

전라북도내 서해안 지역의 하천에 서식하는 붕어의 중금속 함량에 관한 연구

김인숙[†] · 한성희 · 오성기*

원광대학교 식품영양학과

*경희대학교 식품가공학과

A Study on the Heavy Metal Contents in *Carassius auratus* of Jeonlabuk-do Areas

In-Sunk Kim, Sung-Hee Han and Sung-Ki Ou*

Dept. of Food and Nutrition, Wonkwang University, Iri 570-749, Korea

*Dept. of Food Processing, Kyunghee University, Suwon, 440-760, Korea

Abstract

The heavy metal contents in *Carassius auratus*, that were sampled from Nov. 1 to Nov. 31, 1991 at 6 areas in Jeonlabuk-do. The mercury contents was determined by mercury analyzer using the combustion Gold amalgamation method. The arsenic contents were determined by spectrophotometry using silver diethyl dithio carbamate method. The contents of other heavy metals were determined by inductively coupled plasma spectrometer method. The levels of total mercury, arsenic, cadmium, lead, copper, manganese, and zinc were determined and the results were summarized as follows : The 6 areas over all range (ppm) were Hg : 0.0167~0.0407, As : N.D.~0.0018, Cd : 0.1256~0.1935, Pb : 0.3536~0.6593, Cu : 0.2094~0.3792, Mn : 2.9059~6.9335, Zn : 14.3095~48.1615ppm. Among the seven heavy metals contents, the highest was zinc and the lowest was arsenic. The results show that contents of Hg, As, Cd, Pb, Mn and Zn in *Carassius auratus* were lower than the FAO/WHO maximum allowance.

Key words : seven heavy metals, *Carassius auratus*, river and reservoir in Jeonlabuk-do areas

서 론

우리나라 전국 저수지와 강에서 서식하고 있는 담수어는 풍미와 영양이 풍부하여 임신중이나 산후조리 병을 앓고난 노약자와 인간의 영양식품에 애용되어온 재료중의 하나로 특히 담수어의 일종인 붕어는 우리나라 전역에 널리 분포하고 있는 전통적인 자양식품으로 알려져 왔다. 붕어에 관한 연구로는 양과 이¹⁾의 정미성분, 성과 심²⁾의 맛성분, 최 등³⁾의 단백질 및 아미노산 조성, 노 등⁴⁾의 지질성분에 관한 연구 등이 있다. 그런데 최근에는 각종 농약, 화학비료의 사용, 공장과 산업장의 폐기물, 광산폐수의 방류 및 인구 증가로 인한 도시 하수의 증가 등으로 농토 하천 연안해역이 크게 오염

됨에 따라 그 지역의 농산물과 해산물에 유해성금속이 함유됨과 동시에 그 함량의 증가추세가 보고 되었다⁵⁾.

붕어의 중금속함량에 관한 연구보고에는 임⁶⁾의 금강유역에 Pb, Cd, Mn, Zn을 이⁷⁾의 낙동강 유역에서 Cr, Cd, Zn을, 정⁸⁾의 한강유역에 Hg을, 김 등⁹⁾의 태화강 유역에서 Hg, Cd, Pb, Cu, Zn에 대해 보고한 바 있다.

본 연구는 농촌지역인 전라북도의 서해안 하천에서 서식하고 있는 붕어에 대해 중금속 함량을 알아 보고자 한다.

재료 및 방법

실험재료

실험재료는 전라북도 옥구군 옥구읍 옥구저수지 (A), 정읍군 영원저수지 (B), 고창군 동림저수지

[†] To whom all correspondence should be addressed

(C), 부안군 동진강(D), 김제군 만경강(E) 익산군 탑천강(F) 등 6개 지역에서 1990년 10월 1일~31일 사이에 각각 장소를 달리하여 5~8마리를 낚시를 이용해서 채취하였다.

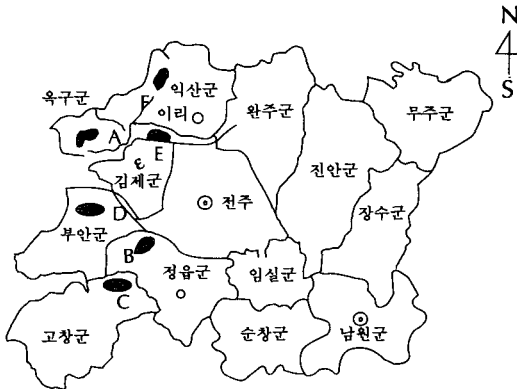


Fig. 1. Sample sites.

- A : Okgu reservoir B : Young won reservoir
- C : Donglim reservoir D : Dongjin river
- E : Mankyong river F : Tapcheon river

Table 1. Concentration of the heavy metal standard solution

Element	Concentration (µg/ml)		
	High	Medium	Low
Mn, Pb, Cu*	10	1	0.1
Cd*	5.0	0.5	0.05
Zn*	20.0	2	0.2
Hg, *As	1.0		

*Dissolved in 8% H₂SO₄ solution

**Dissolved in 0.001% L-cystein

***Dissolved in distilled water

Table 2. Operating condition of Rigaku mercury analyzer

Classification	Standard solution	Sample
Amount	10, 20, 30, 40, 50 µl	100mg
Heating condition		
Mode selector	High	Low
Pannel time	1st step	4min
	2nd step	6min
Additive	Unnecessary	M+S+M+B+M*
Washing liquid	Distilled deionized water	
Measuring range	50ng	10mv
Gas** flow rate	combustion	0.5
	carrier	0.3

*M : sodium carbonate (anhydrous) : calcium hydroxide = 1 : 1 <w/w>

S : sample

B : aluminum oxide

**purified air

실험 방법

중금속 정량을 위한 시약으로는 Hg는 Nakara사 (Osaka, Japan), As는 Kanto사 (Osaka, Japan), 기타중금속은 Wako pure사 (Osaka, Japan)의 특제품을 사용하였다. 각 중금속의 표준원액은 원자흡광 분석용 (Wako Pure Chemical Industry Ltd., Japan) factor가 1.0, 20°C 되도록 하고, Hg, As, Cd, Pb, Cu, Mn, Zn 1ml=1,000µg을 함유한 것으로서 Table 1과 같이 희석하여 표준용액으로 사용하였다. 시료로 사용되는 붕어는 각 저수지와 강에서 장소를 달리하여 다섯군데서 낚시로 잡은 붕어를 뼈와 근육만을 취하여 blender로 갈아 잘 혼합하여 100g씩을 취해 폴리에칠렌 용기에 담아 -20°C에서 보관한 후 실험에 사용하였다.

중금속의 분석

Hg 정량은 100mg을 가열기화금아말감법¹⁰⁾에 의하여 Rigaku analyzer (Model sp, Rigaku Co., Japan)를 사용하여 Table 2와 같은 조건으로 정량하였다.

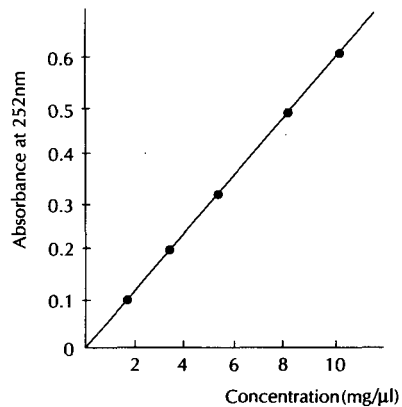


Fig. 2. As standard curve.

Table 3. The operating condition of ICPS

Classification	Condition
Wave length spectra (Å)	Pb : 2203.53 Cd : 2144.38 Cu : 3247.54 Mn: 2576.10 Zn : 2576.10
Gas pressure line gauge (kpa)	400
coolant gauge	200
sample gauge	280
Pump speed (RPM)	800
Neubulizer gas pressure (Kpa)	280
carrier gas flow rate (1/min)	0.85
pump gas (1/min)	1.8
Intergation period (sec)	5

As 정량은 일본위생시험법의 건식회화법¹¹⁻¹³⁾에 의해 조제한 검액을 gas 발생병에 넣어 silver diethyl dithio carbamate법에 따라 포집발색 시켜 UV-VIS spectrophotometer로 525nm에서 흡광도로 측정 한후 Fig. 2와 같은 검량선에 의해 As 함량을 계산하였다.

기타 Cd, Pd, Cu, Mn, Zn의 정량은 일본위생시험법 습식회화법¹¹⁻¹³⁾에 의해 검액을 조제하여 Inductively Coupled Plasma spectrometer (ICPS, Model 710, Labest Equipment Co., Australia)로 Table 3와 같은 조건으로 측정하였다.

결과 및 고찰

Table 4와 Fig. 3~5에서 보는 바와 같이 Hg, As, Pb는 영원저수지(B)에서 각각 0.0407ppm, 0.0018ppm, 0.6593 ppm으로 가장 높았고, Cd는 옥구저수지(A)에서 0.1935ppm, Cu, Zn은 탐천강(F)에서 0.3792ppm, 48.1620ppm, Mn은 동림저수지(C)에서 6.9335ppm으로 가장 높았다. Hg, Cu의 함량은 동림저수지(C)에서 0.0167ppm, 0.1094 ppm으로 가장 낮았고, As는 만경강(E)에서 0.0012ppm으로 검출되었으나 다른 지역에서는 검출되지 않았다. Cd은 만경강(E)에서 0.1256ppm, Cu 은 동림저수지에서 0.1094ppm, Pb은 탐천강에서 0.3536ppm, Mn은 만경강에서 2.9059ppm, Zn은 동진강에서 14.3096ppm으로 가장 낮았다.

연구조사결과 붕어의 수은 함량은 0.0167~0.0407 ppm으로 FAO¹⁴⁾에서 발간된 외국의 어패류와 수산제품의 규제치를 보면 수은은 호주 0.5~1.0ppm, 캐나다, 뉴질랜드, 스위스 등이 0.5ppm 이하, 서독, 미국 1.0ppm 이하, 이탈리아 0.7ppm 이하, 일본 0.4ppm 이하, 스웨덴 2.0ppm 이하로 붕어의 수은 함량과 비교해 보면 규제치에 미치지 못했음을 알 수 있다.

붕어의 카드뮴은 0.1256~0.1935ppm으로 외국의 규

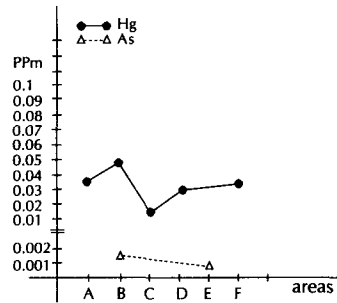


Fig. 3. Contents of Hg and As.

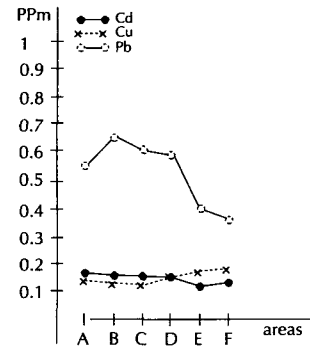


Fig. 4. Contents of Cd, Pb and Cu.

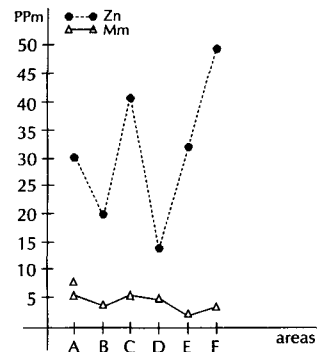


Fig. 5. Contents of Mn and Zn.

Table 4. Contents of heavy metal of *Carassius auratus* in the other areas

(unit : ppm)

	Okgu R*[A]	Youngwon R*[B]	Donglim R*[C]	Dongjin R#[D]	Mankyong R#[E]	Tapcheon R#[F]
Hg	0.0394±0.011	0.0407±0.022	0.0167±0.0030	0.0347±0.010	0.0321±0.003	0.0343±0.00
As	N.D.	0.0018±0.003	N.D.	N.D.	0.0012±0.006	N.D.
Cd	0.1935±0.021	0.1510±0.009	0.1407±0.010	0.1488±0.025	0.1256±0.013	0.1738±0.0176
Pb	0.5496±0.098	0.6593±0.049	0.6011±0.0101	0.5584±0.011	0.3910±0.033	0.3536±0.130
Cu	0.1833±0.012	0.1748±0.038	0.1094±0.006	0.1492±0.053	0.2463±0.024	0.3792±0.043
Mn	5.5341±0.269	4.1116±0.449	6.9335±0.918	5.0367±0.315	2.9059±0.093	3.9150±0.3529
Zn	30.989 ±1.172	18.551 ±0.748	42.942 ±4.061	14.306 ±2.185	33.683 ±7.247	48.162 ±6.112

*R : reservoir, # : river, ± : standard error, N.D. : non detected

Table 5. The maximum levels of heavy metal contaminants by food intake*

Contaminants	Maximum level (unit : mg/kg week)
Hg	0.005
As	0.014
Pb	0.05
Cd	0.0067~0.0083
Cu	0.35~3.5
Zn	2.1~7.0

*The joint FAO/WHO codex alimentarius commission

제치¹⁴⁾에는 네덜란드 0.05ppm, 서독 0.5ppm, 일본이 0.05~3.66ppm으로 본 조사결과와 비교해 볼때 그다지 오염되지 않았으며 Pb 외국의 규제치¹⁴⁾는 0.5ppm 이하에서 10ppm 이하이나 우리나라 수산 식품의 Pb 규제치는 10ppm 이하로 서해안 지역지역의 붕어는 0.3536~0.6593ppm으로 허용치 이하임을 알수 있다.

Cu는 호주가 10ppm, 캐나다 50ppm, 영국 20ppm으로 규제하고 있는데 수산진흥원¹⁵⁾이 조사 보고한 바에 의하면 0.25~10.25ppm과 비교할때 본 조사는 0.1094~0.3792ppm으로 별 문제가 되지 않는다.

Zn의 함량은 14.3060~48.1620ppm으로 어류에 대한 외국의 규제치¹⁴⁾는 뉴질랜드 40ppm, 영국 50ppm으로 뉴질랜드 규제치보다 Zn 함량이 높아 문제가 발생할 수 있다고 생각 할수 있다.

FAO/WHO에서 중금속 최대섭취허용량¹⁶⁾은 Table 5와 같이 Hg는 0.005mg/kg, As는 0.014mg/kg, Pb는 0.05mg/kg, Cd는 0.0067~0.0083mg/kg, Cu는 0.35~3.5mg/kg, Zn은 2.1~7mg/kg이므로 주당 체중 1kg에 대해 표준 성인남자(63kg)의 경우에는 Hg이 0.315mg/kg, As는 0.882mg/kg, Pb는 3.15mg/kg, Cd는 0.0083mg/kg, Cu는 22.05~220.5mg/kg, Zn은 132.3~441mg/kg이 최대 허용량이 되는데 붕어만을 놓고 생각할 때에는 1일 300g씩 1주일 섭취한다하여도 Hg 섭취 총량은 0.0855mg, As는 0.0039mg, Cd는 0.4064 mg, Pb는 1.4601mg, Cu는 0.7963mg, Zn은 101.391 mg이 되므로 아직은 안전하다고 볼수 있겠지만 FAO /WHO 기준은 섭취하는 식품 전체를 통한 최대 허용량이기애 다른 식품과 연관시켜 고려되어야 할 문제라고 생각한다.

요 약

본 연구는 전라북도내 서해안 농촌지역 저수지나 강에서 서식하는 붕어의 중금속 함량을 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다. 1. Hg, Cu의 함량은 동림저수지에

서 0.0167ppm, 0.1094ppm으로 가장 낮았고 As의 함량은 지산저수지에서 0.0018ppm, 만경강에서 0.0012ppm으로 검출되었으나 다른 지역에서는 검출되지 않았다. Pb은 탐천강에서 0.3536ppm, Cd은 동림저수지에서 0.1094ppm, Mn은 만경강에서 2.9059ppm, Zn은 동진강에서 14.3096ppm으로 가장 낮았다. 2. Hg, Pb의 함량은 지산저수지에서 0.0407ppm, 0.6593ppm으로 가장 높았고 Cd은 옥구 저수지에서 0.1935ppm, Cu는 탐천강에서 0.3792ppm, Mn은 동림저수지에서 6.9335ppm, Zn은 탐천강에서 48.1615ppm으로 가장 높았다. 3. FAO/WHO의 최대허용량과 비교할때 모두가 훨씬 낮았지만 그 안전성 여부는 다른 식품과 연관시켜 판단되어야 할 문제라고 생각된다. 4. 중금속 함량 측정을 주로 서해안 지역에 위치하고 있는 담수어중 가장 많은 붕어만을 채취하여 측정 하였는데 앞으로는 여러 종류의 담수어와 더불어 계절별로 또 전라남북도 지방과 함께 계속 연구를 하고자 한다.

문 헌

1. 양승택, 이용호 : 담수어의 정미성분에 관한 연구(붕어의 정미성분). 한국수산학회지, 17(3), 170(1984)
2. 성낙주, 심기환 : 담수어의 식물학적 연구(붕어, 메기, 가물치 및 미꾸리의 맛 성분). 한국영양학회지, 14(2), 80(1981)
3. 최진호, 임재환, 최영준, 김정욱, 오성기 : 붕어 및 가물치의 단백질 및 아미노산 조성. 한국수산학회지, 19(4), 333(1984)
4. 노재일, 최진호, 변재형, 최경주 : 담수어의 지질에 관한 연구(붕어의 부위별 지질 성분의 조성 분포). 한국수산학회지, 17(4), 333(1984)
5. 김영식, 황영식, 이길철, 김종택, 김수열 : 한국연안 어패류중 중금속 함유도에 관한 연구. 국립보건원보, 14, 289(1977)
6. 임정순 : 금강유역의 담수어중 중금속 함량조사 연구. 고려대학교 대학원 석사 논문(1980)
7. 이정자 : 담수어류중의 중금속 함량조사(낙동강 서식어류를 중심으로). 서울대학교 보건대학원 석사논문(1981)
8. 정해윤 : 한강유역의 담수어중 총수은 함량에 관한 연구. 중앙대학교 약학대 석사논문(1981)
9. 김재봉, 김동한, 배정오, 오재기, 강덕희 : 담수어의 분포 및 중금속 함량에 관한 조사연구(울산 태화강을 중심으로). 국립환경연구소보, 5(5), 261(1983)
10. Rigaku Industrial Cooperation : Rigaku Mercury Analyzer Sp, Technical Report(1979)
11. 日本藥學會編 : 衛生試驗法 註解. 金原出版社, 東京, p.319(1980)
12. 보건사회부 : 식품공전, p.391(1988)
13. AOAC : Official method of analysis, 13th, Washington, D. C., p.386(1980)

14. FAO : *Compilation of lethal limits for hazardous substances on fish and fishery product*. FAO, Rome (1983)
15. 국립수산진흥원 : 한국연안 어장보전을 위한 환경오염조사연구 사업보고. 제8호, p.540 (1983)
16. FAO : *List of maximum levels recommended for contaminants by the joint FAO/WHO codex alimentarius commission*, Rome (1976)

(1993년 2월 18일 접수)