

## 농산물 중의 미량금속함량 분석

박정숙<sup>†</sup> · 나환식<sup>\*</sup>

광주여자대학교 식품조리학과, \* 전남보건환경연구원 식품약품분석과

### Analysis of Trace Metal in Agricultural Products

Jung-Suk Park<sup>†</sup> and Hwan-Sik Na<sup>\*</sup>

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

\* Food & Drug Analysis Division, Health and Environment Institute of Chollanamdo, Kwang-Ju 502-201, Korea

#### Abstract

The seven trace metals contents of agricultural products in Kwang-ju were investigated to provide the basic data for its residual limits. Ten kinds of agricultural products(onion, welsh onion, garlic, lettuce, cabbage, pepper, spinach, radish, pear, peach) collected within from Kwang-ju in 1999 were analyzed by Mercury Analyzer for mercury, Inductively Coupled Plasma spectrometer and Atomic Absorption spectrophotometer equipped with Vapor Generation Accessory for Cu, Cd, Mn, Pb, Zn and As.

Hg contents were not detected in all samples and As content were detected N.D.~0.005 ppm. Cd and Pb contents were detected N.D~0.088 ppm and N.D.~0.096 ppm, respectively. Cu, Mn and Zn contents were 0.109~1.072 ppm, 0.829~6.195 ppm and 0.731~6.176 ppm, respectively. The trace metal concentrations of the agricultural products in Kwang-ju called clean area were within the background level which growth is facilitated.

Key words : agricultural products, trace metal.

#### 서론

최근 식품의 질에 대한 평가 및 선택 기준의 안목이 높아 식품의 선택시 함량표시는 물론 첨가물 함유 여부 등을 세밀하게 고려하나 가시적이지 못한 잔류유해물질 관련에 대하여는 관심만큼 정보가 부족한 실정이다. 급속도로 발전되는 사회의 역기능으로 환경오염 등을 유발시켜 우리의 식생활에 직·간접적인 영향을 미치고 있으며 그 중에서도 공업단지가 많은 지역에서는 대기뿐만 아니라 토양 및 농산물에도 중금속 오염은 커다란 비중을 차지하게 되었다. 즉, 각종 산업체로부터 발생되고 있는 중금속 물질로 인한 식품, 공기, 물, 토양 등의 오염이 날로 증가하면서 인체 또한 중금속 오염에 노출될 가능성은 크게 증가되었다. 그러나 식품 중의 중금속 함유량은 자연적으로 함유한 경우와 산업화에 따른 인위적 오염으로 구분

할 수 있으며, 그 오염 여부를 확인하기 위해서는 자연함유량에 관한 자료가 확립되어야 할 것이다.

이러한 유해물질 중 미량 중금속은 최근 환경오염원 인자로 대두되고 있고 농산물 및 식품원료나 인간에게 이행되었으며, 자연적 또는 인위적인 방법으로 쉽게 분해되거나 제거되지 않고 축적이 되며 저농도 일지라도 식품에 유입되었을 경우 심각한 건강상의 위해를 끼칠 우려가 있고 또한 오염원의 분포가 광범위하기 때문에 세계적으로 토양, 농업용수, 농산물 등에 함유되어 있는 양의 측정과 동물이나 인체에 미치는 독성에 대한 많은 연구가 이루어지고 있다<sup>1)</sup>.

국내에서는 보건복지부 주관아래 국립보건원 및 보건환경연구원 공동으로 1985년부터 수산물과 농산물에 대하여 잔류농약 등과 함께 실태조사를 계속하고 있으며 현재까지의 결과로는 유의할 만한 오염도는 나타나지 않은 것으로 보고되고 있으며<sup>2-4)</sup>, 개별

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

농산물 등에 관한 규제는 이루어지고 있지 않은 실정이다. 따라서 본 연구에서는 1999년도 광주시내에서 생산 유통되는 농산물을 대상으로 중금속 및 미량금속 함량을 조사하여 그 결과를 보고하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 1. 재 료

1999년 1월부터 12월까지 광주광역시내에서 생산·유통되는 농산물 중 양파, 파, 마늘, 상치, 배추, 고추, 시금치, 무(야채류)와 배, 복숭아(과일류) 등 10종 80여 품목에 대해 시료를 수집하여 Hg, As, Cd, Pb, Cu, Mn, Zn 등 7종의 미량금속에 대해 조사하였다.

### 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.

### 3) As, Pb, Cd, Mn, Cu, Zn의 분석

#### (1) 시험용액의 조제

식품공전 유해금속 시험법 중 건식회화법<sup>5)</sup>에 준하여 시험하였다. 즉 시료 일정량을 도가니에 정밀히 취해 건조하여 회화시킨 다음 450~550°C에서 회화하여 회분을 불로 적시고 HCl 2~4 mL를 가하여 수용상에서 건조한 다음 1 N HCl 20 mL를 가하여 녹이고 유리여과기로 여과한 다음 시험용액으로 하였다<sup>5, 6)</sup>. 공시험액도 시료를 제외한 전 과정을 동일하게 처리하였다.

#### (2) Pb, Cd, Mn, Zn, Cu 분석

각 시료의 시험용액과 공시험용액을 Inductively Coupled Plasma Spectrometer (ICP, BAIRD ICP 2-70, U.S.A.)를 이용하여 Table 2의 조건에 따라 각각의 미량금속에 대한 함량을 측정하였다.

#### 4) 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>7)</sup>.

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 inductively coupled plasma spectrometer

Condition \ Element	Pb	Cd	Cu	Mn	Zn
Wavelength	220.35	228.80	324.75	257.61	213.86
Signal background	120.0	2000.0	5000.0	10000	3000.0
Sequential monochromator(grating)	2400 grooves / min.				
RF generator	40.68 MHz				
Plasma gas flow(PI)	121 / min.				
Sheath gas flow(GI)	0.31 / min.				
Nebulizer gas flow	0.31 / min.				
Sample flow rate	1 mL / min.				

## 결과 및 고찰

광주광역시에서 생산·유통되는 농산물 중 야채류 8종(양파, 파, 마늘, 상치, 배추, 고추, 시금치, 무)과 과일류 2종(배, 복숭아), 80건에 대해 Hg, As, Cd, Pb, Cu, Mn, Zn의 함유량을 분석한 결과는 Table 3과 같다.

### 1. Hg

검사대상 농산물 10종 80건의 모든 검체에서 수은은 검출되지 않았다. Ym 등<sup>8)</sup>은 제주도산 농산물을 대상으로 수은을 분석한 결과 거의 모든 검체에서 불검출을 나타냈으며 두류(강남콩, 완두콩)에서 일부 소량 검출되었다고 보고하여 본 실험 결과와 유사함을 알 수 있었다.

국내 식품공전에서는 농산물에 대한 수은 함유량이 설정되어 있지 않은 실정이며, 콩나물의 경우 0.1 ppm, 해산어패류의 경우 0.5 ppm으로 규정되어 있고, 미국에서는 1일 총섭취량을 20 µg/day, 일본의 경우 40~80 µg/day, 영국은 20 µg/day로 규정하고 있는 실정이다<sup>9)</sup>.

금속 중 수은은 유일하게 상온에서 액체 상태이고 기화하는 성질이 있다. 수은은 건전지, 온도계, 농약 그리고 석탄과 석유의 연소에 의해서 공기 중에 방출되고 수계 및 토양으로 들어간다. 중독량은 5 mg/kg이고 치사량은 50~300 mg/70kg이다. 따라서 본 시료의 경우 오염에 의해서 수은이 농산물로 전이되지 않았음을 확인할 수 있었다.

### 2. As

Table 3에서 비소의 경우 상치, 시금치와 배의 경우 검사 대상시료 모두에서 불검출을 나타냈으며, 나머지 시료에서도 아주 적은 양(trace~0.005 ppm)이 검

출되어 자연함유량 정도로 판단된다.

FAO/WHO 합동 식품첨가물 전문가 회의에서 현재 잠정주간섭취허용량을 0.015 mg/kg b.w.로 설정하고 있으며<sup>3)</sup>, 일본의 분석 결과<sup>10)</sup> 곡류에서 N.D.~0.5 mg/kg, 서류에서 N.D.~0.1 mg/kg, 채소류에서 N.D.~2.4 mg/kg, 과일류에서 N.D.~0.8 mg/kg이라고 보고하여 본 조사에서의 결과가 훨씬 낮은 수준으로 나타났다. 또한 식품공전<sup>9)</sup> 중 식품일반의 기준에 포함된 비소의 규격이 0.3~1.5 mg/kg인 점을 보아도 본 실험 결과는 상당히 낮은 수준으로 판단된다.

비소는 그 존재형태에 따라 독성이 크게 차이가 나는데 해양생물은 육상생물에 비해 고농도의 비소를 체내에 축적하고 있다<sup>6)</sup>. 이러한 해양생물을 섭취해도 중독현상이 일어나지 않는 것은 이들이 독성이 약한 유기비소를 함유하고 있기 때문이라고 하는 보고<sup>6)</sup>가 있고, 또한 이는 수용성 유기비소 화합물이라고 한다<sup>11~13)</sup>.

### 3. Cd

카드뮴의 경우, 모든 시료에서 검출되었으며(N.D.~0.088 ppm), 각 함유량은 양파의 경우 0.004~0.029 ppm, 파 0.001~0.003 ppm, 마늘 0.016~0.041 ppm, 상치 0.003~0.021 ppm, 배추 0.007~0.065 ppm, 고추 0.020~0.042 ppm, 시금치 0.005~0.076 ppm, 무 trace~0.088 ppm, 배 N.D.~0.001 ppm, 복숭아 trace~0.008 ppm으로 전체적으로 아주 낮은 수준이며 특히 과일류가 더 낮은 경향을 보였다.

Lee 등<sup>14)</sup>은 채소류에서 N.D.~0.119 mg/kg(평균 0.032 mg/kg), 과일류에서 N.D.~0.009 mg/kg(평균 0.005 mg/kg)으로 보고하여 본 실험 결과와 비교해 볼 때 과일류가 더 낮은 함량을 갖는 결과나 전체적인 함량도 비슷한 수준으로 나타났으며, 일본의 결과<sup>10)</sup>인 채소류의 경우 N.D.~0.80 mg/kg, 과일류 0.09~0.20

Table 3. Trace metal contents in agricultural products

(Unit : mg/kg, wet-basis)

Sample	No. of sample	Element	Minimum value	Maximum value	Mean value	Instrument
Onion	8	Hg	N.D.	N.D.	N.D.	M.A <sup>2)</sup>
		As	N.D.	trace	trace	A.A <sup>3)</sup>
		Cd	0.004	0.029	0.014±0.008 <sup>1)</sup>	I.C.P <sup>4)</sup>
		Pb	N.D.	0.014	0.007±0.004	"
		Cu	0.082	0.231	0.109±0.097	"
		Mn	0.756	8.112	4.653±3.391	"
		Zn	0.587	2.314	1.607±0.436	"
Welsh onion	8	Hg	N.D.	N.D.	N.D.	M.A
		As	0.003	0.005	0.004±0.001	A.A
		Cd	0.001	0.003	0.001±0.001	I.C.P
		Pb	N.D.	N.D.	N.D.	"
		Cu	0.020	0.501	0.284±0.244	"
		Mn	1.416	7.128	3.074±2.799	"
		Zn	0.964	2.247	1.653±0.361	"
Garlic	8	Hg	N.D.	N.D.	N.D.	M.A
		As	trace	0.001	trace	A.A
		Cd	0.016	0.041	0.022±0.011	I.C.P
		Pb	trace	0.013	0.006±0.004	"
		Cu	0.474	1.072	0.693±0.265	"
		Mn	0.971	2.294	1.549±0.481	"
		Zn	4.012	8.893	6.176±1.914	"
Lettuce	8	Hg	N.D.	N.D.	N.D.	M.A
		As	N.D.	N.D.	N.D.	A.A
		Cd	0.003	0.021	0.012±0.008	I.C.P
		Pb	N.D.	0.005	0.004±0.004	"
		Cu	0.346	1.896	1.072±0.434	"
		Mn	1.723	9.434	5.517±3.671	"
		Zn	1.910	3.827	2.645±0.938	"
Cabbage	8	Hg	N.D.	N.D.	N.D.	M.A
		As	trace	0.001	trace	A.A
		Cd	0.007	0.065	0.034±0.034	I.C.P
		Pb	N.D.	0.004	0.001±0.002	"
		Cu	0.167	0.402	0.295±0.100	"
		Mn	0.776	12.374	6.195±4.052	"
		Zn	0.818	1.764	1.125±0.591	"
Pepper	8	Hg	N.D.	N.D.	N.D.	M.A
		As	trace	0.003	0.002±0.001	A.A
		Cd	0.020	0.042	0.028±0.008	I.C.P
		Pb	N.D.	trace	trace	"
		Cu	0.643	0.923	0.751±0.148	"
		Mn	0.992	2.448	1.431±0.586	"
		Zn	0.918	3.897	2.116±0.902	"

Table 3. Continued

(Unit : mg/kg, wet-basis)

Sample	No. of sample	Element	Minimum value	Maximum value	Mean value	Instrument
Spinach	8	Hg	N.D.	N.D.	N.D.	M.A
		As	N.D.	N.D.	N.D.	A.A
		Cd	0.005	0.076	0.038±0.030	I.C.P
		Pb	trace	0.096	0.037±0.029	"
		Cu	0.461	1.124	0.879±0.152	"
		Mn	2.717	6.904	4.062±2.008	"
		Zn	2.423	8.867	5.015±2.237	"
Radish	8	Hg	N.D.	N.D.	N.D.	M.A
		As	N.D.	0.003	0.001±0.001	A.A
		Cd	trace	0.088	0.039±0.042	I.C.P
		Pb	N.D.	trace	trace	"
		Cu	0.184	1.021	0.644±0.368	"
		Mn	1.392	5.076	2.975±1.746	"
		Zn	1.012	2.437	1.642±0.659	"
Pear	8	Hg	N.D.	N.D.	N.D.	M.A
		As	N.D.	N.D.	N.D.	A.A
		Cd	N.D.	0.001	trace	I.C.P
		Pb	N.D.	N.D.	N.D.	"
		Cu	0.189	0.663	0.413±0.165	"
		Mn	0.551	1.018	0.829±0.154	"
		Zn	0.661	0.857	0.731±0.099	"
Peach	8	Hg	N.D.	N.D.	N.D.	M.A
		As	trace	0.001	trace	A.A
		Cd	trace	0.008	0.004±0.001	I.C.P
		Pb	N.D.	trace	trace	"
		Cu	0.318	0.598	0.501±0.079	"
		Mn	0.453	2.846	1.671±0.925	"
		Zn	0.871	1.654	1.121±0.256	"

1) S.D. : Standard deviation

2) M.A : Mercury analyzer

3) A.A : Atomic absorption spectrometer

4) I.C.P : Inductively coupled plasma spectrometer

5) N.D. : Not detected

mg/kg 보다 전반적으로 낮은 경향을 보여 자연 함유량 상태인 것으로 판단된다.

카드뮴은 일본에서 Itai-Itai 병을 일으키는 원인 물질로 알려진 이래 많은 관심을 일으킨 유해중금속이다<sup>15,16)</sup>. 우리나라에서는 현미에서 1.0 mg/kg 이하로 설정되어 있고, 일본과 덴마크 등에서 일부 설정되어 있으나 대부분의 국가에서는 개별 농산물에 대하여 규제하고 있지 않은 실정이다<sup>9)</sup>.

#### 4. Pb

인체에 유해한 대표적인 중금속인 납은 일상생활에서 노출될 기회가 많은 중금속으로 음식물, 식품첨가물, 의약품 혹은 공기 중에 항상 미량의 납이 용출되고 있으며 신경계 및 빈혈을 유발하는 금속으로 알려져 있다<sup>17)</sup>.

본 결과에서는 과일류인 배와 채소류 중 파에서 불검출이었으며, 복숭아, 무와 고추의 경우 trace 수준이

며, 상치 N.D.~0.005, 마늘 trace~0.013, 양파 N.D.~0.014, 시금치 trace~0.096, 배추 N.D.~0.004 ppm 으로 나타났다.

국내에서의 조사 결과<sup>14)</sup>, 채소류는 N.D.~0.118 mg/kg(평균 0.034 ppm), 과일류에서 N.D.~0.178 mg/kg(평균 0.041 ppm)이며, 일본의 조사 결과<sup>10)</sup>는 채소류가 N.D.~2.8 ppm, 과일류가 N.D.~2.7 ppm으로 본 조사 결과가 대부분 낮은 수준이었다. 이상의 결과로 보아 광주시내에 분포한 과·채류의 경우 독성이 일반적으로 높다고 알려진 수은, 비소, 카드뮴, 납 등의 함유량은 타지역보다 낮은 수준이며 또한 기준치와 비교해볼 때 훨씬 낮은 수준으로 비오염 지역의 자연 함유량 수준으로 생각된다.

### 5. Cu

동·식물의 필수 원소인 구리는 모든 식물에 넓게 분포되어 있으며 일반 토양에는 2~100 mg/kg, 식품 중에는 20~400 mg/kg 정도이며, 두류, 견과류 등에 비교적 많이 존재한다고 알려져 있다<sup>4)</sup>.

구리는 모든 시료에서 고르게 검출되었으며, 시료별 분포는 상치(1.072 ppm)가 가장 높게 검출되었으며 시금치(0.879 ppm), 고추(0.751 ppm), 마늘(0.693 ppm)순이었다. 이러한 결과는 일본의 분석 결과<sup>10)</sup>인 채소류에서 0.01~12 mg/kg, 과일류에서 0.2~1.5 mg/kg인 것과 비교해 볼 때 약간 낮은 수준이었다.

구리는 동·식물의 생리작용에 필요하다고 알려져 있으나 인체에 과량 축적되면 유해하다고 한다. 본 조사에서의 결과로 보아 10개 농산물의 평균 함유량은 각 식물의 생장과정에서의 필요량으로 생각되며 외국의 1일 섭취허용권장량<sup>18)</sup>을 고려해 보아도 오염을 우려할 수준은 아닌 것으로 생각된다.

### 6. Mn

망간은 인간과 동물에 있어 필수미량금속으로 다양한 범위로 함유되어 있으며 인체에서는 탄수화물 및 지방의 대사, 성장 등에 관련된 금속으로 알려져 있다<sup>19)</sup>. 본 결과에서는 배추가 6.195 ppm으로 망간 함량이 가장 많았으며 상치 5.517 ppm, 양파 4.653 ppm, 시금치 4.062 ppm, 파 3.074 ppm, 무 2.975 ppm, 복숭아 1.671 ppm, 마늘 1.549 ppm, 고추 1.431 ppm, 배 0.829 ppm 순이었다.

Lee 등<sup>14)</sup>도 채소류에서 0.425~24.652 ppm(평균 6.799 ppm), 과일류에서 0.614~5.868 ppm(평균 1.658 ppm)으로 보고하여 과일류에서 그 함량이 다소 낮음을 알 수 있었다. 이렇게 시료간에 평균 함유량이 차이

가 나는 것은 토양중의 무기물 함유량의 차에 기인하는 것으로 생각된다. 식물중의 무기물 함유량에 대한 외국의 조사에서도 토양중의 함유량에 따라서 달라진다고 보고<sup>20)</sup>가 있다. 이상의 결과로 보아 실험 시료의 망간 함유량은 오염에 의한 함유량이 아닌 자연 함유량으로 추정된다.

### 7. Zn

미국의 경우 아연은 구리, 망간과 더불어 식이를 통해 1일 섭취허용량을 설정해 놓고 있는 필수 금속으로서 동·식물의 생리작용에 필요한 무기성분으로 알려져 있으며<sup>17,18,21)</sup>, 외부에서 오염되는 환경오염성이 아닌 경우 인체에 특별한 문제가 되지 않는 것으로 알려져 있다.

1일 필요량이 10~35 mg으로 구리 2~3 mg, 망간 2.5~5 mg인 것에 비하여 많은 양이 요구되는 금속이다<sup>14)</sup>. 본 조사에서는 채소류가 1.125~6.176 ppm, 과일류가 0.731~1.121 ppm으로 채소류가 과일류보다 다소 높은 경향을 보였다. 일본의 경우<sup>10)</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.

## 요 약

광주광역시에서 생산·유통되고 있는 농산물 총 80개 품목(양파, 파, 마늘, 상치, 배추, 고추, 시금치, 무, 배, 복숭아)을 구입하여 중금속 및 미량금속 함유량을 조사한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다. 수은은 모든 검체에서 검출되지 않았으며, 비소는 0.001 ppm 이하의 결과를 보였다. 카드뮴과 납의 경우 각각 N.D.~0.088 ppm과 N.D.~0.096 ppm으로 검출되어 자연 함유량 수준으로 판단된다. 또한 농산물의 생육에 필수 원소로 작용하는 구리, 망간과 아연의 함유량은 0.109~1.072 ppm, 0.829~6.195 ppm, 0.731~6.176 ppm으로 검출되었다.

## 참고문헌

1. 김성도, 양한승 : 제련소 인근지역의 토양중 중금속 함량에 관한 조사연구. *한토양지*, 18(4), 336~347 (1985).
2. 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).
3. 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).
4. 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).
  5. KFDA : *Food Code* (a separate volume). Munyoungsa, Seoul, pp.695~704 (1999).
  6. 日本藥學會編 : 衛生試驗法主解 金原出版社, 東京, pp.548~591 (1990).
  7. Japond Food Hygiene Association : Standard method analysis in food safety regulation chemistry. Tokyo, pp.199~201 (1991).
  8. 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).
  9. KFDA : *Food Code*. MunYoungsa, Seoul (1999).
  10. 細貝祐太郎, 趙忠一, 高店百合子 : 食品微量元素寢, 中央法規出版, 東京 (1980).
  11. 松原チヨ : 海藻中に含まれる有機砒素化合物 arseno sugar의 培養細胞を用いた 毒性學的 研究. *日本食品衛生學會誌*, 37(3), 135~141 (1996).
  12. Shioni, K., Shinagawa, A., Azuma, M., Yamanaka, H. and Kikuchi, T. : *Comp. Biochem Physiol.*, 74, 393~396 (1993).
  13. Hanaoka, K. and Tagqwg, S. : *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 51, 681~685 (1987).
  14. Lee, T. J., Kim, K. C., Shin, I. C., Han, K. S., Sim, 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).
  15. 春田三佐夫, 細貝祐太郎, 宇田川俊一 : 目で見る食品衛生検査法, 中央法規出版, p.122 (1985).
  16. 이순재, 김미지, 윤연희 : 한국산 녹차, 우롱차 및 홍차음료의 중금속제거 및 해독작용. *식품과 산업*, 28(4), 17~26 (1995).
  17. 이용근 : *환경과 인간* 자유아카데미, pp.217~229 (1990).
  18. 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).
  19. 洪谷政夫, 小山雄生, 渡延久男 : 重金屬 測定法, 博友社, 東京 (1978).
  20. Katrina, M. M., Graeme, D. B. and Anthony, B. B. : Relationships between minerals in Australian brown rice. *J. Sci. Food Agric.*, 68, 285~291 (1995).
  21. 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).

---

(2000년 12월 12일 접수)