

국내에서 시판 중인 근채류의 중금속에 관한 조사 연구

김 덕 웅^{*}

한양여자대학 식품영양과

A Study on the Heavy Metal Contents of Root Vegetables on the Retail Markets in Korea

Duck-Woong Kim[†]

Dept. of Food Nutrition, Han Yang Woman's College, Seoul 133-793, Korea

Abstract

This study was conducted to estimate the contents of heavy metals "mercury(Hg), cadmium(Cd), lead(Pb), arsenic(As), zinc(Zn), copper(Cu), chrome(Cr) and manganese(Mn)" in root vegetables which were produced in Korea. The levels of heavy metals were determined using a mercury analyzer, an ICP(inductively coupled plasma spectrometer) and an AAS(atomic absorption spectrophotometer) after wet digestion. The values of heavy metals "mean(minimum-maximum)" mg/kg(ppm) in root vegetables (radish, turnip, carrot, ginger, edible burdock, taro, Chinese yam, east indian lotus) were as follows ; Hg : 0.0019(0.0002~ 0.0062), Cd : 0.0088(ND~0.0402), Pb : 0.021(ND~0.1070), As : 0.0401(ND~0.1732), Zn : 1.865(0.4186~6.9319), Cu : 0.648 (0.1826~4.0172), Cr : 0.121(0.0132~1.2030), and Mn : 2.730(0.0477~10.0468) mg/kg. These results showed that Hg were generally similar to and Cd was lower but Pb, As, Zn, Cu, Mn were little higher than the levels of those reported contents in root vegetables on retail markets in Korea. Although the tolerable limit of Cd and Hg is not set in a regulation of WHO/FAO, the tested mean levels(Pb, As, Zn, Cu) were lower than the regulated ones of WHO/FAO, Pb '0.1~2.0', As '1.0', Zn '5.0', and Cu '0.1~50 mg/kg from vegetables. Therefore, root vegetables sold in the retail markets were evaluated as safe in terms of the heavy metal contents.

* ND : below detection limit

Key words : Heavy metals, mercury, cadmium, lead, vegetables(root).

서 론

원소 중 금속 원소는 86종에 달하며, 이들 중 생체의 기능 유지에 필요한 필수 금속은 약 27종으로 필요량에서 부족하거나 필요량 이상 다량일 때면 건강 장애를 일으킨다. 그러나 나머지 대다수의 금속은 영양학적으로 무의미하며 그 중에도 동·식물체에 유해성이 큰 유해 금속으로는 대부분 중금속(重金屬)으로서 수은(Hg), 카드뮴(Cd), 납(Pb), 비소(As), 주석(Sn), 아연(Zn), 구리(Cu), 크롬(Cr), 망간(Mn) 등이 이에 해당한다. 이들 금속의 농도, 존재하는 화학성, 배설 속도, 건강 상태 등 다양한 인자에 따라 생체에서의 유해 여부에 차이가 있다. 그런데 중금속은 자신이 가지고 있는 독성뿐만 아니라 축적성(蓄積性)이 있어 먹이 연쇄에 따라 크게 농축된다. 특히 수은, 카드뮴, 납은 식품 중에서 공통적으로 볼 수 있는 독성 물질로 생체 조직과 강한 결합을 하여 생체 내에 축적되어 천천히 제거되는 유해 금속이다. 식품의 중금속 오염은 인

류가 광산의 광물과 토양 등으로부터 금속을 이용하기 시작하면서 인체에 대한 위해인자로 대두되기 시작하였고, 우발적인 경우도 있지만 더 큰 문제는 물, 토양, 대기오염 등이 심한 지역에서 재배된 농작물, 오염된 수역이나 해역에서 양식하거나 어획한 수산물의 농축(濃縮)된 생물을 인간이 섭취했을 때 크게 문제가 된다(Conor R 1991, Concon JM 1988, Lee SR 1993, Choi SY 1955).

더욱이 세계 곳곳에 급격한 산업의 발달과 다양한 제품의 이용의 증대에 따라 환경 오염도 날로 증대되어 1974년 FAO/WHO 합동회의에서는 감시 대상이 되는 화학 오염 물질(chemical contamination)중 특히 중금속의 오염 물질로서 수은, 카드뮴, 납, 비소 등을 우선 순위로 다루기 시작하면서 식품 오염 물질의 현황 조사와 방지 대책 수립이 이루어지기 시작하였다. 특히 UNEP(United Nations Environment Program)에 의해 설립된 GEMS(Global Environment Monitoring System)의 일환으로 FAO/WHO 합동 식품 오염 물질 모니터링 사업은 세계 각국의 식품에 대한 중금속 오염 함량의 자료 수집을 평가하고 이에 대한 지침으로 적절한 식품 규제나 관리 방법을 도와주고 있다(UNEP/FAO/WHO 1992).

† Corresponding author : Duck-Woong, Kim, Tel : +82-2-2290-2181, Fax : +82-2-2290-2199, E-mail : dwkim7@hywoman.ac.kr

우리나라에서 금속에 대한 조사 및 연구는 주로 영양적인 면에서 다루어져 오다가, 식품 위생학적 측면에서 미량 금속을 조사하기 시작한 것은 1967년 농촌진흥청의 보고서(Lee DS 1967)에서 수도에 처리된 유기 수은제의 수는 잔류량 검사를 필두로, 1970년대와 1980년대에 농산물 중 곡류, 두류, 채소류, 과일류의 중금속 함량에 대한 연구가 많은 연구자들(Ko IS *et al* 1972, Ko IS *et al* 1973, Lee SK *et al* 1976, Lee & Lim 1977, Kim MC *et al* 1980, Lee JK *et al* 1979)에 의해 이루어졌고, 아울러 토양에 대한 연구(Suh YS *et al* 1982a, Suh YS *et al* 1982b, Hong & Park 1984, Kim & Ryang 1985, Rhu HI *et al* 1986, Cho TW 1986, Rhu HI *et al* 1988)도 1980년대 말까지 병행해 이루어지기 시작하였다. 그리고 국립보건원에서는 정기적으로 1985년부터 1991년까지는 수산물을 대상으로, 1992년부터 1996년까지는 농산물(Kim KS *et al* 1992, Kim KS *et al* 1993, Kim KS *et al* 1994, Won KP *et al* 1995, Won KP *et al* 1996, Kim MH *et al* 2000)을, 1997년은 담수어, 1998년은 향신료 등 일부 식품에 대한 미량 금속의 모니터링(monitoring)사업을 실시한 바 있다. 또 그 이후 2000년대에는 식품의약품안전청(KFDA) 등(Whang JB *et al* 2000, Lee HM *et al* 2000, Chung SY *et al* 2001, Cho YH *et al* 2001, Jung RS *et al* 2002)에서도 식품과 더불어 유통 한약제 등의 중금속 함량에 대한 조사 연구가 다양하게 이루어져 오고 있다.

본 연구에서는 식품 중 유해성 중금속에 대한 최근의 보고가 거의 없는 근채류(根菜類)를 선택해, 과연 우리가 일상 식생활에서 섭취하는 식품의 오염 여부가 어느 정도인가를 알아보고자 하였다.

재료 및 방법

1. 재 료

실험 재료로는 2004년 8월 10일부터 10월 10일까지 전국에서 재배된 1년 생 근채류 8종인 무, 순무, 당근, 생강, 우엉, 토란, 마, 연근이 서울에 입하되어 농협이 운영하는 하나로 마트, 서울 가락시장 등에서 판매하는 시판 원료와 서울시 강동구 하일동 지역에서 유기농법에 의해 본 연구자가 직접 재배한 농산물 일부(무, 순무)를 시료로 사용하였다.

2. 실험방법

1) 시료의 전처리

수집한 원료를 흐르는 수돗물에 브러쉬 등으로 여러 번 깨끗이 닦아 씻고, 그리고 탈이온수(3차 증류)로 2회 씻은 후 2~3시간 방치하여 물기를 제거한다. 잘게 썰은 근채류를 ware blender로 균질하게 갈아 시료로 사용하거나 또는 밀폐된 플라스틱 용기에 담아 냉동 보관(-18℃) 후 분석 시 실온에서 해동하여 시료로 사용하였다.

(1) Cd, Pb, As, Zn, Cu, Cr, Mn의 전처리

분쇄한 시료 20~25 g을 정확히 칭량하여 500 mL Kjeldahl flask에 넣고 진한 H₂SO₄ 20 mL와 진한 HNO₃ 40 mL를 각각 넣은 후 약 12시간 방치 후 가열판에서 서서히 가열한다. 암갈색으로 변하면 실온으로 냉각한 후 진한 HNO₃ 20 mL를 넣고 서서히 가열하여 무색 내지 연한 노란색으로 되면 완전히 분해된 것으로 한다. 그리고 분해된 시료를 실온으로 냉각하여 50 mL meas flask에 옮기고 정확히 50 mL이 되도록 눈금에 맞추어 시료 용액으로 사용하였다.

(2) Hg 분석 시료의 전처리

AOAC method(971, 21)에 따라 분쇄한 시료 10~15 g을 전처리 칭량하여 500 mL 환저 flask에 넣고 boiling stirrer 및 HNO₃ 40 mL와 H₂SO₄ 20 mL를 각각 넣은 후 환류 냉각기를 설치하여 가열판에서 4시간 동안 서서히 가열한 후 이산화질소(-NO₂)의 적갈색 연기의 발생이 거의 없어질 때까지 약 2시간 동안 끓인다. 이때 플라스크내의 용액이 무색-옅은 황색이 되지 않을 때는 방냉 후 HNO₃ 약 20 mL를 첨가한 후 가열한다. 방냉 후 이 분해액 20% 요소액 10 mL를 첨가, 환류 냉각기를 다시 부착하여 약 30분간 가열하여 끓인다. 이 내용액을 250 mL meas flask에 옮긴 후 환저 플라스크 및 환류 냉각기 내부를 씻은 후 그 세척액을 모아서 정용해서 시료액으로 한다.

2) 미량 금속 분석

분석 대상 금속은 Hg, Cd, Pb, As, Zn, Cu, Cr, Mn으로 사용된 시약은 특급 시약으로 다음과 같으며 증류수는 탈이온수를 사용하였다.

(1) Hg 측정용 시약

- ① HNO₃(Merk제 특급), H₂SO₄(Merk제 특급), HCl(Merk제 특급)
- ② Urea(Sigma 특급) ; 특급시약 20 g을 100 mL의 물(3차 증류)에 용해
- ③ SnO₂(Junse 특급)
- ④ 환원제는 HCl(20% W/V)에 SnCl(25% W/V)를 분석할 때마다 새로운 시약을 만들어 사용하였다.

(2) Cd, Pb, As, Zn, Mn 측정용 분해 시약

H₂SO₄(Merck제) 및 HNO₃(Merck제)의 특급 시약을 사용하였다.

(3) 표준용액

각각의 미량 금속은 유도 결합 플라즈마 분광기(ICP : inductively coupled plasma spectrometer) 분석용 표준 용액을 사용하여 Hg는 0.5 M H₂SO₄ 용액, As, Cd, Pb, Zn, Cu, Mn

은 5% HNO₃ 용액으로 Table 1, 2와 같이 희석하여 표준 용액으로 사용하였다.

(4) 분석

수은은 원자흡광광도계(AAS : Atomic absorption spectrophotometer, model spectra 880, Varian Co. Australia)에 vapor generation 장치를 부착하여 cold vapor 법에 따라 Table 1과 같이 분석하였다.

카드뮴, 납, 비소, 아연, 망간, 구리의 분석을 위해 500 mL 킬달 플라스크에 시료 25 g을 정확히 달아 물 30 mL, 질산 2 mL, 황산 5 mL를 넣어 실온에서 하루 방치한 후 산분해하고 최종 50 mL로 하여 시험 용액을 만들어 Table 1의 조건에

Table 1. The operating conditions of ICP and AAS

ICP		AAS	
Classification	Condition	Classification	Condition
Wavelength (nm)	Cd : 214.438	Wavelength (nm)	Hg : 253.7
	Pb : 220.353		
	As : 193.696		
	Zn : 213.856		
	Mn : 257.610		
	Cu : 324.754		
Sample gas flow (L/nm)	0.60	Lamp current (mA)	4.0
Plasma gas flow (L/nm)	20.0	Slit width (nm)	0.5
Auxiliary gas flow (L/nm)	5.0	Support gas	argon

Table 2. Concentration of the trace metal standard solution

Element	Concentration (mg/kg)		
	High	Medium	Low
Hg	0.03	0.02	0.01
Cd	1	0.5	0.1
Pb	0.1	0.05	0.01
As	0.1	0.05	0.01
Zn	5	1	0.5
Cu	5	1	0.5
Cr	0.1	0.05	0.01
Mn	30	20	10

따라 유도 결합 플라즈마 분광기(ICP, model ultima Jobin Yvon, France) 및 AAS를 이용하여 측정하였다. 또한 각 금속별 회수율도 시료 분석할 때와 동일한 방법으로 측정하였다.

(5) 회수율 실험

시료 15건마다 1개를 선택하여 Hg는 5 µg, Cd는 20 µg, Pb는 50 µg, As는 20 µg, Cr는 100 µg, Zn은 150 µg, Cu는 50 µg, Mn은 100 µg을 가하여 각 금속의 함량을 분석할 때와 동일한 방법으로 3회 측정, 평균하여 Table 3과 같은 결과를 얻었다.

결과 및 고찰

각 중금속별 회수율은 Table 3에서 보는 바와 같이 평균 89~96%로 비교적 보통 이상의 수준이었다. 국내 각 지역에서 생산된 시판 중인 무, 순무, 당근, 생강, 우엉, 토란, 마, 연근의 근채류 8종 30건에 대한 Hg, Cd, Pb, As, Zn, Cu, Cr, Mn의 함량 범위와 평균치를 보면 각각 Table 4~12와 같다.

한편 Table 4에서 보는 바와 같이 4종의 유해금속의 총평균 함량은 0.0923 mg/kg(최대 0.1902)으로, 1999년 식품의약품안전청이 발표한 국내 농산물중 채소류에 함유된 대표적인 유해 중금속 4종 Hg, Cd, Pb, As의 총합계량은 0.052 mg/kg으로 이보다는 높은 수준이나 유독성이 큰 4종이 0.1 mg/kg에도 못 미치는 것은 중금속의 노출에 안전하다고 생각된다. 다만 Zn, Cu, Cr, Mn 등의 함량이 크더라도 아주 과량이 아니면 인체에 유익하므로 중금속의 총량 규제보다는 개별 금속으로 규제하는 것이 바람직하다.

그러나 WHO/FAO의 합동식품규격위원회에서 “금속류에 대한 식품 중의 허용량”은 식품위생적으로 Pb, As, Zn, Cu, Sn은 규정되어 있으나 Hg, Cd 등은 아직 미정으로 남아있어 규정이 시급하다고 생각된다(Choi SY 1995). 그리고 금속별 식품의 함량을 살펴보면 다음과 같다.

Table 3. Recovery of trace metals in root vegetables

Elements	Recovery(%)
Hg	93.09
Cd	91.57
Pb	90.63
As	89.11
Zn	93.21
Cu	95.45
Cr	92.35
Mn	93.35

Table 4. Total mean contents of Hg, Cd, Pb, As in root vegetables in Korea (mg/kg)

Samples	Metals	Minimum (mg/kg)	Maximum (mg/kg)	Means
Radish	Hg+Cd+Pb+As	0.0266	0.083	0.0549
Turnip	Hg+Cd+Pb+As	0.0026	0.0858	0.0343
Carrot	Hg+Cd+Pb+As	0.0213	0.1715	0.0661
Ginger	Hg+Cd+Pb+As	0.0223	0.3012	0.1572
Edible burdock	Hg+Cd+Pb+As	0.0144	0.1803	0.0815
Taro	Hg+Cd+Pb+As	0.0323	0.2178	0.0992
Chines Yam	Hg+Cd+Pb+As	0.0269	0.2483	0.0814
East indian lotus	Hg+Cd+Pb+As	0.0813	0.2337	0.1637
Total means	Hg+Cd+Pb+As	0.02846	0.1902	0.0923

1. 수 은(Hg: Mercury)

수은은 자연계에 널리 분포되어 있으며, 옛날부터 화장품, 의약품, 도료 등에 사용되어온 중금속으로 수은 광산, 화학 공장, 아말감, 체온계, 수은 전지 등에서 환경에 오염되며, 오늘날 농작물에 대한 오염원으로는 수은계 농약(페닐초산수은 등)의 토양 오염, 공장 폐수, 도시 하수의 농경지로의 유입을 들 수 있다. 특히 일본에서 발생한 유기 수은 중독인 Minamata병은 어패류 오염으로 중추신경 마비 증상을 일으키는 것으로 유명하다. 이러한 환경에 의하여 농산물에 축적되어지나 현재까지는 어패류에 비하면 매우 적은 것으로 알려져 있으며 WTO의 자료에 의하면 식품에서 무기 형태로 존재하는 수은 함량은 20 µg/kg 이하로 알려져 있다(Lee SR 1993, Choi SY 1995, Conon Reilly 1991, Concon JM 1988).

본 연구 결과는 Table 5~12에서와 같이, 무의 Hg 함량은 평균 0.0016 mg/kg(최대 : 0.0019)으로, 순무는 0.0021 mg/

kg(0.0062), 당근은 0.0023 mg/kg (0.0037), 생강은 0.0022mg/kg(0.0044) 우엉은 0.0023 mg/kg(0.0038), 토란은 0.0030 mg/kg(0.0049), 마는 0.0022 mg/kg(0.0029), 연근은 0.0017 mg/kg (0.0022)으로 나타났고 전체 근채류의 Hg의 평균은 0.0019 mg/kg(최소 0.0002~최대 0.0062)으로 나타났다.

이는 재배되는 토양의 종류나 지역에 따라 Suh *et al*(1982a, 1982b), Hong & Park(1984), Kim & Ryang(1985), Rhu *et al* (1986)에 의해 그 차이가 밝혀진 바 있고, 또 농작물의 종류에 따라서도 순수한 수은의 자연 함유량인 비오염 토양에서 경작하거나 아니면 주변 환경으로부터 오염된 토양에서 경작하여 재배된 농산물에는 흡수나 축적에 차이가 있음을 Lee SR(1993)가 정리한 내용을 비롯하여 구체적인 내용을 보면 아래와 같다. 국립환경연구원의 Rhu *et al*(1986)에 의하면 태백 광산 지역의 봄 무의 Hg은 0.066 mg/kg(dry wt)으로 검출되었고, Cho TW(1986)의 인천시 일원(공업 지역, 주거 지역, 그린벨트)의 채소류(6종) 중 수은의 평균치는 0.011 mg/kg으로 보고되었으며. 무는 불검출되었다. 또 Kim *et al*(1993)은 당근의 Hg은 평균 0.0014 mg/kg으로, 국립보건원보의 Won *et al*(1995)에 의하면 무의 Hg은 평균 0.0009 mg/kg(0.0005~0.0010), 당근의 Hg은 평균 0.0013 mg/kg(0.0005~0.0067), 식품의약품안전청(1999)이 발표한 국내 농산물중 채소류에 함유된 Hg의 평균함량은 0.002 mg/kg, 그리고 Chung *et al*(2001)에 의하면 무의 Hg은 평균 0.001 mg/kg (0.0001~0.0029), 당근은 평균 0.001 mg/kg(0.0003~0.0067)으로 나타났다. Cho *et al*(2001)은 한국인이 자주 먹는 대표식단 총 116건 중 중금속 섭취량의 조사에서 식품 중에 검출된 Hg 함량은 불검출 ~0.068 mg/kg(68 µg/kg을 환산)으로 보고되었다. Jung *et al*(2002)에 의하면 참마는 총 6개 지역 Hg의 평균 함량이 대개 0.0001 mg/kg(0.1 µg/g을 환산) 이하로 검출되었다. 외국의 경우 채소류의 수은 함량을 보면 미국은 1964년

Table 5. Contents of Hg metal in root vegetables in Korea (mg/kg)

Metals	Samples	Mini	Maxi	Mean	SD
Hg	Radish	0.0014	0.0019	0.0016	0.0028
	Turnip	0.0002	0.0062	0.0021	0.0989
	Carrot	0.0016	0.0037	0.0023	0.0094
	Ginger	0.0008	0.0044	0.0022	0.0098
	Edible burdock	0.0007	0.0038	0.0023	0.0097
	Taro	0.0020	0.0049	0.0030	0.0019
	Chines yam	0.0013	0.0029	0.0022	0.0704
	East indian lotus	0.0007	0.0022	0.0017	0.1060
	Total	0.0087	0.0300	0.0174	

도에 0~0.02 mg/kg, 영국은 1967~68년도에 0.010~ 0.025 mg/kg, 일본은 1965년도에 0.03~0.06 mg/kg이 보고(Concon JM 1988)된 것과 비교하면 우리나라도 0.02~ 0.06 mg/kg 범위로 일본과 비슷한 것을 볼 수 있다(Lee SR, 1993). 그 결과 무의 경우, 1986년 태백 광산 지역의 봄무보다는 적고, Won *et al*(1995, 1996), Chung *et al*(2001)의 보고보다는 많이 나타났다. 또 당근의 경우는 0.0023 mg/kg (0.0016~0.0037)으로 Kim *et al*(1993)이나 Won *et al*(1995)과 비슷한 것을 볼 수 있다.

따라서 이는 앞서 언급한 바와 같이 토양의 종류나 지역에서 각 금속의 차이가 있는 것처럼 수온도 재배 지역에 따라, 본 연구에서도 차이가 있는 것으로 추정되나 전체 평균은 0.002 mg/kg으로 국내외적으로 비슷한 수준을 유지하고 있다.

2. 카드뮴(Cd: Cadmium)

카드뮴은 아연과 함께 공존한다. 카드뮴은 기구나 기계의 도금, 콘덴서, 건전지 제조, 도료 제조 등으로부터 오염과 납의 재련 시 생기는 폐수와 농작물의 재배 시 사용하는 비료(특히 인산비료 등)에서 오염되는 것으로 알려져 있다. 특히 일본에서 발생한 사건으로 통증과 골연화증을 일으키는 Itai itai병은 어패류와 쌀의 오염된 섭취로 유명하다(Lee SR 1993, Choi SY, 1995, Conor Reilly 1991).

본 연구의 결과에서 Cd의 평균 함량(최대함량)은 무의 경우 0.0022 mg/kg(0.0039), 순무는 0.0054 mg/kg(0.0084), 당근은 0.0113 mg/kg(0.0267), 생강은 0.0248 mg/kg(0.0402), 우엉은 0.0096 mg/kg(0.0248), 토란은 0.0117 mg/kg(0.0249), 마는 0.0012 mg/kg(0.0059) 그리고 연근은 0.0043 mg/kg(0.0075)으로 나타났고 전체 평균 함량은 0.0088 mg/kg(최소 0.0000~최대 0.0402)으로 나타났다.

Table 6. Contents of Cd metal in root vegetables in Korea (mg/kg)

Metals	Samples	Mini	Maxi	Mean	SD
Cd	Radish	0.0004	0.0039	0.0022	0.0020
	Turnip	0.0024	0.0084	0.0054	0.0009
	Carrot	0.0000	0.0267	0.0113	0.0101
	Ginger	0.0007	0.0402	0.0248	0.0158
	Edible burdock	0.0000	0.0248	0.0096	0.0135
	Taro	0.0015	0.0249	0.0117	0.0054
	Chines yam	0.0000	0.0059	0.0012	0.0050
	East indian lotus	0.0012	0.0075	0.0043	0.0035
	Total		0.0062	0.1423	0.075

이는 Lee SR(1993)가 정리한 내용을 비롯하여 구체적으로 살펴 보면 Hong & Park(1984)의 채소류 중 무(뿌리)의 경우 카드뮴의 평균치와 최고치는 기흥면 고속도로변이 각각 0.086 mg/kg, 0.139 mg/kg이고, 비교적 오염이 덜 됐다고 하는 수원시 천천동(泉川洞)이 각각 0.087 mg/kg, 0.093 mg/kg으로 나타났으며, Rhu *et al*(1986)의 고지대 토양의 금속 농도에서 봄무의 경우(selected vegetable의 mean values, mg/kg fresh weight) 카드뮴은 0.141(0.045) mg/kg, pH 5.6으로 보고되었고, 또 Cho, TW(1986)의 인천시 일원의 채소류는 평균치가 0.03 ppm으로, 무의 경우는 모두 불검출로 보고하고 있다. 국립보건원보의 Won *et al*(1995)에 의하면 무의 Cd은 평균 0.009 mg/kg(0.003~0.016), 당근의 Cd은 평균 0.014 mg/kg(0.001~0.041), 식품의약품안전청(1999)이 발표한 국내 농산물중 채소류에 함유된 Cd의 평균 함량은 0.016 mg/kg, Chung *et al*(2001)에 의하면 무의 Cd은 평균 0.012 mg/kg (0.003~0.032), 당근의 Cd은 평균 0.016 mg/kg (0.001~ 0.041)으로 나타났다. Cho *et al*(2001)은 한국인이 자주 먹는 대표 식단 총 116건 중 중금속 섭취량의 조사에서 총 식품 중에 검출된 Cd 함량은 불검출~6.4 mg/kg으로 보고되었다. 참마는 Jung *et al*(2002)에 의하면 전국 6개 지역 Cd의 평균 함량은 0.037 mg/kg이고, 그 중 제천 검체가 0.058 mg/kg으로 가장 높다. 2000년 호주나 뉴질랜드에서 채소의 잎, 괴경(tuber) 및 뿌리에 대한 카드뮴의 최대 허용 수준은 모두 0.1 mg/kg으로 규정되어 있다(Conor R 1991). 2002년 Jung *et al*(2002)은 한국(서울, 금산, 제천, 전주, 대구, 광주, 부산)의 7개 지역에서 유통 중인 국내산 천마를 채취하여 측정된 결과 Cd은 평균 0.0004 mg/kg(ND~0.0006){37.9 ng/g(ND~58.2)을 환산}을 볼 수 있다.

따라서 우리나라의 Cd의 수준은 앞서 이미 보고된 수치보다 다소 차이가 있으나 대부분 낮은 수준으로 Cd의 흡수는 토양의 오염 정도, 품종 등에 의해 기인된 것으로 생각된다.

3. 납(Pb: Lead)

납은 자연계에 널리 분포되어 있으며 지각에는 약 16 mg/kg, 토양에는 약 10 mg/kg이 된다고 하며, 납이 함유하여 있는 육상식물은 2.7 mg/kg이라고 한다. 납은 납 정련 공장, 납 판, 상수도형 납관, 활자 합금, 강통 등의 납땀 및 용접, 도료나 안료, 자동차의 anti-knocking, 축전지의 전극, 도자기의 유약, 총탄 등에 널리 사용되어 오염되고 있으며, 특히 농작물의 오염은 살충제 농약인 비산납 등이 토양을 오염시켜 축적되고 있다. 중독 시 적혈구의 헤모글로빈을 감소시켜 빈혈과 유기납의 경우는 중추신경계 장애를 유발하는 금속이다(Lee SR 1993, Choi SY 1995, Conor Reilly 1991).

본 연구 결과에서 Pb의 평균 함량(최대 함량)은 무의 경우

평균 0.0133 mg/kg(최대 : 0.0039), 순무 0.0079 mg/kg (0.0157), 당근 0.0134 mg/kg(0.0187), 생강 0.0556 mg/kg(0.1070), 우영 0.0110 mg/kg(0.0143), 토란 0.0210 mg/kg(0.0451), 마 0.0181 mg/kg(0.0407), 연근 0.0258 mg/kg(0.0434)으로 나타났고, 전체 근채류 평균 함량은 0.021 mg/kg(최소 0.0000~최대 0.1070)으로 나타났다.

이는 Lee SR(1993)가 정리한 내용을 비롯하여, 구체적으로 살펴보면 Ko *et al*(1972)은 경기도와 강원도 일원의 무에서 납이 평균 0.03 mg/kg, 범위는 0.01~0.05 mg/kg으로 검출되었고, Hong *et al*(1984)의 채소류 중 무의 경우 납의 평균치와 최고치는 경기도 기흥면 고속도로변이 각각 0.425 mg/kg, 0.477 mg/kg이고, 비교적 오염이 덜 됐다고 하는 수원시 천천동이 각각 0.455 mg/kg, 0.492 mg/kg으로 나타났다. Rhu *et al*(1986)의 보문에서 고지대토양에서의 중금속농도 중 납은 3.726 mg/kg(0.340)으로 보고되었고, Cho TW (1986)의 인천시 일원(공업지역, 주거지역, 그린벨트)의 채소류(6종)는 평균치가 0.47 mg/kg으로, 무는 평균 0.259 mg/kg(0.074~0.736)으로 보고되었다. 국립보건원보의 Won *et al* (1995)에 의하면 무의 Pb 평균은 0.009 mg/kg(0.002~0.019), 당근의 Pb 평균은 0.014 mg/kg(0.003~0.051), 식품의약품안전청(1999)이 발표한 국내 농산물중 채소류에 함유된 Pb의 평균 함량은 0.019 mg/kg, Chung *et al*(2001)에 의하면 무의 Pb 평균은 0.009 mg/kg(0.001~0.023), 당근은 평균 0.015 mg/kg(0.001~0.054)으로 나타났다. 2001년 Cho *et al*(2001)은 한국인이 자주 먹는 대표 식단 총 116건 중 중금속 섭취량의 조사에서 총 식품 중에 검출된 Pb 함량은 불검출~0.5 mg/kg으로 보고되었다. 우리나라의 「식품공전」에 식품별 납규격 중 채소 음료나 인삼 음료 등은 0.3 mg/kg 이하로 되어 있다. 2000년 호주나 뉴질랜드에서 채소중의 납의 최대 허용 기준

은 0.1 mg/kg으로 규정되어 있다(Conor R 1991). WHO/FAO의 합동식품규격위원회에서 “금속류에 대한 식품 중의 허용량”에서 납의 경우 0.1~2.0 mg/kg이 허용되어 있다(Choi SY 1995).

따라서 근채류의 납의 평균 함량이 0.021 mg/kg(최대 0.1070)으로 최근 식품의약품안전청(1999)이나 Chung(2001)이 발표한 것보다는 약간 높게 나타났다. WHO/FAO의 허용량인 0.1~2.0 mg/kg인 것보다는 상당히 안정된 수준인 것을 볼 수 있다.

4. 비 소(As: Arsenic)

비소는 지각(earth crust)의 황화합물로 많이 함유되어 있기 때문에 특히 토양, 물 및 동식물에 함유되어 있으나, 오염은 유리 제조, 황산 제조나 합금 및 염료 등의 화학 공업, 의약품 등과 특히 농산물에는 살충제 농약으로 비산납, 비산석회 등에 의해 잔류 오염으로 축적된다. 식물에 함유되어 있는 형태는 대부분 독성이 적은 유기 비소 형태로 알려져 있다. 일본에서는 비소에 오염된 분유에서 많은 사망자가 발생한 사건이 있다. 증상은 어느 때나 홍진 등의 피부 발진과 위장 증상 및 신경 증상도 수반된다(Lee SR 1993, Choi SY 1995, Conor Reilly 1991).

본 연구 결과에서 As의 평균 함량(최대 함량)은 무의 경우 평균 0.0230 mg/kg(최대 : 0.0460), 순무 0.0000 mg/kg(0.0000), 당근 0.0189 mg/kg(0.0889), 생강 0.0552 mg/kg(0.1096), 우영 0.0384 mg/kg(0.1034), 토란 0.0369 mg/kg(0.0986), 마 0.0405 mg/kg(0.1732), 연근 0.1166 mg/kg(0.1606)으로 나타났고, 전체 식품의 비소 평균 함량은 0.0401 mg/kg(최소 0.0000~최대 0.1732)으로 나타났다.

이는 Lee SR(1993)가 정리한 내용을 비롯하여, 구체적으

Table 7. Contents of Pb metal in root vegetables in Korea (mg/kg)

Metals	Samples	Mini	Maxi	Mean	SD
Pb	Radish	0.0124	0.0142	0.0133	0.0043
	Turnip	0.0000	0.0157	0.0079	0.0013
	Carrot	0.0051	0.0187	0.0134	0.0054
	Ginger	0.0133	0.1070	0.0556	0.1091
	Edible burdock	0.0073	0.0143	0.0110	0.0046
	Taro	0.0112	0.0451	0.0210	0.0244
	Chines yam	0.0140	0.0407	0.0181	0.0210
	East indian lotus	0.0159	0.0434	0.0258	0.0267
	Total	0.0792	0.1991	0.1661	

Table 8. Contents of As metal in root vegetables in Korea (mg/kg)

Metals	Samples	Mini	Maxi	Mean	SD
As	Radish	0.0000	0.0460	0.0230	0.0695
	Turnip	0.0000	0.0000	0.0000	-
	Carrot	0.0000	0.0889	0.0189	0.0619
	Ginger	0.0000	0.1096	0.0552	0.0466
	Edible burdock	0.0000	0.1033	0.0384	0.0989
	Taro	0.0000	0.0986	0.0369	0.0813
	Chines yam	0.0000	0.1732	0.0405	0.1124
	East indian lotus	0.0572	0.1606	0.1166	0.0623
	Total	0.0572	0.7802	0.3295	

로 살펴보면 Rhu *et al*(1986)은 고지대 토양의 중금속에서 봄무의 경우(selected vegetable의 mean values, mg/kg fresh weight) 비소는 0.441mg/kg(0.012), pH 5.6으로 보고되었다. Cho TW(1986)의 인천시 일원(공업지역, 주거지역, 그린벨트)의 채소(6종) 중 비소의 평균 함량은 0.003 mg/kg으로, 무의 경우는 모두 불검출된 것으로 보고되었다. 국립보건원보의 Won *et al*(1995)에 의하면 무의 As는 평균 0.015 mg/kg(0.006~0.036), 당근은 As 평균 0.012 mg/kg(0.002~0.028), 식품의약품안전청(1999)이 발표한 국내 농산물중 채소류에 함유된 As의 평균 함량은 0.015 mg/kg, Chung *et al*(2001)에 의하면 무 As 평균 0.015 mg/kg(0.001~0.04), 당근 As 평균 0.012 mg/kg(0.001~0.028)으로 나타났다. Cho *et al*(2001)은 한국인이 자주 먹는 대표 식단 총 116건 중 중금속 섭취량의 조사에서 총 식품 중에 검출된 As 함량은 불검출~7 mg/kg으로 보고되었다. WHO/FAO의 합동식품규격위원회에서 “금속류에 대한 식품 중의 허용량”에서 비소의 경우 1.0 mg/kg으로 되어 있다(Choi SY 1995).

따라서 근채류의 비소 평균 함량은 0.040 mg/kg(0.1732)으로 식품의약품안전청(1999)이 발표한 0.015 mg/kg 보다는 다소 높은 것을 볼 수 있으나 WHO/FAO의 허용량인 1.0 mg/kg 보다는 매우 안전한 수준에 있음을 볼 수 있다.

5. 아연(Zn: Zinc)

아연은 구리와 합금(놋쇠), 아연 도금 등에 많이 사용하였고, 70여종 이상의 효소에 필수 원소로 존재한다. 아연 결핍은 용혈성 빈혈, 고혈압 등을 일으킬 수 있다. 과일 섭취로 인한 아연열 등의 아연 중독은 드물지만 아연 도금한 판에 들어 있는 음료를 섭취하거나 아연 도금한 용기의 사용으로 위 및 장관 장애와 설사가 일어난다고 보고하고 있다(Choi

SY 1995).

본 연구 결과에서 Zn의 평균 함량(최대 함량)은 무의 경우 0.6445 mg/kg(0.7663), 순무는 1.3970 mg/kg(2.2148), 당근은 1.2634 mg/kg(2.2953), 생강 3.0438 mg/kg(5.9816), 우엉 3.5546 mg/kg(6.9319), 토란 1.8971 mg/kg(2.3555), 마 1.7179 mg/kg(2.5829), 연근 1.4022 mg/kg(2.4630)으로 나타났고, 전체 근채류 중 비소의 평균 함량은 1.865 mg/kg(최소 0.4186~최대 6.9319)으로 나타났다.

Hong & Park(1984)이 채소류 중 무 뿌리의 경우, 아연의 평균치와 최고치는 경기도 기흥면 고속도로변이 각각 4.98 mg/kg, 14.32 mg/kg이고 비교적 오염이 덜 됐다고 하는 수원시 천천동이 각각 6.15 mg/kg, 9.05 mg/kg으로 보고된 바 있다. Rhu *et al*(1986)의 보문에서 고지대 토양의 중금속 농도에서 봄무의 경우(selected vegetable의 mean values, mg/kg fresh weight) 아연 13.816 mg/kg(2.295), pH 5.6으로 보고되었다. 또 Cho TW(1986)은 인천시 일원(공업지역, 주거지역, 그린벨트)에 재배한 채소류(6종) 중 무는 아연이 평균 0.581 mg/kg(0.342~1.287)이 보고되었다. 국립보건원보의 Won *et al*(1995)에 의하면 무 Zn 평균 1.52 mg/kg(0.96~2.28), 당근 Zn 평균 2.05 mg/kg(1.11~4.47), Chung *et al*(2001)에 의하면 무 Zn 평균 1.39 mg/kg(0.66~3.52), 당근 Zn 평균 1.85 mg/kg(0.53~4.47)으로 나타났다. 농촌진흥청 간(2001) 「식품성분표」 제 6개정판에 의하면 생것에서 100 g당 왜무는 0.1 mg(1 mg/kg에 해당), 순무는 0.1 mg, 당근이 0.2 mg, 생강이 0.1 mg, 우엉은 0.8 mg, 연근이 0.3 mg으로 조사되었다. Cho *et al*(2001)은 한국인이 자주 먹는 대표식단 총 116건 중 중금속 섭취량의 조사에서 총 식품 중에 검출된 Zn 함량은 0~68 mg/kg으로 보고되었다. WHO/FAO의 합동식품규격위원회에서 “금속류에 대한 식품 중의 허용량”에서 아연의 경우 5.0 mg/kg(식품)으로 허용되어 있다(Choi SY 1995).

따라서 전체 근채류의 아연 평균 함량은 1.865 mg/kg(최대 6.9319)으로 Won *et al*(1995)이나 식품 성분표보다는 일반적으로 경미하게 높게 나타났으나 WHO/FAO의 허용량인 5.0 mg/kg보다는 낮은 안정된 수준에 있음을 볼 수 있다.

6. 구리(Cu: Copper)

구리는 고대로부터 기구나 용기 등으로 가장 많이 이용되어 왔고, 자연계에 널리 분포되어 있는 필수 금속으로 cytochrome oxidase, superoxide dismutase 등의 산화 효소를 비롯한 많은 효소의 구성 성분으로 되어 있다. 구리는 전열성이 좋아 전선, 동파이프, 가열 장치 소재, 합금 용기 등에 널리 사용으로 인해 환경을 오염시키고 있다. 구리 결핍 시 헤모글로빈 합성의 결손은 저색소성 빈혈을 나타내나, 구리가 과량 섭취되면 구토, 설사, 복통, 두통, 경련 및 혼수, 황달 등을 일으킨다(Choi SY 1995).

Table 9. Contents of Zn metal in root vegetables in Korea (mg/kg)

Metals	Samples	Mini	Maxi	Mean	SD
Zn	Radish	0.5227	0.7663	0.6445	0.2815
	Turnip	0.5791	2.2148	1.3970	0.0872
	Carrot	0.4186	2.2953	1.2634	0.6257
	Ginger	1.0152	5.9816	3.0438	1.0935
	Edible burdock	1.8264	6.9319	3.5546	2.6521
	Taro	1.3136	2.3555	1.8971	0.4605
	Chines yam	1.5286	2.5829	1.7179	0.5019
	East indian lotus	0.8163	2.4630	1.4022	1.2547
	Total		8.0205	25.5913	14.9205

본 연구 결과에서 Cu의 평균 함량(최대 함량)은 무의 경우 0.2313 mg/kg(0.2404), 순무 0.2731 mg/kg(0.3404), 당근 0.2606 mg/kg(0.3331), 생강 0.8745 mg/kg(2.2781), 우엉 1.7650 mg/kg(4.0172), 토란 0.6783 mg/kg(0.8300), 마 0.3602 mg/kg(0.3902), 연근 0.7404 mg/kg(1.2208)으로 나타났고, 전체 근채류의 구리 평균 함량은 0.648 mg/kg(최소 0.1826~최대 4.0172)으로 나타났다.

Hong *et al*(1984)은 채소류 중 무 뿌리의 경우, 구리의 평균치와 최고치에 대해 경기도 기흥면 고속도로변은 각각 0.274 mg/kg, 0.436 mg/kg이고 비오염 지역으로 보는 수원시 청천동은 각각 0.455 mg/kg, 0.492 mg/kg으로 오히려 더 높은 수치를 볼 수 있다. Rhu *et al*(1986)의 보문에서 고지대 토양의 중금속 농도에서 봄부의 경우(selected vegetable의 mean values, mg/kg fresh weight) 구리는 2.585 mg/kg(0.470), pH 5.6으로 보고되었다. '86년 Cho TW (1986)은 인천시 일원(공업지역, 주거지역, 그린벨트)에서 채소류(6종)중 무의 경우 구리는 평균 0.091 mg/kg(0.067~0.141)으로 보고된 바 있다. 국립보건원보의 Won *et al*(1995)에 의하면 무의 Cu 평균은 0.21 mg/kg(0.06~0.43), 당근의 Cu 평균은 0.42 mg/kg(0.16~0.82), 2001년 Chung *et al*(2001)에 의하면 무 Cu 평균은 0.20 mg/kg(0.06~0.56), 당근의 Cu 평균은 0.37 mg/kg(0.13~0.82)으로 나타났다. Cho *et al*(2001)은 한국인이 자주 먹는 대표식단 총 116건 중 중금속 섭취량의 조사에서 총 식품 중에 검출된 Cu 함량은 불검출~9.9 mg/kg으로 보고되었다. 농촌진흥청 간 (2001) 「식품성분표」 제 6개정판에 의하면 생것에서 100 g당 왜무는 0.02 mg, 순무는 0.03 mg, 당근은 0.04 mg, 생강은 0.06 mg, 우엉은 0.21 mg, 연근은 0.09 mg으로 조사되었다. 1981년 미국영양학협회(American Dietetics Association)의 데이터(Handbook of Clinical Dietetics)에서

조사된 당근의 구리는 0.08 mg/kg fresh wt으로 보고된 바 있다. 또 WHO/FAO의 합동 식품규격위원회에서는 “금속류에 대한 식품 중의 허용량”에서 구리의 경우 0.1~50 mg/kg(식품)의 범위로 허용되어 있으나 50 mg/kg까지 높은 것은 코코아나 초콜릿에 본래 구리 함량이 많은 것을 감안한 것이다(Choi SY 1995).

따라서 전체 근채류의 구리 평균 함량은 0.648 mg/kg(최대 4.0172)이지만 Won *et al*(1995)이나 Chung *et al*(2001)과 약간 높게 나타났으나 WHO/FAO의 허용량과 비교해 볼 때 매우 낮은 수준의 범위에 머물러 있는 것을 볼 수 있다.

7. 크롬(Cr: Chrome)

크롬은 자연계에서 Cr³⁺과 Cr⁶⁺의 화합물로 존재하며 합금, 도금, 염료 및 페인트, 피혁 가공, 촉매제, 세라믹, 시멘트, 유리 산업, 요업 등의 산업에 사용으로 인해 환경에 오염되어 왔으며, 현재 타이어 제조 시에도 사용되어지는 것으로 알려져 있다. 과량 섭취하면 증상은 알레르기성 피부염, 결막염, 피부 궤양증 등을 유발시킨다(Choi SY 1995).

본 연구 결과에서 Cr의 평균 함량(최대 함량)은 무의 경우 0.0863 mg/kg(0.1315), 순무는 0.0322 mg/kg(0.0421), 당근 0.0331 mg/kg(0.0683), 생강 0.0966 mg/kg(0.2258), 우엉 0.1047 mg/kg(0.1631), 토란 0.4091 mg/kg(1.2030), 마 0.0387 mg/kg (0.0961), 연근 0.1912 mg/kg(0.3371)으로 나타났고 근채류의 크롬 평균함량은 0.121 mg/kg(최소 0.0132~최대 1.2030)로 나타났다.

8. 망간(Mn: Manganese)

망간은 인간에 있어서 필수 미량 금속으로 인산화 반응, 콜레스테롤과 지방산 합성에 관여하는 효소의 보조인자로서

Table 10. Contents of Cu metal in root vegetables in Korea (mg/kg)

Metals	Samples	Mini	Maxi	Mean	SD
Cu	Radish	0.2223	0.2404	0.2313	0.0760
	Turnip	0.2057	0.3404	0.2731	0.0428
	Carrot	0.1826	0.3331	0.2606	0.0801
	Ginger	0.3380	2.2781	0.8745	0.0223
	Edible burdock	0.5191	4.0172	1.7650	1.9908
	Taro	0.3458	0.8300	0.6783	0.2963
	Chines yam	0.3079	0.3902	0.3602	0.1176
	East indian lotus	0.4058	1.2208	0.7404	0.3709
	Total		2.5272	9.6502	5.1834

Table 11. Contents of Cr metal in root vegetables in Korea (mg/kg)

Metals	Samples	Mini	Maxi	Mean	SD
Cr	Radish	0.0410	0.1315	0.0863	0.0857
	Turnip	0.0222	0.0421	0.0322	0.0262
	Carrot	0.0160	0.0683	0.0331	0.0531
	Ginger	0.0364	0.2258	0.0966	0.1687
	Edible burdock	0.0444	0.1631	0.1047	0.0600
	Taro	0.0342	1.2030	0.4091	0.1364
	Chines yam	0.0132	0.0961	0.0387	0.0433
	East indian lotus	0.0234	0.3371	0.1912	0.2942
	Total		0.2308	2.2670	0.9919

Table 12. Contents of Mn metal in root vegetables in Korea (mg/kg)

Metals	Samples	Mini.	Maxi.	Mean	SD
Mn	Radish	0.2781	0.6279	0.4530	0.1882
	Turnip	0.2078	1.5926	0.9002	0.0204
	Carrot	0.0283	3.0401	1.4766	1.0078
	Ginger	0.0477	6.3211	6.2461	0.1837
	Edible burdock	1.0480	5.7790	2.6791	2.3497
	Taro	0.8234	2.0939	1.5758	0.5520
	Chines yam	0.2887	1.5457	0.5600	0.5256
	East indian lotus	6.8642	10.0468	7.9525	1.2733
	Total		9.5862	31.0471	21.8433

자연계의 채소류, 곡류 등에 널리 분포되어 있으며, 합금, 건전지, 전선, 세라믹, 성냥, 유리, 염료, 비료, 용접봉, 산화제, 사료첨가물 등에 사용된다. 반면 망간은 다량 흡입되거나 만성중독이 되면 중추 신경 장애와 더불어 간경화도 일으킨다 (Choi SY 1995).

본 연구 결과에서 Mn의 평균 함량(최대 함량)은 무의 경우 0.4530 mg/kg(0.6279), 순무는 0.9002 mg/kg(1.5926), 당근 1.4766 mg/kg(3.0401), 생강 6.2461 mg/kg(3.2113), 우엉 2.6791 mg/kg(5.7790), 토란 1.5758 mg/kg(2.0939), 마 0.5600 mg/kg (1.5457), 연근 7.9525 mg/kg(10.0468)으로 나타났고, 전체 근채류의 망간 평균함량은 2.730 mg/kg(최소 0.0477~최대 10.0468)으로 나타났다.

국립보건원보의 Won *et al*(1995)에 의하면 무 Mn 평균 1.26 mg/kg(0.21~3.71)으로 보고된 바 있고, 당근 Mn 평균 0.90 mg/kg(0.27~2.63)으로 보고되었으며, Chung *et al*(2001)에 의하면 무 Mn 평균 1.48 mg/kg(0.17~3.78), 당근 Mn 0.79 mg/kg(0.25~2.63)인 것을 볼 수 있다. 판 농촌진흥청 간 (2001) 「식품성분표」 제 6개정판 제 2권에 의하면 생 것에서 100 g당 왜무는 (0.1) mg(1 mg/kg에 해당), 당근은 0.2 mg, 우엉은 (34.0) mg, 연근은 (0.3) mg으로 조사되었다.

따라서 근채류의 망간 평균 함량은 2.730 mg/kg(최소 0.0477~최대 10.0468)으로 기존의 보고된 Won *et al*(1995)이나 Chung *et al*(2001)보다는 다소 높은 편에 속한다.

요약 및 결론

국내 시판 중인 1년생 근채류 8종 30건에 대해 중금속 함량을 조사·분석하였다. 유도 결합 플라즈마 분광기(ICP), 원자 흡광 광도계(AAS) 및 수은 분석기(Mercury analyzer) 등을 이용하여 Hg, Cd, Pb, As, Zn, Cu, Cr, Mn의 함량을 분석

한 결과는 다음과 같다. 전체 근채류의 평균 함량과 최소~최대함량[(mean)(mini-maxi), mg/kg]은 Hg의 경우 0.0019 mg/kg (Min 0.0002~Max 0.0062), Cd은 0.0088 mg/kg(불검출~0.0402), Pb은 0.021 mg/kg(불검출~0.1070), As는 0.0401 mg/kg(불검출~0.1732), Zn은 1.865 mg/kg(0.4186~6.9319), Cu는 0.648 mg/kg(0.1826~4.0172), Cr은 0.121 mg/kg(0.0132~1.2030), Mn은 2.730 mg/kg(0.0477~10.0468)으로 나타났고, Hg의 경우는 국내에서 기이 보고된 수준과 비슷하나 Cd은 낮았고, Pb, As, Zn, Cu, Mn는 근소하게 많이 검출되었다. 그러나 WHO/FAO에서 Hg과 Cd은 아직 규정되지 않았지만 규정된 수치인 Pb : 0.1~2.0 mg/kg, As : 1.0 mg/kg, Zn : 5.0 mg/kg, Cu : 0.1~50 mg/kg보다는 매우 안정된 수준이하의 범위에 존재함을 알 수 있다.

감사의 글

이 논문은 한양여자대학 2003년 1기 교내연구비에 의해 수행되었음을 감사드립니다.

문헌

- Cho TW (1986) A study on the heavy metal contents in vegetables in InChon Area InChon City, Institute of Health. *Korean J Env Hlth Soc* 12: 55-61.
- Cho YH, Moon JS, Chung MS, Park SH, Kim WS, Woo SM, Kye SH, Kim CI, Kim BH, Lee HS (2001) Dietary intakes and risk assessments of heavy metals in Korean foods. Korea Health Industry Development Institute. The Annual Report of KFDA 5: 788-789.
- Choi SY (1995) Contamination of Food, Ulsan University Publishing Department. Ulsan. p 18-20, 196-228.
- Chung SY, Kim MH, Sho YS, Won KP, Hong MK (2001) Trace Metal contents in vegetables and their safety evaluations. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30: 32-36.
- Concon Jose M (1988) Food Toxicology(in two parts), PART B : Contaminations and additives, chapter 18, Iarcel Dekker, Inc. NewYork. p 1033-1073.
- Conor Reilly (1991) *Metal contamination of food*, 3rd ed., Blackwell Science Ltd, Australia. pp. 5-11, 40-76, 81-188.
- Hong SU, Park SH (1984) Studies on the pollution of heavy metal in soil and vegetable. *Korean J Env Hlth Soc* 10: 33-45.
- Jung RS, Sin DW, Sim Y, Lee JH, Kim SE, Joo IS, Kang SK, Kim KH, Kim HJ, Heo OS, Bang OG (2002) Monitoring hazardous metals of natural medicines. *The Annual*

- Report of Korea Food & Drug Administration* 6: 694-704.
- Kim KS, Kim CM, Sho YS, Seo SC, Jung SY, You SY, Song KH, Kim JS, Lee HB (1994) Study on the trace metal contents in food-on the trace metal contents of cereals, pulses and potatoes in Korea. *The Report of National Institute of Health* 31: 437-449.
- Kim KS, Lee JO, Sho YS, Seo SC, Chung SY, Yoo SY, Song KH, Son YW, Lee HB, Kwon WC (1992) Study in the trace metal contents in food. *The Report of National Institute of Health*, Korea 30: 365-377.
- Kim KS, Lee JO, Sho YS, Seo SC, Chung SY, You SY, Song KH, Son YW, Lee HB, Kwon WC (1993) Study on the trace metals contents in food-On the trace metals contents of vegetables and fruits produced in Korea-. *The Report of National Institute of Health* 30: 366-377.
- Kim MC, Shim KH, Chung DH, Cho KT (1980) Heavy metal contents in different bran layers of rice. *J Korean Agricultural Chemistry Soc* 23: 141-148.
- Kim MH, Chang MI, Chung SY, Sho YS, Hong MK (2000) Trace metal contents in cereals, pulses and potatoes and their safety evaluations. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 29: 364-368.
- Kim SJ, Ryang HS (1985) Studies on the heavy metals in paddy rice and soils in Jang-hang Smelter. *J Korean Soc Soil Sci Fert* 18: 336-347.
- Ko IS, Ro CB, Song C, Kwon HH, Kim KS, Chung KH, Joo CB (1972) Investigation on harmful trace elements in food (1). *Report of NIH*, Korea 9: 389-406.
- Ko IS, Ro CB, Song C, Kwon HH, Kim KS, Chung KH, Yun KB, Yoo BC (1973) Investigation on harmful trace elements in food. *The Report of National Institute of Health Korea* 10: 437-453.
- Korea Food & Drug Administration (1999) *Foods and heavy metals, -Are the safety of heavy metals in food ever in Korea-*. Seoul. Woozin publishing Co. p 14-15.
- Lee DG, Lim GT (1977) Heavy metals in the rice and rice paddy soil of Kyung Nam district. *J Korean Soc Food Nutr* 6: 73-79.
- Lee DS (1967) Studies on organo-mercury residues in rice grain. *J Korean Agricultural Chemistry Soc* 8: 87-100.
- Lee HM, Lim CJ, Yoon EK, Kim JW, Choi SN, Kim HM, Kim PY (2000) Risk assessment on cadmium in foods, *The Annual Report of Korea Food & Drug Administration* 4: 67-77.
- Lee JK, Won KP, Lee TS, Kim HH, Kim OH, Song CI (1979) Study on trace elements in rice. *The Report of National Institute of Health*. Korea 16: 435-439.
- Lee SK, Youn JE, Lee SH, Hur YH, Lee BO (1976) Studies on the contents of the trace elements in vegetables. *Korean J Env Hlth Soc* 5: 13-16.
- Lee SR (1993) *A Study for Food Safety*. Ehwa University Publishing Department. Seoul. p 142-184.
- National Rural Living Science Institute, R.D.A. (2001) *Food Composition Table, Sixth Revision, Vol. 2*. Suwon.
- Rhu HI, Kim IK, Kim HY, Jun SH (1986) Survey on the contamination of the hazardous substances in the agricultural land and the agricultural products. *Report of NIER Korea* 8: 231-240.
- Rhu HI, Suh YS, Yoon SH, Lee MH, Yu SJ, Hur SN, Kim SY (1988) A study on the natural contents of heavy metals in paddy soil and brown rice in Korea. *The Report of National Institute of Environmental Research Korea* 10: 155-163.
- Suh YS, Moon HH, Kim IK, Kim HY, Jeon SH (1982) A study on the content of heavy metals in soils of riversides. *Report of National Environmental Protection Institute* 4: 199.
- Suh YS, Moon HH, Kim IK, Kim HY, Jeon SH, Chi DH (1982) A study on the background content of heavy metals in paddy soil. *Report of National Environmental Protection Institute* 4: 189-198.
- UNEP/FAO/WHO (1992) *The Contamination of Food*, UNEP. Nairobi. p 6.
- Whang JB, Huh WD, Shin DB, Ha JH, Lee YS, Kwon JM (2000) Elaboration of heavy metal criteria for natural medicines. Korea Food Research Institute. *The Annual Report of Korea Food & Drug Administration* 4: 633-634.
- Won KP, Kim CM, Sho YS, Seo SC, Chung SY, You SY, Song KH, Kim JS, Kim HD, Kim KS (1995) The study on the trace metal contents in food -On the trace metals contents of cereals, pulses, potatoes, vegetables and fruits in Korea-. *The Report of National Institute of Health* 32: 456-469.
- Won KP, Kim NK, Sho YS, Chung SY, Yun HK, Kim HD, Chang MI (1996) A monitoring study on the trace metal contents in foods- The trace metal contents of agricultural products(cereals, legumes, root crops, vegetables and fruits) grown in Korea-. *The Annual Report of Korea Food & Drug Administration* 1: 58-70.
- (2005년 6월 14일 접수, 2005년 8월 9일 채택)