J. Fd Hyg. Safety 14(3), 305–318 (1999)

국내 유통 민물어류와 연안산 패류의 중금속 함량에 관한 조사

김연천† · 한선희
서울시보건환경연구원 식품안전성팀

A Study on Heavy Metal Contents of the Fresh Water Fish, and the Shellfish in Korean

Youn Cheon Kim† and Sun Hee Han
Food Safety Team, Seoul Metropolitan Goverment Institute of Health and Environment, Yangjaedong, Suchogu, Seoul 137-130, Korea

ABSTRACT – This study were conducted to estimate the values of the heavy metal in the fresh water fish and shellfish collected from fish market. The levels of the heavy metal were determined in a total of 319 samples of 11 species of the fresh water fish and 14 species of the shellfish by mercury analyzer and atomic absorption spectrophotometer. The results of this study were summerized as follows; The average contents of the heavy metal in the fresh water fish were Pb 0.075, Hg 0.053, Cd 0.002, Cr 0.135, Fe 8.695, Mn 1.078, Zn 9.491, Cu 0.548 mg/kg. The average contents of the heavy metal in the shellfish were Pb 0.059, Hg 0.007, Cd 0.146, Cr 0.147, Fe 40.808, Mn 7.738, Zn 13.943, Cu 2.731 mg/kg. Being compared the average contents of the heavy metal of the fresh water fish with those of shellfish, the average contents of Cd, Fe, Mn, Cu in the shellfish were significantly higher than in the fresh water fish($P<0.001$). Depending on the sampling areas, the average contents of the heavy metal were different by districts. The contents of the heavy metal were changed with the seasons($P<0.05$).

Key words ☐ Heavy metal, Fresh fish water, Shellfish

생활수준의 향상과 식품공업의 발달에 힘입어 우리의 식생활은 양적인 소비패턴에서 질적인 소비패턴으로 변화를 가져오게 되었으며, 영양학적으로도 우수하고, 건강상 위해가 없는 식품에 많은 관심이 집중되고 있다. 이러한 측면에서 최근 식품의 미량 중금속 오염여부가 안전한 식품을 소비자에게 공급해야 한다는 관점에서 사회적 문제로 대두되고 있다.[1]

Pb, Hg, Cd과 같은 중금속은 그 양이 미량일지라도 자연계에 오염되면 생물체에 축적되고, 다시 식품으로 인체에 축적되어 건강상 위해를 일으킬 수 있는 공해물질이다.[2] 특히 육상의 오염물질이 바다로 집결되어, 생물의 먹이연쇄에 의해 단계적으로 이행하므로 수산생물에서 많이 농축된다. 최근에는 산업발전과 더불어 전국 연안에 수많은 공업단지가 건설되어, 여러 공장과 산업장의 폐수와 폐기물, 광산폐수의 방류등으로 인한 오염된 하수 및 인구의 도시집중으로 인한 도시하수의 증가 등으로 농경지 · 하천수 · 연안해역의 오염현상이 가속되고, 이로 인한 어패류의 오염 문제가 크게 우려되는 수준에 이르게 되었다.

이에 따라 FAO/WHO에서는 1976년에 식품오염감시계획(The joint FAO/WHO Food Contamination Monitoring Programme)의 일환으로 식품오염물질에 대한 모니터링이 실시되었으며, 각국에서도 이 사업을 통해 식품오염의 실태와 추이를 관찰하여 오염의 출처를 밝히고 배제, 조절하는 동시에 오염된 식품이 소비자에게 도달되지 않도록 관리함과 동시에 인간의 건강에 직접적인 위협을 줄 정도로 높아지기 전에 허용기준을 설정하고 있다.

현재 어패류의 오염 문제가 우려되는 시점에서 시중에 유통중인 서 · 남해안에서 생산되는 민물어류와 패류를 중심으로 원소별 함량, 산지별, 계절별로 중금속 농도를 조사 분석함으로써 식품오염도의 지표로 삼고자 하였다.

실험재료 및 방법

실험재료

본 실험의 재료는 1997년 9월부터 1998년 9월까지 우리

†Author to whom correspondence should be addressed.

Table 1. Wavelength for metal analysis

Item	Wavelength(nm)
Pb	283.3
Cd	228.8
Cr	359.3
Fe	248.3
Mn	279.6
Zn	213.9
Cu	324.8

나라 시중에서 유통되고 있는 민물어류 11종 166건, 패류 14종 153건 등 총 319건을 가락동 농수산물시장(서울특별시 농수산물유통공사) 등을 통해 수집하여 시료로 사용하였다.

실험방법

조사대상금속 : Pb, Hg, Cd, Cr, Fe, Mn, Zn, Cu

시약 : 첨가제(M)은 Sodium carbonate와 Calcium hydroxide anhydrous를 1:1(w/w)로 혼합한 것(Nippon Instrument Co.)을 사용하고, 첨가제(B)는 Aluminium oxide anhydrous (Nippon Instrument Co.)를 800°C에서 2시간 가열한 후 냉각하여 사용하였다.

Nitric acid, Hydrochloric acid, Sulfuric acid는 유해금속측정용 특급시약(Junsei chemical Co., Ltd., Japan)을 사용했으며, 증류수는 재증류한 후 탈이온화한 물을 사용하였다.

각 금속의 표준원액은 농도 1 mg/ml의 원자흡광분석용(Wako Pure Chemical Industry Ltd, Japan)을 사용하였으며, Hg은 0.001% L-cystein 용액으로 희석하여 0~2 μg/ml로 제조사용하였고, Pb, Cd, Cr, Fe, Mn, Zn, Cu는 0.5N- HNO_3용액으로 희석하여 사용하였다.

시료의 전처리는 수집한 어패류의 식용가능한 부분만을 분리하고 균질하게 마쇄한 후, 폴리에칠렌 용기에 밀봉 포장하여 -20°C에 보관하면서 분석에 사용하였다.

Hg의 분석은 Mercury Analyzer(Model Sp-3A, Nippon Instrument Co., Ltd., Japan)를 사용하여 가열증기화-금아말감법으로 분석하였고,[3] Pb, Cd, Cr, Fe, Mn, Zn, Cu의 분석은 시료 10 g 정도를 취해서 예비탄화시킨 후 진한 질산 2㎖를 넣고 유기물질을 분해시켜 450°C의 회화로에 넣고 완전히 회화시켰다. 회화가 끝나면 회분을 물로 적시고 염산 2~4 ml를 가하여 건조장치에서 건조한 다음, 회화된 물질을 0.5N-HNO_3으로 용해하여 Toyo 5B 여과지로 여과하여 25 ml로 일정한 용량으로 하였다.[3] 시료 중의 함량은 시료 생중량으로 산출하였다.

Pb, Cd, Cr은 Graphite A. A. S.법(Atomic Absorption Spectrophotometry)(Hitachi Z-5700, Hitachi Co., Japan)으로 분석하였고, Fe, Mn, Zn, Cu는 Flame A. A. S.법(Hitachi Z-5300, Hitachi Co., Japan)으로 분석하였으며, 그 때의 분석파장은 다음 Table 1에 종합한 바와 같다.

결과 및 고찰

민물어류 166건, 패류 153건에 대해 Pb, Hg, Cd, Cr, Fe, Mn, Zn, Cu 의 8종의 중금속 함량을 조사한 결과는 Table 2~13과 같다.

원소별 함량

Pb

민물어류에서 검사한 시료중 Pb는 19.9%의 불검출률을 나타냈다. 평균함량은 0.075 mg/kg(0.000-0.840)으로, 버들개에서 가장 높게 나타났고, 누치에서 0.007 mg/kg으로 가장 낮게 나타났다(Table 2). 그러나 중국산 미꾸라지의 경우 개체간의 변화가 매우 커서 Pb 함량이 최고 0.840 mg/kg이 검출된 경우도 있었다. 강 등[4]은 민물어류의 근육 중에서 Pb의 평균함량을 0.645 mg/kg으로 보고하였고, 김 등[5]은 서해안의 붕어에서의 Pb 함량을 0.354~0.659 mg/kg, 최 등[6]은 잉어에서 0.679, 붕어에서 0.810, 메기에서 1.073 mg/kg으로 보고함으로써 본 실험의 결과가 이들보다 훨씬 낮은 함량으로 조사되었다. 농도별 분포율은 0.10 mg/kg 미만이 84.3%, 0.10~0.50 mg/kg은 11.4%, 0.51 mg/kg 이상은 4.2%으로 나타났다.

패류에서 검사한 시료중 Pb는 10.9%의 불검출률을 나타냈다. 평균함량은 0.060 mg/kg (0.000-0.700)이었고, 굴에서 0.134 mg/kg으로 가장 높게 나타났고, 동죽과 개조개에서 0.008 mg/kg으로 가장 낮게 나타났다(Table 3). 서 등[7]은 홍합에서 0.09~0.64 mg/kg, 굴에서 0.17~0.70 mg/kg, 바지락에서 0.09~0.53 mg/kg의 Pb이 검출되었다고 보고하였다. 이 등[8]은 진주담치에서 0.29~1.5 mg/kg검출되었다고 하였으며, 황 등[9]은 양식 굴에서 0.31 mg/kg, 진주담치에서 0.33 mg/kg의 Pb이 검출되었다고 하였으며, 이는 본 실험의 결과와 일치하는 것으로 나타났다. 김 등[10]의 연구에 의하면 패류에서의 Pb의 농도별분포율이 0.1 mg/kg 이하가 7.9%, 0.1~0.5 mg/kg은 65.0%, 0.5~1.0 mg/kg은 26.3%, 1.0~1.5 mg/kg은 0.8%이었다. 본 조사에서는 0.10 mg/kg 미만이 85.5%, 0.10~0.50 mg/kg은 9.4%, 0.51~1.00 mg/kg은 5%로 나타났으며, 1.01 mg/kg 이상인 경우는 없었다.

패류에 대한 Pb의 규제치를 보면(Table 14), 네덜란드는 2 mg/kg, 호주는 조개류에 있어서 5 mg/kg, 영국과 캐나다는 10 mg/kg으로 규제하는 등 비교적 고농도로 나라간 넓

은 농도차로 규제하고 있다. 어류에 대한 Pb의 규제치는 호주는 2.0~5.0 mg/kg, 캐나다는 10 mg/kg, 독일은 가식부에 대해서 0.5 mg/kg 등으로 규제하고 있으며, 우리나라는 총칭하여 어패류에서의 Pb 함량을 2.0 mg/kg이하로 규제하고 있다.

본 실험에서 어패류 319건에 대한 Pb 함량을 조사한 결과 분석한 시료 전부에서 우리나라의 Pb 규제치[3]를 초과한 검체는 1건도 나타나지 않았다. 따라서 우리나라에서 유통 판매되고 있는 어패류의 Pb 함량은 건강상의 우려가 없는 수준이라고 생각되었다.

Hg

민물어류에서 조사한 시료중 Hg은 0.6%의 불검출률을 나타냈다. 민물어류 11종 166건에서의 평균함량은 0.053 mg/kg(0.000~0.237)이었으며, 가물치에서의 함량이 0.121 mg/kg으로 가장 높게 나타났고, 메기에서 0.028 mg/kg으로 가장 낮게 나타났다(Table 2). 농도별 분포율은 0.050 mg/kg미만이 67.5%, 0.051~0.100 mg/kg은 21.7%, 0.101~0.200 mg/kg은 10.2%, 0.201~0.250 mg/kg은 0.6%로 나타났다. 강 등[11]은 메기, 붕어, 잉어에서의 Hg 함량이 0.043~0.161 mg/kg으로 검출되었다고 하였고, 김 등[5]은 붕어에서의 Hg 함량이 0.0167~0.0407 mg/kg으로 검출되었다고 보고하였다. 본 실험에서는 메기, 붕어, 잉어에서의 Hg 함량이 0.01~0.064 mg/kg으로 조사되어 강 등[11], 김 등[5]의 결과보다 낮은 것으로 나타났다.

패류에서 조사한 시료중 Hg은 5.7%의 불검출률을 나타냈다. 평균함량은 0.007 mg/kg(0.000~0.092)이었고, 소라에서 0.014 mg/kg으로 가장 높게 나타났고, 동죽, 살조개, 키조개에서 0.004 mg/kg으로 가장 낮게 나타났다(Table 3). 분포율을 보면 0.010 mg/kg 이하가 73.0%, 0.010~0.050 mg/kg은 15.1%, 0.050~0.1 mg/kg은 0.6%으로 나타났다. 굴에서 0.007 mg/kg, 홍합에서 0.006 mg/kg으로 서 등[7]이 보고한 굴에서 0.002 mg/kg 보다는 약간 높게 나타났다. 황 등[9]은 수하식 양식굴에서 0.006 mg/kg, 진주담치에서 0.005 mg/kg의 Hg이 검출되었다고 하였으며, 이는 본 실험의 결과와 일치하는 것으로 나타났다. 김 등[10]은 굴에서 0.013 mg/kg, 홍합에서 0.011 mg/kg, 골뱅이에서 0.095 mg/kg의 Hg이 검출되었다고 보고하였으며, 본 실험의 결과가 이들보다 낮게 나타났다.

어패류 및 수산제품에 대한 Hg의 외국의 규제치를 보면 (Table 14), 오스트레일리아에서는 어류에서 1.0 mg/kg, 덴마크에서는 민물어류에서 1.0 mg/kg, 불란서에서는 0.5~0.7 mg/kg, 독일은 어류의 가식부에서 1.0 mg/kg, 일본에서는 methyl-Hg로서 0.3 mg/kg, 스웨덴에서는 어류제품에서 2.0 mg/kg, 미국에서는 1.0 mg/kg으로 규제하고 있다. 우리나라에서는 0.5 mg/kg으로 규정하고 있다.

따라서 본 조사에서 나타난 Hg의 최고 함량은 0.272 mg/kg으로 대부분의 나라에서 패류에 대해서는 규제하고 있지 않거나 규제하고 있다 하더라도 각국의 규제치와 조사치와 비교해 볼 때 이는 정상함량 수준이라고 생각되며, 수입산과 국내산의 함량도 비슷한 수준으로 국내산 어패류에서 유래한 Hg에 의한 건강 위해 가능성은 없다고 생각되었다.

Cd

민물어류에서 조사한 시료중 Cd은 39.2%의 불검출률을 나타냈다. 평균함량은 0.002 mg/kg(0.000~0.050)이었고, 미꾸라지에서 0.005 mg/kg으로 가장 높게 나타났고, 가물치, 누치, 모래무지와 눈동자개에서 0.001 mg/kg로 가장 낮게 나타났다(Table 2). 분포율을 보면 0.010 mg/kg이하가 95.8%, 0.010~0.050 mg/kg가 4.2%로 나타났다. 김 등[5]이 조사한 붕어 중의 Cd 평균함량은 0.1256~0.1935 mg/kg, 최 등[6]이 조사한 민물어류 중의 Cd 평균함량은 메기에서 0.030, 붕어에서 0.054, 잉어에서 0.072 mg/kg으로 본실험의 결과가 이들 보다 매우 낮게 나타났다.

패류에서 조사한 시료중 Cd은 8.0%의 불검출률을 나타냈다. 평균함량은 0.153 mg/kg(0.000~4.450)이었고, 피조개에서 0.582 mg/kg으로 가장 높게 나타났고, 맛에서 0.018 mg/kg으로 가장 낮게 나타났다(Table 3). 농도별 분포율을 보면 0.10 mg/kg 미만이 76.7%, 0.10~0.50 mg/kg은 16.1%, 0.51~1.00 mg/kg은 5%, 1.01 mg/kg 이상은 1.9%로 나타났다. Cd의 평균함량이 굴 0.305 mg/kg, 홍합 0.223 mg/kg , 골뱅이 0.199 mg/kg로 이 등[8]이 조사한 홍합에서의 0.09~0.85 mg/kg, 황 등[9]이 조사한 양식굴 0.29 mg/kg, 진주담치 0.18 mg/kg과 유사한 것으로 나타났고, 서 등[7]이 보고한 굴 0.40 mg/kg, 김 등[10]이 보고한 굴 0.051 mg/kg, 골뱅이 0.41 mg/kg, 백 등[12]이 보고한 굴 0.79 mg/kg, 골뱅이 0.57 mg/kg의 결과와 비교해 볼 때 비교적 낮게 나타났다.

Cd의 외국의 규제치를 보면(Table 14) 네덜란드의 경우 패류에서 1.0 mg/kg, 오스트레일리아는 연체동물로서 2.0~5.5 mg/kg, 독일의 경우 민물어류의 가식부에서 5.0 mg/kg, 홍콩에서는 굴 등에서 2.0 mg/kg으로 규제하고 있으며, 그 외의 국가에서는 함량을 규제하고 있지 않다.

본 측정치와 김 등,[10] 백 등,[12] 권 등,[13] 일본의 조사보고서와 비교하여 볼 때 더 낮은 분포를 보이는 것으로 보아 국내산 어패류에 함유된 Cd 함량은 건강상 위해성이 전혀 없는 수준이라고 분석된다.

Cr

민물어류에서 조사한 시료중 Cr은 1.7%의 불검출률을 나타냈다. 평균함량은 0.135(0.000~1.250)이었는데, 누치에서 0.249 mg/kg으로 가장 높게 나타났고, 모래무지에서 0.040 mg/

Table 2. Heavy metal contents in different fresh water fishes **(Unit : mg/kg)**

Fishes	No. of samples	Variables	Pb	Hg	Cd	Cr	Fe	Mn	Zn	Cu
가물치		Minimum	0.000	0.020	0.000	0.010	1.023	0.000	2.180	0.137
Snake head	9	Maximum	0.370	0.183	0.004	0.760	56.180	2.850	5.995	0.322
Channa argus		Mean	0.069	0.121	0.001	0.215	9.983	0.470	3.662	0.240
동사리		Minimum	0.000	0.000	0.000	0.010	0.839	0.191	2.880	0.131
Dark slepper	6	Maximum	0.109	0.078	0.005	0.160	4.188	1.624	5.975	1.006
Odontobutis platycephala		Mean	0.031	0.038	0.001	0.047	1.795	0.791	4.890	0.519
누치		Minimum	0.000	0.029	0.000	0.007	1.320	0.092	4.006	0.105
Steed barbel	8	Maximum	0.024	0.237	0.006	0.970	54.910	3.470	8.060	1.231
Hemibarbus labeo		Mean	0.007	0.081	0.001	0.249	10.438	0.715	5.938	0.678
메기		Minimum	0.000	0.010	0.000	0.005	1.283	0.000	1.350	0.155
Far eastern catfish	18	Maximum	0.500	0.063	0.014	1.070	43.380	2.150	5.030	1.168
Silurus asotus		Mean	0.051	0.028	0.003	0.138	7.582	0.252	3.367	0.436
모래무지		Minimum	0.002	0.016	0.000	0.009	1.387	0.865	5.055	0.081
Goby minnow	5	Maximum	0.440	0.090	0.003	0.120	3.760	4.620	14.580	0.367
Pseudogobio esocinus		Mean	0.103	0.046	0.001	0.040	2.475	2.292	9.140	0.209
미꾸라지		Minimum	0.000	0.015	0.000	0.000	3.449	1.080	0.000	0.397
Chinese muddy loach	52	Maximum	0.840	0.160	0.050	1.250	121.240	31.250	69.490	2.370
Misgurnus mizolepis		Mean	0.079	0.064	0.005	0.151	23.886	5.060	21.260	0.956
붕어		Minimum	0.000	0.010	0.000	0.007	2.424	0.000	4.970	0.203
Crucian carp	20	Maximum	0.510	0.052	0.008	1.050	62.950	3.000	15.110	0.919
Carassius auratus		Mean	0.063	0.030	0.002	0.152	8.129	0.469	8.722	0.484
눈동자개		Minimum	0.000	0.018	0.000	0.008	1.735	0.000	4.128	0.153
Black bullhead	11	Maximum	0.030	0.131	0.004	0.570	51.030	2.780	25.291	0.997
Psedobagrus sp.		Mean	0.009	0.056	0.001	0.118	7.652	0.391	7.575	0.426
잉어		Minimum	0.000	0.010	0.000	0.011	3.337	0.000	3.642	0.214
Carp,	13	Maximum	0.640	0.048	0.012	1.090	89.390	1.510	20.060	1.570
Cyprinus carpio		Mean	0.113	0.033	0.002	0.178	12.882	0.330	9.466	0.507
뱀장어		Minimum	0.000	0.019	0.000	0.004	1.166	0.000	5.710	0.110
Eel	18	Maximum	0.300	0.060	0.026	0.980	69.400	3.610	21.118	8.050
Anguilla japonica		Mean	0.059	0.039	0.004	0.141	7.014	0.572	10.552	0.898
버들개		Minimum	0.020	0.009	0.000	0.000	1.370	0.000	11.099	0.328
Downstream fatminnow	6	Maximum	0.590	0.062	0.011	0.180	5.030	1.495	32.550	1.530
Moroco lagowskii		Mean	0.241	0.044	0.003	0.058	3.812	0.520	19.831	0.679
	166	Mean	0.075	0.053	0.002	0.135	8.695	1.078	9.491	0.548

kg으로 가장 낮게 나타났다(Table 2). 그러나 메기, 미꾸라지, 붕어에 있어서는 1 mg/kg을 넘게 검출된 경우가 있었다. 농도별 분포율은 0.50 mg/kg미만이 91.8%, 0.51~1.00 mg/kg은 3.7%, 1.01 mg/kg 이상은 4.5%이었다. 최 등[6]이 보고한 담수어의 근육중 Cr 함량 0.677~1.095 mg/kg 과 비교해 볼 때 훨씬 낮은 수준이었다.

패류에서 조사한 시료중 Cr은 4.8%의 불검출률을 나타냈다. 조사한 153건 중 평균함량은 0.153 mg/kg(0.000~3.964)이었고, 피조개에서 0.586 mg/kg으로 가장 높게 나타났고, 골뱅이에서 0.026 mg/kg으로 가장 낮게 나타났다(Table 3). 농도별 분포율을 보면 0.10 mg/kg 미만이 62.2%, 0.10~0.50 mg/kg은 33.6%, 0.51~1.00 mg/kg은 3.5%, 1.01 mg/kg이상은 0.7%로 나타났다. Cr 함량이 굴에서 0.129 mg/kg, 홍합에서 0.113 mg/kg, 바지락에서 0.172 mg/kg으로 서 등[7]이 보고한 굴 0.25 mg/kg, 바지락 0.36 mg/kg보다는 낮게 나타났고, 홍합 0.10 mg/kg보다는 약간 높게 나타났다.

Cr은 민물어류에서 불검출~1.25 mg/kg(평균 0.135 mg/kg), 패류에서 불검출~3.964 mg/kg(평균 0.147 mg/kg)으로 나타났으며, 미국 FDA에서는 갑각류 12ppm, 패류(Oyster, Mussel, clams) 13ppm으로 규정하고 있습니다.

Table 3. Heavy metal contents in different shellfishes **(Unit : mg/kg)**

Shellfishes	No. of samples	Variables	Pb	Hg	Cd	Cr	Fe	Mn	Zn	Cu
개조개		Minimum	0.000	0.003	0.000	0.000	12.520	0.975	7.111	0.824
Butter clam	6	Maximum	0.032	0.012	0.500	0.194	31.159	10.070	12.646	2.410
Saxidomus purpuratus		Mean	0.008	0.007	0.134	0.096	19.417	3.348	9.003	1.852
골뱅이		Minimum	0.000	0.006	0.001	0.012	10.759	0.553	14.173	2.441
Whelk	6	Maximum	0.065	0.021	1.034	0.061	20.890	11.459	22.730	6.037
Buccimon striatissimum		Mean	0.026	0.011	0.199	0.026	15.924	4.711	18.300	3.998
굴		Minimum	0.000	0.004	0.000	0.000	16.320	0.080	7.320	5.591
Oyster	17	Maximum	0.640	0.011	1.630	0.757	66.335	18.850	60.440	73.663
Crassostrea gigas		Mean	0.134	0.007	0.305	0.129	39.609	7.711	30.511	18.933
동죽		Minimum	0.000	0.000	0.015	0.045	55.382	2.519	6.900	0.601
Surf clam	5	Maximum	0.012	0.006	0.500	0.337	163.600	52.950	10.100	1.094
Mactra veneriformis		Mean	0.008	0.004	0.118	0.163	93.375	29.428	8.015	0.858
맛		Minimum	0.000	0.000	0.000	0.000	30.980	1.071	5.950	0.542
Razor clam	12	Maximum	0.600	0.026	0.080	0.428	117.010	12.431	13.770	7.736
Solen strictus		Mean	0.097	0.009	0.018	0.158	63.919	3.564	9.148	1.719
개량조개		Minimum	0.000	0.000	0.000	0.000	7.861	0.171	3.700	0.330
Hen clam	11	Maximum	0.490	0.015	0.099	0.259	80.194	3.490	14.405	1.635
Mactra chinensis philippi		Mean	0.083	0.006	0.030	0.101	36.905	1.644	9.661	1.058
모시조개		Minimum	0.000	0.004	0.015	0.039	29.390	2.930	3.740	1.770
Shortnecked clam	7	Maximum	0.037	0.017	0.200	0.153	110.590	55.670	14.578	4.323
Tapes japonica		Mean	0.013	0.008	0.050	0.090	56.098	10.937	9.510	2.731
반지락		Minimum	0.000	0.004	0.018	0.053	26.692	1.750	3.632	0.847
Shortnecked clam	16	Maximum	0.690	0.020	0.700	0.597	106.640	44.280	15.650	2.097
meretrix cormutus		Mean	0.071	0.009	0.109	0.172	57.331	5.963	9.936	1.261
백합		Minimum	0.000	0.000	0.000	0.000	12.720	0.970	8.785	1.036
Orient hard clam	6	Maximum	0.650	0.006	0.300	0.244	33.376	9.713	13.990	2.240
Meretrix lusoria		Mean	0.110	0.005	0.068	0.081	24.223	4.602	11.650	1.591
소라		Minimum	0.002	0.004	0.005	0.002	7.091	0.850	5.730	0.810
Turban shell	17	Maximum	0.150	0.092	0.314	0.245	44.800	6.970	25.670	5.824
Batillus cornutus		Mean	0.031	0.014	0.053	0.079	16.138	2.644	14.967	2.662
살조개		Minimum	0.000	0.000	0.000	0.000	38.734	2.500	4.690	0.386
Venus clam	14	Maximum	0.580	0.007	0.163	0.565	136.470	46.804	11.215	1.567
Notochione jedoensis		Mean	0.090	0.004	0.046	0.172	72.782	24.143	7.072	0.840
키조개		Minimum	0.000	0.000	0.000	0.000	10.202	0.000	4.577	0.226
Pen shell	10	Maximum	0.540	0.008	0.764	0.626	65.850	5.790	66.720	2.180
Pectinata japonica		Mean	0.066	0.004	0.203	0.182	32.967	1.732	32.917	0.761
피조개		Minimum	0.000	0.006	0.000	0.000	19.645	0.779	7.400	0.350
Ark shell	9	Maximum	0.161	0.016	4.450	3.964	69.180	52.940	17.530	1.190
Scapharca broughtonii		Mean	0.025	0.010	0.582	0.586	42.912	8.005	12.605	0.647
홍합		Minimum	0.000	0.000	0.000	0.000	8.418	0.830	10.502	0.197
Mussel	17	Maximum	0.700	0.015	1.000	0.665	53.767	8.710	35.110	2.393
Mytilus coruscus		Mean	0.078	0.006	0.223	0.113	29.443	2.429	16.762	1.138
	153	Mean	0.060	0.007	0.153	0.153	42.932	7.919	14.290	2.861

Fe

민물어류에서 조사한 시료중 Fe는 100% 검출되었으며, 평균함량은 8.695 mg/kg(0.839~121.240)으로 나타났다(Table 2). 미꾸라지에서 23.886 mg/kg으로 가장 높았고, 동사리에

서 1.79 mg/kg으로 가장 낮은 것으로 나타났으나, 개체간의 차이가 심해서 미꾸라지에서 최고 121.2 mg/kg이 검출된 경우도 있었다. 농도별 분포율을 보면 5.00 mg/kg 미만이 44.6%, 5.00~10.00 mg/kg은 21.7%, 10.01～50.00 mg/kg은 28.9%, 50.01~100.00 mg/kg은 3.6%, 100.01 mg/kg 이상은 1.2%이었다.

패류에서 조사한 시료중 Fe는 100% 검출되었으며, 평균함량은 40.808 mg/kg(2.490~163.600)로 나타났다(Table 3). 동죽에서 93.375 mg/kg으로 가장 높게 나타났고, 골뱅이에서 15.924 mg/kg으로 가장 낮게 나타났다. 패류에서는 종에 따른 차이는 물론 개체간에도 차이가 있어 동죽의 경우 최고 163.6 mg/kg이 검출되기도 하였으나 민물어류에 비해 개체간의 차이는 크지 않은 것으로 나타났다. Fe의 농도별 분포율을 보면 5.00 mg/kg 미만이 0.6%, 5.00~10.00 mg/kg은 5.0%, 10.01~20.00 mg/kg은 23.3%, 20.01~50.00 mg/kg은 35.2%, 50.01~100.00 mg/kg은 32.7%, 100.01 mg/kg 이상은 3.1%로 나타났다.

Mn

민물어류에서 조사한 시료중 Mn은 6.6%의 불검출률을 나타냈다. 평균함량이 1.078 mg/kg(0.000~31.250)으로, 미꾸라지에서 5.060 mg/kg으로 가장 높았고, 메기에서 0.252 mg/kg으로 가장 낮게 나타났다(Table 2). 분포율을 보면 1 mg/kg 이하가 59.0%, 1～5 mg/kg은 31.3%, 5~10 mg/kg은 8.4%, 10 mg/kg 이상은 1.2%이었다. 최 등[6]이 보고한 담수어의 근육 중 Mn 함량 0.710~1.610 mg/kg과 비교해 볼 때 낮게 나타 났다.

패류에서 조사한 시료중 Mn은 0.6%의 불검출률을 나타냈다. 평균함량은 7.919 mg/kg (0.000~55.670)로, 동죽에서 29.428 mg/kg으로 가장 높게 나타났고, 개량조개에서 1.644 mg/kg으로 가장 낮게 나타났다(Table 3). Mn의 농도별 분포율을 보면 1.00 mg/kg 미만이 10.7%, 1.01~5.00 mg/kg은 58.5%, 5.01~10.00 mg/kg은 15.5%, 10.01~50.00 mg/kg은 12.4%, 50.01 mg/kg 이상은 2.4%로 나타났다. 김 등[10]의 연구에 의하면 패류에서의 Mn의 분포율이 1 mg/kg 이하 29.7%, 1~5 mg/kg 57.1%, 5~10 mg/kg15.0%이었다. 본 실험의 결과가 김 등[10]이 보고한 굴에서의 1.92~9.42 mg/kg, 백 등[12]이 보고한 골뱅이에서의 0.39~5.94 mg/kg, 이 등[14]이 보고한 패류에서의 0.389~0.796 mg/kg의 결과와 비교해 볼 때 좀 더 높은 것으로 나타났다.

사람에게 있어서 Fe가 부족하면 Mn의 흡수가 증가되며, 또한 Mn에 과다노출된 경우 Fe 흡수를 저해하여 빈혈을 유발할 수 있다고 알려져 있다. 따라서 어패류중의 Mn 함량에 대한 조사연구가 좀 더 시행되어져야 할 것으로 생각된다.

Zn

민물어류에서의 평균함량은 9.491 mg/kg(0.000~69.490)으로 나타났다(Table 2). 미꾸라지에서 21.260 mg/kg으로 가장 높게 나타났고, 메기에서 3.367 mg/kg으로 가장 낮게 나타났다. 민물어류중의 농도별 분포율을 보면 5.00 mg/kg 미만이 22.3%, 5.00～10.00 mg/kg은 31.3%, 10.01~50.00 mg/kg은 45.8%, 50.01 mg/kg이상은 0.6%이었다. 최 등[6]이 보고한 담수어의 근육 중 Zn 함량 6.363~9.436 mg/kg과 비교해 볼 때 유사하게 나타났다. 이는 생체내에서 Zn과 Cu는 상호연관관계를 갖고 있다는 연구와 일치하고 있으며, 만성적인 Zn의 섭취는 Cu 결핍증을 유발한다고 알려져 있다[15].

패류의 평균함량은 14.290 mg/kg (3.632~66.720)으로 나타났다(Table 3). 키조개에서 32.917 mg/kg으로 가장 높았고, 살조개에서 7.072 mg/kg으로 가장 낮게 나타났나. Zn의 농도별 분포율을 보면 5.00 mg/kg 미만이 3.1%, 5.00~10.00 mg/kg은 34.8%, 10.01~50.00 mg/kg은 58.4%, 50.01 mg/kg이상은 2.5%로 나타났다. 본 실험의 결과는 이 등[8]이 조사한 홍합에서의 13.57~52.1 mg/kg, 황 등[9]이 보고한 양식 굴에서의 55.7 mg/kg, 진주담치에서의 7.2 mg/kg과 유사하게 나타났고, 김 등[10]이 보고한 굴에서의 23.62~189.26 mg/kg, 백 등[12]이 보고한 굴에서의 34.24~207.17 mg/kg의 결과와 비교해 볼 때 낮은 것으로 나타났다.

4식품 중에서의 Zn 함량을 규제하고 있는 오스트레일리아의 경우는 1,000 mg/kg으로 규제하고 있고, 영국에서는 패류 등에서의 함량 규제는 제외하고 있으며, 뉴질랜드는 어류에서 40 mg/kg, 영국에서 50 mg/kg으로 규제하고 있으므로, 패류에서의 최고 함량 66.72 mg/kg, 담수어류에서의 최고 함량 69.49 mg/kg은 문제가 발생할 수도 있다고 생각된다. 따라서 어패류에서의 함량 조사는 계속해서 이루어져야 할 과제라고 생각된다.

Cu

민물어류의 평균함량은 0.548 mg/kg(0.081~8.050)(Table 2)으로, 미꾸라지에서 0.956 mg/kg으로 가장 높았고, 모래무지에서 0.209 mg/kg으로 가장 낮게 나타났다. 민물어류중의 농도별 분포율을 보면 0.50 mg/kg 미만이 48.5%, 0.50~1.00 mg/kg은 34.3%, 1.01~5.00 mg/kg은 16.4%, 5.01 mg/kg이상은 0.7%이었다. 본 실험의 결과는 최 등[6]이 보고한 담수어의 근육중 Cu 함량 1.022~1.308 mg/kg과 비교해 볼 때 비교적 낮게 나타났다.

패류의 평균함량은 2.861 mg/kg(0.197~73.663)로 나타났다(Table 3). 굴에서 18.933 mg/kg으로 가장 높게 나타났고, 피조개에서 0.647 mg/kg으로 가장 낮게 나타났다. 농도별 분포율을 보면 1.00 mg/kg 미만이 39.2%, 1.00～5.00 mg/

kg은 47.6%, 5.01~10.00 mg/kg은 7.0).01 mg/kg이상은 6.3%으로 나타났다. 이 등[8]이 조사한 홍합중의 Cu 함량 0.69~2.77 mg/kg, 황 등[9]이 보고한 양식굴 3.96 mg/kg, 진주담치 0.61 mg/kg과 거의 유사하게 나타났다.

어류중의 Cu 함량을 규제하고 있는 나라는 Table 14에 나타낸 바와 같으며, 호주가 10 mg/kg, 캐나다 50 mg/kg, 영국 20 mg/kg으로 대부분의 나라가 기준치를 높게 잡고 있으므로, 우리나라 연안어류의 Cu 함량은 자연함량수준이며, 오염의 가능성은 없다고 생각된다.

산지별

Pb

민물어류에서는 영광에서 0.171 mg/kg으로 가장 높게 나타났고, 파주에서 0.000 mg/kg으로 가장 낮게 나타났다(Table 4). 패류에서는 고흥에서 0.124 mg/kg으로 가장 높게 나타났고, 인천에서 0.031 mg/kg으로 가장 낮게 나타났으나 산지간의 Pb 함량 유의성은 인정되지 않았다(Table 5).

Hg

평균함량은 0.029 mg/kg(0.000-0.237)로 나타났다. 중국산의 경우 Hg함량이 0.072 mg/kg으로 한국 연안의 어패류에서의 Hg 평균함량보다 높은 것으로 나타났다. 민물어류의 Hg 함량은 목포에서 0.119 mg/kg으로 가장 높게 나타났고, 서산에서 0.021 mg/kg으로 가장 낮게 나타났다(Table 4). 패류 중의 Hg 함량은 속초에서 0.009 mg/kg으로 가장 높게 나타났고, 충무에서 0.005 mg/kg으로 가장 낮게 나타났으나(Table 5), Hg 함량은 지역에 따른 유의성은 인정되지 않았다.

Cd

평균함량은 0.070 mg/kg(0.000~4.450)으로 나타났다. 민물어류 중에서는 영산포에서 0.013 mg/kg으로 가장 높게 나타났고, 남양에서 trace로 가장 낮게 나타났다. 패류 중 Cd 함량은 고흥에서 0.307 mg/kg으로 가장 높게 나타났고, 부안에서 0.057 mg/kg으로 가장 낮게 나타났다. 산지에 따

Table 4. Heavy metal contents of the fresh water fish produced in different districts **(Unit : mg/kg)**

Districts	No. of samples	Pb	Hg	Cd	Cr	Fe	Mn	Zn	Cu
Kapyung	15	0.032	0.059	0.001	0.102	12.187	1.171	6.601	0.515
Kochang	7	0.075	0.042	0.001	0.291	13.152	0.999	9.151	1.887
Kohung	1	0.011	0.029	0.003	0.007	1.485	0.100	10.565	0.130
Kongju	1	0.002	0.028	0.002	0.009	3.285	0.180	3.190	0.155
Kimje	8	0.085	0.032	0.003	0.251	6.137	0.151	3.953	0.719
Namyang	9	0.153	0.050	0.000	0.640	7.056	0.208	9.674	0.736
Masan	2	0.035	0.036	0.001	0.016	4.825	0.385	9.749	0.401
Mockpo	1	0.200	0.119	0.000	0.690	7.820	7.410	16.780	0.810
Munmak	2	0.010	0.067	0.008	1.270	4.158	0.368	8.448	0.434
Buan	21	0.096	0.058	0.004	0.118	22.794	4.500	17.278	0.929
Suhsan	2	0.004	0.021	0.002	0.305	15.870	1.275	10.685	0.777
Suchon	14	0.047	0.047	0.003	0.197	18.747	3.862	24.098	1.035
Chokcho	1	0.005	0.025	0.005	0.011	6.240	0.411	13.040	0.535
Asan	10	0.074	0.031	0.003	0.084	4.600	0.319	9.025	0.303
Yangpyung	3	0.030	0.022	0.000	0.026	4.999	0.683	10.409	0.469
Youngkwang	2	0.171	0.052	0.002	0.054	4.460	0.126	18.844	0.350
Yougsanpo	3	0.042	0.033	0.013	0.029	2.614	0.573	10.807	0.543
Okchun	2	0.010	0.096	0.002	0.048	1.578	0.112	4.345	0.110
Onyang	2	0.007	0.033	0.001	0.047	7.254	0.199	4.509	0.262
Ilsan	1	0.013	0.031	0.004	0.009	3.149	0.198	3.876	0.240
Chunjoo	1	0.020	0.031	0.004	0.022	5.135	0.190	4.505	0.259
Chungjoo	6	0.034	0.027	0.004	0.141	23.224	1.532	6.037	2.780
Pajoo	2	0.000	0.066	0.000	0.670	6.200	0.460	7.240	1.140
Paldang	3	0.018	0.047	0.002	0.019	4.263	0.237	5.123	4.317
Pyungtack	7	0.026	0.050	0.003	0.030	9.808	0.484	4.857	0.285
Hwachon	14	0.170	0.075	0.004	0.163	3.989	1.269	14.307	0.542
China	26	0.064	0.072	0.005	0.124	20.921	4.389	17.109	0.672
	166	0.053	0.046	0.003	0.202	7.886	1.054	9.504	0.795

Table 5. Heavy metal contents of the shellfish produced in different districts (Unit : mg/kg)

Districts	No. of samples	Pb	Hg	Cd	Cr	Fe	Mn	Zn	Cu
Kohung	15	0.124	0.008	0.307	0.134	43.428	5.510	30.328	12.823
Kumsan	15	0.028	0.007	0.141	0.168	52.758	8.585	11.693	1.990
Masan	4	0.014	0.009	0.064	0.054	29.704	4.226	14.517	1.738
Bulkyo	4	0.038	0.008	0.097	0.358	56.044	3.789	11.282	1.013
Buan	19	0.094	0.007	0.057	0.109	50.767	8.229	10.301	1.374
Samchompo	10	0.039	0.008	0.126	0.109	47.981	3.163	11.972	1.381
Shokcho	5	0.061	0.009	0.130	0.094	14.379	1.540	12.066	1.447
Yusoo	55	0.066	0.009	0.180	0.190	32.639	5.006	15.439	1.455
Inchun	15	0.031	0.007	0.074	0.120	56.629	18.540	8.768	2.304
Chumgmu	11	0.094	0.005	0.122	0.072	36.027	7.429	20.220	6.788
	153	0.059	0.008	0.130	0.141	42.036	6.602	14.659	3.231

Table 6. Analysis of variance procedure in the fresh water fish on districts (Unit : mg/kg)

District / Elements	Buan	China	Suchon	Chungjoo	Hwachon	Kapyung	Kochang	Pyungtack	Asan	Namyang	Kimje
	a	ab	abc	abcd	abcd	abcd	abcd	bcd	cd	d	d
Mn	4.500	4.388	3.886	1.532	1.242	1.171	0.999	0.484	0.283	0.208	0.151
	b	b	a	d	bc	d	cd	d	cd	cd	d
Zn	17.278	17.109	24.098	6.037	14.310	6.601	9.151	4.857	9.025	9.674	3.953

* a,b,c,d : Values in a row with different superscript letters are significantly different(P<0.001)

Table 7. Analysis of variance procedure in the shellfish on districts (Unit : mg/kg)

District / Elements	Inchon	Kunsan	Buan	Samchonpo	Kohung	Chungmu	Yeusoo	Masan	Shockcho
	a	ab	ab	ab	abc	abcd	bcd	cd	d
Fe	56.629	52.758	50.767	47.981	43.428	36.027	32.017	24.668	14.379
	a	b	b	b	b	b	b	b	b
Mn	18.540	8.585	8.229	3.163	5.510	7.429	5.062	3.528	1.540
	c	c	c	c	a	b	bc	bc	c
Zn	8.768	11.693	10.301	11.972	30.328	20.220	15.324	12.533	11.972

*a,b,c,d : Values in a row with different superscript letters are significantly different(P<0.01)

른 Cd 함량차이는 인정되지 않았다(Table 4, 5).

Cr

평균함량은 0.164 mg/kg(0.000~3.964)으로 나타났다. 민물어류 중의 Cr 평균함량은 0.202 mg/kg(0.000-1.270)으로, 문막에서 1.270 mg/kg으로 가장 높게 나타났고, 고흥에서 0.007 mg/kg으로 가장 낮게 나타났다. 패류 중의 Cr 평균함량은 0.118 mg/kg(0.000-3.964)로, 여수에서 0.186 mg/kg으로 가장 높게 나타났고, 마산에서 0.071 mg/kg으로 가장 낮게 나타났다(Table 4, 5). 또 중국산의 경우 0.124 mg/kg으로 한국 연안의 평균함량보다 낮은 것으로 나타났다.

Fe

민물어류에서는 청주에서 23.224 mg/kg으로 가장 높게 나타났고, 고흥지역에서 1.485 mg/kg으로 가장 낮게 나타났으나(Table 4), 지역에 따른 Fe 함량에는 차이가 크지 않은 것으로 나타났다(Table 6). 패류 중의 Fe 함량은 인천에서 56.629 mg/kg으로 가장 높게 나타났고, 속초에서 14.379 mg/kg으로 가장 낮게 나타났으며(Table 5), 지역간의 Fe 함량에는 차이가 있는 것으로 나타났다(P<0.01)(Table 7, 8, 9, 10, 11). Fe 함량이 유의하게 높게 나타난 인천지역에서 생산된 패류에서 종류에 따른 Fe 함량 변화를 조사한 결과 반지락에서의 Fe 함량이 106.64 mg/kg으로 가장 높았으며, 개량조개에서 19.25 mg/kg으로 가장 낮은 것으로 나타났고, 인천지역의 패류 종류에 따른 Fe 함량간에 유의성이 인정되었다(P<0.01)(Table 8). 민물어류 중 Fe-Mn간에 높은 상관성을 나타냈다(r=0.76).

Mn

Table 8. Analysis of variance procedure on name in the shellfish on Inchon (Unit : mg/kg)

Elements \ Name	Orient hard clam *Tapes philippinarum*	Surf clam *Mactra veneri-formis Reeve*	Razer clam *Solen strictus*	Venus clam *Notochione jedoensis*	Shortnecked clam *Tapes japonica*	Turban shell *Batillus cornutus*	Hen clam *Mactra chinen-sis philippi*
	a	ab	b	b	bc	c	c
Fe	106.64	74.22	64.86	64.36	45.59	24.86	19.25
	a	b	c	a	c	c	c
Mn	44.280	20.618	2.746	41.962	3.592	2.395	1.630

* a,b,c,d : Values in a row with different superscript letters are significantly different(P<0.01)

Table 9. Analysis of variance procedure on name in the shellfish on Kunsan (Unit : mg/kg)

Elements \ Name	Razer clam *Solen strictus*	Surf clam *Mactra veneriformis*	Shortnecked clam *Tapes philippinarum*	Venus clam *Notochione jedoensis*	Ark shell *Scapharca broughtonii*	Whelk *Buccimon striatissimum*	Turban shell *Batillus cornutus*
	a	ab	b	b	bc	c	c
Fe	117.010	99.460	85.160	66.990	40.890	16.010	15.840
	a	b	c	a	c	c	c
Mn	2.006	52.950	3.938	11.477	1.846	3.966	1.163
	c	c	bc	c	ab	a	a
Zn	6.250	6.900	10.320	6.455	13.639	16.803	17.471

* a,b,c : Values in a row with different superscript letters are significantly different(P<0.005)

Table 10. Analysis of variance procedure on name in the shellfish on Buan (Unit : mg/kg)

Elements \ Name	Surf clam Mactra veneriformis	Venus clam Noto-chione jedoensis	Shortnecked clam Tapes japonica	Razer clam Solen strictus	Orient hard clam Meretrix lusoria	Turban shell Batillus cornutus
	a	b	cd	cd	d	d
Fe	163.60	84.74	54.16	52.07	24.22	16.44
	b	a	b	b	b	b
Mn	2.519	28.933	2.930	4.496	4.602	1.833

a,b,c,d : Values in a row with different superscript letters are significantly different(P<0.0001)

Table 11. Analysis of variance procedure on name in the shellfish on Yeusoo (Unit : mg/kg)

Elements \ Name	Short-necked *clam Tapes phil-ippinarum*	Surf clam *Mactra veneri-formis*	Hen clam *Mactra chinen-sis philippi*	Venus clam *Notochione jedoensis*	Ark shell *Scapharca broughto-nii*	Pen shell *Pectinata japonica*	Mussel *Mytilus coruscus*	Butter clam *Saxidomus purpuratus*	Turban shell *Batil-lus cornutus*	Whelk *Buccimon striatissi-mum*
	a	a	ab	ab	abc	abc	abc	abc	abc	bc
Fe	55.39	55.38	53.50	52.39	40.84	32.58	23.30	20.28	15.58	14.80
	b	a	b	b	b	b	b	b	b	b
Mn	2.509	50.434	1.617	14.958	9.728	1.395	1.617	3.807	3.265	9.769
	b	ab	ab	ab	ab	a	ab	ab	ab	ab
Zn	7.114	7.896	9.743	7.542	12.748	29.207	18.929	8.989	15.906	22.730

* a,b,c : Values in a row with different superscript letters are significantly different(P<0.01)

민물어류에서는 부안에서 4.500 mg/kg으로 가장 높게 나타났고, 고흥에서 0.100 mg/kg으로 가장 낮게 나타났으며(Table 4), 지역간의 함량차이가 있는 것으로 나타났다(P<0.001)(Table 6). 패류 중의 함량은 인천에서 18.540 mg/kg으로 가장 높게 나타났고, 속초에서 1.540 mg/kg으로 가장 낮게 나타났다(Table 5). 지역에 따른 Mn 함량에는 차이가 있는 것으로 나타났다(P<0.003)(Table 7, 8, 9, 10, 11). Mn 함량이 유의하게 높게 나타난 인천지역에서 생산된 패류에서 종류에 따른 함량 변화를 조사한 결과 반지락에서의 함량이 44.280 mg/kg으로 가장 높았으며, 개량조개에서

1.630 mg/kg으로 가장 낮은 것으로 나타났고, 인천지역의 패류 종류에 따른 Mn 함량간에 유의성이 인정되었다(P<0.01)(Table 8).

Zn

민물어류에서는 서천에서 24.098 mg/kg으로 가장 높게 나타났고, 공주에서 3.190 mg/kg으로 가장 낮게 나타났으며, 지역간의 함량차이가 있는 것으로 나타났다(P<0.001)(Table 7). 패류 중에서는 고흥에서 30.328 mg/kg으로 가장 높게 나타났고, 인천에서 8.768 mg/kg으로 가장 낮게 나타났으며, 지역간의 함량차이가 있는 것으로 나타났다(P<0.01)(Table 7, 9, 11).

Cu

민물어류에서는 팔당에서 4.317 mg/kg으로 가장 높게 나타났고, 옥천에서 0.110 mg/kg으로 가장 낮게 나타났다(Table 6). 패류에서는 고흥에서 12.823 mg/kg으로 가장 높게 나타났고, 부안에서 1.374 mg/kg으로 가장 낮게 나타났다(Table 7).

계절별

Pb

민물어류와 패류에서 각각 봄에 0.028 mg/kg(0.000~0.126), 0.027 mg/kg(0.001~0.161), 여름에 0.022 mg/kg(0.002~0.061), 0.023 mg/kg(0.001~0.160), 가을에 0.043 mg/kg(0.000~0.370), 0.003 mg/kg(0.000~0.011), 겨울에 0.290 mg/kg(0.000~0.840), 0.287 mg/kg(0.000~0.730)이었고(Table 14, 15), 겨울철 Pb 함량이 다른 세계절에 비해 유의하게 높은 것으로 나타났다(P<0.0001).

Hg

민물어류와 패류에서 각각 봄에 0.047 mg/kg(0.009~0.237), 0.008 mg/kg(0.003~0.026), 여름에 0.055 mg/kg(0.015~0.170), 0.006 mg/kg(0.002~0.014), 가을에 0.057 mg/kg(0.000~0.183), 0.011 mg/kg(0.000~0.092), 겨울에 0.050 mg/kg(0.015~0.102), 0.006 mg/kg(0.000~0.021)으로 나타났다. Hg 함량은 계절간의 차이가 뚜렷하지 않았다(Table 12, 13).

Cd

민물어류와 패류 각각에서 봄에 0.003 mg/kg(0.000~0.026), 0.113 mg/kg(0.005~1.034), 여름에 0.005 mg/kg(0.001~0.020), 0.042 mg/kg(0.000~1.000), 가을에 0.001 mg/kg(0.000~0.008), 0.486 mg/kg(0.001~4.450), 겨울에 0.002 mg/kg(0.000~0.050), 0.198 mg/kg(0.000~1.630)으로 나타났다. 민물어류에서 계절

Table 12. Analysis of variance procedure in the fresh water fish on seasons (Unit : mg/kg)

Elements \ Season	Spring	Summer	Autumn	Winter
Pb	b	b	b	a
	0.028	0.022	0.043	0.290
	(0.000-0.126)	(0.002-0.061)	(0.000-0.370)	(0.000-0.840)
Hg	b	b	a	b
	0.047	0.055	0.057	0.050
	(0.009-0.237)	(0.015-0.170)	(0.000-0.183)	(0.015-0.102)
Cd	0.003	0.005	0.001	0.002
	(0.000-0.026)	(0.001-0.020)	(0.000-0.008)	(0.000-0.050)
Cr	b	b	b	a
	0.029	0.095	0.083	0.686
	(0.000-0.107)	(0.003-0.760)	(0.005-0.597)	(0.000-1.250)
Fe	b	b	a	b
	8.804	9.425	22.888	12.099
	(0.839-30.578)	(1.271-27.563)	(1.560-121.240)	(3.760-36.690)
Mn	1.671	1.839	2.857	1.396
	(0.051-7.761)	(0.030-9.600)	(0.000-31.250)	(0.000-4.970)
Zn	ab	bc	c	a
	13.679	10.940	8.393	16.576
	(2.690-69.490)	(2.436-22.480)	(0.000-25.291)	(3.700-32.550)
Cu	ab	b	b	a
	0.686	0.423	0.417	1.524
	(0.168-1.787)	(0.081-1.194)	(0.137-0.863)	(0.420-8.050)

* a,b,c : Values in a row with different superscript letters are significantly different(P<0.05).

Table 13. Analysis of variance procedure in the shellfish on seasons **(Unit : mg/kg)**

Season Elements	Spring	Summer	Autumn	Winter
Pb	b	b	b	a
	0.027	0.028	0.003	0.270
	(0.001-0.161)	(0.001-0.160)	(0.000-0.011)	(0.000-0.730)
Hg	ab	b	a	b
	0.008	0.006	0.011	0.006
	(0.003-0.026)	(0.002-0.014)	(0.000-0.092)	(0.000-0.021)
Cd	b	b	a	b
	0.113	0.060	0.486	0.192
	(0.005-1.034)	(0.000-1.000)	(0.001-4.450)	(0.000-1.630)
Cr	a	ab	b	ab
	0.223	0.101	0.046	0.073
	(0.002-3.964)	(0.016-0.746)	(0.012-0.087)	(0.000-0.220)
Fe	a	b	ab	ab
	47.414	31.783	39.733	41.420
	(7.545-163.600)	(7.091-83.063)	(3.090-107.070)	(2.490-87.420)
Mn	b	b	a	b
	4.674	6.603	16.505	6.491
	(0.080-36.763)	(0.553-46.804)	(0.640-52.950)	(0.000-45.980)
Zn	b	b	ab	a
	14.077	11.794	16.636	21.515
	(3.632-32.455)	(3.740-36.960)	(6.900-66.720)	(5.080-60.440)
Cu	.302	2.071	3.135	4.019
	0.226-33.925)	(0.197-12.300)	(0.330-5.824)	(0.720-32.430)

* a,b : Values in a row with different superscript letters are significantly different($P<0.05$)

간의 Cd 함량차이는 없는 것으로 나타났으나 패류에서는 계절간에 함량차이가 나타나 가을철에 Cd 함량이 유의하게 높게 나타나는 것으로 분석된다.($P<0.01$)(Table 12, 13).

Cr

민물어류와 패류 각각에서 봄에 0.029 mg/kg(0.000~0.107), 0.223 mg/kg(0.002~3.964), 여름에 0.095 mg/kg(0.003~0.760), 0.101 mg/kg(0.016~0.746), 가을에 0.083 mg/kg(0.005~0.597), 0.046 mg/kg(0.012~0.087), 겨울에 0.686 mg/kg(0.000~1.250), 0.071 mg/kg(0.000~0.220)으로 나타났다. 계절간에 함량차이가 나타나서 민물어류에서 겨울철에 Cr 함량이 유의하게 높게 나타나고($P<0.0001$), 패류에서는 봄철에 Cr 함량이 유의하게 높은 것으로 나타났다($P<0.05$)(Table 12, 13).

Fe

민물어류와 패류 각각에서 봄에 8.804 mg/kg(0.839~30.578), 47.414 mg/kg(7.545~163.600), 여름에 9.425 mg/kg(1.271~27.563), 32.303 mg/kg(7.091~83.063), 가을에 22.888 mg/kg(1.560~121.240), 39.733 mg/kg(3.090~107.070), 겨울에 12.099 mg/kg(3.760~36.690), 44.157 mg/kg(2.490~87.420)으로 나타났다. 계절간에 함량차이가 높아 민물어류에서 가을철에 Fe 함량이 유의하게 높게 나타났으며($P<0.0001$), 패류에서는 봄에 Fe 함량이 유의하게 높게 나타났다 ($P<0.05$)(Table 12, 13).

Mn

민물어류와 패류 각각에서 봄에 1.671 mg/kg(0.051~7.761), 4.674 mg/kg(0.080~36.763), 여름에 1.839 mg/kg (0.030~9.600), 6.742 mg/kg(0.553~46.804), 가을에 2.857 mg/kg(0.000~31.250), 16.505 mg/kg(0.640~52.950), 겨울에 1.396 mg/kg(0.000~4.970), 6.698 mg/kg(0.000~45.980)으로 나타났다. 민물어류에서 Mn 함량은 계절간의 차이가 인정되지 않았으나, 패류에서는 계절간의 함량차이가 나타나서 가을철에 유의하게 높게 나타났다($P<0.001$)(Table 12, 13).

Zn

민물어류와 패류 각각에서 봄에 13.679 mg/kg(2.690~69.490), 14.077 mg/kg(3.632~32.455), 여름에 10.940 mg/kg(2.436~22.480), 11.930 mg/kg(3.740~36.960), 가을에 8.393 mg/kg(0.000~25.291), 16.636 mg/kg(6.900~66.720), 겨울에 16.576 mg/kg(3.700~32.550), 22.218 mg/kg(5.080~60.440)으로 나타났다. 민물어류와 패류에서 계절간의 함량 차이가

나타나서 겨울철에 모두 유의하게 높은 것으로 나타났다 (P<0.01)(Table 12, 13).

Cu

민물어류와 패류 각각에서 봄에 0.686 mg/kg(0.168~

Table 14. Legal limits for hazardous substances in fish and fishery products (Unit : mg/kg)

Trace element / Country	Hg(total) Fish,crustaceans, molluscs	Pb	Cd	Cu	Zn
Argenitina	0.3 fish				
Australia	0.5 fish content of fish products 1.0 fish(South A ustralia Tasmania)	1.5 fish 2.0 fish (N.S.W.S., A,Victory) 2.5 fish(in tin plate container molluscs) 5.5fish (N.S.W.S., A,Victory)molluscs 5.0 fish, mussel (Tas mania) molluscs	0.2 fish and fish content of products containing fish 2.0 molluscs and the mol lusc content of molluscs product 2.5 tasmania,molluscs and the mollusc content of molluscs product 5.5 N.S.W	10.0 fish, fish products only(Except N. S. W. Vic. S. A) 30.0 (N. S. W. Vic. S. A) 70.0 molluscs, mollusc products(Except N. S. W. Vic. S. A.) 30 N. S. W. S. A. Vic	1000.0 oysters
Canada	0.5 (except sword fish)	0.5 fish protein 10 marine and fresh water animal		50 marine and fresh water products	
Denmark	0.3 fish and fish products 0.5 flounder,tuna, bonito, cod 1.0 eel,halibut, fresh water fish,porbeagle, crusta ceans, molluscs	0.3 fish and fish pro ducts except canned producrs 1.0 crustaceans and molluscs	0.5 fish and fish products 0.5 fish liver crustaceans and molluscs		
France	0.5 fish and products 0.7 flounder,tuna, bonito and cod				
Greece	0.7 fish				
Hong Kong	0.5 all solid foodstuffs	0.6 all solid food stuffs	2.0 oyster, crabmeat, fish		
Italy	0.7 fish, fishery prod ucts imported from outside the EEC	2.0 domestic mol luscs			
Japan	0.4(provisional Guideline) 0.3(Methylmercury as mercury)				
Netherland	1.0 all fish, crustacea, molluscs	0.5 fish, crustaces 2.0 molluscan shell-fish	0.05 fish 0.3 crustacea 1.0 molluscan shellfish		
Newzealand	1.0 fish and products mackerel, herring, sprat, molluscs crustaceans	0.5 fish and products flounder tuna, bonito, cod, eel halibut, fresh water fish por-beagle crustaceans 2.0 mackerel, herring, sprat, molluscs	1.0 fish and products, mackerel, herring, sprat, fish liver 0.3 crustaceans 1.0 molluscs	30.0 fish, fish products,	40.0 fish, fish products,

Table 14. Continued

Country \ Trace element	Hg(total) Fish,crustaceans, molluscs	Pb	Cd	Cu	Zn
Switzerland	0.5 fish fishery products, imported crustaceans, fish,	1.0 canned fish crust-aceans molluscs-(imported)	1.0 canned fish crusta ceans molluscs (imported)		
Thiland	0.5 frozen cuttle fish, squid and octo-pus	10 fish floss, fish flake and dried ground fish			
EC	0.5 most individual fish	1.0 sharks, eels, tuna and rays			
U.K.		2.0 fish(not other-wise specified) 3.0 canned fish 5.0 dried fish 10 shellfish		20 food(recommened as a general limit in food)	50 food(recommened limit,natural) con-tain more than 50 mg/kg such as herrings, shellfish, craustaces should not be objected to
U.S.A.	1.0 fish, shellfish, crustaceans, Other aquatic animals(edi-ble portion only, fresh, frozn or processed)				

Source : 1) Reference 13), 16)
2) National Health and Medical Research Council, Model Food Legislation, Australlia, Canberra, PA 12-2, A112-3, 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, FAO/WHO food standards programme, 1989.
6) Codex committee on food additives and contaminants, Joint FAO/WHO food standards programme, 1989.

1.787), 3.302 mg/kg(0.226~33.925), 여름에 0.423 mg/kg(0.081~1.194), 2.131 mg/kg(0.197~12.300), 가을에 0.417 mg/kg (0.137~0.863), 2.301 mg/kg(0.330~5.824), 겨울에 1.524 mg/kg(0.420~8.050), 4.373 mg/kg(0.720~32.430)으로 나타났다. 민물어류에서 계절간의 함량 차이가 나타나서 겨울철에 유의하게 높게 나타났으나($P<0.05$), 패류에서는 계절간의 차이가 나타나지 않았다(Table 12, 13).

국문요약

식품의 안전성을 확보하고 건강상의 위험을 방지하기 위하여 또 수산어패류 중의 중금속 분포상태를 파악하기 위해 국내에서 유통되고 있는 민물어류 11종 166건, 패류 14종 153건 등 총 319건을 대상으로 Pb, Hg, Cd, Cr, Fe, Mn, Zn, Cu 의 8개 금속을 A.A.S. 와 Mercury Analyzer로 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다. 1. 민물어류에서의 중금속 평균함량은 Pb 0.075, Hg 0.053, Cd 0.002, Cr 0.135, Fe 8.695, Mn 1.078, Zn 9.491, Cu 0.548 mg/kg으로 나타났다. 패류에서의 중금속 평균함량은 Pb 0.059, Hg 0.007, Cd 0.146, Cr 0.147, Fe 40.808, Mn 7.738, Zn 13.943, Cu 2.731 mg/kg으로 조사되어, Cd, Fe, Mn, Cu 등이 민물어류에 비해 높은 것으로 나타났다($P<0.001$). 2. 중금속 함량은 산지에 따라 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 민물어류의 경우 Mn과 Zn 함량이 지역간의 유의성을 나타냈다($P<0.001$). 패류의 경우는 Fe, Mn, Zn 함량이 지역간의 유의성을 나타내었다($P<0.01$). 3. 계절에 따라 중금속 함량에도 차이가 있는 것으로 나타났다($P<0.05$). 민물어류에서는 겨울철의

Pb, Zn, Cr, Cu 함량이 높은 것으로 나타났고, 패류에서는 겨울철에 Pb, Zn 함량이 높은 것으로 나타났다. 4. 조사된 결과를 종합고찰하면 우리나라에서 서식하고 있는 어패류에 함유된 중금속 함량은 유해농도이하이며, Fe, Mn, Zn 등 미량 영양염류 함량은 비교적 높은 것으로 나타났다.

참고문헌

1. 차철환: 공해와 질병. 최신의학사, p. 298-307 (1983).
2. 內山 銃: 環境汚染物質 攝取量 推計. 食品衛生研究, **33**, 7-16 (1983).
3. 식품공전(II): 한국식품공업협회, p. 696 (1995).
4. 강희곤: 남한강에 서식하는 담수어중의 중금속함유량에 관한 연구(제3보), 서울특별시보건환경연구원보, **22**, 183 (1986).
5. 김인숙, 한성희, 오성기: 전라북도내 서해안 지역의 하천에 서식하는 붕어의 중금속 함량에 관한 연구, *J. Korean Soc. Food Nutr.*, **22**, 484-488 (1993).
6. 최한영: 한강에 서식하는 담수어의 부위별 중금속 함량에 관한 조사연구, 서울특별시보건환경연구원보, **21**, 157-165 (1985).
7. 서봉수: 연안서식 어패류 및 해저퇴적물중의 유해중금속 함량에 관하여, 국립환경연구원보, **9**, 167-182 (1987).
8. 이인숙: 한국 연안에서 Mussel(Mytilus edulis)의 중금속의 생물농축, *Korean J. Ecol.*, **18**, 419-427 (1995).
9. 황규철: 가막만의 해수 및 패류의 중금속 함량에 관하여, 수진연구보고, **48**, 205-215 (1993).
10. 김길생: 식품 중의 미량금속에 관한 조사, 연구. 국립보건원보, **29**, 327(1990).
11. 강희곤: 북한강 담수어중의 총수은함량에 관한 연구(제5보). 서울특별시보건환경연구원보, **21**, 172-175 (1985).
12. 백덕우: 식품중의 미량금속에 관한 조사연구, 국립보건원보, **23**, 589 (1986).
13. 권우창: 식품중의 미량금속에 관한 연구, 국립보건원보, **26**, 447 (1989).
14. 이숙경: 방사화 분석법에 의한 식품중 미량금속에 관한 연구, 한국식품위생안전성학회지, **12**, 328 (1997).
15. Maurice E. Shils, Vernon R. Young.: Modern Nutrition in health and disease, 7th ed. Lea & Febiger (1988).
16. Sally E. Collings, Michael S. Johnson & Richard T. Leah.: Metal Contamination of Angler-Caught Fish from the Mersey Estuary, Marine Environmental Research, **41**, 281-297 (1996).