

영산강에 서식하는 담수어의 중금속 함유량에 관하여

서화중¹ · 홍석순* · 김충모

조선대학교 식품영양학과
*전라남도 보건환경연구원

A Study on the Contents of Heavy Metals in Freshwater Fishes of Yeong San River

Hwa-Joong Sheo¹, Seog-Soon Hong* and Choong-Mo Kim

Dept. of Food and Nutrition, Chosun University, Kwang-Ju 501-759, Korea

*Health and Environment Institute of Chullanamdo, Kwang-Ju 502-201, Korea

Abstract

This study was performed to investigate the contamination level of harmful metals in 4 species of freshwater fishes collected at the three sampling sites of Yeong san river from January to October in 1990. The levels of total mercury, lead, zinc, manganese, copper and cadmium were determined and the results were summarized as follows : The overall range(ppm) were Hg, 0.022~0.139 ; Pb, 0.666~1.984 ; Zn, 8.673~15.214 ; Mn, 2.751~5.049 ; Cu, 0.328~1.174 ; Cd, 0.017~0.052. Among the six heavy metals contents, the highest was zinc and the lowest was cadmium. The results showed that all the 4 species of freshwater fishes of Yeong san river studied have not yet dangerous levels enough to pose a health problem.

Key words : heavy metal, freshwater fish, Yeong san river

서론

우리나라의 근년에 들어 급속한 산업발전에 따른 각종 공장 폐수와 인구집중화된 도시의 생활하수 다량방출 및 농경지의 많은 농약사용으로 인한 농토, 하천 연안해역까지 광범위하게 오염되어 가는 추세에 있다. 이러한 환경 오염은 식량자원인 농수산물의 중금속오염이 날로 가속화되어 가고 있어 오염물질로부터 환경을 지키는 일은 이제 국가 사회적인 커다란 관심을 불러 일으키고 해결해야할 과제가 되고 있다

고 등^{2,3)}이 우리농산물중, 그리고 원⁴⁾이 우리나라 어패류에 대하여 구리, 납, 카드뮴, 수은, 비소, 망간, 아연등의 잔류중금속함량을 보고한 이래 김 등⁵⁾과 이 등⁶⁾은 미국중의 잔류 중금속에 대하여 김 등⁷⁾과 한⁸⁾은 수산물의 잔류 중금속에 관하여 보고하였다. 최근에는 국립보건원에서 어류중 미량중금속함량에 관한 보고⁹⁻¹²⁾가 있기는 하나, 담수어의 잔류중금속에 관한 조사는 그리 많지 않은 실정이다. 특히 영산강 일대의 어류의 중금속 오염실태 조사는 거의 전무한 상태이다. 따라서 본 연구에서는 전남의 젓줄이며 이 지역인구의 절반이상인 이 유역에 분포되어 있고 정부의 최근 공업단지 조성에 따라 상류지역에 수

¹To whom all correspondence should be addressed

질오염의 악화 요인이 많은 영산강을 택하여 유역을 3개 지점인 오염예상지역, 오염가능지역, 비오염예상 지역으로 나누어 그곳에서 서식하고 있는 담수어 4종인 붕어(*Carassius auratus*), 잉어(*Cyprinus carpio*), 메기(*Silurus asotus*), 가물치(*Channa argus*)를 현장에서 채집하여 각 부위별(근육, 뼈, 아가미)로 6가지의 중금속 함유량에 대한 분석 조사를 실시하고 그 결과를 보고 한다.

재료 및 방법

실험재료

1990년 1월, 4월, 7월, 10월에 걸쳐 영산강을 3개 지역으로 구분하여 오염예상지역은 송정(광주천과 황룡강 합류지점), 오염가능지역은 동강, 비오염예상 지역은 나주호를 선정하여 영산강의 주종 어류인 붕어, 잉어, 메기, 가물치를 현장에서 직접채집하여 실험 재료로 사용했다. 각 지역별 어종의 크기와 무게는

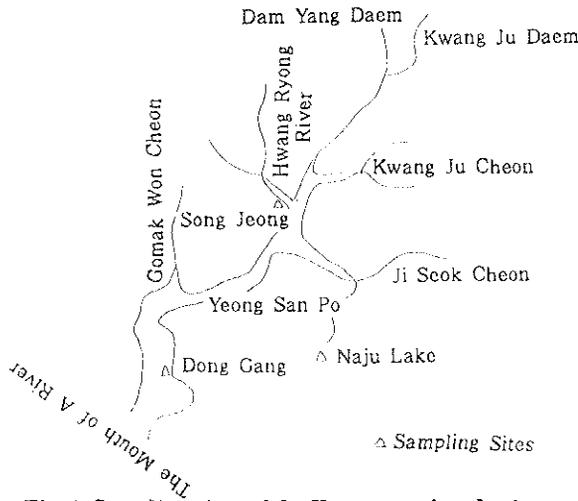


Fig. 1. Sampling sites of the Yeong san river basin.

Table 1과 같으며, 붕어, 메기는 각각 5마리씩, 잉어, 가물치는 각각 3마리씩 채집하였다.

측정방법

측정대상 중금속은 Hg, Pb, Zn, Mn, Cu, Cd이고 분석에 사용된 시약은 특급(Junsei Chemical Co. Ltd., Japan)시약을 사용하였다.

표준용액

각 중금속의 표준용액은 원자흡광분석용(Junsei Chemical Co. Ltd., Japan : factor 1.010 at 20°C 1mg/1ml) 표준원액을 희석 사용하였다.

측정기기

Atomic absorption spectrophotometer(Perkin elmer 372, USA)와 Mercury analyzer(Model SP-3A Nippon Instruments Co. Japan)를 이용하여 측정하였다.

시료의 전처리

각 실험재료를 증류수로 세척후 근육(가식부), 뼈, 아가미로 분류 절취하여 이것을 homogenizer로 분쇄하여 균질하게 하여 시료로 사용하였다.

중금속의 분석

Hg분석: Mercury analyzer를 사용하여 가열기화학 아말감법[®](Combustion-Gold amalgamation method)로 측정하여 시료중의 농도를 구하였으며, 3회 반복 실험하여 평균값을 취하였다.

Pb, Zn, Cu, Mn, Cd의 분석: 시료를 먼저 kjeldahl method에 의해 다음과 같이 분해하여 원자흡광 분석용 시료용액을 조제하여 3회 반복측정하여 평균 값을 취하였다. 균질 시료 20g을 kjeldahl분해 병에 취하고 C-HNO₃, C-H₂SO₄ 일정량을 가해 무색이 될 때까지 가열, 냉각후 포화 amm. oxalate용액을 가해 백연이 발생할때까지 가열, 냉각후 증류수를 가해

Table 1. Body length and weight of four freshwater fishes in three sites [unit : (length ; cm, weight ; g)]

Species	Song jeong		Dong gang		Naju lake	
	length	weight	length	weight	length	weight
<i>Carassius auratus</i>	23±3	200±30	22±3	200±20	19±3	180±30
<i>Cyprinus carpio</i>	40±4	1,200±200	43±5	1,200±300	40±2	1,100±200
<i>Silurus asotus</i>	27±4	150±30	28±4	160±20	23±3	140±20
<i>Channa argus</i>	40±2	800±70	42±3	900±40	35±4	750±50

100ml로 만든다. 이 분해액 50ml을 취해 25% amm. citrate액, BTB를 가하고 NH₄OH로 중화후 40% amm. sulfate, 5% SDDC액, MIBK액을 가해 진탕 추출 MIBK액을 취하여 증발 농축후 0.5N HNO₃액을 가해 정확히 20ml로 하여 사용했다^{14, 15)}.

결과 및 고찰

조사지점에서 채취한 담수어(붕어, 잉어, 메기, 가물치)의 부위별 중금속 함유량은 Table 2~4와 같다.

수은 (Hg) : 각 어종의 시료에서 검출된 Hg함량은 평균 0.022~0.139ppm이고 그중 동강의 메기 근육이 0.197ppm으로 가장 높고 동강의 잉어 아가미에서 0.014ppm로 가장 낮게 검출되었다. 어종별로는 메기와 가물치가 각각 0.10~0.101ppm과 0.136~0.139ppm으로 비교적 높고 붕어와 잉어는 0.064~0.077ppm과 0.022~0.032ppm으로 낮게 측정됐다. FAO에서 발간된 외국의 어패류와 수산제품의 규제치를 보면 총 수은은 호주 0.5~1.0ppm, 캐나다, 뉴

질랜드, 스위스 등이 0.5ppm이하, 서독, 미국 1.0ppm이하, 이태리가 0.7ppm이하, 일본이 0.4ppm이하, 스웨덴이 2.0ppm이하의 차이가 있으나 대개 0.5~2.0ppm이하의 범위로 본 실험에서 측정된 수은량은 외국의 수산 제품 규제치에 훨씬 미치지 못한다¹⁶⁾. 외국의 조사치를 보면 비오염수역의 담수어중 일본 및 캐나다의 0.5ppm과 스웨덴의 0.2ppm을 정상적 함량이라 하였으며 1973년 WHO Regional Office for Europe 보고서¹⁷⁾에서 오염지역에는 0.2~5ppm과 심한 오염지역에서는 20ppm까지 보고 하였다. 이들과 비교할때 본조사의 Hg함유량은 오염에 의한 것으로 생각하기 어렵다.

납 (Pb) : 각시료에서 검출된 Pb함유량은 평균 0.666~1.984ppm의 범위이며, 송정붕어 뼈부위의 4.882ppm이 가장 높고 송정잉어 근육에서 0.219ppm이 가장 낮다. 어종별 납 함유량은 메기, 붕어, 가물치, 잉어 순으로 각각 1.608~1.984ppm, 1.448~1.819ppm, 1.033~1.668ppm, 0.666~1.214ppm의 순으로 나타났다. 외국의 규제치는^{16, 17)} 0.5ppm이하에서부터 10ppm이하로 차이가 심하며 서독은 1979년 담

Table 2. Contents of heavy metal in freshwater fishes in Song jeong

(Unit : ppm, wet-basis)

Heavy metal Species	Part	Muscle	Bone	Gill	Average
<i>Carassius auratus</i>	Hg	0.129	0.041	0.029	0.066
	Pb	0.252	4.882	0.325	1.819
	Zn	3.772	16.112	25.759	15.214
	Mn	0.217	5.829	6.127	4.057
	Cu	0.153	0.326	0.588	0.355
	Cd	0.014	0.040	0.013	0.022
<i>Cyprinus carpio</i>	Hg	0.041	0.017	0.018	0.025
	Pb	0.219	1.715	0.925	0.953
	Zn	5.245	11.729	13.958	10.310
	Mn	0.641	6.552	7.285	4.826
	Cu	0.315	0.485	0.595	0.465
	Cd	0.012	0.036	0.032	0.026
<i>Silurus asotus</i>	Hg	0.188	0.082	0.032	0.100
	Pb	0.295	4.113	0.417	1.608
	Zn	4.258	16.885	19.725	13.620
	Mn	0.325	6.009	6.525	4.286
	Cu	0.172	0.425	0.389	0.328
	Cd	0.033	0.045	0.042	0.04
<i>Channa argus</i>	Hg	0.184	0.114	0.117	0.138
	Pb	0.321	1.653	1.125	1.033
	Zn	5.359	13.258	14.557	11.058
	Mn	0.592	6.114	7.725	4.810
	Cu	0.525	0.693	0.611	0.609
	Cd	0.017	0.029	0.024	0.023

Table 3. Contents of heavy metal in freshwater fishes in Dong gang

(Unit : ppm, wet-basis)

Species	Heavy metal	Part	Heavy metal			
			Muscle	Bone	Gill	Average
<i>Carassius auratus</i>	Hg		0.133	0.034	0.025	0.064
	Pb		0.512	2.525	1.412	1.483
	Zn		4.015	17.253	21.329	14.199
	Mn		0.442	4.952	7.488	4.294
	Cu		0.388	0.458	0.705	0.517
	Cd		0.017	0.020	0.023	0.02
<i>Cyprinus carpio</i>	Hg		0.037	0.015	0.014	0.022
	Pb		0.225	2.059	1.358	1.214
	Zn		5.113	12.585	13.672	10.456
	Mn		0.825	4.158	3.882	2.955
	Cu		0.629	0.582	0.889	0.70
	Cd		0.030	0.072	0.054	0.052
<i>Silurus asotus</i>	Hg		0.197	0.077	0.029	0.101
	Pb		0.425	2.113	2.267	1.721
	Zn		14.119	15.254	13.729	14.369
	Mn		0.595	5.727	8.825	5.049
	Cu		0.232	0.395	0.659	0.428
	Cd		0.021	0.025	0.024	0.023
<i>Channa argus</i>	Hg		0.181	0.112	0.125	0.139
	Pb		0.382	2.957	1.665	1.668
	Zn		4.953	14.118	16.257	11.776
	Mn		0.772	3.958	3.525	2.751
	Cu		0.773	0.952	1.025	1.174
	Cd		0.018	0.020	0.020	0.019

수어의 가식부위의 납의 최대허용치를 0.5ppm으로 정하였다. 우리나라 수산식품의 납 규제치는 10ppm 이하이며 다만 식품에 원래 함유된량을 제외하도록 되어있다¹⁸.

따라서 Pb에 대한 본 실험 측정치를 외국의 규제치와 비교할때 현재 함유량은 높은 편이 아니라 생각된다.

아연 (Zn) : 각 시료의 Zn 함유량은 평균 8.673~15.214ppm범위이며 송정붕어 아가미에서 25.759ppm이 가장 높고, 나주호 붕어근육에서 2.953ppm이 가장 낮다. 어종별 아연 함유량은 붕어, 메기, 가물치, 잉어 순으로 각각 11.466~15.214ppm, 10.488~14.367ppm, 8.901~11.776ppm, 8.673~10.456ppm이 검출되었다. 어류에 대한 외국의 Zn^{16,19} 함량 규제 기준이 뉴질랜드가 40ppm, 영국 50ppm으로 되어 있는 것을 볼때 본 실험치의 Zn함량은 문제시 되지 않을 것으로 생각된다.

망간 (Mn) : 각 시료에서 검출된 Mn함유량은 평균 2.751~5.049ppm으로 동강 메기 아가미 부위에서 8.825ppm으로 가장 높고, 나주호 메기 근육 부위에서

0.211ppm으로 가장 낮다. 어종별로 망간 함유량은 메기, 붕어, 잉어, 가물치순으로 각각 3.784~5.049ppm, 3.532~4.294ppm, 2.955~4.826ppm, 2.751~4.810ppm이 검출되었다. Mn은 중금속중 Fe를 제외하고는 가장 풍부하게 존재하는 금속이며 미량 필수 원소로 세포대사 활동에 중요한 역할을 하며 식품을 통한 Mn 중독 현상은 보고된 경우가 없는 반면 건전지 제조 화학공장에서 대량 흡입에 의한 기관지 장애의 보고가 있다고 한다. 그러나 본 실험의 측정치를 볼때 영산강 담수어의 Mn오염정도는 문제되지 않은 상태다.

구리 (Cu) : 각시료에서 검출된 Cu함유량은 평균 0.328~1.174ppm으로 동강 가물치 아가미에서 1.025ppm으로 가장 높고, 나주호 잉어 근육 부위가 0.132ppm으로 가장 낮다. 어종별 Cu함유량은 가물치, 잉어, 붕어, 메기 순으로 각각 0.530~1.174ppm, 0.421~0.70ppm, 0.355~0.540ppm, 0.328~0.428ppm을 보인다. 외국의 경우^{16,19} Australia는 10ppm, 캐나다 50ppm, 영국이 20ppm으로 규제하고 있으며 수산진흥원이 조사보고한²⁰ 0.25~10.25ppm과 비교할때

Table 4. Contents of heavy metal in freshwater fishes in Naju lake

(Unit : ppm, wet-basis)

Heavy metal Species	Part	Muscle	Bone	Gill	Average
<i>Carassius auratus</i>	Hg	0.120	0.065	0.047	0.077
	Pb	0.458	2.479	1.409	1.448
	Zn	2.953	13.118	18.329	11.466
	Mn	0.254	4.085	6.257	3.532
	Cu	0.495	0.472	0.655	0.540
	Cd	0.016	0.019	0.017	0.017
<i>Cyprinus carpio</i>	Hg	0.050	0.011	0.036	0.032
	Pb	0.317	1.275	0.693	0.660
	Zn	3.109	9.528	13.382	8.673
	Mn	0.459	3.725	5.883	3.355
	Cu	0.132	0.659	0.472	0.421
	Cd	0.021	0.035	0.028	0.028
<i>Silurus asotus</i>	Hg	0.165	0.088	0.051	0.101
	Pb	0.589	3.511	1.852	1.984
	Zn	3.448	15.292	12.725	10.488
	Mn	0.211	5.259	5.882	3.784
	Cu	0.252	0.573	0.458	0.427
	Cd	0.020	0.025	0.024	0.023
<i>Channa argus</i>	Hg	0.187	0.103	0.118	0.136
	Pb	0.859	1.778	0.852	1.163
	Zn	3.855	10.725	12.125	8.901
	Mn	0.759	4.759	3.857	3.125
	Cu	0.158	0.829	0.604	0.530
	Cd	0.019	0.025	0.022	0.022

Cu의 함유량은 크게 문제시 되지 않을 것으로 생각된다.

카드뮴(Cd): 본 실험 측정치는 평균 0.017~0.052ppm범위이고 동강 잉어 뼈에서 0.072ppm이 가장 높고, 송정 잉어 근육에서 0.012ppm이 가장 낮다. 어종별 Cd함유량은 잉어, 메기, 가물치, 붕어순으로 각각 0.026~0.052ppm, 0.023~0.04ppm, 0.019~0.023ppm, 0.017~0.022ppm을 보인다. Cd에 대한 외국의 규제치는^{16,17)} 네델란드에서 0.05ppm이하이고 서독이 0.5ppm이하로 규정하고 있으며 일본의 1980~1981년 비오염지역에서 0.05~3.66ppm과 폐류의 liver 중에서 30~50ppm이 함유된 경우도 있다. 그러므로 본조사의 결과치는 오염된 것이라고 생각되지 않는다.

요 약

1990년 영산강의 오염예상지역 송정리와 오염가능지역 동강 및 비오염예상지역 나주호에 서식하는 담

수어의 중금속 함유량 측정 결과는 다음과 같다.

Hg 함유량은 평균 0.022~0.139ppm분포이고, 동강의 메기근육에서 가장 높고 동지역의 잉어 아가미가 가장 낮았다. 어종별 수은 함유량의 높은 순서는 메기, 가물치, 붕어, 잉어이고, 이들 측정값은 규제치에 미달된다. Pb함유량은 평균 0.666~1.984ppm이고 송정 붕어뼈가 가장 높고 동지역 잉어 근육이 가장 낮다. 어종별 Pb함유량의 높은 순서는 메기, 붕어, 가물치, 잉어이고, Pb측정치는 국내의 수산물 규제치에 훨씬 미달한다. Zn함유량은 평균 8.673~15.214ppm으로 외국의 규제치 40~50ppm에 훨씬 미달한다. 어종별 Zn함유량의 높은 순서는 붕어, 메기, 가물치, 잉어이고 송정 붕어 아가미가 가장 높고 나주호 붕어 근육이 가장 낮다. Mn함유량은 평균 2.751~5.049ppm이고 동강 메기 아가미가 가장 높고 나주호 메기 근육이 가장 낮다. 어종별 Mn함유량의 높은 순서는 메기, 붕어, 잉어, 가물치이다. Cu함유량은 평균 0.328~1.174ppm이고 동강 가물치 아가미에서 가장 높고 나주호 잉어근육이 가장 낮다. 어종별 Cu함유량의 높은 순서는 가물치, 잉어, 붕어, 메

기 이다. Cu검출량도 규제치 이하이다. Cd함유량은 평균 0.017~0.052ppm으로 오염된 상태가 아니라고 생각된다. 동강 잉어 뼈에서 가장 높고 송정 잉어 근육이 가장 낮다. Cd함유량의 높은 순위의 어종은 잉어, 배기, 가물치, 붕어이다.

이상의 결과로 영산강 담수어의 중금속 오염상태가 아직은 우려 할 정도가 아닌 것으로 판단된다.

문 헌

- 권숙표 : 국토 보전을 위한 환경 대책 총람. 한국 환경 교육협회, p.125(1991)
- 고인석, 노정배, 송철, 권혁희, 김길생, 정국희, 주정백 : 식품중 유해성 미량금속에 대한 연구(제1보). 국립보건연구원보, 9, 389(1972)
- 고인석, 노정배, 송철, 권혁희, 김길생, 연규봉, 유병천 : 식품중 유해성미량금속에 대한 연구. 국립보건연구원보, 10, 437(1973)
- 원종훈 : 한국산 어패류중의 수은, 카드뮴, 납, 구리의 함량. 한수지, 6, 1(1973)
- 김명찬, 심기환, 하영래 : 미곡중의 중금속 함량에 대한 연구. 한국식품과학회지, 10, 229(1978)
- 이재관, 원경풍, 이달수, 김하현, 김오한, 송철 : 쌀중의 미량금속에 대한 조사연구. 국립보건연구원보, 16, 435(1979)
- 김명희, 길용환, 엄석원, 강희근, 박성배 : 한강담수어중의 중금속 함량에 대한 연구. 서울시 보건연구소보, 16, 54(1980)
- 한선희 : 시판 어류중의 카드뮴과 아연 함량에 관하여. 서울시 보건연구소보, 15, 59(1979)
- 백덕우, 권우창, 신광훈, 김준환, 김오한, 소유섭, 박건상, 안장수 : 어류중의 미량금속 분포에 관한 조사연구. 국립보건원보, 22, 471(1985)
- 백덕우, 권우창, 원경풍, 김준환, 김오한, 소유섭, 박건상, 성덕화, 서석춘, 이경진 : 식품중의 미량금속에 관한 조사연구. 국립보건원보, 23, 589(1986)
- 권우창, 원경풍, 김준환, 김오한, 소유섭, 김영주, 박건상, 성덕화, 이경진, 이만술, 백덕우 : 식품중의 미량금속에 관한 조사연구. 국립보건원보, 24, 733(1987)
- 백덕우, 권우창, 원경풍, 김준환, 소유섭, 이희덕, 박건상, 성덕화, 이만술, 이경진 : 식품중 미량금속에 관한 조사 연구. 국립보건원보, 25, 551(1988)
- Nippon Instruments Corporation : Instruction manual for mercury SP-3A(1989)
- 보건사회부 : 식품중의 규격및 기준. 한국식품공업협회, p.231(1986)
- 환경청 : 환경오염 공정시험법, 42, 159(1986)
- FAO : Compilation of legal limits for hazardous substances in fish and fishery product, FAO, Rome(1983)
- WHO : Environmental health criteria, No.1, Mercury, Geneva (1976)
- 보건사회부 : 식품공전. 한국식품공업협회, p.32(1989)
- 국립수산진흥원 : 한국 연안 어장 보전을 위한 환경오염 조사연구. 사업보고 제 8호, p.540(1983) (1991년 8월 7일 접수)