

우리나라 당류의 중금속 함량 및 안전성 평가

정소영* · 김미혜 · 김정수 · 홍무기 · 이종옥 · 김창민
식품의약품안전청 식품평가부

Trace Metal Contents in Sugar Products and Their Safety Evaluations

So-Young Chung*, Meehye Kim, Jung Soo Kim, Mooki Hong,
Jong Ok Lee and Chang Min Kim
Department of Food Evaluation, Korea Food and Drug Administration

Contents of heavy metals in sugar products were estimated to provide a scientific basis for standardization of Korea Food Code of heavy metals. The contents of mercury (Hg), lead (Pb), cadmium (Cd), arsenic (As) and copper (Cu) were determined in 285 sugar product samples using a mercury analyzer, atomic absorption spectrophotometer, and inductively coupled plasma spectrometer. The values of heavy metals in sugar products [minimum-maximum (mean), mg/kg] were as follows: Hg, N.D.-0.006 (0.001); Pb, N.D.-0.47 (0.03); Cd, N.D.-0.06 (0.005); As, N.D.-0.10 (0.004); Cu, N.D.-1.89 (0.15). These results show that metal contents of domestic sugar products are similar to those reported in other countries. Weekly average intakes of lead, cadmium, and mercury from sugar products were 0.004-0.1% of Provisional Tolerable Weekly Intake set by FAO/WHO Joint Food Additives and Contaminants Committee to evaluate the safeties of sugar products.

Key words: sugar products, heavy metals, safety

서 론

급격한 산업의 발달로 인해 환경이 오염됨에 따라 식품의 오염도 증가되고 있다. 오염물질들은 토양, 공기 등 자연계에 다양하게 존재하고 있으며, 또한 식품의 제조·가공 및 조리 과정에서도 오염될 수 있다⁽¹⁾.

1974년 FAO/WHO(Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization) 합동회의에서는 감시대상이 되는 화학적 오염물질(Chemical contaminant) 중 특히 중금속 오염물질로서 수은, 납, 카드뮴, 비소 등을 우선 순위로 다루기 시작하면서, 세계 각 국에서는 이러한 식품오염물질의 현황조사와 방지대책 수립에 관심을 갖기 시작하게 되었다. 특히 UNEP(United Nations Environment Programme)에 의해 설립된 GEMS(Global Environment Monitoring System)의 일환인 FAO/WHO 합동 식품오염물질 모니터링사업은 세계 각 국의 식품에 함유된 중금속 등 오염물질의 함량에 대한 자료를 수집, 평가하여 이에 대한 지침을 전파함으로써 적절한 식품규제나 관리 방법을 도와주고 있다.

또한 이러한 정보 등은 FAO/WHO 합동 식품규격위원회(The Joint FAO/WHO Codex Alimentarius Commission)에 제공되어 식품 중 오염물질의 기준설정을 위한 국제규격 작업을 지원하고 있다⁽¹⁾.

우리나라에서는 식품의약품안전청에서 어·패류, 농산물 등 일부식품에 대한 중금속 함량 모니터링 사업을 수행한 바 있으나, 식품공전에 규격이 설정되어 있는 당류 등 개별식품에 대한 모니터링 자료는 거의 없는 실정이다⁽²⁻¹³⁾.

더욱이 UR(Uruguay Round) 협정이 타결됨에 따라 세계무역기구의 SPS 조약(the Agreement on the Application of Sanitary and Phytosanitary Measures)은 각 국의 식품위생관련 기준 규격을 국가간에 일치시키거나, 일치시킬 수 없는 경우 이의 과학적 근거제시를 요구하고 있어, 우리나라 식품공전의 중금속 규격도 Codex 규격과 비교·검토하여 국제기준을 수용하거나, 수용하지 못할 경우 우리나라 기준·규격 고수에 필요한 과학적 근거를 마련할 필요성이 있다. 특히 1999년에 개최된 제 31차 Codex 식품첨가물 및 오염물질분과위원회(CCFAC: Codex Committee on Food Additives and Contaminants)에서는 당류제품 등의 납 등 중금속 기준을 현재보다 더 낮게 개정하고자 각 국의 의견을 제출하도록 요청하고 있으며 미국, 영국 등 외국에서는 당류의 중금속함량에 대한 자료⁽¹⁴⁻²²⁾가 있으나 우리나라는 전무한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 당류의 중금속 함량을 조사하여, 외국의 모니터링 및 기준과 비교함으로써, 국민보건 향상 및

*Corresponding author: So-Young Chung, Department of Food Evaluation, Korea Food and Drug Administration, 5 Nokbun-dong, Eunpyung-gu, Seoul 122-704, Korea
Tel: 82-2-380-1672
Fax: 82-2-382-4892
E-mail: sychung@kfda.go.kr

Codex 기준과 조화를 이루어 향후 중금속 기준 제·개정시 과학적 근거자료로 활용하고자 하였다.

재료 및 방법

재료 및 시약

우리나라에서 유통되는 설탕, 포도당, 과당, 엿류, 텍스트린 올리고당 등 당류 총 285건을 전국(서울, 경기도, 강원도, 충청남·북도, 경상남·북도, 전라남·북도)의 시장, 도매상 등에서 채취한 후 일정량을 시료로 사용하였다.

Hg 측정용 첨가제로서 sodium carbonate anhydrous(Nakari Chem. Ltd.)와 calcium hydroxide(Nakari Chem. Ltd.)를 1:1(w/w)로 혼합한 것과 aluminium oxide anhydrous(Nakari Chem. Ltd.)를 800°C에서 2시간 가열처리한 후, 방냉하여 사용하였다. Pb, Cd, As, Cu 측정용 시약은 sulfuric acid(Dong Woo Fine. Chem. Co. Ltd.) 및 nitric acid(Dong Woo Fine Chem. Co. Ltd.)를 사용하였다. 중금속 표준용액은 원자흡광분석용 표준원액(Wako Pure Chemical Industry Ltd.)을 사용하여 Hg는 0.001% L-cysteine 용액으로, As는 1% HNO₃, Pb는 0.2% HNO₃, Cd와 Cu는 3% HNO₃ 용액으로 희석하여 사용하였다.

기기분석

Mercury analyzer(Model SP-3D, Nippon Instrument Co., Japan): 가열기화금아말감법(Combustion gold amalgamation method)⁽²³⁾으로 Table 1의 조건에서 실험을 하였다.

Inductively coupled plasma spectrometer(Model XM2, GBC Co., Australia): Table 2의 조건에 따라 측정하였다.

Atomic absorption spectrophotometer(Model 5100 ZL, Model FIAS 400, Perkin Elmer Co., USA): Table 2의 조건에 따라 측정하였다.

시험용액의 조제

시료 약 20 g을 달아 질산 50 mL, 황산 5 mL를 킬달플라스크에 넣어 하루 방치한 후 조용히 가열하여 내용물이 암색이 되기 시작하면 질산 2~3 mL를 추가하면서 가열을 계속하여 내용물이 미황색~무색이 되었을 때 분해를 그치고 식힌 후 물로 일정량으로 하여 시험용액으로 하였다⁽¹³⁾. 시험용액은 Table 2의 조건에 따라 ICP와 AAS로 측정하였으며, 측정 사이사이에 표준용액의 재현성을 측정하여 보정 계산하여서 실제치로 하였다.

회수율은 시험용액에서의 최종 농도가 Hg는 50 µg/kg, As는 0.2 mg/kg, Pb는 0.2 mg/kg, Cd는 0.5 mg/kg, Cu는 0.5

Table 1. The operating condition of mercury analyzer

Classification	Heating condition	Standard solution (10 ng/mL)	Samples
Sample amount		50, 100, 200 µL	10-50 mg
Mode selector		1	2
	1st step	1 min	10 min
	2nd step	4 min	6 min
Additive		Unnecessary	M+S+M+B+M or B+S+B+M ^(1,2)
Washing liquid		Distilled deionized water	
Measuring range		2 ng	
Combustion gas flow		0.5 L/min	
Carrier gas flow		0.5 L/min	

¹⁾M: sodium carbonate(anhydrous):calcium hydroxide 1:1(w/w), B: aluminium oxide, S: sample.

²⁾Solid sample: M+S+M+B+M; liquid sample: B+S+B+M.

Table 2. The operating conditions of ICP and AAS

ICP		AAS			
Classification	Condition	Element	Classification	Condition	
Wavelength (nm)	Cd: 214.438 Cu: 324.754	Pb ¹⁾	Wavelength (nm)	283.3	
Sample gas flow (L/min)	0.5		Low slit (nm)	0.7	
Plasma gas flow (L/min)	12.0		Temperature (°C)	pyrolysis 850	
Auxiliary gas flow (L/min)	0.9		atomization	1600	
Viewing height (mm)	10.0		As ²⁾	Wavelength (nm)	193.7
Pump speed (%)	22			Cell temperature (°C)	900
Photo multiplier voltage (V)	Cd: 720 Cu: 670			Pump 1 speed (U/min)	100
		Pump 2 speed (U/min)		120	
		Carrier gas flow (mL/min)		50	

¹⁾Chemical modifier: NH₄H₂PO₄ 0.05 mg + Mg(NO₃)₂ 0.003 mg

²⁾Reductant: 0.4% NaBH₄ in 0.05% NaOH, Carrier solution: 10%(v/v) HCl

Table 3. Recovery of the trace metals in sugar products

Elements	Recovery (%)
Hg	97.5±3.31
Pb	98.0±4.07
As	99.0±4.19
Cd	94.0±4.46
Cu	86.0±7.33

mg/kg되게 표준용액을 첨가하여 시료와 동일한 방법으로 처리한 후 측정하였다.

분석정도관리(Analytical Quality Assurance: AQA)

분석결과에 대한 정확성 및 신뢰도를 국제적으로 인정받기 위해 1999년도에 WHO의 미량금속 국제정도관리 지정기관인 영국 농림수산물부(Ministry of Agriculture, Fisheries and Food: MAFF)의 CSL(Central Science Laboratory) Food Science Laboratory에서 운영하는 FAPAS(Food Analysis Performance Assessment Scheme) 국제 정도관리 프로그램에 참가하여 납, 비소 등 중금속 분석에서 우수한 결과를 얻었다⁽²⁴⁾.

결과 및 고찰

회수율

각 금속별 회수율은 Table 3과 같으며, 구리는 평균 86%, 카드뮴은 94%, 수은, 납, 비소는 98~99%로 나타났다.

당류 중 중금속 함량 및 납 기준과의 비교

당류 총 285건에 대한 Hg, Pb, As, Cd, Cu의 함량범위 및 평균치는 Table 4와 같다. 본 조사 결과 우리나라의 당류 중 중금속 평균함량은 수은은 약 0.001 mg/kg, 납은 0.03 mg/kg, 카드뮴은 0.005 mg/kg, 비소는 0.004 mg/kg, 구리는 0.15 mg/kg이었다. 이는 최근 영국에서 수행된 당류 중 중금속 모니터링 결과⁽¹⁶⁾ 평균함량이 수은 0.003 mg/kg, 납 0.014 mg/kg, 비소 0.005 mg/kg, 구리 2.1 mg/kg이었다는 보고와 미국의 설탕 중 납 함량 0.004 mg/kg⁽¹⁷⁾, 캐나다의 설탕 중 비소 평균 함량 0.002 mg/kg⁽¹⁸⁾과 비교해 볼 때 유사한 수준이었다.

본 조사결과 당류 종류별 납의 평균함량은 백설탕은 0.01 mg/kg, 액상포도당은 0.07 mg/kg, 정제포도당은 0.02 mg/kg, 함수결정포도당은 0.002 mg/kg, 무수결정포도당은 0.05 mg/kg, 액상 과당은 0.05 mg/kg, 결정과당은 0.02 mg/kg으로 현행 식

Table 4. Contents of trace metals in sugar products in Korea

(unit: g/kg)

Sample	No. of sample	Metal	Mean Value	Standard Deviation	Minimum Value	Maximum Value
Sugar	White sugar	Hg	1.4	1.1	0.7	6.4
		Pb	13.3	20.9	N.D. ¹⁾	85.1
		Cd	2.5	2.0	N.D.	8.9
		As	1.8	3.8	N.D.	22.8
		Cu	14.7	8.0	2.4	27.9
	Brown sugar	Hg	1.7	1.3	N.D.	4.5
		Pb	20.5	14.8	N.D.	60.6
		Cd	2.6	2.8	N.D.	8.9
		As	4.9	5.7	N.D.	26.6
		Cu	154.2	90.9	N.D.	372.0
	Dark-brown sugar	Hg	1.5	1.0	N.D.	3.3
		Pb	38.6	29.1	N.D.	129.6
		Cd	2.8	2.7	N.D.	10.7
		As	12.4	10.0	N.D.	34.3
		Cu	390.8	197.4	N.D.	717.3
	Subtotal	Hg	1.6	1.1	N.D.	6.4
		Pb	22.8	24.5	N.D.	129.6
		Cd	2.6	2.4	N.D.	10.7
		As	5.8	8.3	N.D.	34.3
		Cu	167.6	196.2	N.D.	717.3
Glucose	Liquid glucose	Hg	2.1	0.2	1.8	2.4
		Pb	74.4	21.7	42.1	114.3
		Cd	48.2	6.9	36.7	56.5
		As	3.9	2.5	N.D.	7.8
		Cu	582.7	441.6	21.2	1668.5
	Purified glucose	Hg	1.7	1.2	0.2	4.0
		Pb	22.2	14.9	N.D.	58.8
		Cd	1.4	1.4	N.D.	5.1
		As	2.1	2.2	N.D.	7.6
		Cu	16.7	8.1	4.4	35.9

Table 4. (continued)

Sample	No. of sample	Metal	Mean Value	Standard Deviation	Minimum Value	Maximum Value
Glucose	Watery crystalline glucose	Hg	0.7	0.6	N.D.	1.8
		Pb	1.8	2.2	N.D.	6.9
		Cd	0.7	0.6	N.D.	1.6
		As	0.1	0.1	N.D.	0.5
		Cu	42.9	39.5	N.D.	128.9
	Watery-free crystalline glucose	Hg	1.3	1.1	N.D.	3.1
		Pb	48.8	54.5	N.D.	219.7
		Cd	0.1	0.1	N.D.	0.3
		As	0.8	1.3	N.D.	4.2
		Cu	5.2	4.2	N.D.	13.7
	Subtotal	Hg	1.4	1.0	N.D.	4.0
		Pb	36.8	40.4	N.D.	219.7
		Cd	12.6	21.0	N.D.	56.5
		As	1.7	2.3	N.D.	7.8
		Cu	161.9	326.9	N.D.	1668.5
Fructose	Liquid fructose	Hg	0.8	0.6	0.3	2.2
		Pb	51.5	86.1	N.D.	281.9
		Cd	3.4	2.9	N.D.	8.9
		As	0.4	0.5	N.D.	1.5
		Cu	268.4	483.5	N.D.	1524.1
	Crystalline fructose	Hg	0.9	0.5	N.D.	1.8
		Pb	23.2	10.3	12.5	45.1
		Cd	1.7	2.4	0.2	7.6
		As	0.7	0.8	N.D.	2.8
		Cu	60.4	87.7	4.0	268.6
	Subtotal	Hg	0.9	0.6	N.D.	2.2
		Pb	37.4	61.4	N.D.	281.9
		Cd	2.5	2.7	N.D.	8.9
		As	0.6	0.7	N.D.	2.8
		Cu	164.4	354.6	N.D.	1524.1
Oligosaccharide	Fructo oligosaccharide	Hg	1.4	0.5	0.6	2.1
		Pb	29.1	11.6	22.9	49.8
		Cd	0.9	1.8	N.D.	4.1
		As	3.9	8.5	N.D.	19.2
		Cu	36.0	63.4	N.D.	149.2
	Isomalto oligosaccharide	Hg	1.5	1.0	0.5	3.3
		Pb	96.6	135.5	N.D.	314.4
		Cd	1.0	1.3	N.D.	3.0
		As	3.7	7.4	N.D.	14.8
		Cu	16.6	23.7	N.D.	63.6
	Galacto oligosaccharide	Hg	0.8	0.3	0.5	1.1
		Pb	22.1	11.0	7.8	37.0
		Cd	1.3	1.9	N.D.	4.4
		As	1.2	2.0	N.D.	4.7
		Cu	101.2	205.2	4.2	468.3
Subtotal	Hg	1.3	0.7	0.5	3.3	
	Pb	49.3	80.8	N.D.	314.4	
	Cd	1.1	1.5	N.D.	4.4	
	As	2.9	6.2	N.D.	19.2	
	Cu	49.1	117.8	N.D.	468.3	
Dextrin	Hg	1.0	0.5	0.5	2.0	
	Pb	6.9	7.2	N.D.	21.9	
	Cd	2.0	2.3	N.D.	7.8	
	As	15.0	34.6	N.D.	104.8	
	Cu	29.2	17.9	5.1	61.8	
Taffy	Watery taffy	Hg	0.5	0.2	N.D.	0.8
		Pb	21.3	34.3	N.D.	155.3
		Cd	3.7	4.2	N.D.	11.2
		As	N.D.	-	N.D.	N.D.
		Cu	41.5	35.6	N.D.	131.4

Table 4. (continued)

Sample	No. of sample	Metal	Mean Value	Standard Deviation	Minimum Value	Maximum Value	
Taffy	Malt taffy	40	Hg	0.6	0.3	N.D.	1.5
			Pb	30.2	66.4	N.D.	466.0
			Cd	1.7	2.3	N.D.	8.0
			As	1.3	6.7	N.D.	39.8
			Cu	80.4	193.2	N.D.	1172.0
	Powdery taffy	20	Hg	0.8	0.4	N.D.	2.3
			Pb	48.4	39.6	N.D.	152.0
			Cd	4.7	2.1	0.6	10.3
			As	4.8	7.1	N.D.	25.7
			Cu	354.4	439.3	28.3	1886.5
	Subtotal	80	Hg	0.6	0.3	N.D.	2.3
			Pb	32.3	55.6	N.D.	466.0
			Cd	2.8	3.1	N.D.	11.2
			As	1.8	6.2	N.D.	39.8
			Cu	133.9	278.0	N.D.	1886.5
Total	285		Hg	1.2	0.9	N.D.	6.4
			Pb	30.4	45.7	N.D.	466.0
			Cd	4.6	10.5	N.D.	56.5
			As	3.6	9.1	N.D.	104.8
			Cu	145.0	260.0	N.D.	1886.5

¹N.D.: Not detected (Hg: lower than 0.1 µg/kg, Pb: lower than 1 µg/kg, Cd: lower than 0.1 µg/kg, As: lower than 0.1 µg/kg, Cu: lower than 0.5 µg/kg).

Table 5. Average intakes of heavy metals from sugar products

	Mean(mg/kg)	Total weekly intake (g/kg body weight)	PTWI (g/kg body weight)
Hg	0.001	0.001	5
Pb	0.03	0.03	25
Cd	0.005	0.005	7
As(Total As)	0.004	0.004	15 ¹⁾
Cu	0.15	0.14	3500 ²⁾

¹JECFA established the PTWI of 15 µg/kg body weight for inorganic arsenic.

²JECFA reestablished the PMDI (Provisional Maximum Daily Intake) of 500 µg/kg body weight.

식품공전의 납 기준⁽²⁵⁾인 0.5 mg/kg보다 훨씬 낮았으며, 갈색설탕은 0.02 mg/kg, 흑설탕은 0.04 mg/kg, 덱스트린 0.007 mg/kg, 프락토올리고당은 0.03 mg/kg, 이소말토올리고당은 0.1 mg/kg, 갈락토올리고당은 0.02 mg/kg, 물엿은 0.02 mg/kg, 맥아엿은 0.03 mg/kg, 덩어리엿은 0.05 mg/kg으로 현행 식품공전의 납 기준인 1.0 mg/kg보다 훨씬 낮아 안전한 수준이다.

당류를 통한 중금속의 주간 섭취량

우리나라 국민의 당류 섭취량은 '98 국민건강 영양조사보고서⁽²⁶⁾에 따르면 1인 1일당 8.2 g으로, 본 조사에서 얻어진 당류 중 중금속 평균함량을 토대로 주간섭취량을 Table 5에 산출하였다. Table 5에서 보는 바와 같이 우리나라에서 유통되는 당류로부터 섭취하는 중금속 양은 FAO/WHO에서 설정된 잠정 주간섭취허용량인 PTWI(Provisional Tolerable Weekly Intake)⁽²⁷⁾의 0.1% 이하로서 낮은 수준임을 알 수 있었다.

요 약

본 연구는 우리나라 식품공전의 당류 중 중금속 함유량을 파악하여 식품공전 제·개정시 과학적 기초자료로 활용하고자 수행하였다. 1999년에 총 285건의 당류에 대하여 ICP, AAS 및 Mercury analyzer 등을 이용하여 납 등 중금속함량을 측정하였으며 그 결과는 다음과 같다[최소~최대(평균), mg/kg]: Pb: 불검출~0.006(0.001), Cu: 불검출~0.47(0.03), Cd: 불검출~0.06(0.005), As: 불검출~0.10(0.004), Hg: 불검출~1.89(0.15). 본 조사결과는 외국의 모니터링 결과와 유사한 것으로 나타났다. 또한 당류를 통한 우리나라 국민의 납, 카드뮴, 수은의 섭취량은 FAO/WHO에서 중금속 안전성 평가를 위해 정한 PTWI의 0.004~0.1%로 안전한 수준이었다.

문 헌

1. UNEP/FAO/WHO. The Contamination of Food. UNEP, Nairobi, Kenya (1992)
2. Baik, D.W., Kwon, W.C., Shin, K.H., Kim, J.H., Kim, O.H., Sho, Y.S., Park, K.S. and Ahn, J.S. Study on the trace element contents of fish in Korean coastal waters. The Report of National Institute of Health, Korea 22: 471-494 (1985)
3. Baik, D.W., Kwon, W.C., Won, K.P., Kim, J.H., Kim, O.H., Sho, Y.S., Kim, Y.J., Park, K.S., Seong, D.H., Seo, S.C. and Lee, K.J. Study on the contents of trace elements in foods (On the trace element contents of shellfish in Korean coastal waters). The Report of National Institute of Health, Korea 23: 589-610 (1986)
4. Kwon, W.C., Won, K.P., Kim, J.W., Kim, O.H., Sho, Y.S., Kim, Y.J., Park, K.S., Sung, D.H., Lee, K.J. and Baik, D.W. Study on the contents of trace elements in foods (On the trace element contents of fish in Korean coastal waters). The Report of National Institute of Health, Korea 24: 733-746 (1987)
5. Baik, D.W., Kwon, W.C., Won, K.P., Kim, J.W., Sho, Y.S., Lee,

- H.D., Park, K.S., Seong, D.W., Lee, M.S. and Lee, K.J. Study on the contents of trace elements in foods (On the trace element contents of shellfish in Korean coastal waters). The Report of National Institute of Health, Korea 25: 551-564 (1988)
6. Kwon, W.C., Won, K.P., Kim, J.W., Sho, Y.S., Lee, H.D., Park, K.S., Lee, J.O., Seong, D.W., Seo, J.S., Kim, M.H., Lee, K.J. and Baik, D.W. Study on the contents of trace elements in food (On the trace element contents of fish in Korean coastal waters). The Report of National Institute of Health, Korea 26: 447-460 (1989)
 7. Kim, K.S., Lee, J.O., Sho, Y.S., Seo, S.C., Kang, H.K., Seo, J.S., Kim, M.H., Kwon, Y.B. and Baik, D.W. Study on the trace element contents in food (On the trace element contents of shellfish in Korean coastal waters). The Report of National Institute of Health, Korea 27: 388-397 (1990)
 8. Kim, K.S., Lee, J.O., Sho, Y.S., Seo, S.C., Kang, H.K., Yoo, S.Y., Choi, B.H., Kwon, Y.B. and Baik, D.W. Study on the trace element contents in food (On the trace element contents of fish and shellfish in Korean coastal waters). The Report of National Institute of Health, Korea 28: 354-365 (1991)
 9. Kim, K.S., Lee, J.O., Sho, Y.S., Seo, S.C., Chung, S.Y., Yoo, S.Y., Song, K.H., Son, Y.W., Lee, H.B. and Kwon, W.C. Study on the trace metal contents in food (Trace metal contents of cereals, pulses and potatoes produced in Korea). The Report of National Institute of Health, Korea 29: 365-377 (1992)
 10. Kim, K.S., Lee, J.O., Sho, Y.S., Seo, S.C., Chung, S.Y., You, S.Y., Song, K.H., Son, Y.W., Lee, H.B. and Kwon, W.C. Study on the trace metal contents in food (On the trace metals contents of vegetables and fruits produced in Korea). The Report of National Institute of Health, Korea 30: 366-377 (1993)
 11. Kim, K.S., Kim, C.M., Sho, Y.S., Seo, S.C., Chung, S.Y., Yoo, S.Y., Song, K.H., Kim, J.S. and Lee, H.B. 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, Korea 31: 437-449 (1994)
 12. Won, K.P., Kim, C.M., Sho, Y.S., Seo, S.C., Chung, S.Y., Yoo, S.Y., Song, K.H., Kim, J.S. Kim, H.D. and Kim, K.S. 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, Korea 32: 456-469 (1995)
 13. Won, K.P., Kim, N.K., Sho, Y.S., Chung, S.Y., Yun, H.K., Kim, H.D. and Chang, M.I. 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 and Drug Administration 1: 58-70 (1996)
 14. MAFF. Survey of Lead and Cadmium in Foods. Food surveillance paper No. 113, pp. 1-6. HMSO, London, UK (1997)
 15. U.S. Food and Drug Administration. Market Baskets 91(3)-97(1), Total Diet Study (1997)
 16. Dabeka, R.W., McKenzie, A.D., Lacroix, G.M.A., Cleroux, C., Bowe, S., Graham, R.A. and Conacher, H.B.S. Survey of arsenic in total diet food composites and estimation of the dietary intake of arsenic by Canadian adults and children. J. Assoc. Off. Anal. Chem. Int. 76: 14-25 (1993)
 17. Leblebici, J. and Volkan, M. Sample preparation for arsenic, copper, iron and lead determination in sugar. J. Agric. Food Chem. 46: 173-177 (1997)
 18. Allen, L.B., Siitonen, P.H. and Harold, C., Thompson, Jr. Methods for the determination of arsenic, cadmium, copper, lead and tin in sucrose, corn syrup and high-fructose corn syrups by inductively coupled plasma atomic emission spectrophotometry. J. Agric. Food Chem. 45: 162-165 (1997)
 19. Sang, S.L., Cheng, W.C., Shiue, H.I. and Cheng, H.T. Direct determination of trace metals in cane juice, sugar and molasses by atomic absorption spectrophotometry. Int. Sugar J. 77: 71-75 (1975)
 20. Huijbregts, A.W.M., Hibbert, D., Phillipson, R.T., Schiweck, H. and Steinle, G. Collaborative study on the determination of trace elements in dried sugar beet pulp and molasses. Part IV. Arsenic. Int. sugar J. 87: 163-167 (1985)
 21. Morris, N.M., Clarke, M.A., Tripp, V.W. and Carpenter, F.G. Determination of lead, cadmium and zinc in sugar. J. Agric. Food Chem. 24: 45-47 (1976)
 22. Miller-Ihli, N.J. Graphite furnace atomic absorption method for the determination of lead in sugars and syrups. J. Assoc. Off. Anal. Chem. 77: 1288-1292 (1994)
 23. Korea Food and Drug Administration. 1999 Food Code. Mun-youngsa, Seoul (1999)
 24. FAPAS. Trace elements Series VII (23). Report to participants in food analysis performance assessment scheme, Oct. (1999)
 25. Korea Food and Drug Administration. 2002 Food Code. Mun-youngsa, Seoul (2002)
 26. Ministry of Health and Welfare of Korea. '98 National Nutrition Survey Report. Seoul (1999)
 27. FAO. Summary of Evaluations Performed by the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). ILSI, Geneva (1994)

(2002년 9월 10일 접수; 2002년 12월 4일 채택)