

## 전라남도 광산 주변에서 수확한 농산물 중의 중금속 및 미량금속 함량 조사

- 영암, 보성, 곡성, 여천군을 중심으로 -

박 정 숙<sup>†</sup> · 이 미 경\*

광주여자대학교 식품조리과학과, \*광주보건대학 식품영양과

## A Study on Contents of Heavy and Trace Metal of the Agricultural Products around Mines Located in Chollanam-Do

- With Yeongam, Boseong, Gokseong, Yecheon Gun in the Center -

Jung-Suk Park<sup>†</sup> and Mi-Kyung Lee\*

Department of Food and Cooking Science, Kwang-Ju Womens University, Kwang-Ju 506-713, Korea

\*Department of Food and Nutrition, Kwang-Ju Health College, Kwang-Ju 506-306, Korea

### Abstract

To know a degree of pollution in agricultural products cultivated around 4 unworked mines located in Chollanam-Do, we investigated a concentration of heavy metal and trace metal to provide the basic data for its residual limits. 28 samples of seven kinds of agricultural products(lettuce, onion, potato, radish, pepper, pumpkin, bean) collected from 4 unworked mines located in Chollanam-Do in 2001 were analyzed by Mercury Analyzer for mercury and Atomic Absorption spectrophotometer for Pb, As, Cd, Cu, Mn, and Zn.

Hg contents were detected N.D.~trace level(0.01 ppm and less) and As content were detected N.D.~0.029 ppm but most of samples were not detected. Cd contents were detected N.D~0.124 ppm. The results of Hg, As, Pb and Cd content showed that for all the 7 species of agricultural products studied, none have accumulated levels dangerous enough to pose health problems. The average contents of Cu were 3.070~7.825 ppm in bean, the Mn were 3.688~23.935 ppm in lettuce and the Zn were 5.690~21.171 ppm in bean, respectively.

Key words : mines located, agricultural products, heavy metal, trace metal.

### 서 론

급속도로 발전되는 산업화와 인구증가 등 여러 요인으로 유해 중금속 같은 물질에 의해 인류의 의·식·주에 이용되는 재료를 공급하는 토양이 오염되며 오염된 토양에서 생산된 농산물을 섭취함으로써 인간의 건강을 해치게 된다.<sup>1)</sup> 이러한 중금속에 의한 환경 오염은 환경보호상 매우 중요한 비중을 차지하고 있

으며 이들 중금속에 의한 만성질환이나 독성이 크게 문제시되고 있는 실정이다. 특히 문제시되는 Cd, Pb, Fe, Zn, Mn, As 등이 오염으로 인하여 토양 중이 어느 한계 이상 높아지면 토양이 이화학적 성질을 악화시켜 작물의 생장저해를 초래하여 결국은 먹이사슬을 통해 이를 섭취하는 인간에게 중독을 일으키게 된다.<sup>2)</sup>

미량금속은 최근 환경오염원 인자로 대두되고 있고 인간에게 이행되었을 때 자연적 혹은 인위적으로

<sup>†</sup> Corresponding author : Jung-Suk Park

쉽게 분해되거나 제거되지 않고 축적이 되며, 저농도 일지라도 식품에 유입되었을 때 심각한 건강상의 위해를 끼칠 우려가 있어 세계적으로 농산물 등에 함유되어 있는 양의 측정과 인체에 미치는 독성에 관한 연구들이 이루어져 왔다.<sup>3,4)</sup>

특히 토양의 오염원으로 작용하여 농작물과 생태계에 직접적인 영향을 미칠 수 있어 심각한 사회·환경 문제로 대두되고 있다. 더욱이 관리자가 없는 폐광산에서 근원이 된 공해물질은 방치되기 때문에 확산되어갈 우려가 있다.<sup>5,6)</sup>

이러한 광산은 주로 금, 은, 구리 등을 채취하였으며 금·은 광산의 주요 구성 광물합금은 황화광으로서 황철광(Pyrite)이며, 소량의 유비철광(Arsenopyrite)이 수반되고 있으며, 미량의 황동광(Chalcopyrite), 방연광(Gelena), 섬아연광(Sphalerite) 등이 발생한다.<sup>7)</sup> 특히 황화물을 포함하는 광산폐기물은 광산 산성폐수를 형성할 수 있는 잠재력을 가지고 있다. 황화물이 산소에 노출되면 산화작용에 의해 주변 자연수 pH를 낮추게 되며 따라서 주변 환경 및 접촉하는 물질에 따라서 중금속이 용출되게 된다.<sup>1)</sup>

따라서 본 연구에서는 금속광산 지역에 대한 오염물질 상태와 갭내수가 정확되지 않은 상태로 농경지

에 유입되는 문제 등을 고려하여 광산지역 주변의 경작지에서 농산물을 수집하여 중금속 및 미량금속 함량을 조사하여 그 실태를 파악하고 오염 방지 및 사후관리 대책 수립에 필요한 기초 자료를 제공하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 재 료

2001년 3~10월까지 전남 도내 4개 시·군에 소재한 광산지역 주변에서 생산된 농산물 즉, 상치, 양파, 감자, 무, 고추, 호박, 콩 등 총 7종 28 품목을 시료로 하였다.

### 2. 실험방법

#### 1) 시료의 전처리

구입한 시료 농산물은 흙 등 이물질을 제거하고 가식부를 취하여 blender로 균일하게 마쇄하여 시료로 사용하였다.

#### 2) Hg의 분석

Mercury Analyzer(Nippon Instrument, Japan)를 이용하여 가열기화 금아말감법(Combustion Gold Amalgamation Method)으로 Table 1의 조건에 따라 실험하였다.<sup>8)</sup>

#### 3. As, Pb, Cd, Mn, Cu, Zn의 분석

##### 1) 시험용액의 조제

식품공전 유해금속 시험법 중 건식회화법<sup>9)</sup>에 준하여 시험하였다. 즉 시료 일정량을 도가니에 정밀히 취해 건조하여 회화시킨 다음 450~550℃에서 회화하여 회분을 물로 적시고 HCl 2~4 mL를 가하여 수용상에서 건조한 다음 1 N HCl 20 mL를 가하여 녹이고 유리

**Table 1. The operating conditions of mercury analyzer**

Sample classification	Standard solution (1 µg/mL)	Analyzing sample
Sample amount	20, 40, 60, 80 µl	50 200 mg
Heating condition mode		
Selector	high	low
Pannel time 1st step	1 min.	4 min.
2nd step	3 min.	6 min.
Additive	unnecessary	M* + S + M + B + M
Measuring range	100 ng, 200 mV	
Washing liquid	Distilled deionized water	
Gas flow rate - combustion	0.5	
(ℓ/min.) - carrier	0.4	

\* M : sodium carbonate anhydrous : calcium hydroxide = 1 : 1 (W/W).

S : sample.

B : aluminium oxide.

M, B : Additive should be used after heating treatment at 800 °C for 2hrs.

**Table 2. Operating conditions of atomic absorption spectrophotometer**

Element	Condition				
	Pb	Cd	Mn	Zn	Cu
Wavelength	220.35	228.80	324.75	257.61	213.86
Lamp current(mA)	120.0	2000.0	5000.0	10000	3000.0
Slit width(nm)	0.1				
Fuel	Acetylene				
Support	Air				

**Table 3. Characteristic of sampling site**

Mine	Mine name	Location	Mine metal
A	Eunjeok mine	Yeongam gun	gold, silver, copper
B	Myeongbong mine	Boseong gun	gold, silver
C	Gokseong	Gokseong gun	gold
D	Dolsan mine	Yeocheon gun	gold, silver, copper

여과기로 여과한 다음 시험용액으로 하였다.<sup>9,10)</sup> 공시험액도 시료를 제외한 전과정을 동일하게 처리하였다.

### 2) Pb, Cd, Mn, Zn, Cu 분석

각 시료의 시험용액과 공시험용액을 Atomic Absorption Spectrophotometer(Spectr AA 300, U.S.A)를 이용하여 Table 2의 조건에 따라 각 측정 대상 금속에 대한 표준용액의 검량선을 구하고 각 시험용액의 증감속 함량을 3회 반복 실험하여 평균값을 구하였다.

### 3) As 분석

시료용액 및 공시험용액을 SpectrAA-300A에 부착되어 있는 VGA-76(Vapor Generation Accessory)을 사용하여 농도를 측정하였다. 즉, 시험용액과 동일하게 처리된 표준용액을 이용하여 환원제로 0.6% sodium borohydride : sodium hydroxide (6 : 4) 500 mL를, 산화제로 5 M-hydrochloric acid 500 mL를 사용하여 검량선을 작성하고 시험용액에 대하여 비소의 함량을 구하였다.<sup>11)</sup>

## 결과 및 고찰

전라남도내에 소재한 4개 폐광산 지역주변에서 재배하고 있는 7종의 농산물(상치, 양파, 감자, 무, 고추, 호박, 콩) 총 28건을 대상으로 증감속 및 미량금속 함량을 측정된 결과는 Table 4, 5와 같다.

### 1. Hg 함량 수준

전라남도내에 소재한 4개 광산주변 경작지에서 채취한 7종의 농산물(상치, 양파, 무, 고추, 호박, 콩) 28건을 대상으로 수은을 분석한 결과 시료별로는 상치, 무의 경우 4건 중 3건의 수은 함량이 미량 검출되어 자연 함유량의 수준으로 판단된다. Ym 등<sup>12)</sup>은 제주도산 농산물을 대상으로 수은을 분석한 결과, 거의 모든 검체에서 불검출이었으며 일부 두류에서 최고 0.04 ppm이 검출되었다고 보고하여 본 실험 결과와 유사하거나 다소 낮음을 알 수 있었다. 또한 일본의 경우,<sup>13)</sup> 곡류에서 0.003~0.1 ppm, 서류에서 0.001~0.2 ppm, 채

소류에서 0.001~0.9 ppm, 과일류에서 0.002~0.014 ppm으로 보고하여 국내 광산 주변의 농산물보다 높은 값을 보였다. 국내 식품공전에서는 농산물에 대한 수은 함유량이 설정되어 있지 않은 상태이며, 콩나물의 경우 0.1 ppm, 해산어패류의 경우 0.5 ppm으로 규정하고 있으며, 미국에서는 1일 총섭취량을 20 µg/day, 일본의 경우 40~80 µg/day로 규정하고 있는 실정이다.<sup>9)</sup>

### 2. As 함량 수준

Table 4에서 비소의 경우 시료 중 8건에서 0.012~

**Table 4. Heavy metal contents of agricultural products around mine area**

Mine region	Agricultural product	Heavy metals (ppm)			
		Hg	As	Pb	Cd
A	Lettuce	trace	trace	trace	0.014
	Onion	N.D.	trace	N.D.	0.028
	Potato	N.D.	0.015	N.D.	0.084
	Radish	trace	0.017	0.075	0.062
	Pepper	N.D.	trace	0.027	0.046
	Pumpkin	N.D.	N.D.	trace	0.016
	Bean	N.D.	N.D.	N.D.	trace
B	Lettuce	trace	0.014	N.D.	0.028
	Onion	trace	N.D.	N.D.	0.046
	Potato	N.D.	trace	trace	trace
	Radish	N.D.	0.023	0.114	0.088
	Pepper	N.D.	trace	N.D.	trace
	Pumpkin	N.D.	N.D.	0.102	N.D.
	Bean	N.D.	trace	N.D.	0.042
C	Lettuce	trace	trace	N.D.	0.034
	Onion	N.D.	trace	N.D.	0.032
	Potato	N.D.	0.012	trace	0.106
	Radish	trace	0.029	N.D.	0.074
	Pepper	N.D.	trace	0.076	N.D.
	Pumpkin	N.D.	N.D.	0.102	0.098
	Bean	N.D.	N.D.	0.084	0.019
D	Lettuce	N.D.	N.D.	0.011	0.018
	Onion	N.D.	trace	N.D.	0.124
	Potato	trace	0.017	N.D.	0.072
	Radish	trace	0.017	0.076	N.D.
	Pepper	N.D.	trace	N.D.	0.063
	Pumpkin	N.D.	trace	N.D.	0.085
	Bean	N.D.	trace	0.113	trace

N.D. : not detected.

trace : 0.01 ppm and less.

**Table 5. Trace metal contents of agricultural products around mine area**

(Unit : mg/kg, wet-basis)

Mine region	Agricultural product	Trace metals (ppm)		
		Cu	Mn	Zn
A	Lettuce	2.073	8.746	4.721
	Onion	0.379	1.964	2.762
	Potato	1.172	0.503	trace
	Radish	0.423	0.547	trace
	Pepper	0.636	12.509	3.403
	Pumpkin	0.678	1.300	0.987
	Bean	7.825	14.726	21.171
	<hr/>			
B	Lettuce	1.367	23.935	13.785
	Onion	0.637	1.782	3.489
	Potato	1.984	0.862	0.622
	Radish	0.639	2.114	2.740
	Pepper	2.896	2.710	6.127
	Pumpkin	1.214	2.843	4.016
	Bean	4.765	9.987	13.350
	<hr/>			
C	Lettuce	5.494	3.688	8.516
	Onion	1.262	0.898	2.453
	Potato	0.756	2.884	9.546
	Radish	1.092	6.076	13.705
	Pepper	2.687	2.150	11.951
	Pumpkin	0.743	0.967	trace
	Bean	3.762	8.471	13.172
	<hr/>			
D	Lettuce	1.803	3.697	9.976
	Onion	1.032	2.323	7.005
	Potato	0.976	2.954	trace
	Radish	0.371	0.460	2.198
	Pepper	1.413	0.782	2.461
	Pumpkin	1.614	6.236	6.396
	Bean	3.070	9.124	5.690

N.D. : not detected.

trace : 0.01 ppm and less.

0.029 ppm 수준으로 검출되었다. 시료별로; 무에서 4건, 감자 3건에서 비소가 소량 검출되었으나 그 함유량이 낮아 오염에 의한 검출보다는 자연 함유량 수준으로 판단된다.

비소는 크게 유기비소와 무기비소로 나뉘어지고 유기비소의 경우 식물·동물조직에 존재하며<sup>14)</sup>, 독성이 매우 낮은 것으로 알려져 있다. 대부분의 식품에는 1 mg/kg 정도의 비소가 함유되어 있어 오염되지 않은 식품을 섭취하더라도 1일 약 0.5 mg을 섭취하는 것으로 알려져 있다.<sup>15)</sup>

Lee 등<sup>3)</sup>의 경우 오염지역이 아닌 곳에서 경작된 과일류에서 N.D.~0.035 mg/kg(평균 0.010 ppm), 과일류에서 N.D.~0.017 mg/kg(평균 0.002 ppm)정도 함유되어 있다고 보고하였다.

### 3. Pb 함량 수준

납은 인체에 유해한 축적독성이 강한 미량금속 중 대표적인 금속으로 자연계에 널리 분포되어 있으며,<sup>16)</sup> 이러한 납 중독의 영향은 중추신경계, 골수, 신장에서 가장 현저하며 만성중독의 증세로는 피로, 체중감소, 소화기 이상, 지능저하, 사지마비, 시력장애 등이 일어난다. 본 조사에서는 양파를 제외한 다른 시료에서 미량 검출되었으며 특히 무의 경우 4건 중 3건이 검출(0.075~0.114 ppm)되었으며, 고추, 호박 콩에서 2건 상치의 경우 1건(0.011 ppm)이 검출되었다.

국내 강원도산 채소류의 납 함유량이 N.D.~0.118 ppm(평균 0.034 ppm), 과일류가 N.D.~0.178 ppm(평균 0.041 ppm)이라고 보고하여 본 조사결과와 유사한 경향이었으며 이는 국립보건원 조사 결과<sup>17,18)</sup>보다 낮은 수준이었다.

### 4. Cd 함량 수준

카드뮴의 경우 거의 모든 시료에서 검출되었으며(N.D.~0.124 ppm), 각 함유량은 상치의 경우 0.014~0.034 ppm, 양파 0.028~0.124 ppm, 감자 trace~0.106 ppm, 무 N.D.~0.088 ppm, 고추 N.D.~0.063 ppm, 호박 N.D.~0.098 ppm, 콩 trace~0.042 ppm 으로 광산에 따라서 다양하게 함유되어 있었고, 콩이 가장 낮은 함유량을 보였다. 광산별 카드뮴의 평균 함유량은 B(명봉) 광산이 0.029 ppm, A(은적)광산 0.036 ppm 높았으나 이는 광산지역이 아닌 일반 농경지<sup>3)</sup>에서 재배한 농산물의 카드뮴 함유량(N.D.~0.119 ppm)과 큰 차이가 없어 자연 함유량 수준으로 판단된다. 오염된 지역의 밭작물이 비 오염지역에 비해 생육이 둔하며,<sup>19)</sup> 실제 폐광산 지역의 토양 내 중금속 함유량은 다른 일반 지역보다 높게 나타났다는 보고<sup>2)</sup>와 관련지어 볼 때 비록 오염되지 않은 상태일지라도 지속적인 관리가 필요하다고 생각된다.

### 5. Cu 함량 수준

구리는 어류, 채소류, 두류 등에 다양하게 분포되어 있으며 인체에 구성성분으로서 신장, 간, 조직에 함유되어 있고 식품중에 대략 20~400 mg/kg정도 함유되어 있다고 한다.<sup>20)</sup> 또한 구리는 인체에 필수성분이나 과량 섭취시에는 구토, 저혈압, 흑토증(Melena) 등을

일으킨다고 알려져 있다.<sup>14,21,22)</sup>

본 조사에서 구리는 모든 시료에서 고르게 검출되었으며, 특히 두류인 콩에서 3.070~7.825 ppm으로 가장 높은 함량을 보여 곡류나 과·채류보다 대두에서 가장 높은 구리 함유량을 보였다는 Lee 등<sup>3)</sup>의 결과와 일치하였다. 검사 대상 시료 중 타 시료에 비해 양파(0.379~1.262 ppm)와 호박(0.678~1.614 ppm)에서 비교적 낮은 함유량을 보였다.

일본의 경우,<sup>23)</sup> 곡류에서 1.6~35 ppm, 서류에서 0.1~10.8 ppm, 채소류에서 0.01~12 ppm, 과일류에서 0.2~1.5 ppm으로 본 실험 결과와 비교해 볼 때 유사하거나 약간 낮은 수준이며, 토양 중의 일반적인 함유량<sup>24)</sup>과 비교해 볼 때 오염이 되었다고 판단하기는 어렵다.

## 6. Mn 함량 수준

망간은 인간과 동물에게 필수 미량금속으로서 자연계에 풍부하게 존재하며 식품의 섭취로 인한 망간의 중독증상은 없다고 알려져 있다<sup>24)</sup>. 본 결과에서는 상치가 가장 많이 함유(3.688~23.935 ppm)하고 있었으며, 기타 다른 농산물에도 고르게 분포되어 있음을 알 수 있으나 다른 식품에 대한 기존의 보고와 독성자료 등을 고려해 볼 때 우려할 만한 수준은 아니라고 생각된다. 망간은 곡류에 2.4~14.0 ppm, 당근에 1.8~13.2 ppm, 차에서는 350~900 ppm 까지 함유되어 있다고 하며,<sup>18)</sup> Lee 등<sup>3)</sup>의 보고에서의 경우, 쌀에서 10.019~12.156 ppm, 대두에서 18.244~53.092 ppm, 서류에서 1.817~17.620 ppm, 채소류에서 0.425~24.652 ppm의 분포를 보여 본 실험 결과보다 다소 높은 값을 보였다.

## 7. Zn 함량 수준

아연은 동·식물의 생리작용에 필요한 무기성분으로 알려져 있으며,<sup>25~27)</sup> 외부에서 오염되는 환경오염성이 아닌 경우 인체에 특별한 문제가 되지 않는 것으로 알려져 있으며, 1일 필요량이 10~35 mg으로 구리 2~3 mg, 망간 2.5~5 mg인 것에 비하여 많은 양이 요구되는 금속이다.<sup>3)</sup> 본 조사에서는 호박과 감자가 타 시료에 비해 낮은 함유량을 보였으며, 콩과 상치에 다량 함유되어 있었다. 일본의 경우<sup>23)</sup>에도 채소류에서 아연 함량이 0.13~28.70 ppm, 과일류의 경우 0.03~2.10 ppm인 것과 비교해 보면 대부분 유사하거나 약간 낮은 수준으로 나타났다.

광산 주변 경작지의 일부 농산물에 대해 오염 실태를 파악하고 폐광산에 의한 오염방지 및 사후관리 대책 수립에 필요한 기초자료를 제공하기 위하여 전남 지역에 분포한 광산지역(4개 지역)을 대상으로 주변 경작지에서 7종의 농산물(상치, 양파, 감자, 무, 고추, 호박, 콩) 28건에 대해 미량금속 함유량을 조사하였다.

수은의 경우 대부분의 검체에서 불검출이었으며, 일부 농산물에서 0.01 ppm이하의 정도로 검출되었다. 비소는 28건의 시료 중 8건에서 0.012~0.029 ppm이 검출되었으며, 나머지 시료는 불검출이었다. 납은 양파를 제외한 다른 시료에서 미량 검출되었고, 함유량은 N. D.~0.114 ppm이었으며, 카드뮴은 거의 모든 시료에서 검출되었으며(N.D.~0.124 ppm), 수은, 비소, 납, 카드뮴 등의 함유량은 오염된 수준이 아닌 자연 함유량 수준으로 판단된다. 구리의 경우 두류인 콩에서 3.070~7.825 ppm으로 다른 시료에 비해 높은 함유량을 나타냈으며, 광산 지역간에는 큰 차이를 보이지 않았다. 망간은 상치(3.688~23.935 ppm)가 가장 높은 함유량을 보였으며, 아연의 경우 콩과 상치에서 높은 함유량을 나타냈다.

## 감사의 글

본 연구논문은 2001년도 광주 보건대학 교내 학술연구비 지원에 의하여 수행되었으며 이에 감사를 드립니다.

## 참고문헌

1. 김양기 : 전남지역의 휴·폐금속 광산 주변 경작지의 중금속 함유량조사. 동신대학교 석사학위논문 (1997).
2. Chung, B. G., Kim, B. S., Kim, N. S., Lee, C. W. and Jung, S. S. : Investigation on the contents of heavy metals in growth-period steps M. S. Andrss or J. d, Nakai and existential from of heavy metals surrounding ruined mine soils. *Annual Report of Kyong Sang Buk-do, IHE*, 143~157 (1992).
3. Lee, T. J., Kim, K. C., Shin, I. C., Han, K. S., Shim, T. H., Ryu, M. J. and Lee, J. K. : Survey on the contents of trace heavy metals in agricultural products of Kangwon-Do. *Rep. Inst. Health & Environ.*, 7, 75~87 (1996).
4. 김성도, 양한승 : 제련소 인근 지역의 토양중 중금속 함량에 관한 연구. *한토양지*, 18(4), 336~347 (1985).
5. 환경부 : 토양환경보전법 (1996).
6. 나춘기 : 모악 금·은 광산에 방치된 폐석이 주변 수계 및 생태계에 미치는 환경적 영향. *Econ. Environ. Geol.*, 28(3), 221~229 (1995).

## 요 약

7. 공봉성 : 광물시험소 선광 채련과 시험보고. (1985).
8. Rigaku Industrial Corporation : Rigaku Mercury Analyzer SP Technical Report. (1979).
9. KFDA : Food Code. MunYoungsa, Seoul (1999).
10. 日本藥學會編 : 衛生試驗法主解. 金原出版社, 東京, pp. 548~591 (1990).
11. Japond Food Hygiene Association : Standard method analysis in food safety regulation chemistry. Tokyo, pp.199~201 (1991).
12. Ym, H. U., Yang, C. S., Kang, M. S. and Ko, S. H. : Study on the contents of trace elements in agricultural products on Cheju-do. *Report of CIHE*, **3**, 63~70 (1992).
13. 春田三佐夫, 細貝祐太郎, 宇田川俊一 : 目に見える食品衛生検査法, 中央法規出版, p.122 (1985).
14. Conor Reilly : Metal contamination of food. Applied Science Publisher LTD., London, pp.119~122 (1980).
15. Choi, S. Y. : Food contamination. Ulsan university Publisher (1994).
16. WHO : Lead (Environmental Health Criteria 3), WHO, pp. 44~54 (1997).
17. Kim, K. S., Lee, J. O., Seo, S. C., Kang, H. K., You, S. Y., Kwon, Y. B. and Lee, H. B. : Study on the trace metal contents in foods. *The Report of NIH*, **29**(2), 365~377 (1992).
18. Kim, K. S., Lee, J. O., Sho, Y. S., Seo, S. C., Chang, S. Y., You, S. Y., Song, K. H., Son, Y. W., Lee, H. B. and Koh, I. S. : Study on the trace metal contents in foods. *The Report of NIH*, **30**(2), 366~377 (1993).
19. 문영희, 양향승 : 토양중에 있어서 무와 배추의 생육에 미치는 중금속 Cr, Ni, Cd, Zn의 영향. *Korean J. Environ.*, **9**(2), 113~118 (1990).
20. Kim, S. C., Heo, N. C., Choi, K. C., An, Y. J., Park, S. and Yang, H. C. : Investigation on contents in Chollanamdo. *The Report of Health and Environment Institute of Chollanamdo*, **7**, 79~93 (1995).
21. National Food Authority : The 1992. Australian market basket survey. A. total diet survey of pesticides and contaminants. (1994).
22. ILSI : Present knowledge on nutrition 6th. edition, (1990).
23. 細貝祐太郎, 趙忠一, 高田百合子 : 食品微量元素, 中央法規出版, 東京 (1980).
24. 洪谷政夫, 小山雄生, 渡延久男 : 重金屬測定法, 博友社, 東京 (1978).
25. 이용근 : 환경과 인간. 자유아카데미, pp.217~229 (1990).
26. Pushpanjali and Santosh Khokhar : The composition of Indian Foods-Mineral Composition and Intakes of Indian Vegetarian Populations. *J. Sci. Food Agric.*, **67**, 267~276 (1995).
27. 池部克彦, 西宗高弘, 末木賢二 : 熟年世代 食事における 15 金屬元素の一日攝取量. *日本食品衛生學會誌*, **35**, 66~71 (1995).

---

(2002년 2월 15일 접수)