

## 유통 중인 과일류의 중금속 모니터링

이진하 · 서지우\* · 안은숙 · 국주희 · 박지원 · 배민석 · 박상욱 · 유명상  
광주지방식품의약품안전청 유해물질분석과

## Monitoring of Heavy Metals in Fruits in Korea

Jin-Ha Lee, Ji-Woo Seo\*, Eun-Sook An, Ju-Hee Kuk, Ji-Won Park, Min-Seok Bae,  
Sang-Wook Park, and Myung-Sang Yoo

Hazard Substances Analysis Division, Gwangju Regional Korea Food and Drug Administration

**Abstract** According to the Codex committee, the maximum allowable level for lead in fruits is 0.1 mg/kg. This survey was conducted as a surveillance program following the establishment of safety guideline for fruits in Korea. Concentrations of lead (Pb), cadmium (Cd), arsenic (As) and mercury (Hg) were measured in 927 samples using a ICP-MS and a mercury analyzer. The recoveries of microwave digestion method were 86.0-110.4% for Pb, 81.0-104.0% for Cd and 82.0-104.7% for As by standard addition method. The recovery of direct mercury analyzer was 106.5% for Hg. The average levels of Pb in  $\mu\text{g}/\text{kg}$  were 10.0 $\pm$ 12.8 for apple, 8.8 $\pm$ 10.9 for pear, 4.1 $\pm$ 4.4 for persimmons, 14.9 $\pm$ 12.3 for mandarin, 7.1 $\pm$ 6.5 for orange, 3.1 $\pm$ 3.3 for banana, 8.8 $\pm$ 8.9 for kiwi, and 9.3 $\pm$ 9.7 for mango. The average levels of Cd in  $\mu\text{g}/\text{kg}$  were 0.4 $\pm$ 0.3 for apple, 2.0 $\pm$ 1.6 for pear, 0.3 $\pm$ 0.3 for persimmon, 0.1 $\pm$ 0.1 for mandarin, 0.1 $\pm$ 0.1 for orange, 1.3 $\pm$ 1.8 for banana, 0.5 $\pm$ 0.5 for kiwi, and 0.7 $\pm$ 0.6 for mango. The average levels of As in  $\mu\text{g}/\text{kg}$  were 2.0 $\pm$ 2.1 for apple, 1.2 $\pm$ 1.3 for pear, 1.5 $\pm$ 1.1 for persimmon, 0.8 $\pm$ 0.3 for mandarin, 1.0 $\pm$ 0.5 for orange, 1.8 $\pm$ 1.2 for banana, 1.6 $\pm$ 1.5 for kiwi, and 1.5 $\pm$ 1.2 for mango. The average levels of Hg in  $\mu\text{g}/\text{kg}$  were 0.5 $\pm$ 0.4 for apple, 0.3 $\pm$ 0.2 for pear, 0.2 $\pm$ 0.1 for persimmon, 0.2 $\pm$ 0.1 for mandarin, 0.2 $\pm$ 0.1 for orange, 0.2 $\pm$ 0.0 for banana, 0.2 $\pm$ 0.2 for kiwi, and 0.6 $\pm$ 0.2 for mango. Based on the Korean public nutrition report 2005, these levels (or amounts) are calculated only at 0.17% for Pb, 0.013% for Cd and 0.006% for Hg of those presented in provisional tolerable weekly Intake (PTWI) which has been established by FAO/WHO. Therefore, the levels presented here are presumed to be adequately safe.

**Keywords:** heavy metal, monitoring, fruit, PTWI

## 서 론

중금속은 비중이 4.0 이상인 금속으로 이동성이 낮고, 축적성은 높아 자연분해나 미생물에 의한 분해가 매우 어렵다(1). 또한, 오염된 농수산물의 섭취로 만성 및 급성 건강장해를 일으켜, 환경오염과 더불어 최근 식품 위생상 중요한 문제로 대두되고 있다(2,3). 식품 위생상 중요한 중금속은 인체의 기능을 저해할 수 있는 유해중금속(카드뮴, 비소, 수은, 납, 크롬, 니켈 등)과 유전자에 영향을 미치는 유전독성중금속(카드뮴, 코발트, 크롬, 망간, 니켈 등)으로 구별할 수 있으며, 이 중 수은, 납, 카드뮴, 비소 등은 생체성분과의 친화성이 커 식품 등에 축적되기 쉽고, 특히 생물계에서 그 필요성이 밝혀져 있지 않아 국내외적으로도 매우 엄격히 관리되고 있다(4-7). 최근 건강증진에 대한 국민의 관심도가 급속도로 높아져 육류 소비보다는 신선 과일 및 채소의 소비증가세가 뚜렷하다. 특히 과일에 대한 관리는 주로 잔류농약에 한

정되어 있고 중금속에 대한 관리는 거의 이루어지지 않고 있으며, 국내 유통과일에 대한 유해중금속 오염 실태에 대한 연구는 미미한 실정이다. 그러나 EU, 호주 및 뉴질랜드 등은 과일류에 대한 납 기준(0.1 mg/kg 이하)을 설정하고, 잔류수준을 지속적으로 모니터링 하고 있고, Codex에서도 과일류에 납(0.1 mg/kg 이하)의 허용기준을 제시하고 있다(8-11). 따라서 본 연구에서는 유통되는 국내 생산 및 수입과일 중 2005년 국민건강영양조사 중 식품별 1인 1일 섭취량조사 결과를 참고하여 일일섭취량이 많은 국내 생산과일 4종과 수입과일 4종, 총 8종을 대상으로, 납과 기타 개별중금속의 함량을 조사하고, FAO/WHO의 주간잠정섭취허용량인 PTWI(provisional tolerable weekly intake)와 비교하여 안전성을 평가하고, 필요시 과일류의 중금속 기준규격 설정을 위한 기초자료로서 활용하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 시료

우리나라 각 지역에서 유통되는 국내의 생산 과일 8종(오렌지, 사과, 바나나, 배, 감귤, 감, 망고, 키위) 927건을 전국(서울, 경기도, 강원도, 충청남·북도, 경상남·북도, 전라남·북도, 제주도)의 주요 생산지 농산물도매시장에서, 분석시료의 대표성과 공정한 검사를 위하여 식품공전 식품별 검체 채취방법 중 농·임산물의 채취방법에 따라 수거하였다(12).

\*Corresponding author: Ji-Woo Seo, Hazard Substances Analysis Division, Gwangju Regional Korea Food and Drug Administration, Gwangju 500-480, Korea  
Tel: 82-62-602-1408  
Fax: 82-62-602-1500  
E-mail: seke0924@korea.kr  
Received September 8, 2010; revised November 30, 2010; accepted January 14, 2011

**시약 및 초자**

분해용 시약으로는 유해중금속 측정용 62% 질산(Junsei, Tokyo, Japan)과 30% 과산화수소수(Wako, Osaka, Japan)를 사용하였고, 실험에 사용되는 모든 물은 18.2 MO 수준으로 정제된 물을 사용하였다. 모든 실험초자는 40% 질산에 24시간 침지 후 산중기 세척장치(TraceCLEAN, Milestone, Sorisole, Italy)를 이용하여 세척하고 다시 초순수로 깨끗하게 세척 후 건조하여 사용하였다. 수은 분석을 위한 표준용액은 수은 1,000 µg/L(ICP-MS Calibration Std, Waltham, Perkinelmer, MA, USA)를 0.5 N 질산에 희석하여 사용하였고, ICP-MS 분석을 위한 표준용액은 비소, 납, 카드뮴 혼합표준용액 10 µg/L(Multi-element ICP-MS Calibration Std. 3, Waltham)를 0.5% 질산에 희석하여 사용하였다.

**시료의 전처리**

채취된 과일은 Codex 농산물 분류표 및 식품공전 중 중금속 시험법에 따라 처리하였다. 채취과일 약 2-3 kg은 초순수로 깨끗이 세척하고, 사과, 배, 감은 씨를 제거하여 껍질과 가식부를, 바나나, 오렌지, 귤, 키위, 망고는 껍질을 제거한 후 과육만을 티타늄 칼날 소재의 균질기(HMF-340, Hanil, Seoul, Korea)를 이용하여 균질화하고 폴리에틸렌 용기에 담아 냉동(-20°C 이하) 보관하여 분석에 이용하였다.

**납, 카드뮴, 비소, 수은 분석**

납, 카드뮴 및 비소분석을 위한 시료의 분해는 microwave 분해법을 이용 하였다. 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 이용하여 Table 1의 조건으로 분해하고, 표준용액과 분해액의 산농도 차이

**Table 1. The condition of microwave digestion**

Step	Temp. (°C)	Time (min)	Max. power (W)
1	0-150	15	
2	150	5	1000
3	200	15	

**Table 2. The condition of ICP-MS**

Parameter	Value
RF power	1,500 W
Lens voltage	10.5 V
Nebulizer gas flow (Ar)	1.0-1.06 L/min
Plasma gas flow (Ar)	19.0 L/mL
Auxiliary gas flow (Ar)	1.35 L/min
Dwelling time	50 ms
Scanning mode	Peak hop
Number of replicate	3
Sampler and skimmer cone	i.d.: 1.1 and 0.9mm (nickel)
Detector	Dual
Nebulizer	Cross flow type
Spray chamber	Scott type
Analytical elements	<sup>75</sup> As, <sup>111</sup> Cd, <sup>208</sup> Pb

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

Drying temp.	Drying time	Decomp. temp.	Decomp. time	Purse time	Amalgam. time	Record time
200°C	150 s	700°C	180 s	60 s	12 s	30 s

로 발생하는 분석오차를 최소화 하고자 전기가열판(ED16, Lab Tech, Jeonju, Korea)을 이용하여 120°C에서 2-3시간 동안 분해액의 잔량이 약 0.5 mL까지 휘산 시킨 다음, 0.5% 질산으로 분해용기를 반복하여 행군 후 20 mL로 정용하고 여과하여 시험용액으로 사용하였다.

비소·납·카드뮴은 ICP-MS(ELAN DRcE, Perkin-Elmer, Branford, CT, USA)를 이용하였고 기기조건은 Table 2와 같다.

수은 함량 분석은 균질화한 시료 약 0.1 g을 직접 수은분석기(mercury analyzer, DMA 80, Milestone)에 주입하여 가열기화금이 말감법으로 측정하였으며 기기조건은 Table 3과 같다.

**결과 및 고찰**

**정량 및 검출한계**

납, 카드뮴, 비소의 검량선은 10 µg/L 혼합표준원액을 이용하여 0.1, 1, 5, 10, 20 µg/L로 희석하여 측정하였고, 수은의 검량선은 10 µg/L 표준원액을 0.5, 1, 5, 10, 20 µg/L로 희석하여 측정하였다. 4종 금속의 측정된 검량선을 이용한 검출한계(limit of detection, LOD)는 납 0.007, 카드뮴 0.0014, 비소 0.02, 수은 0.03 µg/kg이었고, 정량한계(limit of quantification, LOQ)는 납 0.02, 카드뮴 0.004, 비소 0.05, 수은 0.1 µg/kg이었다.

**회수율과 표준인증물질 측정**

과일 5종(사과, 귤, 감, 바나나, 키위)에 표준액을 각각 최종농도 10, 100 µg/L로 첨가하여 분해하고, 3종 금속(납, 카드뮴, 비소)의 회수율을 측정 결과(Table 4), 첨가된 3종에 대하여 81-111%의 회수율을 얻었다. 표준인증물질인 쌀분말(certified reference material, CRM)과 토마토페이스트(ERM-BC084a, ERM)를 이용하여 회수율을 확인한 결과(Table 5), 쌀분말은 인증값에 대하여 납 90.0%, 카드뮴 90.3%, 비소 110.6%를 얻었고, 토마토 페이스트는 납 90.0%, 카드뮴 83.4%의 회수율을 얻었다. 또한 수은은 인증 표준물질인(MESS-3, NRC-CNRC CRM)을 분석한 결과 106.5%의 회수율을 얻었다.

**과일류 중 중금속 함량**

국내에서 유통되는 과일 8종(오렌지, 사과, 바나나, 배, 감귤, 감, 망고, 키위)을 수거 대상 지역별 대형 할인매장과 농산물 도매시장을 중심으로 927건의 검체를 구입하여 납, 카드뮴, 비소, 수은의 함량을 측정된 결과는 Table 6과 같다.

**납(Pb)**

납은 주변환경에서 쉽게 노출이 가능한 중금속으로 주로 축진지, 도료, 차체, 배관소재 등으로 널리 이용되고, 섭취시 신경장애, 뇌손상, 빈혈 등의 급성중독증상을 일으키는 것으로 알려져 있다(13). 이번 조사된 국내 유통 과일의 납 평균함량은 8.3 µg/kg이었고, 과일별 납 평균함량은 감귤 14.9, 사과 10.0, 망고 9.3, 키위 8.8, 배 8.8, 오렌지 7.1, 감 4.1, 바나나 3.1 µg/kg 순으로 높았다. Kim 등(14)에 의한 2004년 조사결과 국내 유통과일의 납 평균함량은 사과 15.0, 배 7.0, 감귤 9.0, 감 15.0 µg/kg으로 사과 및 감은 이번 조사가 낮았으나, 감귤과 배는 약간 높은 함량을

**Table 4. Recovery of the heavy metals (standards addition method)**

Metals	Spiked conc. (µg/kg)	Measured conc. (µg/kg)					Recovery range (%)
		Apple	Mandarin	Persimmon	Banana	Kiwi	
Pb	10	9.9±0.2 <sup>1)</sup>	9.2±0.2	9.5±0.1	10.8±0.2	8.6±0.1	86.0-108.0
	100	98.6±2.2	90.5±2.1	95.1±3.8	110.4±3.5	104.5±4.4	90.5-110.4
Cd	10	9.4±0.4	8.1±0.3	8.6±0.1	10.4±0.4	9.7±0.1	81.0-104.0
	100	101.4±2.3	98.5±6.5	94.1±3.5	99.1±2.6	102.5±4.0	94.1-102.5
As	10	8.4±0.4	8.8±0.3	10.0±0.2	8.2±0.2	9.5±0.1	82.0-100.0
	100	101.4±1.4	98.0±8.4	96.2±3.8	95.6±3.7	104.7±3.1	95.6-104.7

<sup>1)</sup>The data are expressed as mean±SD (n=3).

**Table 5. The measurement of certified reference material**

CRM & ERM	Elements	Certified (mg/kg)	Measured (mg/kg)	Recovery (%)
CRM (KRIS1) (108-01-002) <sup>1)</sup>	Pb	(1.182) <sup>4)</sup>	1.070±0.013 <sup>5)</sup>	90.4
	Cd	1.320±0.240	1.190±0.039	90.3
	As	2.020±0.130	2.230±0.080	110.6
ERM-BC084a <sup>2)</sup>	Pb	0.316±0.021	0.282±0.004	90.0
	Cd	0.112±0.007	0.093±0.002	83.4
MESS-3 <sup>3)</sup>	Hg	0.091±0.009	0.097±0.003	106.5

<sup>1)</sup>Korea Research institute of Standard and Science: rice flour

<sup>2)</sup>European Reference Material: tomato past

<sup>3)</sup>National Research Council Canada: marine sediment

<sup>4)</sup>Reference value

<sup>5)</sup>The data are expressed as the mean of N±SD (n=5).

보였다. 또한 Lee 등(15)의 보고는 사과 40.0, 배 30.0 µg/kg으로 이번 조사가 낮은 결과를 보였다. 세계 각국의 나라에서 수행된 모니터링 결과들과 비교해보면, 폴란드 과일의 중금속 잔류량(16) 조사 결과 사과 78.0, 배 42.0 µg/kg으로 매우 높았고, 뉴질랜드의 2002/04 TDS(17) 조사 결과 키위 25.0, 오렌지 21.0 µg/kg으로 이들 각국의 조사결과 보다 국내 유통과일의 납 함량이 낮은 수준

이었다. 2004년 EU 국가들이 수행한 SCOOP(scientific cooperation) Report(18)에 의하면 각 나라별 과일류의 납 평균 함량은 덴마크 7.9, 프랑스 4.9, 독일 2.7, 이탈리아 4.0, 영국 10.5 µg/kg 보고와 이번 조사결과를 비교 할 때 과일류의 납 평균 함량은 프랑스, 독일, 이탈리아보다 낮으나 영국과 덴마크의 평균함량과 유사했다.

**Table 6. The contents of Pb, Cd, As, and Hg in fruits**

Fruits	N <sup>1)</sup>	Contents (µg/kg)			
		Pb	Cd	As	Hg
Apple	150	10.0 <sup>2)</sup>	0.4	2.0	0.5
		(0.4-80.6) <sup>3)</sup>	(0.1-1.8)	(0.5-9.4)	(0.1-1.1)
Pear	150	8.8	2.0	1.2	0.3
		(0.4-74.1)	(0.3-9.8)	(0.5-6.8)	(0.1-0.7)
Persimmon	150	4.1	0.3	1.5	0.2
		(0.3-26.3)	(0.0-2.3)	(0.5-6.1)	(0.1-0.5)
Mandarin	150	14.9	0.1	0.8	0.2
		(0.2-67.3)	(0.0-0.4)	(0.5-1.7)	(0.1-0.5)
Orange	64	7.1	0.1	1.0	0.2
		(0.5-23.7)	(0.0-0.3)	(0.5-2.7)	(0.1-0.4)
Banana	61	3.1	1.3	1.8	0.2
		(0.2-14.7)	(0.0-7.9)	(0.6-5.4)	(0.1-0.2)
Kiwi	150	8.8	0.5	1.6	0.2
		(0.3-45.7)	(0.0-2.7)	(0.5-9.7)	(0.1-1.4)
Mango	52	9.3	0.7	1.5	0.6
		(0.3-49.7)	(0.0-2.9)	(0.5-4.6)	(0.1-1.1)
Total	927	8.12	0.7	1.4	0.3

<sup>1)</sup>N, Number of samples

<sup>2)</sup>Mean value

<sup>3)</sup>(minimum-maximum)

### 카드뮴(Cd)

카드뮴은 적은 양으로 신장독성을 일으키고 장기간 노출시 골 조직에서 칼슘과 인의 대사 불균형을 초래하여 골다공증, 기형 등을 일으킨다(19). 이번 조사결과 국내 유통과일의 카드뮴 평균 함량은 0.7 µg/kg이었고, 과일별 카드뮴 평균함량은 배 2.0, 바나나 1.3, 망고 0.7, 키위 0.5, 사과 0.4, 감 0.3, 감귤 0.1, 오렌지 0.1 µg/kg 순이었다. Kim 등(14)의 조사 결과인 사과 4.0, 감 5.0, 감귤 5.0, 배 7.0 µg/kg 보다 낮은 결과를 보였으며, 뉴질랜드의 2002/04 TDS(17) 결과인 오렌지 1.1, 바나나 1.8, 키위 3.0, US FDA total diet study market basket(20) 결과인 오렌지, 바나나 각각 1.0 µg/kg과 매우 유사하거나 낮은 함량 수준이었다. 이번조사 결과 특히 감귤 및 오렌지의 경우 0.1 µg/kg으로 극히 낮았으며, 배 만이 다른 과일류에 비해 근소하게 높았으나, 전체적으로 국내유통 과일의 카드뮴의 평균 검출량은 매우 낮은 수준이었다.

### 비소(As)

비소는 토양, 물 및 동식물에 함유되어 있으나 식품에 함유되어 있는 형태는 주로 유기비소로 알려져 있다(21). 다량섭취 시 구토, 혈뇨성 설사를 일으키고 장기간 노출 시 체중저하, 안면부종, 폐색성 황달 등을 유발 한다 보고되었다(22). 이번 조사결과 비소의 평균함량은 1.4 µg/kg, 과일별 비소 평균함량은 사과 2.0, 바나나 1.8, 키위 1.6, 망고 1.5, 감 1.5, 배 1.2, 오렌지 1.0, 감귤

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

	PTWI ( $\mu\text{g}/\text{kg b.w./week}$ ) <sup>1)</sup>	Daily intake of trace metals <sup>2)</sup> ( $\mu\text{g}/\text{person/day}$ )	Total weekly intake <sup>3)</sup> ( $\mu\text{g}/\text{kg b.w./week}$ )	%PTWI
Pb	25	0.36	0.040	0.170
Cd	7	0.03	0.003	0.013
Hg	5	0.01	0.001	0.006

<sup>1)</sup>b.w.: body weight

<sup>2)</sup>Daily intake of trace metals= $\Sigma$ (Concentration of heavy metals in each food $\times$ mean food intake (g/person/day))

<sup>3)</sup>Weekly intake of trace metals=daily intake $\times$ 7 days/week

weekly intake per b.w. (kg)=weekly intake/reference body weight (60 kg for man)

0.8  $\mu\text{g}/\text{kg}$  순이었다. Kim 등(14)의 결과 사과 19.0, 감 35.0, 감귤 19.0, 배 17.0  $\mu\text{g}/\text{kg}$  보다 매우 낮은 수준이었으며, US FDA total diet study market basket(20)결과 사과 2.0  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 뉴질랜드의 2002/04 TDS(17) 결과 사과, 바나나, 키위 각각 1.0, 오렌지 1.0, 배 1.4  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 와 유사하여 이와 비교해볼 때 국내 유통과일류의 비소 평균 검출량은 거의 미미한 것으로 조사되었다.

### 수은(Hg)

수은은 그 자체로도 쓰이지만 각종 원소들과 결합하여 화합물의 형태로도 농약, 안료, 건전지, 촉매제, 염료에 많이 사용된다. 수은에 의한 급성독성은 설사, 신장의 기능 장애 등이 올 수 있으며, 만성중독시 과민증상, 손 떨림 등의 증상이 보고된 바 있다(23).

수은의 섭취는 중추신경계에 이상을 초래하여 보행장애, 수족마비, 중추신경계 이상 등을 유발한다. 이번 조사결과 수은의 평균 함량은 0.3  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 으로 납, 카드뮴, 비소에 비하여 매우 낮았다. 과일별 수은 평균함량은 망고 0.6, 사과 0.5, 배 0.3, 감 0.2, 감귤 0.2, 오렌지 0.2, 바나나 0.2, 키위 0.2  $\mu\text{g}/\text{kg}$  순으로 검출수준은 아주 미미하였다. 일본의 경우 감귤, 사과 중 수은 함량은 1.0  $\mu\text{g}/\text{kg}$  이하였다는 보고(23)와, 영국의 과일 중 수은 함량 또한 1.0  $\mu\text{g}/\text{kg}$  이하라는 보고(24) 등과 매우 유사한 결과였다. Kim 등(14)의 결과와도 사과, 감, 감귤, 배 각각 1.0  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 로 유사했고, Lee 등(15)의 연구결과와는 사과 0.39, 배 0.5, 감귤 3.9, 감 0.2  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 로 본 연구결과와 유사하나 감귤은 약간 높은 함량을 보였다.

### 과일에 의한 중금속 잠정주간섭취허용량

과일류의 섭취를 통해 인체에 흡수되는 중금속에 대한 안전성을 평가하기 위해 과일류를 통해 섭취되는 중금속의 양과 FAO/WHO에서 설정한 잠정주간섭취허용량인 PTWI를 비교하였다

본 연구에서 조사된 과일류의 섭취량을 2006년 국민영양조사 결과보고서(25)를 근거로 살펴보면, 보고서의 과일류 중 가공하지 않은 과일류가 17종이며, 그 중 이번연구에 속한 과일류는 총 8종 이었다. 이들 과일류의 섭취량은 1일 1인당 총 43.2 g으로, 이를 이용하여 얻어진 과일류 중 중금속 평균 함량을 토대로 과일류로부터 섭취하게 되는 중금속의 잠정주간섭취량(PTWI)을 산출 결과는 Table 7과 같다. 그 결과, 국내 유통되는 과일 8종에서 섭취되는 중금속 함량을 FAO/WHO에서 설정된 잠정 주간섭취허용량 PTWI와 비교시, Pb 0.17%, Cd 0.013% 및 Hg 0.006%이었다. 식품을 통한 비소 섭취량에 대한 안전성 평가는 독성이 강한 무기비소에 대해서만 체중 kg당 15  $\mu\text{g}$ 으로 정해져 있어(26), 본 연구에서는 총 비소 함량을 조사한 것으로 농산물 중 비소의 안전성 평가는 할 수 없었다. 이런 결과로 볼 때 우리나라 국민이 과일류를 통해 섭취하는 납, 카드뮴, 수은 등은 안전한 수준으로 판단된다.

## 요 약

국내에는 과일류 중 중금속의 기준규격은 없으나, Codex에서는 과일류 중 납 함량 규격을 0.1 mg/kg으로 설정하여 관리하고 있다. 이에 따라 우리나라에서 유통 중인 과일류의 중금속 함량 규격을 설정하고자 일일 섭취량이 많은 과일 8종(오렌지, 사과, 바나나, 배, 감귤, 감, 망고, 키위), 927건을 수거하여 납, 카드뮴, 비소 및 수은 함량을 수은분석기 및 ICP-MS를 이용하여 분석 하였다. 표준용액첨가법에 의한 회수율은 납 86.0-110.4%, 카드뮴 81.0-104.0%, 비소 82.0-104.7%를 얻었으며, 수은분석기를 이용한 수은의 회수율은 106.5%이었다. 조사결과 국내유통 중인 과일류의 중금속 평균함량은 납 8.3, 카드뮴 0.7 비소 1.4, 수은 0.3  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 으로 조사되었다. 중금속의 주간섭취량을 FAO/WHO에서 안전성 평가를 위해 설정한 PTWI와 비교한 결과, 납, 카드뮴, 수은이 각각 0.17, 0.013 및 0.006%로 그 수준이 매우 낮아 우리나라에서 유통되는 이들 과일로부터 섭취하는 중금속은 매우 미미하여 안전한 수준으로 판단된다.

## 문 헌

1. Reilly C. Metal Contamination of Food. 3<sup>rd</sup> Ed. Elsevier Applied Science. London. UK. pp. 12-16 (2002)
2. Kim HY, Kim JI, Kim JC, Park JY, Lee KJ, Kim SI, Oh JH, Jang YM. Survey of heavy metal contents of circulating agricultural products in Korea. Korean J. Food Sci. Technol. 41: 238-244 (2009)
3. Park JS, Lee MK. A study on contents of heavy and trace metal of the agricultural products around mines located in Jeollanamdo. Korean J. Food Nutr. 15: 64-69 (2002)
4. Vulava VM, James BR, Torrents A. Copper solubility in Myersville B horizon soil in the presence of DTPA. Soil Sci. Soc. Am. J. 61: 44-52 (1997)
5. Kim MK, Kim WI, Jung GB, Yun SG. Safety assesment of heavy metal in agricultural products of Korea. Korean J. Env. Hlth. Soc. 20: 169-174 (2001)
6. WHO. GEMS/Food Total Diet Studies. World Health Organization, Kansas City, MO, USA (1999)
7. UNEP/FAO/WHO. Assessment of Dietary Intakes of Chemical Contaminants. UNEP, Geneva, Switzerland (1992)
8. WHO. Codex Committee on Food Additive and Contaminants 31<sup>st</sup> Session. Codex Alimentarius Commission, Hague, Netherlands (1998)
9. FAO/WHO. Summery and Conclution 51<sup>st</sup> Meeting. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA), Geneva, Switzerland (1999)
10. FAO. Summary of Evaluations Performed by Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additive (JECFA). International Life Science Institute, Geneva, Switzerland (1994)
11. WHO. Draft Report of the 32<sup>nd</sup> Session of the Codex Committee on Food Additives and Contaminants. Codex Alimentarius Com-

- mission, Beijing, People's Republic of China (2000)
12. KFDA, Food Code. Korea Food and Drug Administration. Cheongwon, Korea. pp. 9-1-1 (2008)
  13. WHO. Lead (Environmental Health Criteria 3), World Health Organization, Geneva, Switzerland. pp. 44-54 (1977)
  14. Kim MH, Kim JS, Sou YS, Jeong SY, Lee JU. Contents of toxic metals in fruits available on Korean market. *Korean J. Food Sci. Technol.* 36: 523-526 (2004)
  15. Lee JO, Kim MH, Sho YS, Hu SJ, Jung SY, Kang CK, Kim EJ, Lee KS. Dietary exposure of the Korean population to arsenic, cadmium, lead, and mercury. *J. Food Compos. Anal.* 19: S31-S37 (2006)
  16. Krejpcio Z, Sionkowski S, Bartela J. Safety of fresh fruits and juices available on the Polish market as determined by heavy metal residues. *Pol. J. Environ. Stud.* 14: 877-881 (2005)
  17. Rob K. The 20<sup>th</sup> Australian Total Diet Survey. A Total Diet Survey of Pesticide Residues and Contaminants. Food Standards Australia New Zealand (2002-2004)
  18. EC. Reports on tasks for scientific cooperation. Directorate-General of Health and Consumer Protection, European Commission, pp. 82-92 (2004)
  19. Chung SY, Kim MH, Sho YS, Won KP, Hong MK. Trace metal contents in vegetable in Korea. The Annual Report of KFDA, 6: 162-168, Gwangju Regional KFDA, Korea (2002)
  20. FDA. Total Diet Study Statistics on Element Results: Revision 4.1 Market Baskets 1991-3 through 2005-4. U.S. Food and Drug Administration, Silver Spring, MD, USA. pp. 3-84 (2007)
  21. Kim DW, Yoo CC. On the heavy metal contents of some vegetables on the super markets in Korea. *Korean J. Food Nutr.* 18: 254-264 (2005)
  22. Dabeka RW, McKenzie AD, Lacroix GM, Cleroux C, Bowe S, Graham RA, Conacher HB, Verdier P. Survey of arsenic in total diet food composites and estimation of the dietary intake of arsenic by Canadian adults and children. *J. AOAC Int.* 76: 14-25 (1993)
  23. Tanaka TM, Aoki Y, Tamas K, Umoto F, Ohbayashi H, Sasaki M. Improved method for determination of total mercury and its application to vegetables and fruit in markets. *J. Food Hyg. Soc. Jpn.* 33: 359-364 (1992)
  24. Ysart G, Miller P, Croasdale M, Crews H, Robb P, Baxter M, de L'Argy C, Harrison N. 1997 UK total diet study-dietary exposures to aluminium, arsenic, cadmium, chromium, copper, lead, mercury, nickel, selenium, tin and zinc. *Food Addit. Contam.* 17: 775-786 (2000)
  25. MHW. The Korea National Health and Nutrition Survey Report. 3<sup>rd</sup> ed. Ministry of Health and Welfare, Seoul, Korea. pp. 371-391 (2007)
  26. Uneyama C, Toda M, Morikawa K. Arsenic in various foods: Cumulative data. *Food Addit. Contam.* 24: 447-534 (2007)