

전북지역 강과 저수지에 서식하는 붕어의 중금속 함량에 관하여

김인숙[†] · 한성희

원광대학교 식품영양학과

A Study on the Contents of Heavy Metals in *Carassius auratus* of River and Reservoir on Cheonbuk Area

In-Sook Kim[†] and Sung-Hee Han

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

Abstract

This study was performed to investigate the contamination levels of harmful heavy metals were sampled from Aug. 1 to Aug. 31, 1997, at 9 areas in Cheonbuk area. The heavy metal contents were determined by ICPS(Inductively Coupled Plasma Spectrometer) method. The levels of total lead, cadmium, aluminum, iron and copper were determined and the results were summarized as follows: The minimum and maximum values(ppm) of 9 areas of *Carassius auratus* were Pb: 2.03~6.19, Cd: 0.06~0.76, Al: 8.84~23.5, Zn: 10.68~48.71, Cu: 0.60~1.51ppm. Among the five heavy metals contents, the highest was zinc and the lowest was cadmium. The results showed that the contents of Pb, Cd, Al, Zn and Cu in *Carassius auratus* were lower than the FAO/WHO maximum allowance.

Key words: heavy metal, *Carassius auratus*, river, reservoir, Jeonbuk area

서 론

우리나라는 70년대 이후 급속한 산업 발전에 따른 공장폐수의 유출, 도시 인구의 집중화 현상으로 인한 생활 하수의 다량 방출, 산업폐기물 및 각종 오염물질, 농경지의 과도한 농약사용 등으로 인하여 농토, 하천 및 연안해역의 환경오염이 날로 심각해지고 있는 실정으로 특히 사람이 상용하는 식품의 오염은 국민건강에 심각한 영향을 미치고 있다. 이러한 환경오염의 주요 원인 가운데 중금속은 인류가 금속을 이용하기 시작하면서부터 인체의 위해 인자로 대두되었는데, 미량으로 인체에 필수 불가결한 금속(Fe, Zn, Cu, Co 등)과 인체에 치명적인 영향을 미치는 금속(As, Cd, Hg, Pb)으로 분류할 수 있다. 그 가운데 Cd, Hg, Pb, As 등은 생물체 본래의 구성성분이 아닌 동식물의 생육과정이나 식품의 생육과정, 식품의 가공 제조 중에 외부에서 오염되어 들어가는 이른바 환경 오염성 식중독(1)으로 다른 화학물에 비해 낮은 농도로도 독성이 매우 커서 미량 섭취시에 체중 감소, 단백뇨, 위장 장애, 고혈압, 심혈관 장애, 골연화증, 중추신경계 등의 중독증상을 일으키며

(2,3) 특히 Pb, Cd 등은 식물성보다는 동물성 식품에 함량이 높아 이러한 금속으로 오염된 물에서 자란 수산 어패류의 오염도 역시 매우 심각한 문제로(4,5) 그곳에서 생산된 수산물에 중금속이 축적되어 수산식품의 안전성에 대한 사회적인 관심의 증가와 더불어 이에 대한 국가적인 차원에서 대책이 절실하다고 본다. 지금까지 국내에서의 중금속에 관한 연구로는 Ko 등(6), Won(7), Kim 등(8)과 Lee 등(9), Han(10)이 중금속의 잔류 금속에 관한 것과 국립보건의원에서 어류 중 미량 금속 함량에 관한 보고(11-14)가 있으나 담수어에 관한 보고는 그리 많지 않은 실정이며 조사 대상, 지역, 및 표본상의 많은 차이점이 있어 매년 오염도가 조금씩 증가되고 있다. 따라서 본 연구는 지역사회사업의 일환으로 호남의 곡창지대인 전북에도 공업단지가 형성되면서 일부 강과 저수지에서의 오염현황이 높아지고 있다고 사료되어 탐천강, 만경강, 동진강, 금강, 고창, 정읍, 여산, 군산 저수지등에서 가장 많이 서식하고 있는 담수어 중 붕어를 가지고 뼈, 근육, 어피로 분류하여 납, 카드뮴, 알루미늄 등의 중금속 및 구리, 아연 등의 미량원소를 측정하므로써 서해안 지역의 오염 현황에 대한 분석 조사

[†]To whom all correspondence should be addressed

를 실시하였기에 그 결과를 보고하는 바이다.

재료 및 방법

시료채취

1997년 8월 1일~30일에 걸쳐 군산, 여산, 정읍, 고창, 신림천저수지와 금강, 만경강, 동진강, 탐천강의 각 지역에서 10 ± 2 cm 정도 크기의 붕어를 10~15마리씩 직접 수거하였다.

시료의 전처리

수거된 어류는 증류수로 깨끗이 세척한 후 근육, 뼈, 어피로 분류 절취하여 냉동건조기에 24시간 동안 냉동 건조한 후 분말화하여 시료당 3회씩 Ganje 습식분해법(15)에 준하여 분석하였다. 즉 시료 1g을 정확히 취하여 $\text{HNO}_3 : \text{HClO}_4(2:1, v/v)$ 의 산분해용액 10ml를 가하여 hot plate에 $100 \pm 10^\circ\text{C}$ 에서 분해액이 미색으로 변하면 분해가 종료된 것으로 하였다. 방냉한 액을 50ml로 정용한 여과액을 ICPS(Inductively coupled plasma spectrometer. Liberty 110-barian)로 Pb, Cd, Al, Cu, Zn을 Table 1에서 보는 바와 같은 조건으로 측정하였다.

통계처리

본 실험에서 얻어진 모든 결과는 SAS Series package의 ANOVA, DMRT(16)로 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

강과 저수지에 서식하는 붕어의 부위별 중금속 함량은 Table 2~6과 보는 것과 같다.

납의 급성 독성은 비교적 약한 편으로 치사량의 가용성 염인 경우 10~15g으로 축적 독성이 있기 때문에 미량으로 장기간 섭취하면 만성독성을 일으키는 금속이나(17) 수산물을 매개체로 이행된다는 증거는 아직 보고되지 않았다(18).

Table 1. The operating condition of ICPS

Classification	Condition
Plasma	15.0m/min
Auxiliary	1.50l/min
Pump speed	25.0rpm
Carrier gas flow	75psi
Nebulizer	250kpa
Intergration time	3 sec
Cooling water flow	2kgF/cm ²

Table 2에서 보는 바와 같이 저수지와 강유역에서 각각 검출된 납의 평균 함량을 보면 저수지는 3.18~6.19ppm, 강은 2.03~8.55ppm으로 동진강 유역이 평균 2.03ppm으로 가장 낮고, 금강 유역이 8.55ppm으로 가장 높게 나타났으며 각 지역간의 유의성이 인정되었다. 부위별 함량에서 각각 가장 높은 유역과 낮은 유역을 보면 근육은 금강유역이 19.07ppm, 군산저수지 유역이 1.30ppm, 뼈는 고창저수지 유역이 4.88ppm, 동진강 유역이 0.93ppm, 어피는 군산저수지 유역이 6.76ppm, 동진강 유역이 1.16ppm으로 나타났다. 외국의 납 규제치는(19,20) 0.5~10ppm 이하, 서독은 가식부위의 담수어 납의 최대 허용치는 0.5ppm, 우리나라 수산식품의 납 규제치는 10ppm 이하로(21), Kim 등(22)의 90년 서해안 지역 납 함량은 0.39~0.66ppm으로 본 실험결과와 비교시 매우 크게 증가하여 오염도가 높아졌음을 알 수 있으나 외국과 우리나라인 10ppm의 규제치와 비교해 볼 때 허용치 이하를 나타냈다.

카드뮴은 유해금속 중에서 수은과 함께 독성이 가장 높은 것으로 구토, 두통, 발열, 호흡곤란, 폐기종, 신장의 세뇨관 장애 등의 중독 증상이 있고 장기간 섭취시에는 신장과 뼈에 손상을 일으킨다고 알려졌다(23,24). Table 3에서 보는 바와 같이 평균 카드뮴 함량에서 저수지 유역은 0.20~0.76ppm으로 군산 저수지 유역이 가장 높고 정읍저수지 유역이 가장 낮았으며, 강지역은 0.06~0.28ppm으로 동진강 유역이 가장 낮고 금강 유역이 가장 높았으며 각 지역간의 유의성은 인정되지 않았다. 부위별 함량에서 각각 가장 높은 지역과 낮은 지역을 보면 근육은 군산저수지 유역이 0.57ppm, 동진강 유역이 0.04ppm, 뼈는 군산저수지 유역이 1.08ppm, 동진강 유역이 0.05ppm, 어피는 군산저수지 유역이 0.62ppm, 만경강이 0.06ppm으로 나타났다. 외국의 카드뮴 규제치(19,20)는 네덜란드가 0.05ppm 이하, 서독이 0.5ppm, 일본의 1980~1981년 비오염지역에서 0.05~3.66ppm, Park 등(25)은 0.007~1.174ppm, Kim 등(22)의 0.13~0.19ppm과 비교했을 때 각 지역간의 다소 차이는 있으나 본 연구의 평균 함량의 결과치가 더 높게 나타났다. 이는 과거에 비해 서해안 지역의 오염으로 카드뮴 함량이 증가 되고 있는 것으로 시기적으로 볼 때 이에 대한 대책이 절실히 필요하다고 사료된다.

알루미늄은 식품, 식수, 의약품을 통하여 장기간 섭취할 경우 신경계 장애와 관계가 깊은 알츠하이머병, 노인성 치매증 등의 뇌질환을 일으키는 금속으로 알려졌다(26-28).

Table 4에서 보는 바와 같이 강과 저수지 지역의 평균 알루미늄 함량은 저수지 유역이 7.22~23.57ppm, 강

Table 2. Contents of Pb heavy metal in *Carassius auratus* of river and reservoir on Cheonbuk area

(unit: ppm, wet basis)

Area\Part	Muscle	Bone	Skin	Mean
Kun-san reservoir	1.30±1.10 ^{1)ae2)}	4.59±3.39 ^{ab}	6.76±2.47 ^a	4.22±0.32 ^{ab}
Go-chang reservoir	6.18±0.68 ^c	4.88±1.08 ^a	3.37±0.99 ^{ab}	4.81±0.92 ^{ab}
Sinrimcheon reservoir	5.49±0.51 ^{cd}	2.38±1.29 ^{bc}	3.02±1.29 ^{ab}	3.63±1.03 ^b
Jong-eup reservoir	5.18±0.60 ^{cd}	2.69±0.15 ^{bc}	1.67±0.33 ^b	3.18±1.62 ^b
Yo-san reservoir	10.42±1.98 ^b	1.75±0.43 ^c	6.40±3.14 ^a	6.19±1.64 ^{ab}
Mankyeong river	3.17±2.39 ^d	3.64±1.25 ^{bc}	2.65±1.29 ^{ab}	3.15±0.64 ^b
Kum river	19.07±3.29 ^a	4.28±1.41 ^{ab}	2.30±1.54 ^{ab}	8.55±0.36 ^a
Dongjin river	3.99±0.72 ^{cd}	0.93±0.68 ^d	1.16±0.51 ^b	2.03±1.85 ^c
Tapcheon river	5.43±1.21 ^{cd}	3.42±0.27 ^b	2.49±1.25 ^{ab}	3.78±0.92 ^b

¹⁾Mean±S.D. of 3 experiments²⁾Means with the same lettered superscripts within a column are not significantly different at the 1% level by Duncan's multiple range test.Table 3. Contents of Cd heavy metal *Carassius auratus* of river and reservoir on Cheonbuk area

(unit: ppm, wet basis)

Area\Part	Muscle	Bone	Skin	Mean
Kun-san reservoir	0.57±0.12 ¹⁾	1.08±0.96 ^{a2)}	0.62±0.47	0.76±0.15
Go-chang reservoir	0.33±0.18	0.17±0.14 ^{ab}	0.36±0.37	0.28±0.16
Sinrimcheon reservoir	0.25±0.12	0.21±0.11 ^{ab}	0.38±0.49	0.28±0.14
Jong-eup reservoir	0.27±0.04	0.17±0.13 ^{ab}	0.17±0.12	0.20±0.15
Yo-san reservoir	0.53±0.19	0.31±0.18 ^{ab}	0.29±0.31	0.38±0.15
Mankyeong river	0.13±0.11	0.29±0.07 ^{ab}	0.06±0.05	0.16±0.04
Kum river	0.29±0.14	0.15±0.13 ^{ab}	0.39±0.39	0.28±0.09
Dongjin river	0.04±0.03	0.05±0.02 ^b	0.10±0.09	0.06±0.16
Tapcheon river	0.05±0.02	0.09±0.15 ^b	0.21±0.11	0.11±0.02

¹⁾²⁾Foot notes are same in Table 2.Table 4. Contents of aluminum heavy metal in *Carassius auratus* of river and reservoir on Cheonbuk area

(unit: ppm, wet basis)

Area\Part	Muscle	Bone	Skin	Mean
Kun-san reservoir	14.42±4.29 ^{1)a2)}	25.89±11.83 ^a	11.34±2.28 ^b	7.22±6.13 ^b
Go-chang reservoir	13.37±3.44 ^{ab}	28.75±6.39 ^a	28.59±4.66 ^a	23.57±4.83 ^a
Sinrimcheon reservoir	12.09±2.42 ^{ab}	15.16±3.49 ^{abc}	16.31±1.52 ^{ab}	14.52±2.07 ^{ab}
Jong-eup reservoir	10.83±2.71 ^{ab}	23.64±6.52 ^{ab}	12.99±5.08 ^b	15.82±4.77 ^{ab}
Yo-san reservoir	14.40±2.91 ^a	27.45±3.80 ^a	10.43±4.11 ^{bc}	7.43±3.60 ^b
Mankyeong river	9.49±3.71 ^b	7.78±1.97 ^c	17.29±3.48 ^{ab}	11.52±3.05 ^{ab}
Kum river	8.36±3.52 ^{bc}	9.45±2.71 ^{bc}	8.71±1.23 ^b	8.84±2.48 ^b
Dongjin river	8.99±2.95 ^{bc}	19.37±3.37 ^{abc}	11.66±1.67 ^b	13.34±2.66 ^{ab}
Tapcheon river	7.45±2.69 ^c	10.12±1.45 ^b	20.43±3.52 ^{ab}	12.67±2.21 ^{ab}

¹⁾²⁾Foot notes are same in Table 2.

유역은 8.84~13.34ppm으로 고창저수지가 제일 높고 군산저수지 유역이 제일 낮았다. 부위별 함량에서 각각 높은 지역과 낮은 지역을 보면 근육은 군산저수지 유역이 14.42ppm, 탐천강이 7.45ppm, 뼈는 고창저수지가 28.75ppm, 만경강이 7.78ppm, 어피는 고창저수지가 28.59ppm, 금강이 8.71ppm으로 나타났다. Vogt(29)의 강에서 서식하는 담수어의 알루미늄 함량이 0.3~178ppm 함유되어 만약 어류에 다량 함유되어 있을 경우 독성을 유발할 수 있다고 한다. 따라서 본 실험결과와 비교시 그

다지 높은 편은 아니나 현재까지 어패류의 알루미늄에 대한 규제치는 정하여져 있지 않기 때문에 이에 대한 규제치가 있어야 된다고 사료된다.

아연은 다른 미량 무기질에 비하여 비교적 독성이 적으나 1일 2g 이상 과잉섭취시 위장의 염증과 구토가 일어나고(30) 권장량의 20배 이상을 만성적으로 복용하는 경우 구리 및 철분의 영양상태를 저하시키며 면역능력을 손상시키고 HDL-cholesterol 저하 등을 유발(31)시킨다고 한다. Table 5에서 보는 바와 같이 평균

Table 5. Contents of Zinc heavy metal in *Carassius auratus* of river and reservoir on Cheonbuk area
(unit: ppm, wet basis)

Area\Part	Muscle	Bone	Skin	Mean
Kun-san reservoir	12.49 ± 0.98 ^{1) d2)}	13.44 ± 31.34 ^{bc}	14.11 ± 1.39 ^b	13.32 ± 1.24 ^{bc}
Go-chang reservoir	57.98 ± 6.97 ^b	20.33 ± 4.52 ^b	16.82 ± 1.18 ^{ab}	31.71 ± 4.23 ^{ab}
Sinrimcheon reservoir	11.88 ± 1.08 ^d	20.16 ± 4.17 ^b	17.39 ± 4.93 ^{ab}	16.48 ± 2.39 ^b
Jong-eup reservoir	39.13 ± 7.07 ^c	14.01 ± 1.00 ^{bc}	20.07 ± 4.46 ^b	24.40 ± 3.10 ^{ab}
Yo-san reservoir	85.67 ± 12.21 ^a	24.82 ± 2.68 ^b	18.43 ± 1.24 ^{ab}	42.97 ± 5.37 ^a
Mankyeong river	20.86 ± 5.17 ^{cd}	19.88 ± 4.64 ^{bc}	14.56 ± 1.41 ^b	18.44 ± 3.74 ^b
Kum river	16.27 ± 2.47 ^{cd}	25.34 ± 1.65 ^b	24.50 ± 3.23 ^b	22.04 ± 2.45 ^b
Dongjin river	6.80 ± 1.86 ^c	11.96 ± 1.81 ^c	16.28 ± 3.88 ^{ab}	10.68 ± 2.52 ^c
Tapcheon river	50.45 ± 1.66 ^b	47.47 ± 1.89 ^a	48.21 ± 2.54 ^a	48.71 ± 1.98 ^a

¹⁾²⁾Foot notes are same in Table 2.

Table 6. Contents of Cu heavy metal in *Carassius auratus* of river and reservoir on Cheonbuk area
(unit: ppm, wet basis)

Area\Part	Muscle	Bone	Skin	Mean
Kun-san reservoir	1.51 ± 0.19 ^{1) ab2)}	1.94 ± 0.86 ^{a*}	1.06 ± 0.27 ^{ab**}	1.51 ± 0.44 ^a
Go-chang reservoir	0.65 ± 0.26 ^{cd}	0.62 ± 0.37 ^b	0.93 ± 0.48 ^{ab}	0.73 ± 0.37 ^{ab}
Sinrimcheon reservoir	0.70 ± 0.26 ^{cd}	0.98 ± 0.38 ^{ab}	0.79 ± 0.45 ^b	0.82 ± 0.15 ^{ab}
Jong-eup reservoir	0.59 ± 0.06 ^c	0.53 ± 0.31 ^b	0.68 ± 0.30 ^b	0.60 ± 0.15 ^b
Yo-san reservoir	1.58 ± 0.28 ^a	1.06 ± 0.53 ^{ab}	0.79 ± 0.23 ^b	1.14 ± 0.42 ^{ab}
Mankyeong river	0.42 ± 0.18 ^d	0.98 ± 0.15 ^{ab}	0.81 ± 0.45 ^b	0.73 ± 0.21 ^{ab}
Kum river	1.35 ± 0.65 ^{abc}	0.78 ± 0.27 ^{ab}	1.47 ± 0.32 ^a	1.20 ± 0.29 ^{ab}
Dongjin river	0.76 ± 0.19 ^{bcd}	0.51 ± 0.31 ^b	0.67 ± 0.15 ^b	0.64 ± 0.35 ^b
Tapcheon river	0.94 ± 0.21 ^{bcd}	0.43 ± 0.11 ^b	0.84 ± 0.21 ^b	0.73 ± 0.12 ^{ab}

¹⁾²⁾Foot notes are same in Table 2.

아연 함량에서 저수지 유역은 13.32~42.97ppm으로 여산저수지 유역이 제일 높고, 군산저수지 유역이 제일 낮았으며, 강지역은 18.44~48.71ppm으로 만경강 유역이 제일 낮고 탐천강 유역이 제일 높았다. 부위별 함량에서 각각 가장 높은 지역과 가장 낮은 지역을 보면 근육은 여산저수지가 85.67ppm, 동진강이 6.80ppm, 뼈와 어피는 탐천강이 각각 47.47ppm, 48.21ppm이고 동진강이 11.96ppm, 군산저수지 유역이 14.11ppm으로 가장 낮게 나타났다. 어류에 대한 외국의 아연 규제치는(19,20) 뉴질랜드가 40ppm, 영국이 50ppm, 85~91년에 실시된 우리나라 연안 어류 중의 미량 무기질 함량의 연구결과(32-34)에서 조사된 어종의 86%가 10ppm 이하로 나타낸 것과 비교할 때 본 실험결과의 아연 함량은 매우 높은 수준을 보였으나 외국의 규제치 보다는 낮은 함량을 보인 반면 Kim 등(22)의 14.31~48.16ppm으로 보고한 것과 별다른 차이를 보이지는 않았다.

구리는 tyrosinase, catalase의 성분으로 세포 호흡에 영향을 미치는 미량 무기질(35)이나 동제련소, 도금공장, 안료공장, 광산폐수가 농수산물에 오염된 후 인체에 축적 독성을 가져와 간세포괴사, 간경변, 간의 색소 침착을 일으키는데 섭취량이 0.07mg/kg/day 이상이면 장관내에 영향을 준다(36,37). Table 6에서 보는 바와

같이 구리의 평균 함량에서 저수지 유역은 0.60~1.51 ppm으로 정읍저수지가 가장 낮고, 군산 저수지가 가장 높았으며 강유역은 0.64~1.20ppm으로 동진강이 가장 낮고 금강 유역이 가장 높았다 부위별 함량에서 각각 높은 지역과 낮은 지역의 함량을 보면 근육은 여산저수지가 1.58ppm, 만경강이 0.42ppm, 뼈는 군산유역이 1.94 ppm, 탐천강이 0.43ppm, 어피는 금강유역이 1.47ppm, 동진강이 0.67ppm으로 나타났다. 외국 규제치(20,21)는 오스트레일리아는 10ppm, 캐나다는 50ppm, 영국은 20 ppm, 뉴질랜드는 30ppm 이하로 비교적 기준치를 높게 잡고 있는데 이에 비해 본 연구의 결과치는 다른 나라 규제치에 비하여 매우 낮은 수준을 보였으나 85~91년 실시된 연안 어류 금속함량 결과에서(32-34) 조사된 어류중 구리의 함량 수준 85%가 1ppm 이하, Kim 등(22)의 90년에 조사된 구리의 평균함량은 0.11~0.38ppm이었으나 본 조사결과에서는 0.60~1.73ppm으로 증가하여 과거에 비해 구리의 축적이 진행된 것으로 보인다.

요 약

전북지역을 중심으로 저수지와 강의 9군데 유역에서 가장 많이 서식하고 있는 담수어 중 붕어를 채취하

여 Pb, Cd, Zn, Al, Cu의 함량을 측정된 결과 전지역에서 걸친 평균 함량은 각각 Pb: 2.03~6.19, Cd: 0.06~0.76, Al: 8.84~23.5, Zn: 10.68~48.71, Cu: 0.60~1.51 ppm으로 가장 높은 함량을 보인 금속은 Zn이고 가장 낮은 함량을 보인 금속은 Cd이다. 각각 가장 높은 유역과 가장 낮은 유역의 중금속 함량에서 Pb는 금강 유역이 8.55ppm, 동진강이 2.03ppm, Cd는 군산저수지가 0.76 ppm, 동진강이 0.06ppm, Al은 군산저수지가 23.57ppm, 7.22ppm, Zn은 탐천강이 48.71ppm, 동진강이 10.68ppm, Cu는 군산저수지가 1.51ppm, 신림천저수지가 0.60ppm으로 나타났다. 그러나 FAO/WHO의 최대 허용량과 비교시 다소 낮았지만 안전성 여부와 90년도에 비하여 오염도가 매우 증가하였음을 알 수 있어 이에 대한 대책이 필요하다고 본다.

감사의 글

이 논문은 1998년도 원광대학교의 교비지원에 의해서 수행되었으므로 이에 감사드립니다.

문헌

- Klein, M., Naver, R., Harpur, E. and Corbin, R. : Earthen ware containers as a sources of fatal lead poisoning. *New Eng. J. Med.*, **283**, 669(1970)
- Edward, J. C. : *Nutrition and environmental health mineral and macro-nutrients*. John Wiley and Sons, New York, Vol. 12, p.61(1981)
- Venugopal, B. and Luckey, T. D. : *Metal toxicity in mammals*. Plenum Press, New York, Vol. 2, p.66(1978)
- Kim, S. K. and Lee, J. W. : The study on the sea food pollution according of environment pollution of the western coast in Korea. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **26**, 851(1997)
- Villarreal-Trevino, C. M. : Bioaccumulation of lead, copper and zinc by fish in the satana catarina river. *Bul. Environ. Contam.*, **37**, 78(1986)
- Ko, I. S., Ro, C. B. and Song, C. : Investigation on harmful trace elements in food. *Report of NIH Korea*, **10**, 437(1973)
- Won, J. H. : A study on the Hg, Cd, Cu and Pb contents of fish in Korean coastal water. *J. Korea Fish Soc.*, **6**, 1(1973)
- Kim, C. M., Sheo, H. J. and Hong, S. S. : A study on the contents of heavy metal in freshwater fishes of Yeong sun river. *J. Korea Soc. Food Nutr.*, **26**, 615(1991)
- Lee, J. K. and Lee, T. S. : Study on trace elements on rice department of hygiene. *Report of NIH Korea*, **16**, 435(1979)
- Han, S. H. : Syudy on the Cd and Pb contents in shell fish. *Report NIH, Seoul Korea*, **15**, 59(1979)
- Baik, D. W. and Kim, O. H. : Study on the contents of trace elements in shellfish. *Report of NIH Korea*, **22**, 471(1985)
- Baik, D. W. and Kim, O. H. : Study on the contents of trace elements in foods. *Report of NIH Korea*, **23**, 589(1986)
- Chang, K. W. and Kim, O. H. : Study on the contents of trace elements in food. *Report of NIH Korea*, **24**, 733(1987)
- Chang, K. W. and Kim, O. H. : Study on the contents of trace elements in food. *Report of NIH Korea*, **25**, 551(1988)
- Ganje, J. J. and Page, A. L. : Rapid acid dissolution of plant tissue for cadmium determination by atomic absorption spectrophotometry. *At. Absorpt, Newsl*, **131**, 108(1976)
- SAS : *SAS Series package*. SAS Institute Inc. Cary, Nc(1987)
- 日本藥學會篇 : 衛生試驗法註解. 金元出版社, 東京, p.23(1983)
- Reilly, C. : *Metal contamination of food*. Applied science publishers, London, p.116(1980)
- FAO : *Compilation of legal limits for hazardous substance in fish and fishery product*. FAO, Rome(1983)
- WHO : *Environmental health criteria*. No. 1, Mercury, Geneva(1976)
- Ministry of health and welfare : *Food Law*. Korea Food Inc., p.32(1997)
- Kim, I. S., Han, S. H. and Ou, S. K. : A study on the heavy metal contents in carassus auratus of Jeonlabuk-do area. *J. Korean Soc. Food Nutr.*, **22**, 484(1993)
- Edward, J. C. : *Nutrition and environmental health mineral and macro-nutrients*. John Wiley and Sons, New York, Vol. 2, p.90(1981)
- Kim, K. N. and Park, Y. J. : *Vitamin and mineral*. Hang Moon press, p.554(1985)
- Park, J. H. and Hea, N. C. : A study on the contents of heavy metal fresh water west Korean coastal waters. *Report of NEIH Korea*, **4**, 30(1992)
- Pennington, J. A. T., Jones, J. W. and Vanderveen, J. E. : Aluminum in total diet study foods and diets. *Fed Proc.*, **46**, 1002(1987)
- Klein, G. L. : Nutritional aspects of aluminum toxicity. *Nutrition Reserach Review*, **3**, 117(1980)
- Crapper, D. R., Krishnan, S. S. and Dalton, A. J. : Brain aluminum distribution in Alzheimer's disease and experimental neurofibrillary degeneration. *Science*, **180**, 511(1973)
- Vogt, T. : *Sosiale of koumiske stydier*. Statistis sentralbyra, Oslo-Kougsivinger, p.61(1986)
- Food and Nutrition Board : *Recommended dietary allowances*. 10th ed., National Academy Press, Washington, D.C.(1989)
- Chandra, R. K. : Excessive intake of zinc impairs immune response. *J. Am. Med. Assoc.*, **2**, 1443(1984)
- Chang, K. W. and Kim, O. H. : Study on the contents of trace elements in food(On the trace elements contents of fish in Korean coastal waters). Report of NIH Korea, **24**, 24(1987)
- Kwon, W. C. and Kim, O. H. : Study on the contents of trace elements in food(On the trace elements con-

- tents of fish in Korean coastal waters). *Report of NIH Korea*, **25**, 25(1988)
34. Kwon, W. C. and Kim, O. H. : Study on the contents of trace elements in food(On the trace elements contents of fish in korean coastal waters). *Report of NIH Korea*, **26**, 26(1989)
35. Joint FAO/WHO Ewpert Committee on Food Additives : Toxicological evaluation of some extraction solvents and creation other substances. FAO/WHO, **48**, 32(1970)
36. Linder, M. C. : *The biochemistry of copper*. Plenum Press, New York(1990)
37. Turnlund, J. R. : Copper. In "*Modern nutrition in health and disease*" Shils, M. E.(ed.), Lea and Febiger, p.231 (1994)

(1998년 9월 8일 접수)