pISSN 1229-1153 *J. Fd Hyg. Safety*
Vol. 27, No. 4, pp. 456~460 (2012)

**Journal of Food Hygiene and Safety**
Available online at http://www.foodhygiene.or.kr

# 국내 유통 중인 채소류의 중금속 모니터링

**고명진[1,2]* · 이진하[3] · 박은희[1] · 박상욱[1] · 김인경[1] · 지영애[1]**
[1]광주지방식품의약품안전청, [2]전남대학교 대학원 환경공학과
[3]식품의약품안전평가원 식품위해평가부 영양기능식품연구팀

# Monitoring of Heavy Metals in Vegetables in Korea

Myoung Jin Go[1,2]*, Jin Ha Lee[3], Eun Heui Park[1], Sang Wook Park[1], In Kyung Kim[1], and Young Ae Ji[1]
[1]*Gwangju Regional Food and Drug Administration, Gwangju, Korea*
[2]*Chonnam University Graduate school, Department of Environmental Engineering, Gwangju, Korea*
[3]*National Institute of Food and Drug Safety Evaluation, Nutrition and Functional Food Research, Food Safety Evaluation Department, Cheongwon-gun, Chungcheongbuk-do, Korea*
(Received October 11, 2011/Revised March 10, 2012/Accepted August 14, 2012)

**ABSTRACT** - This study was carried out as a survey on the level of lead (Pb), cadmium (Cd), arsenic (As) and mercury (Hg) in 5 items of agricultural products (lettuce, pumpkin, head lettuce, cabbage and crown daisy) for which safety guidelines are not yet established in Korea. The 407 samples were collected from local markets in 9 regional places and the levels of metals were measured by ICP-MS and mercury analyzer. The average levels of Pb, Cd, As and Hg were 0.026, 0.018 ,0.008 and 0.003 mg/kg for lettuce, 0.002, 0.001, 0.001 and 0.0006 mg/kg for pumpkin, 0.002, 0.005, 0.001 and 0.0005 mg/kg for head lettuce, 0.001, 0.002, 0.0002 and 0.0006 mg/kg for cabbage and 0.022, 0.014, 0.006 and 0.004 mg/kg for crown daisy. For risk assessment, the daily dietary exposures of Pb, Cd and Hg by intake of these agricultural products were calculated and compared with PTWI (provisional tolerable weekly intake) established by JECFA. The daily dietary exposure of heavy metals by intake of these agricultural products were 0.13, 0.56 and 0.09% of PTWI, respectively. These monitoring results will be utilized as fundamental data for the establishment of Korean standards of Pb, Cd, As and Hg in 5 items of agricultural products and valuable source for DB construction for science-based safety control of heavy metals in foods including agricultural products.

**Key words:** lead, cadmium, arsenic, mercury, ICP-MS

농산물의 중금속 오염은 각종 산업 활동으로 발생되는 다량의 폐기물과 폐수로 인한 토양의 오염 및 대기의 분진이 주오염원으로 알려져 있고, 과수원이나 시설재배 토양은 논토양과 밭토양에 비해 폐수나 분진보다 불량퇴비 유입과 농약, 비료 등의 농업자재 과다사용이 토양 내 중금속 함량 증가의 주원인인 것으로 알려져 있다[1].

중금속은 유기물이나 영양염류와 달리 자연분해 및 미생물에 의한 분해가 어렵고, 토양 중의 무기 성분들에 흡착되거나 유기물과 배위 공유 결합하여 용해도가 낮은 화합물로 안정화되기 때문에 토양 내에 유입되어 축적되면 식물의 생육장해는 물론 직간접으로 사람과 가축에게도 피해를 준다[2]. 이러한 중금속은 극히 미량일지라도 인체의 기능을 저해할 수 있는 유해금속 (카드뮴, 비소, 수은, 납, 크롬, 니켈 등)과 발암성 · 돌연변이성의 측면에서 유전자에 영향을 미치는 유전독성금속 (카드뮴, 코발트, 크롬, 망간, 니켈 등)으로 구별할 수 있다. 이 중 수은, 납, 카드뮴, 비소 등은 생체성분과의 친화성이 커서 식품 등에 축적되기 쉬울 뿐 아니라 생물에서의 필요성이 전혀 밝혀져 있지 않고 오히려 유해하며 그 자체로 독성을 가지고 있을 뿐만 아니라 축적성도 가지고 있어서 먹이 연쇄에 의해 장기간 지속적으로 섭취하게 되면 체내 독성을 유발할 우려가 있다[5-6].

이에 따라 농산물 안전성과 관련된 국제기구 및 세계 여러 국가들에서는 중금속에 대한 규제기준을 강화하고 지속적으로 이를 관리하고자 노력하고 있다. 1974년 FAO/WHO 합동회의에서 감시대상이 되는 화학적 오염물질 중 특히 중금속 오염물질로서 납, 카드뮴, 비소, 수은 등을 우선 순위로 다루기 시작하면서 세계 각국에서는 이러한 식품오염물질의 현황조사와 방지대책 수립에 관심을 갖기

*Correspondence to: Myoung Jin Go, Gwangju Regional Food and Drug Administration, Gwangju, Korea
Tel: 82-62-602-1509, Fax: 82-62-602-1440
E-mail:earthsafer@korea.kr

시작하였다. 특히 UNEP (United Nations Environment Programme)의 일환으로 실시된 FAO/WHO 합동 식품오염물질 모니터링 사업은 세계 각국의 식품에 함유된 중금속을 비롯한 다양한 오염물질의 함량 자료를 수집, 평가하여 이에 대한 지침을 전파함으로써 적절한 식품규제나 관리방법을 수립하는데 도움을 주고 있다. 또한 이러한 정보들은 FAO/WHO 국제 합동 식품규격위원회(The Joint FAO/WHO Codex Alimentarius Commission)에 제공되어 식품 중 오염물질의 국제규격 설정 시 기초 자료로 활용되고 있다. 유럽연합(EU)과 미국의 FDA (Food and Drug Administration) 및 EPA (Environmental Protection Agency)에서도 중금속의 허용권고 기준을 계속적으로 강화하고 있다[3,4,7]. 따라서, 본 연구는 농산물 품목별 중금속 기준・규격을 확대하기 위한 과학적 근거 자료를 마련하고 국내 유통 농산물의 안전성 자료를 확보하기 위해, 기준・규격이 설정되어 있지 않은 국민 다소비 농산물 5품목 (상추, 호박, 양상추, 양배추, 쑥갓)을 대상으로 납, 카드뮴, 비소, 수은 함량을 조사하고, 이를 토대로 위해평가를 실시하여 각 농산물의 안전성을 평가하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 실험재료

국내에서 유통되는 농산물 중 기준・규격이 설정되어 있지 않은 상추, 호박, 양상추, 양배추, 쑥갓 5종을 대상으로 지역별 생산량을 조사하여 수거량을 결정한 후 서울, 경기, 충청 (대전), 경북 (대구), 경남 (부산), 전남 (광주), 전북, 강원 지역의 대형할인매장과 농산물 도매시장에서 총 407건의 시료를 구입하였다. 시료채취는 분석의 대표성과 공정한 검사를 위하여 식품공전 식품별 검체 채취방법 중 농,임산물 채취방법에 따라 수행하였다[8](Table 1).

### 시약 및 초자

분해용 시약으로는 유해중금속 측정용 60% 질산(Junsei, Japan)과 30% 과산화수소수(Wako, Japan)를 사용하였고, 실험에 사용되는 모든 물은 3차 증류수를 사용하였다. 모든 실험초자는 10% 질산에 24시간 침지 후 3차 증류수로 깨끗하게 씻어 사용하였다. ICP-MS 분석을 위한 표준액은 Multi-element ICP-MS Calibration Std.3 (Walthanm) 10 μg/mL 제품을 0.5% 질산(v/v, in H2O)으로 희석하여 사용하였고 수은분석을 위한 표준용액은 수은(Merck, USA) 1,000 μg/mL를 0.5% 질산에 희석하여 사용하였다.

### 시료의 전처리 및 분석

채취된 시료는 식품공전 농산물 내의 중금속 시험법에 따라 증류수로 깨끗이 세척한 후 가식부를 분리하여 균질기(HMF-340, Hanil, Seoul, Korea)를 이용하여 균질화한 다음 폴리에틸렌 용기에 담아 냉동 보관 후 실험 전에 해동하여 사용하였다.

납, 카드뮴 및 비소분석을 위한 시료의 분해는 microwave 분해법을 이용하였다. 100 mL PTFE vessel에 시료 약 2 g을 취하고 질산 8 mL, 과산화수소수 2 mL을 넣고 microwave digester (IT/ETHOS Touch Control, Milestone, Vergamo, Italy)를 사용하여 1000 W로 15분 동안 150°C 까지 온도 상승 후 추가로 15분 동안 200°C까지 온도를 상승시키는 조건으로 분해하였다. 분해된 시험용액은 질산을 모두 휘발시키고 0.5% 질산으로 20배가 되게 희석하여 여과한 후 시험용액으로 사용하였다. 중금속 측정 기기로 ICP-AES, ICP-MS 및 AAS-Graphite가 제시되어 있으나 이들 중 ICP-MS가 시료의 matrix 효과를 최소화하기 용이하고 감도도

**Table 2.** The operation condition for ICP-MS

| Parameter | Value |
|---|---|
| Nebulizer | Cross flow type |
| Spray chamber | Scott type |
| RF generator | 1500 W |
| Plasma gas flow (Ar) | 19 L/min |
| Nebulizer gas flow (Ar) | 0.95~1.05 L/min |
| Auxiliary gas flow (Ar) | 1.2 L/min |
| Sampler cone | Nickel, i.d.:1.1 mm |
| Skimmer cone | Nickel, i.d.:0.9 mm |
| Data acquisition | Dwell time 50ms, reading/ replicates 3 |
| Analytical masses | $^{75}$As, $^{111}$Cd, $^{208}$Pb |
| Analytes and measurement mode | Standard mode (without reaction gas) |

**Table 1.** The place of origin of agricultural products collected from Korean market

| Agricultural products | Region | | | | | | | | | | | Sum |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Imported | Domestic* | Gyeonggi | Gyungnam | Gyungbuk | Chungnam | Chungbuk | Jeonnam | Jeonbuk | Gangwon | Jeju | |
| Lettuce | 0 | 0 | 51 | 7 | 10 | 14 | 7 | 2 | 14 | 9 | 0 | 114 |
| Pumpkin | 3 | 0 | 13 | 19 | 14 | 13 | 11 | 24 | 5 | 11 | 2 | 115 |
| Head lettuce | 1 | 3 | 1 | 13 | 5 | 2 | 3 | 7 | 1 | 22 | 0 | 58 |
| Cabbage | 0 | 8 | 1 | 0 | 2 | 6 | 3 | 6 | 2 | 13 | 13 | 54 |
| Crown daisy | 0 | 0 | 44 | 5 | 2 | 1 | 5 | 6 | 1 | 2 | 0 | 66 |

*Unconfirmed agricultural products of detailed origin among the domestics

**Table 3.** The condition of mercury analyzer

| Drying temp. | Drying time | Decomp. temp. | Decomp. time | Purse time | Amalgam. time | Record time |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 200ºC | 150 s | 700ºC | 180 s | 60 s | 12 s | 30 s |

가장 우수하므로[10-12] 본 연구에서는 ICP-MS (ERAN DRCe, Perkin-Elmer, Branford, CT, USA)를 이용하여 측정하였고, 기기조건은 Table 2 와 같다.

수은은 균질화한 시료 약 0.1 g을 수은분석기(mercury analyzer, DMA 80, Milestone)에 주입하여 가열기화금아말감법으로 측정하였으며 분석조건은 Table 3 과 같다.

## 결과 및 고찰

### 회수율

납, 카드뮴, 비소, 수은의 회수율은 표준액첨가법과 인증표준물질을 이용하여 분석하였다.

회수율 측정을 위해 시료에 인위적으로 첨가한 표준용액의 농도는 각 대상 농산물의 Codex 및 EU의 최대허용기준(MLs)과 이의 1/10에 해당하는 양으로, 서로 다른 두 농도를 첨가함으로써 비교적 높은 농도와 낮은 농도일 때의 회수율을 비교하고자 하였다. 인증표준물질로는 한국표준과학연구원(KRISS)에서 구입한 원소분석용 쌀분말(108-01-001)을 이용하였다. 표준액첨가법과 인증표준물질을 이용한 회수율 측정결과는 Table 4, 5 와 같다.

### 검출한계 및 정량한계

납, 카드뮴 및 비소의 검량선은 0.5~10 μg/L 사이의 농도에서 $R^2$ 값이 0.9999이상으로 나타나 우수한 직선성을 보여주었고, 수은의 검량선은 0.1~2 ng 사이의 농도로 $R^2$ 값이 0.999이상의 직선성을 보여주었다.

검출한계와 정량한계는 각각 3:1, 10:1의 S/N 비를 사용하였으며, 희석배수를 감안하여 계산한 결과 검출한계는 납 0.12 μg/kg. 카드뮴 0.02 μg/kg, 비소 0.12 μg/kg 이었고, 정량한계는 납 0.42 μg/kg. 카드뮴 0.06 μg/kg, 비소 0.42 μg/kg 였다. 수은의 검출한계는 0.02 ng, 정량한계는 0.07 ng의 결과를 나타냈다.

### 채소류 중 중금속 함량

#### 납(Pb) 함량

인체에 유해한 대표 중금속인 납은 주변 환경에 쉽게 노출이 가능한 물질로 섭취 시 신경계 및 빈혈을 유발하는 것으로 알려져 있다. 이번 조사된 대상 채소류 중 납의 함량은 N.D.~0.131 mg/kg 의 분포를 이루었다. 시료의 납 평균함량은 상추 0.026 mg/kg, 호박 0.002 mg/kg, 양상추 0.002 mg/kg, 양배추 0.001 mg/kg, 쑥갓 0.022 mg/kg 수준이었고 김 등[14]의 보고 (채소류 0.201 mg/kg)와, Jung 등[15]의 보고 (상추 0.175 mg/kg) 보다 낮았으며, 가장 높은 납 함량을 보인 상추의 경우는 Codex의 엽채류 허용기준 (0.3 mg/kg)의 1/10 수준임을 알 수 있었다.

**Table 4.** Determination of Pb, Cd and As in the CRMs

| Element | Rice flour (natural) KRISS* 108-01-001 (n = 9) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Certified value (mg/kg) | Determined value (mg/kg) | Recovery (%) | %RSD |
| Pb | (0.027)** | 0.026 ± 0.001 | 95.7 | 2.6 |
| Cd | 0.031 ± 0.002 | 0.029 ± 0.001 | 92.9 | 2.1 |
| As | 0.300 ± 0.010 | 0.312 ± 0.008 | 103.9 | 2.5 |

*Korea Research Institute of Standards and Science
**( ) - Reference value

**Table 5.** Results of spiking test for Pb, Cd, As and Hg in various agricultural products

| Element | Spiking conc. (μg/kg) | Measured conc.(μg/kg) (n = 3) | | | | | Recovery range (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Lettuce | Pumpkin | Head lettuce | Cabbage | Crown daisy | |
| Pb(μg/kg) | 20 | 19.1 ± 0.5 | 19.9 ± 0.2 | 18.8 ± 0.3 | 19.6 ± 0.1 | 20.2 ± 0.3 | 89.7~100.9 |
| | 200 | 183.9 ± 2.9 | 89.7 ± 0.4 | 181.7 ± 1.6 | 185.4 ± 1.0 | 179.9 ± 2.7 | |
| Cd(μg/kg) | 20 | 18.1 ± 0.3 | 18.8 ± 0.4 | 19.6 ± 0.2 | 20.5 ± 0.4 | 19.6 ± 0.4 | 86.0~102.3 |
| | 200(100)* | 172.1 ± 1.7 | 98.9 ± 0.3 | 180.0 ± 0.3 | 180.1 ± 1.3 | 177.7 ± 2.0 | |
| As(μg/kg) | 20 | 21.2 ± 0.2 | 18.6 ± 0.2 | 20.4 ± 0.4 | 20.2 ± 0.0 | 18.8 ± 0.3 | 93.2~106.2 |
| | 200 | 198.9 ± 6.4 | 106.2 ± 0.4 | 192.6 ± 1.1 | 197.1 ± 2.1 | 188.8 ± 0.9 | |
| Hg(ng) | 20 | 21.0 ± 0.5 | 20.4 ± 0.4 | 20.1 ± 0.4 | 20.1 ± 0.8 | 19.5 ± 0.4 | 97.3~105.2 |

*Spiking conc. of Pumpkin

### 카드뮴(Cd) 함량

카드뮴은 주로 아연을 제련하는 공정에서 배출되며, 도자기 착색원료, 합성수지 제조공정, 건전지 제조 등 다양한 산업에 이용되며, 수질 및 토양에 농축되어 오염되는 것으로 알려져있다. 일본의 이타이이타이병을 일으키는 원인물질로 잘 알려져 있으며, 섭취 시 신장독성 및 골연화증, 기형 등을 일으킨다. 이번 조사 결과 채소류 중 카드뮴의 평균함량은 상추 0.018 mg/kg, 호박 0.001 mg/kg, 양상추 0.005 mg/kg, 양배추 0.002 mg/kg, 쑥갓 0.014 mg/kg 수준이었고, 김 등[16]의 보고 (상추 0.023 mg/kg, 양배추 0.011 mg/kg, 쑥갓 0.027 mg/kg, 호박 0.010 mg/kg)와 박 등[17]의 보고 (상추 0.012 mg/kg, 양배추 0.034 mg/kg) 보다 유사하거나 낮았으며, EC의 채소류 중 카드뮴 기준(0.1 mg/kg) 미만으로 나타났다.

### 비소(As)함량

비소는 존재형태에 따라 독성이 크게 차이가 나는데 무기비소화합물이 유기비소화합물 보다 인체에 대한 독성이 크며, 만성적으로 장기간 노출되었을 경우 피부, 폐, 간, 신장, 방광 조직 등의 암을 유발하는 것으로 알려져 있다. 이번 조사 결과 상추의 비소함량은 0.002~0.076 mg/kg 이었고 대부분의 시료는 0.05 mg/kg 이하로 낮은 수준이었다. 호박과 양상추는 평균 0.001 mg/kg으로 매우 낮았고, 양배추는 0.0002 mg/kg, 쑥갓은 0.006 mg/kg이었다. 농산물의 비소 함량에 대한 자료는 미비하여 비교하기 어려우나 다른 농산물의 경우와 비교해 볼 때 김 등[14]의 보고 (채소류 0.028 mg/kg)보다 낮은 수준임을 알 수 있었다.

### 수은(Hg)함량

수은은 화장품, 의약품, 도료 등에 이용 되며 미나마타병의 원인으로 잘 알려져 있는 물질로 공장폐수, 도시하수의 농경지 유입으로 인해 농작물에 농축된다. 수은 섭취 시 인체의 중추신경계 이상을 초래하며 신장기능 장애, 수족 마비 등 을 유발한다. 이번 조사 결과 수은의 평균함량은 상추 0.003 mg/kg, 호박 0.0006 mg/kg, 양상추 0.0005 mg/kg, 양배추 0.0006 mg/kg, 쑥갓 0.004 mg/kg 수준이었고, 김 등[16]의 보고 (상추 0.002 mg/kg, 양배추 0.001 mg/kg, 쑥갓 0.002 mg/kg, 호박 0.001 mg/kg)와 비교해 볼 때 유사한 수준임을 알 수 있었다. 모니터링 결과, 지금까지의 국내・외 조사보고서와 유사하며, 전반적인 수준은 오염의 우려가 없는 자연함유량 수준으로 나타났다(Table 6).

### 채소류 중 중금속위해평가

채소류 5종을 통해 섭취되는 중금속의 위해평가는 각 중금속의 주간섭취량을 JECFA의 잠정주간섭취허용량(Provisional Tolerable weekly Intake)과 비교한 위해지수(%)로서 평가하였다. 잠정주간섭취허용량은 FAO/WHO 합동 식품첨가물 및 오염물질 전문가회의(JECFA, Joint Expert

**Table 6.** Levels of Pb, Cd, As and Hg in agricultural products collected from Korean market

| Agricultural products | N | Contents (mg/kg) | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Pb | Cd | As | Hg |
| Lettuce | 114 | 0.002~0.131* | 0.002~0.095 | 0.002~0.076 | 0.0006~0.013 |
| | | 0.026 ± 0.022** | 0.018 ± 0.015 | 0.008 ± 0.008 | 0.003 ± 0.002 |
| Pumpkin | 115 | ND***~0.033 | ND~0.006 | ND~0.004 | ND~0.002 |
| | | 0.002 ± 0.004 | 0.001 ± 0.001 | 0.001 ± 0.001 | 0.0006 ± 0.0004 |
| Head lettuce | 58 | ND~0.018 | 0.0003~0.021 | ND~0.004 | ND~0.002 |
| | | 0.002 ± 0.003 | 0.005 ± 0.004 | 0.001 ± 0.001 | 0.0005 ± 0.0004 |
| Cabbage | 54 | ND~0.012 | 0.0004~0.007 | ND~0.001 | ND~0.001 |
| | | 0.001 ± 0.002 | 0.002 ± 0.001 | 0.0002 ± 0.0002 | 0.0006 ± 0.0003 |
| Crown daisy | 66 | 0.002~0.087 | 0.003~0.127 | 0.001~0.014 | 0.0003~0.012 |
| | | 0.022 ± 0.018 | 0.014 ± 0.017 | 0.006 ± 0.003 | 0.004 ± 0.003 |

*Minimum value~Maximum value, **Standard deviation, ***Not detected

**Table 7.** Comparison of average weekly intake of heavy metals from fruits with PTWI established by FAO/WHO

| | PTWI (μg/kg·bw/week)* | Daily intake** (μg/person/day) | Weekly intake*** (μg/kg·bw/week) | % of PTWI |
|---|---|---|---|---|
| Pb | 25 | 0.251 | 0.032 | 0.128 |
| Cd | 7 | 0.310 | 0.039 | 0.564 |
| Hg | 5 | 0.033 | 0.004 | 0.085 |

*b.w, : body weight

**Daily intake of trace metals = Σ(Concentration of heavy metals in each food × mean food intake (g/person/day)

***Weekly intake of trace metals = daily intake × 7 days/week

weekly intake per b.w. (kg) = weekly intake/reference body weight (55 kg for man)

Committee Food Additives)에서 1972년부터 권고하는 잠정적인 안전 섭취용량으로서 납은 25 μg/bw·kg/week, 카드뮴은 0.007 μg/bw·kg/week, 수은은 0.005 μg/bw·kg/week 이다. 본 연구에 사용된 식품별 1일 섭취량으로서 최근 발간된 국민건강영양조사(2008년)를 적용하여 중금속의 잠정 주간 섭취량을 산출한 결과는 Table 7 과 같다.

국내 유통 중인 채소류 5종의 섭취량(23.86 g/day)을 고려한 납, 카드뮴, 수은의 주간섭취량은 JECFA의 PTWI와 비교할 때 각각 0.13%, 0.56%, 0.09% 이하로 안전한 수준으로 판단된다.

## 요 약

본 연구는 기준 미설정 국내 유통 농산물 5품목 (상추, 호박, 양상추, 양배추, 쑥갓)의 기준·규격 설정을 위해 모니터링 자료를 확보하고자 전국에서 총 407건의 시료를 수거하여 ICP-MS 와 수은분석기를 이용하여 납, 카드뮴, 비소 및 수은의 함량을 분석하였다. 대상 농산물 5품목의 납의 평균 함량은 0.001~0.026 mg/kg, 카드뮴은 0.001~0.018 mg/kg, 비소는 0.001~0.008 mg/kg, 수은은 0.0005~0.004 mg/kg 이었다. 모든 시료의 납, 카드뮴 함량은 채소류의 Codex 허용기준 (엽채류:납 0.3 mg/kg 카드뮴 0.2 mg/kg, 과채류: 납 0.1 mg/kg, 카드뮴 0.05 mg/kg)보다 낮은 수준이었다. 본 연구의 모니터링 결과와 2008년 국민건강영양조사의 식품별 1일 평균섭취량을 근거로 위해평가를 실시한 결과 조사대상 농산물 모두를 1일 평균섭취량으로 섭취한다고 하더라도 납, 카드뮴, 수은의 섭취량은 모두 PTWI 값의 1% 이하의 수준인 것으로 나타났다. 이상의 결과는 조사대상 농산물 5품목의 중금속 오염도와 이들의 섭취에 의한 위해도가 모두 낮은 수준이라는 것을 보여준다.

본 연구는 2010년도 식품의약품안전청 자체연구개발과제의 연구개발비 지원 (10231식품안021)에 의해 수행 되었으며 이에 감사드립니다.

## 참고문헌

1. Yoo HY, Jung JJ, Choi EJ, Kang ST.: Heavy metal contents of vegetables from Korean market. *Korean J. Food Sci. Technol.* **42**, 502-507 (2010).
2. Holmgren GG, Meyer SM, Chaney RL, Daniels RB.: Cadmium, lead, zinc, copper, and nickel in agricultural soils of the United States of America. *J. Environ. Qual,* **22**, 335-348 (1993).
3. UNEP/FAO/WHO. The Contamination of Food. UNEP, Nairobi, Kenya (1992).
4. Berg T, Licht D.:International legislation on trace elements as contaminants in food: A review. *Food Addit. Contam.* **19**, 916-927 (2002).
5. WHO. Cadmium. Environmental Health Criteria, Geneva. Vol. 134 (1992).
6. WHO. Lead. Environmental Health Criteria, Geneva. Vol. 165 (1995).
7. Kim, M.H., Lee, Y.D., Park, J.J., Park, S.K. and Lee, J.O.: Contents of heavy metals in soybean curd and starch jelly consumed in Korea. *Korea j. Food sci. technol.*, **37**, 1-5 (2005).
8. KFDA, Food Code. Korea Food and Drug Administration. Cheongwon, Korea. pp. 10-7-1 (2009).
9. KFDA, Food Code. Korea Food and Drug Administration. Cheongwon, Korea. pp. 10-7-1 (2009).
10. Tomsen V, Schatzlein D, Mercuro D.: Limits of detection in spectroscopy. *Spectroscopy* **18**, 112-114 (2003).
11. Baffi C, Bettinelli M, Beone M, Spezia S.: Comparison of different analytcal procedures in the determination of trace element in lichen. *Chemosphere* **48**, 299-306 (2002).
12. D'Ilio S, Petrucci F, Amato MD, Gregorio MD, Senofonte O, Violante N.: Method validation for determination of aresenic, cadmium, chromium and lead in milk by means of dynamic reaction cell inductively coupled plasma mass spetrometry. *Analytica Chemica Acta.* **624**, 59-67 (2008).
13. Bardi EP, Evangelista FS, Tormen L, SaintPierre TD, Curtius AJ, Souza SS, Barbosa F.: The use of inductively coupled plsma mass spectrometry(ICP-MS) for the determination of toxic and essential elements in different types of food samples. *Food Chem*. **112**, 727-732 (2009).
14. Min-Kyung Kim, Won-Il Kim, Coo-Bok Jung and Sun-Gang Yun: Safety Assessment of heavy metals in agricultural products of korea. *Korea journal of Environmental Agriculture.* **20**, 169-174 (2001).
15. Goo-Bok Jung, Ko-Yeol Jung, Guk-Hyun Cho, Beung-Gan Jung and Kyu-Sik Kim: Heavy metal contents in soils and vegetables in the plastic film house. *J.Korea soc. soil sci. fert*. **30**, 152~160 (1997).
16. Meehye Kim, Jung Soo Kim, You Sub Sho, So-Young chung and Jong Ok Lee: The study on heavy metal contents in various foods. *Korean J. Food Sci. Technol.* **35**, 561-567 (2003).
17. Jung-Suk Park, Hwan-Sik Na: Analysis of trace metal in agriculural products. *KOREAN J. FOOD & NUTR.* **13**, 595-601 (2000).