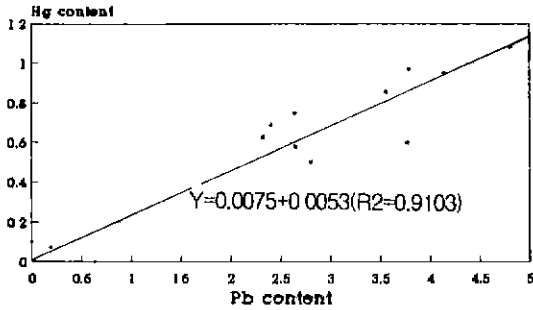


Fig. 1. The correlation between Pb and Hg content of samples.

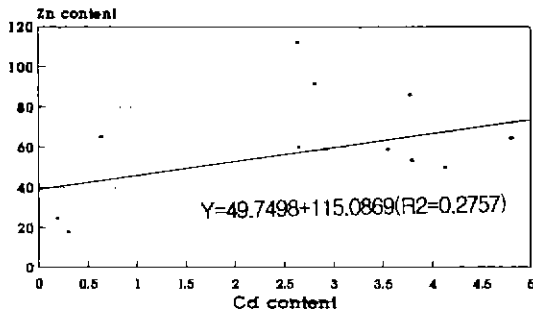


Fig. 2. The correlation between Cd and Zn content of samples.

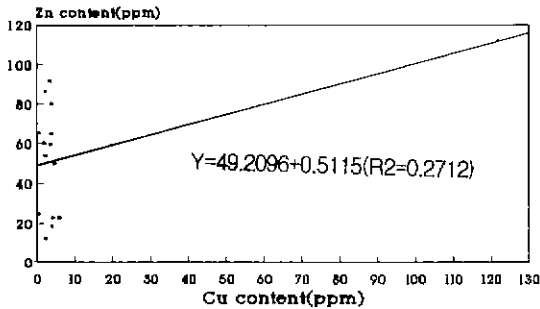


Fig. 3. The correlation between Cu and Zn content of samples.

다른 보고와 Stonard의(53) 카드뮴과 아연간의 상호작용 연구에서 아연의 농도가 높아지면 카드뮴의 축적이 낮아진다고 보고한 결과와는 다른 결과를 보였다.

요 약

본 연구는 최근 수년 동안 공업단지가 조성되어 오염이 예측되는 서해안 일부지역을 대상으로, 이 지역에서 생산된 15종의 어류에 함유된 중금속(납, 수은, 카드뮴) 및 미량무기질(구리, 아연, 철분)을 측정하여 실제

섭취량에서의 문제점을 살펴보고, 수산식품의 오염 정도와 식품내의 함유된 미량무기질을 이용한 예방책을 강구하고자 계획하였다. 어류에 함유된 납, 수은과 카드뮴의 평균 함량은 우리나라 규제치에 비하여 낮은 수준이었으나 일부 어류에서 기준치 이상의 결과도 보였다. 또한 납과 수은의 경우는 과거 같은 분야의 연구 결과에 비하여 증가되는 경향을 보였다. 어류에 함유된 철분의 평균 함량은 돼지고기나 닭고기에 함유된 철분 함량과 유사한 수준이었으며 구리, 아연의 함량도 육류 함유량에 비하여 부족되지 않아 적절한 어류의 섭취는 철분, 구리, 아연 등의 좋은 급원으로 중금속 축적 예방에도 도움이 되는 식품이라 하겠다. 실제 1일 어류 섭취량을 기준으로 중금속 및 미량무기질의 실제 섭취량을 추정한 바, 허용 기준치 범위내에 있어 아직까지 오염의 염려는 없으나 과거의 연구결과에 비하여 다소 높아지는 경향을 보였다. 어류 중 중금속 및 미량무기질 상호간에는 납과 수은(p<0.0001), 카드뮴과 구리(p<0.0001), 카드뮴과 아연(p<0.05), 구리와 아연(p<0.05) 간의 정(+)의 상관관계를 보였다. 이상의 결과에서 서해안 수산식품 중 어류 중의 일부 중금속 함량은 다소 증가되고 있어 이에 대한 조속한 환경적인 예방책이 필요할 것으로 생각되며, 이들 중금속의 인체내 축적을 방지하는데 어류의 적절한 섭취는 중금속 축적을 예방하는 방안이 될 것으로 사료된다.

감사의 글

본 논문은 1996년도 교육부 지역개발 연구과제 학술연구비에 의해서 수행되어 이에 감사를 드립니다.

문 헌

- Edward, J. C. : Nutrition and environmental health. Vol. 2, minerals and macro-nutrients. Jhon wiley & Sons, New York, p.65(1981)
- Venugopal, B. and Luckey, T. D. : Metal toxicity in mammals. Plenum Press, New York, Vol 2(1978)
- 김기남, 맹기호, 박양자, 이규호, 이연숙, 임현숙, 원향태, 장유경, 허종규: 비타민·무기질 영양학. 향문사, p.554(1985)
- 장동석: 식품위생학적으로 본 어패류의 안전성 한국영양식량학회지, 19, 5(1990)
- 조선일보 '어패류 8종 중금속 특별관리 1996 9(1996)
- Villarreal-Trevino, C. M. : Bioaccumulation of lead, copper and zinc by fish in the Santana Catarina river. Bull. Environ. Contam., 37, 78(1986)
- 박태조: 연안어장 환경 질수록 오염 새어민, 1, 26(1992)
- 서화중, 홍성운, 최종환: 남해안에서 서식하는 수산물의 중금속 함량에 관한 연구. 한국영양식량학회지, 22, 1 (1993)

- 9 동아일보. '95년 사망원인 통계. 1997, 3, 7
10. 문수재, 이기열 : 최신영양학. 수학사, 서울, p.247(1996)
11. Ekhard, E. Z. and Filer, L. J. Jr. : *Present knowledge in nutrition*. 7th ed., ILSI Press, Washington, DC, p.277 (1996)
12. 보건복지부 '94 국민영양조사보고서(1996)
13. 보건복지부 '93 국민영양조사보고서(1995)
14. 김비경, 조경희 : 남과 단백질 수준을 달리한 식이로 사용한 성장기 흰쥐 체내 대사 변화 한국영양학회지. **19**, 5 (1986)
15. 방진숙. 이순재 · 식이내 셀레늄이 납중독된 흰쥐에 있어서 delta-aminolevulinic acid dehydratase 활성에 미치는 영향. 한국영양학회지, **24**, 6(1991)
16. Goldwater, L. J. and Hoover, A. W : An international study of normal levelsof lead in blood and urine. *Arch. Environ. Health*, **15**, 60(1967)
17. Mahaffey-Six. K. R. and Goyer, R. A. : The influence of iron deficiency on tissue content and toxicity of ingested lead in the rat. *J. Lab. Med.*, **79**, 128(1972)
18. Forth. W. and Rummel, W. *In intestinal absorption of metal ions-trace elements and radionuclides*. Pergamon, Oxford(1971)
19. Hus, F. S., Krook, L., Pond, W. G. and Duncan, J. R. : Interactions of dietary Cd with toxic levels of lead and zinc in pigs. *J. Nutr.*, **105**, 154(1975)
20. 김예정, 송정자 : 납 중독에 철분, 구리가 흰쥐의 체내에 미치는 효과에 관한 연구. 한국영양학회지, **26**, 6(1993)
21. 김장완 · 한국산 주요 식품 해조류의 수은, 카드뮴, 납 및 구리의 함량. 한수지, **5**, 3(1972)
22. 김장완, 원중훈 · 수염만 양식 미역, 모자반 및 환경해수의 수은, 카드뮴, 납, 구리의 농도에 대하여 한수지, **7**, 3(1974)
23. 원중훈 : 한국산 어패류 중의 수은, 카드뮴, 납, 구리의 함량. 한수지, **6**, 3(1973)
24. 이음호 : 바지락 중금속 함량의 시기적 변화. 한수지, **8**, 2(1975)
25. 황규철 · 한산, 지제만 굴, 진주 담치 및 해수의 중금속 함량. 부산수대연보, **124**, 1(1984)
26. 이수행, 이광우 · 한국연안 진주 담치의 중금속 함량. 육수학회지, **19**, 2(1984)
27. 권우창, 원경풍, 김준환, 김오한, 소유섭, 김영주, 박진상, 성덕화, 이경진, 이만술, 백덕우. 식품 중의 미량 금속에 관한 연구(연안 어류 중의 중금속 함유량에 관하여). 국립보건원보, p.24(1987)
28. 권우창, 원경풍, 김준환, 김오한, 소유섭, 김영주, 박진상, 성덕화, 이경진, 이만술, 백덕우, 빈재훈, 채명식, 김주원, 임준래, 최용순, 박광순, 김도환, 서규석, 조성원, 허완, 조상문, 강순배 · 식품 중의 미량금속에 관한 조사 연구(연안 어류 중의 미량금속 함유량에 관하여). 국립보건원보, p.26(1989)
29. 백덕우, 권우창, 원경풍, 김준환, 소유섭, 이희덕, 박진상, 성덕화, 이만술, 이경진, 정중순, 이길봉, 용금환, 오홍석, 김체환, 서규석, 박재홍, 허완, 박재갑, 강순배 : 식품 중의 미량금속에 관한 조사 연구(연안 어패류 중의 중금속 함유량에 관하여). 국립보건원보, p.25(1988)
30. 김길생, 이종욱, 소유섭, 서석춘, 강해경, 유순영, 최병희, 권영범, 백덕우, 빈재훈, 채명식, 고중명, 임준래, 이장관, 박광순, 김도환, 서규석, 허남철, 허완, 김홍주, 강순배 · 식품 중의 미량금속에 관한 조사연구(연안 어·패류 중의 미량금속 함유량에 관하여). 국립보건원보, p.29(1991)
31. 임정남 : 식품의 무기성분 분석. 식품과 영양, 농촌진흥청, **7**, 42(1986)
32. 日本藥學會編 · 衛生試驗法 註解. 金原出版社. 東京, p.23 (1983)
33. Reilly, C. · Metal contamination of food. Applied Science Publishers, London, p.116(1980)
34. 박재홍, 허남철, 최정철, 김영국, 안양준, 오금순, 송병준, 양호철, 이성자, 탁상수 : 서해(목포)연안에서 서식하는 어패류 중의 중금속 함량에 관한 연구 보건환경연구원보, **4**, 30(1992)
35. WHO · Environmental health criteria No1, Mercury, Geneva(1976)
36. 보건사회부 · 식품중의 기준 및 규격개정. 보건사회부 고시 제1989-75호, p.2(1989)
37. 계승희 : 어류를 통한 수은 섭취, 과연 안전한가? 국민영양 **97-3**, p.40(1997)
38. 厚生省環衛局 通環環食 95號 日本食品衛生研究, **32**, 72(1982)
39. Marica, J. · Pesticides, selected elements and other chemicals in infant and toddler total diet samples October 1978-Sept. 1979. *J.A.O.A.C.*, **68**, 842(1985)
40. Solomons, N. W and Jacobs, R. A. · Studies of the bioavailability of zinc in man. IV. Effects of heme and non-heme iron on absorption of zinc. *Am. J. Clin. Nutr.*, **34**, 475(1981)
41. Weinberg, E. D. · Iron withholding, a defense against infection and neoplasia. *Physiol. Rev.*, **64**, 65(1984)
42. 농촌진흥청 농촌생활연구소 : Food composition table 5th revision.(1996)
43. Linder, M. C. · The biochemistry of copper Plenum Press, New York(1990)
44. Turnlund, J. R. : Copper. In "Modern nutrition in health and disease" Shils, M. E.(ed.). Lea & Febiger, p.231(1994)
45. 국립수산진흥원 : 한국연안 어장보전을 위한 환경오염 조사연구 사업보고. 제8호, p.540(1983)
46. Mills, C. F. : Zinc in human biology International Life Sciences Institute, London(1989)
47. Keen, C. L. and Gershwin, M. E. : Zinc deficiency and immune function. *Annu. Rev. Nutr.*, **10**, 415(1990)
48. Food and Nutrition Board : Recommended Dietary Allowances. 10th ed., Washington, DC, National Academy Press(1989)
49. Chandra, R. K. · Excessive intake of zinc impairs immune responses. *J. Am. Med. Assoc.*, **2**, 1443(1984)
50. FAO · Compilation of legal limits for hazardous substances in fish and fishery products FAO, Rome(1983)
51. WHO · Guidelines for the study of dietary intake of chemical contaminants WHO. Geneva(1985)
52. Hill, C. H., Matrone, G., Payne, W. L. and Barber, C. W. · *In vivo* interactions of cadmium with copper, zinc and iron *J. Nutr.*, **80**, 227(1963)
53. Stonard, M. D. and Webb, M. : Influence of dietary cadmium on the distribution of the essential metals copper, zinc, and iron in tissues of the rat. *Chem. Biol. Interact.*, **15**, 349(1976)