

우리나라 채소류중 미량금속 합량 및 안전성 평가

정소영[†] · 김미혜 · 소유섭 · 원경풍 · 홍무기

식품의약품안전청 식품평가부

Trace Metal Contents in Vegetables and Their Safety Evaluations

So-Young Chung[†], Mee-Hye Kim, You-Sub Sho, Kyoung-Poong Won and Moo-Ki Hong

Dept. of Food Evaluation, Korea Food and Drug Administration, Seoul 122-704, Korea

Abstract

This study was conducted to estimate the contents of trace metals in vegetables which were produced in Korea. The levels of trace 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 trace metals [minimum~maximum (mean), mg/kg] in vegetables were as follows; Hg: 0.0001~0.019 (0.002), Pb: 0.001~0.28 (0.02), Cd: 0.001~0.078 (0.016), As: 0.001~0.06 (0.02), Cu: 0.06~24.81 (0.77), Mn: 0.17~15.12 (2.32), Zn: 0.13~28.70 (2.51). These results showed that metal contents in vegetables on domestic markets were similar to those reported in other countries. The weekly average intakes of lead, cadmium and mercury from vegetables take 2~7% of PTWI (Provisional Tolerable Weekly Intakes) that the FAO/WHO Joint Food Additive and Contaminants Committee has set to evaluate their safeties.

Key words: trace metals, lead, cadmium, mercury, vegetables

서 론

환경 오염 문제에서 가장 자주 언급되는 문제 중의 하나는 중금속 오염으로 이는 식품뿐 아니라 수질 및 대기 오염 등 다양한 경로로 우리 체내로 들어오는데(1) 농산물이나 인간에게 이행되었을 때 자연적 또는 인위적 방법으로 쉽게 분해되지 않고 축적된다. 체내에 들어온 모든 금속이 그대로 축적되는 것은 아니며, 식품에 의해 섭취된 실제 흡수량은 섭취 식품의 종류와 건강상태 등에 따라 달라지나(2,3), 저농도일 지라도 그 독성이 농산물이나 인간에게 미치는 경제적 손실과 심각한 건강상 위해를 끼칠 우려가 있다(4-6). 특히 수은, 납, 카드뮴 등은 생물에서 전혀 필요성이 밝혀져 있지 않고 오히려 유해할 뿐이며, 자체 독성뿐 아니라 축적성도 있어 먹이 연쇄를 따라 농축된다. 수은, 납, 카드뮴의 과잉섭취는 중추신경계와 신장에 독성이 매우 크고 아연, 구리, 망간의 과량섭취는 구토, 복통 등의 독성이 있으나 효소의 필수 구성성분으로 인체에 꼭 필요한 금속이며 아연의 경우 결핍시 생식력, 미각 저하 등의 영향을 미친다(1).

국내에선 토양(3,7-9), 농산물(10-13), 수산물(14-17)에 함유된 유해성 중금속에 관하여 연구되고 있으며, 환경 오염에 의해 중금속이 함유되는 식품이 인체에 미치는 영향에 대한 관심이 증가하고 있다.

국민영양조사 결과보고(18)에 의하면 우리나라 국민의 1

일 식품 섭취량은 곡류 308.7 g(28.1%), 채소류 286.2 g(26%) 순으로 채소류는 곡류 다음으로 우리나라 국민이 많이 섭취하는 식품이다. 따라서 채소류에서도 환경 오염의 영향을 받아 중금속이 체내에 축적되어 인체에 위해할 수도 있으므로 Codex 국제식품규격위원회에서는 각국의 채소류중 중금속 모니터링 결과를 토대로 중금속 기준을 설정하고자 하는 추세이므로 우리나라에서도 그동안 수행되었던 채소류 중 중금속 합량에 대한 종합적인 평가가 필요한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 채소류 중 미량금속 합량 및 섭취량에 대한 안전성 평가를 하여 향후 채소류의 중금속 규격 설정시 과학적 근거자료로 활용하고자 한다.

재료 및 방법

재료

1993년, 1995년, 1996년 각각 3~12월에 걸쳐 우리나라 각 지역에서 생산된 채소류 15종(배추, 상추, 파, 무, 당근, 오이, 신선초, 호박, 토마토, 고추, 시금치, 양파, 마늘, 딸기, 참외) 620건을 전국(서울, 경기도, 강원도, 충청남·북도, 경상남·북도, 전라남·북도)에서 채취한 후 일정량을 시료로 사용하였다.

시료의 전처리

수집한 검체는 외피를 물로 깨끗이 닦고 이것을 호모게나

[†]Corresponding author. E-mail: sychung@kfda.go.kr
Phone: 82-2-380-1671, Fax: 82-2-382-4892

이저(ULTRA-TURRAX T 50, IKA-Labortechnik, Janke & Kunkel GmbH & Co., Germany)로 갈아 균질하게 만들어 시료로 사용하거나 또는 폴리에틸렌 용기에 담아 냉동보관(-10°C) 후 분석시 실온에서 해동하여 사용하였다.

미량금속 분석

납, 카드뮴, 비소, 구리, 망간, 아연 분석을 위해서 500 mL 킬달플라스크에 시료 25 g을 정확히 달아 물 30 mL, 질산 25 mL, 황산 5 mL을 넣어 실온에서 하루 방치한 후 산분해하고 최종 50 mL로 하여 시험용액을 만들어 Table 1의 조건에 따라 Inductively coupled plasma spectrophotometer(model 710, Labtest Equipment Co., Australia) 및 Atomic absorption spectrophotometer(model 2380, Perkin Elmer, USA)를 이용하여 측정하였다. 또한 각 금속별 회수율도 시료 분석할 때와 동일한 방법으로 측정하였다. 수은은 가열기화금아말감법(combustion gold amalgamation method)(19)에 따라 Mercury analyzer(model SP-3A, Nippon Instrument Co., Japan)를 사용하여 Table 2의 조건에 따라 분석하였다.

안전성 평가

식품을 통해 섭취되는 중금속 등 오염물질에 대한 안전성 평가는 실제 식품을 통해 섭취하는 각 중금속의 주간섭취량(일주일 동안 식품을 통해 섭취하는 중금속량)을 FAO/WHO에서 설정한 각 금속의 잠정 주간섭취허용량(PTWI: provisional tolerable weekly intake)과 비교하여 평가하였다(20).

주간 금속섭취량(µg/week/1인) : 각 식품의 금속 평균함량(µg/g) × 각 식품의 1일 섭취량(g/day/1인) × 7

결과 및 고찰

회수율

수은은 수은 분석기로, 비소는 93년에는 AAS를, '95~96년에는 ICP를 이용하였고 납, 카드뮴, 구리, 망간, 아연은 ICP를 사용하여 분석하였다. 각 금속별 회수율은 비소의 경우 AAS를 이용하여 분석한 결과 평균 88%, ICP는 평균 약 94%로 비소의 평균회수율은 92%였고, Mercury analyzer를 이용한 수은 및 ICP를 이용하여 분석한 납, 카드뮴의 회수율은 약 95%, 구리, 망간, 아연은 96~97%로 나타났다(Table 3).

식품별 금속 함량

우리나라 각 지역에서 생산된 채소류 15종 620건의 미량금속함량 분석결과는 Table 4와 같으며 금속별로 고찰하였다.

수은

자연계에 광범위하게 분포되어 있는 수은은 오래전부터 화장품, 의약품, 도료 등에 사용되어 온 금속으로 농작물에 대한 오염원으로는 수은계 농약으로 토양오염, 공장폐수, 도시하수의 농경지로의 유입을 들 수 있다(1). 본 조사결과 당근, 토마토, 양파의 수은함량은 0.001 ppm으로 영국의 모니터링 결과인 당근, 토마토, 양파의 수은함량 1 ppb 이하(21), 일본(22)의 시금치 0.0017 ppm, 당근 0.0003 ppm과 유사한 수준으로 나타났다.

납

인체에 유해한 축적독성이 강한 납은 자연계에 널리 분포

Table 1. The operating conditions of ICP and AAS

ICP		AAS	
Classification	Condition	Classification	Condition
Wavelength (nm)	Pb : 220.353 Cd : 214.438 As : 193.696 Cu : 324.754 Mn : 257.610 Zn : 213.856	Wavelength (nm)	As : 193.7
Sample gas flow (L/min)	0.50	Lamp current (mA)	10
Plasma gas flow (L/min)	11.00	Slit width (nm)	0.7
Auxiliary gas flow (L/min)	0.55		

Table 2. Operating condition of mercury analyzer

Classification	Heating condition	Standard solution (10 ng/mL)	Samples
Sample amount		50, 100, 200 µL	50~100 mg
Mode selector	1st step 2nd step	1 1 min 4 min	3 10 min 6 min
Additive		Unnecessary	M+S+M+B+M or B+S+B+M ¹⁾
Washing liquid		Distilled deionized water	
Measuring range		20 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.
Solid sample : M+S+M+B+M, Liquid sample : B+S+B+M

Table 3. Recovery of trace metals in vegetables

Elements	Recovery (%)
Hg	94.8
Pb	94.5
Cd	94.9
As	92.1
Cu	97.7
Mn	96.3
Zn	97.4

되어 있으며 안료, 자동차의 anti-knocking제, 납땀관 등에 널리 사용되고 있으며 중독시 적혈구의 헤모글로빈을 감소시켜 빈혈을 유발하는 금속이다(6). 본 조사결과 상추, 당근, 토마토의 납함량은 0.02 ppm으로 호주의 모니터링 결과인 당근, 상추 0.01 ppm(23)보다 조금 높게 나타났다. 또한 조사 대상 채소류의 납함량은 모두 EC(European commission)의 채소류중 납기준(24) 및 Codex의 채소류 납기준안(25)인 채소(엽채류 제외) 0.1 ppm, 엽채류(시금치 제외) 0.3 ppm보다 낮은 수준이었다.

카드뮴

카드뮴은 납의 제련시 생기는 폐수와 농작물의 재배시 사용하는 비료에서 오염되는 것으로 알려져 있다(1). 본 조사결과 우리나라에서 생산된 채소류의 카드뮴 함량은 배추 0.011 ppm, 시금치 0.028 ppm, 호박 0.008 ppm, 상추 0.028 ppm, 당근 0.016 ppm, 양파 0.018 ppm으로 일본의 배추 0.01 ppm, 시금치 0.088 ppm, 호박 0.005 ppm, 상추 0.014 ppm(26)과 비교할 때 시금치는 낮고 나머지는 유사하게 나타났다. 또한 호주의 호박 0.004 ppm(23), 영국(24)의 당근 0.008 ppm, 양파 0.009 ppm보다 다소 높았다. 대부분 채소의 카드뮴 함량은 EC(24)의 채소류 카드뮴 기준인 0.1 ppm 및 Codex의 채소류 카드뮴 기준안(25)인 0.05 ppm보다 낮은 수준이었다.

비소

비소는 지각(earth crust)에 20번째로 많이 함유되어 있기 때문에 특히 토양, 물 및 동식물에 함유되어 있으나 식품에 함유되어 있는 형태는 대부분 독성이 적은 유기비소 형태로 알려져 있다(1,2). 국내 채소류의 비소 함량은 상추, 당근, 오

Table 4. Contents of trace metals in vegetables

Foods	No.	Hg	Pb	Cd	As	Cu	Mn	Zn
Chinese cabbage	58	0.001 ¹⁾	0.012	0.011	0.013	0.39	4.00	2.33
		(0.0001~0.0097)	(0.001~0.051)	(0.004~0.042)	(0.001~0.034)	(0.13~1.69)	(0.89~14.47)	(0.83~5.51)
Lettuce	58	0.002	0.022	0.028	0.017	2.06	4.09	5.02
		(0.0004~0.0057)	(0.002~0.234)	(0.004~0.074)	(0.001~0.051)	(0.11~24.81)	(0.27~15.12)	(0.68~28.70)
Green onion	38	0.003	0.017	0.017	0.017	0.39	3.79	2.41
		(0.0002~0.0094)	(0.001~0.078)	(0.006~0.036)	(0.004~0.051)	(0.12~0.96)	(0.54~14.84)	(0.83~5.87)
Radish	58	0.001	0.009	0.012	0.015	0.20	1.48	1.39
		(0.0001~0.0029)	(0.001~0.023)	(0.003~0.032)	(0.001~0.04)	(0.06~0.56)	(0.17~3.78)	(0.66~3.52)
Carrot	40	0.001	0.015	0.016	0.012	0.37	0.79	1.85
		(0.0003~0.0067)	(0.001~0.054)	(0.001~0.041)	(0.001~0.028)	(0.13~0.82)	(0.25~2.63)	(0.53~4.47)
Cucumber	58	0.001	0.023	0.010	0.012	0.45	1.42	1.51
		(0.0001~0.0031)	(0.001~0.184)	(0.001~0.024)	(0.001~0.036)	(0.12~1.35)	(0.39~5.55)	(0.13~3.09)
<i>Angelica keiskei</i>	20	0.004	0.018	0.022	0.021	1.92	2.88	3.61
		(0.0015~0.0082)	(0.006~0.042)	(0.008~0.048)	(0.003~0.041)	(1.02~3.91)	(0.31~5.83)	(0.81~6.37)
Pumpkin	58	0.001	0.036	0.008	0.011	0.77	1.27	2.09
		(0.0001~0.0022)	(0.002~0.276)	(0.001~0.015)	(0.001~0.038)	(0.18~5.94)	(0.36~4.63)	(0.57~5.26)
Tomato	40	0.001	0.021	0.012	0.007	0.51	0.92	0.95
		(0.0001~0.006)	(0.002~0.077)	(0.001~0.034)	(0.001~0.018)	(0.19~1.12)	(0.32~2.68)	(0.45~1.58)
Green Pepper	38	0.001	0.015	0.016	0.016	0.83	2.32	2.74
		(0.0001~0.0026)	(0.004~0.072)	(0.003~0.041)	(0.003~0.037)	(0.18~1.92)	(0.38~5.31)	(1.48~4.54)
Spinach	38	0.002	0.013	0.028	0.019	1.41	4.28	5.74
		(0.0007~0.0038)	(0.003~0.039)	(0.006~0.078)	(0.004~0.063)	(0.26~3.64)	(0.78~13.87)	(1.19~18.13)
Onion	38	0.001	0.014	0.018	0.021	0.31	1.98	2.02
		(0.0003~0.0032)	(0.001~0.046)	(0.003~0.043)	(0.006~0.053)	(0.09~0.87)	(0.25~5.42)	(0.73~5.01)
Garlic	38	0.002	0.013	0.023	0.025	1.19	1.52	2.78
		(0.0001~0.0078)	(0.002~0.062)	(0.004~0.053)	(0.008~0.045)	(0.58~3.05)	(0.43~4.13)	(1.04~5.51)
Strawberry	20	0.005	0.017	0.014	0.010	0.36	3.03	1.19
		(0.0002~0.0186)	(0.001~0.028)	(0.004~0.035)	(0.001~0.017)	(0.15~0.97)	(0.91~9.16)	(0.55~2.89)
Chinese melon	20	0.001	0.022	0.013	0.013	0.48	0.54	1.58
		(0.0001~0.002)	(0.001~0.055)	(0.008~0.023)	(0.003~0.053)	(0.27~1.10)	(0.18~0.98)	(0.74~2.28)
Total	620	0.002	0.019	0.016	0.015	0.77	2.32	2.51
		(0.0001~0.0186)	(0.001~0.276)	(0.001~0.078)	(0.001~0.063)	(0.06~24.81)	(0.17~15.12)	(0.13~28.70)

¹⁾The values are means (min~max).

이, 토마토, 고추, 양파에서 약 0.01 ppm으로 캐나다의 상추 0.0016 ppm 당근 0.0042 ppm(27)보다 높게 나타났으나 우리나라 채소류의 비소 함량은 평균 0.015 ppm으로 뉴질랜드(28)의 채소류 중 비소기준 1 ppm보다 낮게 나타났다.

구리

구리는 자연계에 널리 분포되어 있는 필수 금속이다. 구리 결핍시 헤모글로빈 합성의 결손은 저색소성 빈혈을 나타내고 구리는 시토크롬 산화 효소 등 산화효소의 구성 성분이고 과량의 구리 섭취는 구토, 저혈압, 혼수, 황달을 일으킨다(1). 국내 채소류의 구리 함량은 상추가 2.06 ppm, 토마토 0.51 ppm으로 호주 상추 0.46 ppm보다 높고 토마토 0.55 ppm과 유사하였으며(23), 우리나라 채소류의 구리함량은 평균 0.77 ppm으로 일본 채소의 평균 구리함량 0.52 ppm(26)보다 약간 높은 수준이나 뉴질랜드(28)의 채소류 구리기준인 2.5 ppm 이하로서 이들 기준보다 낮게 나타났다.

망간

망간은 인산화 반응, 콜레스테롤과 지방산합성에 관여하는 효소의 보조인자로 필수 금속이지만 만성중독이 되면 중추 신경장애와 더불어 간경화도 일으킨다(1). 국내 채소류의 망간함량은 배추, 상추, 토마토가 각각 약 4.00 ppm, 4.09 ppm, 0.92 ppm으로 일본의 배추 1.1 ppm, 상추 1.0 ppm, 토마토 0.7 ppm보다 높게 나타났으며, 호박, 시금치, 양파는 각각 1.27 ppm, 4.28 ppm, 1.98 ppm으로 일본의 호박 2.4 ppm, 시금치 4.4 ppm, 양파 2.2 ppm(26)과 유사하게 나타났다.

아연

아연은 70여종 이상의 효소에 필수원소로 아연 결핍은 용혈성빈혈, 고혈압 등을 일으킬 수 있다. 과잉 섭취로 인한 아연 중독은 드물지만, 아연 도금한 관에 들어있는 음료를 섭취하거나 아연 도금한 용기 사용으로 위장관 장애와 설사가 일어난다는 보고가 있다(1). 국내 채소류의 아연 함유량은 상추, 호박, 오이, 당근, 양파는 각각 5.02 ppm, 2.09 ppm, 1.51 ppm, 1.85 ppm, 2.02 ppm으로 일본의 1.6 ppm, 3.6 ppm, 2.7 ppm, 1.7 ppm, 2.3 ppm으로 유사한 수준이었다. 또한 우리나라 채소의 평균 아연 함유량은 2.51 ppm으로 뉴질랜드(28)의 아연 기준 40 ppm 이하보다 훨씬 낮은 수준이었다.

중금속 안전성 평가

식품을 통해 섭취되는 중금속 등 오염물질에 대한 안전성 평가는 실제 식품을 통해 섭취하는 각 중금속의 주간섭취량(일주일 동안 식품을 통하여 섭취하는 중금속의 양)을 잠정 주간섭취허용량(PTWI: Provisional Tolerable Weekly Intake)(20)과 비교하여 평가하였다. FAO/WHO 합동 식품첨가물 및 오염물질 전문가 위원회에서는 수은, 납, 카드뮴이 1972년에 식품오염물질로 제기되면서부터 이들 금속이 인체내에 축적되는 독성 때문에 중금속 섭취량을 PTWI와 비교하도록 권장하고 있다. 따라서 본 연구에서 수행한 식품의 중금속 함량 모니터링 결과와 1997년 국민영양조사 결과보

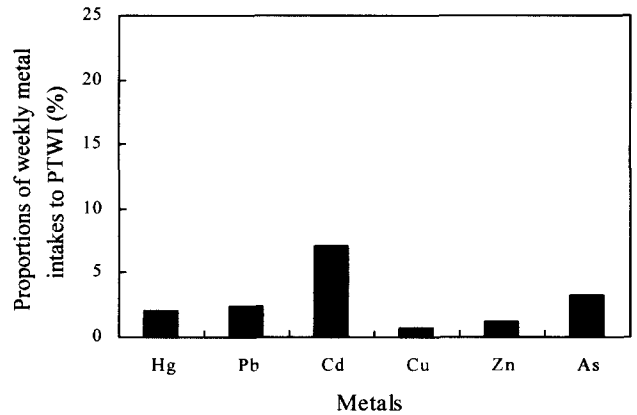


Fig. 1. The proportions of weekly metal intakes to PTWI by intake of some vegetables.

고서(18)의 일일 식품 섭취량 자료를 토대로 우리나라 국민의 중금속 섭취량을 각 중금속의 PTWI와 비교하여 안전성을 평가하였다.

각 금속별 주간섭취량을 FAO/WHO의 PTWI와 비교한 것이 Fig. 1에 나타나 있다. 우리나라 국민이 채소류로부터 섭취하는 수은 주간섭취량은 체중 kg당 0.1 µg이며 이는 PTWI (5 µg/kg b.w./week)의 약 2.0%에 해당된다. 납 주간섭취량은 체중 kg당 0.6 µg으로 PTWI(25 µg/kg b.w./week)의 2.4%를 차지하였다. 또한 카드뮴 주간섭취량은 체중 kg당 0.5 µg이며 이는 PTWI(7 µg/kg b.w./week)의 약 7.1%를 차지하였다. 총비소의 주간섭취량은 체중 kg당 0.5 µg으로 PTWI (15 µg/kg b.w./week, 무기비소에 한함)의 약 3.3%에 해당되었다. 그러나 이 PTWI는 독성이 강한 무기비소에만 제한되었을 뿐만 아니라 식품에 존재하는 비소의 대부분은 유기비소인 것을 감안하면 우리나라 국민의 채소를 통한 비소의 위해성은 문제가 되지 않는 것으로 판단된다.

우리나라 국민이 채소류를 통해 일주일에 섭취하는 수은, 납, 카드뮴, 비소 등의 함량은 PTWI의 2~7%를 차지하였다. 우리나라 국민이 채소로부터 섭취하는 구리의 주간 섭취량은 PTWI(3,500 µg/kg b.w./week)의 약 0.7%를 차지하며 아연 주간 섭취량은 PTWI(7,000 µg/kg b.w./week)의 약 1.2%를 차지하였다. 망간의 경우는 채소류를 통한 주간 섭취량이 약 77 µg으로 1989년도 미국 NRC(National Research Council)에서 제시한(29), 안전하고 적절한 망간 섭취 범위인 1일 2~5 mg(주간 14~35 mg)과 비교시 0.22% 미만에 해당된다. 구리, 아연, 망간 등은 우리 체내에서 없어서는 안될 필수 무기질 성분으로서 현재 우리나라 국민의 섭취수준이 적절하거나 오히려 부족한 상태이므로 다양한 식품급원을 통해 충분히 섭취될 수 있도록 해야 할 것이다.

요 약

국내에서 생산된 채소류 15종 620건에 대해 수은 함량은

Mercury analyzer로, 납, 카드뮴, 비소, 구리, 망간, 아연 등은 습식분해 후 ICP로 분석하였다. 본 연구 결과, 채소중 미량금속 함량(최소~최대(평균), mg/kg)은 수은 0.0001~0.019(0.002), 납 0.001~0.28(0.02), 카드뮴 0.001~0.078(0.016), 비소 0.001~0.06(0.02), 구리 0.06~24.81(0.77), 망간 0.17~15.12(2.32), 아연 0.13~28.70(2.51)으로 나타났다. 본 연구에서 얻어진 분석치들은 국내외 다른 연구자들의 분석치와 비슷한 것으로 나타났으며, 이는 우리나라에서 생산된 채소류중의 미량 금속 함유량은 오염된 수준이 아닌 자연 함유량 수준인 것으로 파악되었으며, 우리나라 사람이 이들 농산물로부터 섭취하는 미량금속의 양은 안전한 것으로 판단된다. 또한 우리나라 국민이 채소류를 통해 섭취하는 납, 수은, 카드뮴 등의 중금속 주간섭취량은 FAO/WHO에서 중금속 안전성 평가를 위해 정한 PTWI의 2~7%를 차지하고 있다.

문헌

- Choi, S.Y. : *Food contamination*. Ulsan University Publisher, Ulsan (1994)
- Reilly, C. : *Metal contamination of food*. Applied Science Publisher Ltd, London (1991)
- Kim, S.J. and Ryang, H.S. : Studies on the heavy metals in paddy rice and soils in Janghang smelter. *J. Korean Society of Soil Science and Fertilizer*, **18**, 336-347 (1985)
- WHO : *Mercury*. Environmental Health Criteria No. 86, WHO, Geneva, p.9 (1989)
- WHO : *Arsenic*. Environmental Health Criteria No. 18, WHO, Geneva, p.43-50 (1989)
- WHO : *Lead*. Environmental Health Criteria No. 3, WHO, Geneva, p.44-54 (1977)
- Rhu, H.I., Suh, Y.S., Jun, S.H., Lee, M.H., Yu, S.J., Hur, S.N. and Kim, S.Y. : 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 (1988)
- Rhu, H.I., Kim, I.K., Kim, H.Y. and Jun, S.H. : Survey on the contamination of the hazardous substances in the agricultural land and the agricultural products. *The Report of National Institute of Environmental Research, Korea*, **8**, 231-240 (1986)
- Suh, Y.S., Mun, H.H., Kim, I.K., Kim, H.Y., Jun, S.H. and Ji, D.H. : A study on the natural contents of heavy metals in soil. *The Report of National Institute of Environmental Research, Korea*, **4**, 189-198 (1982)
- Ko, I.S., Ro, C.B., Song, C., Kwon, H.H., Kim, K.S., Chung, K.H. and Joo, C.B. : Investigation on harmful trace elements in food. *The Report of National Institute of Health, Korea*, **9**, 389-406 (1972)
- Ko, I.S., Ro, C.B., Song, C., Kwon, H.H., Kim, K.S., Yun, K.B. and Yoo, B.C. : Investigation on harmful trace elements in food. *The Report of National Institute of Health, Korea*, **10**, 437-453 (1973)
- Lee, J.K., Won, K.P., Lee, T.S., Kim, H.H., Kim, O.H. and Song, C. : Study on trace elements in rice. *The Report of The report of National Institute of Health, Korea*, **16**, 435-439 (1979)
- 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 in the trace metal contents in food. *The Report of National Institute of Health, Korea*, **30**, 365-377 (1992)
- Kim, C.Y. : Studies on the contents of mercury, cadmium, lead and copper in edible seaweeds in Korea. *Bull. Kor. Fish Soc.*, **50**, 88-96 (1992)
- Kim, C.Y. and Won, J.H. : Concentration of mercury, cadmium, lead and copper in the seawater and in seaweeds, *Undaria Pinnatifida* and *Sargassum fulvellum*, from Suyeong bay in Pusan. *Bull. Kor. Fish Soc.*, **7**, 169-178 (1974)
- 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)
- 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)
- Ministry of Health and Welfare : '95 National Nutrition Survey Report. Korea (1997)
- Korea Food and Drug Administration : 1999 Food Code. Munyoungsa, Seoul (1999)
- FAO : *Summary of evaluations performed by the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA)*. ILSI, Geneva (1994)
- MAFF : *Food surveillance information sheet, survey of lead and cadmium in foods*. No. 119, August (1997)
- Tanaka, T., Aoki, Y., Tamase, K., Umoto, F., Ohbayashi, H., Imou, M. and Sasaki, M. : Improved methods for determination of total mercury and its application to vegetables and fruit in markets. *J. Food Hygienic Society of Japan*, **33**, 359-364 (1992)
- The 1992 Australian market basket survey—a total diet survey of pesticides and contaminants*, National food authority. p.78-88 (1992)
- MAFF : *Survey of lead and cadmium in foods*. Food surveillance paper No. 113 HMSO, London, p.1-6 (1997)
- Codex alimentarius commission : *Draft report of the 32nd session of the codex committee on food additives and contaminants ALINORM 01/12 Beijing*. People's Republic of China, 20-24 March 2000 (2000)
- Ikebe, K., Nishimune, T. and Tanaka, R. : Contents of 17 metal elements in food determined by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry—vegetables, fruits, potatoes and fungi. *J. Food Hygienic Society of Japan*, **31**, 382-393 (1990)
- 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. AOAC Int.*, **76**, 14-25 (1993)
- WHO : *International Digest of Health Legislation*. **34**, 580 (1983)
- National Research Council : *Recommended Dietary Allowances*. 10th ed., National Academic Press, Washington, D.C. (1989)

(2000년 5월 6일 접수)