

우리나라 곡류, 두류 및 서류중 중금속 함량 및 안전성 평가

김미혜[†] · 장문익 · 정소영 · 소유섭 · 홍무기
식품의약품안전청 식품평가부 식품오염물질과

Trace Metal Contents in Cereals, Pulses and Potatoes and Their Safety Evaluations

Meehye Kim[†], Moon-Ik Chang, So-Young Chung, You-Sub Sho and Moo-Ki Hong

Division of Food Contaminants, Korea Food & Drug Administration, Seoul 122-704, Korea

Abstract

This study was conducted to estimate the contents of trace metals in cereals, pulses and potatoes available on Korean markets. The samples were digested with acids, then analyzed by an inductively coupled plasma spectrometer for the contents of lead (Pb), cadmium (Cd), arsenic (As), copper (Cu), manganese (Mn) and zinc (Zn). The contents of mercury (Hg) were determined using a mercury analyzer. The values of trace metals [minimum~maximum (mean), mg/kg] in cereals were as follows; Hg : 0.0001~0.051 (0.007), Pb : 0.01~0.39 (0.13), Cd : 0.001~0.098 (0.023), As : 0.01~0.38 (0.09), Cu : 0.06~11.85 (1.73), Mn : 0.91~39.15 (7.47), Zn : 1.35~24.15 (9.32). Those values in pulses were as follows (mg/kg); Hg : 0.0002~0.031 (0.005), Pb : 0.01~0.38 (0.12), Cd : 0.005~0.098 (0.030), As : 0.01~0.37 (0.10), Cu : 0.03~6.56 (2.44), Mn : 0.85~22.97 (8.16), Zn : 2.40~40.18 (11.25). Those values in potatoes were as follows (mg/kg); Hg : 0.0002~0.015 (0.004), Pb : 0.01~0.25 (0.08), Cd : 0.002~0.036 (0.017), As : 0.01~0.20 (0.08), Cu : 0.02~2.91 (0.84), Mn : 0.26~9.48 (2.54), Zn : 0.35~6.11 (2.23). Our data obtained in this study showed that metal contents in cereals, pulses and potatoes on our markets were similar to those reported in other countries. The weekly average intakes of lead, cadmium and mercury from cereals, pulses and potatoes takes about 0.2~19% of PTWI (Provisional Tolerable Weekly Intakes) that FAO/WHO Joint Food Additive and Contaminants Committee has set to evaluate their safeties.

Key words: trace metals, cereals, pulses, potatoes, safety evaluation

서 론

급속한 산업발달로 인해 산업폐수, 오염된 도시하수가 하천으로 유입되고 미량의 중금속에 오염된 하천이 농경지의 용수로 사용됨에 따라 유해중금속이 농작물로 이행될 가능성도 높아지고 있다. 그리고 생활수준의 향상과 더불어 국민들도 식품의 양보다 질에 더 관심을 갖게 되었다. WTO 출범과 함께 외국으로부터 식품 및 농산물의 수입이 급격히 증가함에 따라 국가간 통상마찰로 인한 분쟁이 빈번해지고 있으며 우리나라도 이에 대한 철저한 대응방안을 수립해야 할 실정이다(1-4).

국내에선 토양(5-7), 농산물(8-11), 수산물(12-15) 등에 함유된 유해중금속의 함량 등에 관하여 연구되고 있으며, 식품의약품안전청에서도 1985년부터 농·수산물, 가공식품 등을 대상으로 모니터링을 수행해 오고 있다.

국민영양조사 결과보고(16)에 의하면 우리나라 국민의 1일 식품 섭취량은 약 1,100 g으로 주요 식품 섭취량은

곡류 308.7 g(28.1%), 채소류 286.2 g(26%), 과실류 146.0 g(13.3%), 어패류 75.1 g(6.8%), 육류 67.7 g(6.1%), 두류 34.7 g(3.2%), 조미료류 29.6 g(2.7%), 서류 21.2 g(1.9%), 음료 및 주류 18.0 g(1.6%), 해조류 6.6 g(0.6%) 순으로 알려져 있다. 특히 곡류의 식품 섭취 비율은 가장 높아 약간이라도 중금속이 오염되어 있을 경우 우리 국민에게 미치는 영향은 매우 크다고 할 것이다. 따라서 본 연구에서는 수년간 수행하여 온, 우리나라 국민이 많이 섭취하고 있는 곡류, 두류, 서류중 중금속 함량과 안전성 평가에 대하여 종합적으로 보고하고자 한다.

재료 및 방법

재료

1992~1996년에 걸쳐 우리나라에서 생산된 곡류 9종(쌀, 보리, 들깨, 참깨, 수수, 조, 옥수수, 메밀, 밀) 416건, 두류 5종(대두, 강낭콩, 완두, 팥, 녹두) 296건 및 서류(감

[†]To whom all correspondence should be addressed

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)	Pb : 283.3 Cd : 228.8 As : 193.7 Cu : 324.7 Mn : 280.5 Zn : 213.9
Sample gas flow (L/min)	0.50		
Plasma gas flow (L/min)	11.00		
Auxiliary gas flow (L/min)	0.55		

자, 고구마) 2종 156건을 전국(9개도)에서 채취한 후 일정량을 시료로 사용하였다.

중금속 분석

수집한 농산물중 곡류 및 두류는 외피를 깨끗이 닦고 서류는 물로 깨끗이 씻은 다음 절단하여 분쇄기(food-mixer, SFM-423D, Shinil Co., Korea)를 이용해 균질화시킨 후 냉동보관하여 분석에 사용하였다.

수은은 가열기화금아말감법(combustion gold amalgamation method)(17)에 의거하여 Mercury Analyzer(Model SP-3A, Nippon Instrument Co., Japan)를 사용하여 분석하였다. 납, 카드뮴, 비소, 구리, 망간, 아연 등은 일정량의 시료를 습식 산분해하여 시험용액을 만들어 Table 1의 조건에 따라 ICP(Model 710, Labtest Equipment Co., Australia) 및 AAS(Model 2380, Perkin Elmer, USA)를 이용하여 측정하였다. 또한 각 금속별 회수율도 시료와 동일한 방법으로 측정하였다.

결과 및 고찰

식품별 중금속 함량

각 중금속별 회수율은 평균 92~96%였으며 비교적 높은 편이었다(Table 2). 우리나라 각 지역에서 생산된 곡류, 두류 및 서류 16종 868건의 미량금속함량은 각각 Table 3, 4와 같다. 본 연구에서 곡류중 수은함량은 약 0.007 mg/kg, 두류 0.005 mg/kg, 서류 0.004 mg/kg으로 나타났다(Table 3, 4). 이 결과는 독일의 곡류 분석치 0~

0.02 mg/kg, 영국의 분석치 0~0.05 mg/kg보다 낮았다(18). 또한 외국의 규격과 비교하면 독일의 곡류중 수은 기준인 0.03 mg/kg, 감자 기준인 0.02 mg/kg보다 낮았다(19). 이러한 결과로 미루어 보아 국내산 곡류, 두류, 서류 중의 수은함량은 자연함유량 수준으로 판단된다.

곡류, 두류, 서류중 납함량은 각각 약 0.13 mg/kg, 0.12 mg/kg, 0.08 mg/kg으로 나타났다. 이는 국내·외의 분석치와 비교시 비슷하거나(20) 약간 낮았다(21,22). 또한 우리나라 쌀, 밀, 감자의 경우 EC나 독일의 규격치(19)인 0.4, 0.3, 0.25 mg/kg에 비해 낮은 분포를 보이고 있다. 일본에서 조사된 곡류중 납농도는 현미가 0.22~0.46 mg/kg, 강낭콩은 0.05~0.85 mg/kg이 함유되어 있는 것으로 보고되었다(23). 우리나라 국민이 주식으로 사용하고 있는 쌀은 약 0.12 mg/kg으로서 일본의 비오염지역(24)에서 생산된 쌀중 납농도인 0.21 mg/kg보다 낮게 나타났다.

본 연구에서 조사된 카드뮴 함량은 곡류, 두류, 서류 등이 약 0.02~0.03 mg/kg으로 나타났다(Table 3, 4). 이 분석치를 외국에서 생산되는 곡류중 카드뮴 분석치와 비교해 보면 영국에서는 0.02~0.03 mg/kg(25), 핀란드에서는 0.02~0.04 mg/kg(26), 네덜란드에서는 0.025~0.035 mg/kg(27)으로 나타나 우리나라 곡류중 카드뮴 함량은 자연함유량 수준으로 생각된다. 특히 쌀은 0.02 mg/kg으로 나타났다으며 국내에서 조사 보고된(5) 현미는 0.064 mg/kg으로 일본 비오염지역(24)에서 보고된 쌀 평균 0.09 mg/kg보다 낮아 우리나라 쌀과 현미중 카드뮴 함량은 안전한 것으로 판단된다. 또 콩도 0.008~0.084 mg/kg(평균 0.027 mg/kg)으로 일본 비오염지역(24)에서 생산된 콩의 0.01~0.17 mg/kg(평균 0.06 mg/kg)보다 낮았다.

곡류, 두류중 비소 함량은 약 0.09~0.1 mg/kg, 서류 0.08 mg/kg으로 나타났으며 일본(23)의 모니터링 결과와 비슷하였다. 곡류중 구리 함량은 약 1.7 mg/kg, 두류 2.4 mg/kg, 서류 0.8 mg/kg으로 나타났으며 이는 호주(28)의 완두중 구리 모니터링결과인 약 0.87 mg/kg보다는 높았으나 감자의 약 0.96 mg/kg보다는 낮은 분포를 보였다. 망간 함량은 곡류 7.5 mg/kg, 두류 8.2 mg/kg, 서류 2.5 mg/kg으로, 이는 일본의 모니터링결과(29)보다 낮거나 비슷하였다.

아연함량은 곡류는 약 9.3 mg/kg, 두류는 약 11.2 mg/

Table 2. Recovery of the trace metals in the cereals, pulses and potatoes

Elements	Recovery (%)
Hg	94.7
Pb	91.6
Cd	96.0
As	92.7
Cu	96.0
Mn	95.3
Zn	96.3

Table 3. The trace metal contents in cereals

(unit : mg/kg)

Foods	No.	Hg	Pb	Cd	As	Cu	Mn	Zn
Rice	78	0.005 ¹⁾ (0.001~0.015)	0.12 (0.01~0.29)	0.019 (0.001~0.048)	0.09 (0.009~0.17)	0.92 (0.12~1.89)	4.59 (1.04~9.21)	6.59 (1.49~11.63)
Barley	78	0.009 (0.0001~0.021)	0.10 (0.01~0.25)	0.019 (0.003~0.047)	0.09 (0.02~0.24)	1.45 (0.15~4.08)	7.51 (2.14~12.25)	9.19 (1.43~18.77)
Perille seed	40	0.008 (0.001~0.051)	0.19 (0.01~0.39)	0.048 (0.012~0.098)	0.11 (0.02~0.29)	5.16 (1.66~11.85)	18.10 (3.55~26.87)	16.11 (4.60~24.15)
Sesame	40	0.007 (0.001~0.013)	0.10 (0.01~0.19)	0.035 (0.009~0.084)	0.07 (0.02~0.17)	2.96 (1.05~5.07)	5.32 (1.73~11.71)	11.32 (3.63~23.15)
Sorghum	40	0.008 (0.002~0.020)	0.17 (0.04~0.37)	0.011 (0.004~0.026)	0.06 (0.04~0.18)	0.89 (0.23~1.96)	4.59 (1.46~11.42)	6.49 (2.82~11.38)
Millet	40	0.010 (0.002~0.034)	0.13 (0.01~0.26)	0.015 (0.003~0.039)	0.08 (0.02~0.21)	1.25 (0.28~2.29)	5.41 (0.96~8.81)	10.74 (4.54~22.46)
Corn	40	0.007 (0.002~0.017)	0.01 (0.01~0.25)	0.012 (0.002~0.036)	0.07 (0.01~0.14)	0.41 (0.06~0.86)	3.05 (0.91~5.83)	8.91 (1.35~17.07)
Buckwheat	40	0.008 (0.001~0.017)	0.17 (0.02~0.39)	0.037 (0.014~0.090)	0.12 (0.02~0.38)	1.88 (0.81~3.95)	14.39 (3.11~39.15)	8.50 (1.85~13.87)
Wheat	20	0.002 (0.001~0.004)	0.12 (0.03~0.27)	0.021 (0.007~0.053)	0.12 (0.03~0.26)	1.66 (0.41~4.01)	6.57 (3.14~11.63)	8.27 (3.27~16.23)
Total	416	0.007 (0.0001~0.051)	0.13 (0.01~0.39)	0.023 (0.001~0.098)	0.09 (0.01~0.38)	1.73 (0.06~11.85)	7.47 (0.91~39.15)	9.32 (1.35~24.15)

¹⁾The values are means (min~max).

Table 4. The trace metal contents in pulses and potatoes

(unit : mg/kg)

Foods	No.	Hg	Pb	Cd	As	Cu	Mn	Zn
Soybeans	78	0.004 ¹⁾ (0.001~0.025)	0.11 (0.01~0.28)	0.031 (0.006~0.098)	0.08 (0.01~0.18)	2.96 (0.46~6.56)	11.29 (4.39~22.97)	15.99 (3.69~40.18)
Kidney beans	40	0.007 (0.001~0.015)	0.17 (0.01~0.38)	0.033 (0.014~0.069)	0.09 (0.02~0.19)	2.26 (0.35~6.33)	6.07 (1.58~11.38)	10.10 (2.40~19.48)
Green peas	40	0.008 (0.001~0.031)	0.13 (0.02~0.28)	0.029 (0.008~0.076)	0.08 (0.01~0.15)	1.75 (0.29~4.31)	5.52 (0.85~18.49)	13.85 (3.12~31.20)
Small red beans	60	0.005 (0.004~0.019)	0.13 (0.04~0.31)	0.026 (0.009~0.050)	0.12 (0.03~0.29)	2.09 (0.51~4.93)	7.41 (3.17~13.24)	9.62 (4.88~18.15)
Green beans	78	0.005 (0.0002~0.020)	0.11 (0.04~0.28)	0.031 (0.005~0.084)	0.11 (0.01~0.37)	2.64 (0.03~5.67)	8.03 (2.14~16.87)	11.68 (5.87~19.71)
Total (Pulses)	296	0.005 (0.0002~0.031)	0.12 (0.01~0.38)	0.030 (0.005~0.098)	0.10 (0.01~0.37)	2.44 (0.03~6.56)	8.16 (0.85~22.97)	11.25 (2.40~40.18)
Potato	78	0.004 (0.001~0.015)	0.09 (0.02~0.25)	0.018 (0.002~0.036)	0.09 (0.02~0.16)	0.83 (0.02~1.78)	1.37 (0.26~5.45)	3.17 (1.29~6.11)
Sweet potato	78	0.004 (0.0002~0.015)	0.07 (0.01~0.19)	0.017 (0.004~0.034)	0.08 (0.01~0.20)	0.85 (0.11~2.91)	3.71 (0.53~9.48)	1.29 (0.35~3.91)
Total (Potatoes)	156	0.004 (0.0002~0.015)	0.08 (0.01~0.25)	0.017 (0.002~0.036)	0.08 (0.01~0.20)	0.84 (0.02~2.91)	2.54 (0.26~9.48)	2.23 (0.35~6.11)

¹⁾The values are means (min~max).

kg, 서류는 약 2.2 mg/kg으로, 일본의 모니터링결과(23,29) 보다 낮거나 비슷한 것으로 나타나, 우리나라 곡류, 서류, 두류중 아연 함량은 자연 함유량 수준인 것으로 판단된다.

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 잠정주간섭취허용량(PTWI: Provisional Tolerable Weekly Intake)(30)과 비교하여 평가하였다. FAO/WHO 합동 식품첨가물 및 오염물질 전문가 위원회에서는 수은,

납, 카드뮴이 1972년에 식품오염물질로 제기되면서부터 이들 금속이 인체내에 축적되는 독성 때문에 PTWI를 산출하여 그 오염도를 비교하도록 권장하고 있다. 따라서 본 연구에서 수행된 식품의 중금속 함량 모니터링 결과와 1995년 국민영양조사 결과보고서(16)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 국민의 수는 주간섭취량은 체중 kg당 곡류 0.2 µg, 두류 0.02 µg, 서류 0.01 µg이며 이는 PTWI(5 µg/kg b.w./week)의 약 4%, 0.4%, 0.2%에 각각 해당된다. 납 주간섭취량은 체중 kg당 곡류

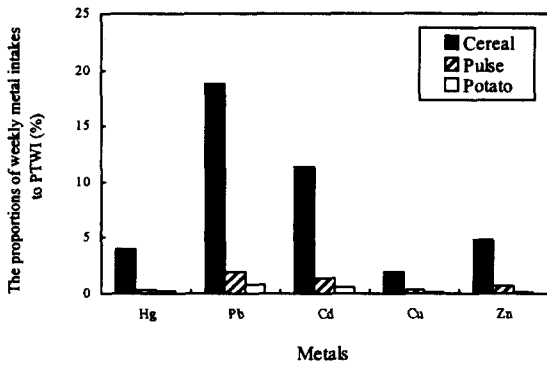


Fig. 1. The proportions of weekly metal intakes to provisional tolerable weekly intakes (PTWI).

4.7 µg, 두류 0.5 µg, 서류 0.2 µg으로 이는 PTWI(25 µg/kg b.w./week)의 약 19%, 2%, 0.8%를 각각 차지한다. 또한 카드뮴 주간섭취량은 체중 kg당 곡류 0.8 µg, 두류 0.1 µg, 서류 0.04 µg이며 이는 각각 PTWI(7 µg/kg b.w./week)의 약 11%, 1%, 0.6%를 차지한다. 비소 주간섭취량은 체중 kg당 곡류 15.6 µg, 두류 2.0 µg, 서류 1.1 µg으로 이는 각각 PTWI(15 µg/kg b.w./week)의 약 20%, 3%, 1%에 해당된다. 그러나 이 PTWI는 무기비소에 제한된 것으로 실제 우리나라 국민의 무기비소섭취량 비율은 총 비소섭취량보다 더 낮다.

우리나라 국민이 곡류, 두류 및 서류를 통해 일주일에 섭취하는 수은, 납, 카드뮴 등의 함량은 PTWI의 0.2~19%에 해당되고 있으며, 이는 다른 나라와 비교해 볼 때 안전한 수준으로 판단된다(31).

곡류, 두류 및 서류의 구리 주간섭취량은 각각 PTWI (3,500 µg/kg b.w./week)의 약 2%, 0.3%, 0.1%에 해당하며 아연 주간섭취량은 각각 PTWI(7,000 µg/kg b.w./week)의 약 5%, 0.7%, 0.1%를 차지하고 있다. 망간의 경우는 곡류, 두류 및 서류를 통한 주간섭취량이 각각 약 268 µg, 33 µg, 6.3 µg으로 1989년도 미국 NRC(National Research Council)에서 제시한(32) 안전하고 적절한 망간 섭취 범위인 1일 2~5 mg(주간 14~35 mg)과 비교시 각각 약 0.8%, 0.1%, 0.02%에 해당된다. 구리, 아연, 망간 등은 우리 체내에서 없어서는 안될 필수 무기질 성분으로서 현재 우리나라 국민의 섭취수준이 적절하거나 오히려 부족한 상태이므로 과잉섭취에 의한 위해성은 거의 없는 것으로 사료된다.

요 약

국내에서 생산된 곡류 9종 416건, 두류 5종 296건 및 서류 2종 156건에 대해 수은 함량은 Mercury Analyzer로, 납, 카드뮴, 비소, 구리, 망간, 아연 등은 습식분해 후 ICP로 분석하였다. 본 연구 결과, 곡류중 중금속 함량[최소~최대(평균), mg/kg]은 다음과 같았다. 수은 0.0001~

0.051(0.007), 납 0.01~0.39(0.13), 카드뮴 0.001~0.098(0.023), 비소 0.01~0.38(0.09), 구리 0.06~11.85(1.73), 망간 0.91~39.15(7.47), 아연 1.35~24.15(9.32) mg/kg으로 나타났다. 또한 두류중 중금속 함량(mg/kg)은 수은 0.0002~0.031(0.005), 납 0.01~0.38(0.12), 카드뮴 0.005~0.098(0.030), 비소 0.01~0.37(0.10), 구리 0.03~6.56(2.44), 망간 0.85~22.97(8.16), 아연 2.40~40.18(11.25) mg/kg이었다. 서류중 중금속 함량(mg/kg)은 수은 0.0002~0.015(0.004), 납 0.01~0.25(0.08), 카드뮴 0.002~0.036(0.017), 비소 0.01~0.20(0.08), 구리 0.02~2.91(0.84), 망간 0.26~9.48(2.54), 아연 0.35~6.11(2.23)mg/kg이었다. 본 연구에서 얻어진 분석치들은 국내의 다른 연구자들의 분석치와 비슷한 것으로 나타났으며, 이는 우리나라에서 생산된 곡류, 두류, 서류중의 중금속 함유량은 오염된 것이 아닌 자연함유량 수준인 것으로 파악되어 우리나라 사람이 이들 농산물에서 섭취하는 중금속량으로 인한 위해성은 없는 것으로 판단된다. 또한 우리나라 국민이 곡류, 두류, 서류 등을 통해 섭취하는 납, 수은, 카드뮴 등의 중금속 주간섭취량은 FAO/WHO에서 중금속 안전성 평가를 위해 정한 잠정주간섭취허용량인 PTWI의 0.2~19%를 차지하고 있다.

문 헌

1. FAO/WHO : *Codex alimentarius abridged version*. FAO/WHO (1990)
2. WHO : *Principles for the safety assessment of food additives and contaminants in food*. Environmental Health Criteria No. 70, WHO, Geneva, p.86-88 (1987)
3. Igor, M. : Methods of analysis for toxic elements in food products. *J. AOAC International*, **72**, 286-297 (1989)
4. GATT : *Agreement on the application of sanitary and phytosanitary measures*. p.1-15 (1994)
5. 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)
6. 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)
7. 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)
8. 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)
9. 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)

10. 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 National Institute of Health, Korea*, **16**, 435-439 (1979)
11. 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)
12. 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)
13. Kim, C.Y. and Won, J.H. : Concentration of mercury, cadmium, lead and copper in the seawater and in seaweeds from Suyeong bay in Busan. *Bull. Kor. Fish. Soc.*, **7**, 169-178 (1974)
14. 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)
15. 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)
16. Ministry of Health and Welfare : '95 National nutrition survey report (1997)
17. Korea Food and Drug Administration : 1999 Food Code (1999)
18. WHO : Mercury. Environmental Health Criteria No. 1, WHO, Geneva, p.59-60 (1976)
19. Ministry of Health (Germany) : Richtwerte für Schadstoffe in Lebensmitteln. Bundesgesundheitsblatt, Nummer 5, p.182-183 (1997)
20. Joint UNEP/FAO/WHO : Food Contamination Monitoring Programme, Summary of 1984-1985 Monitoring Data. WHO, Geneva (1988)
21. Reilly, C. : Metal contamination of food. Applied science publisher Ltd., London, p.105-160 (1980)
22. WHO Codex Alimentarius Commission : Report of the twenty-eight session of the Codex Committee on the Food Additives and Contaminants. Manila, the Philippines, p.12 (1996)
23. The Pharmaceutical Society of Japan : Standard Methods of Analysis for Hygienic Chemists-With Commentary. Kumwon Press, Tokyo, Japan (1995)
24. Ministry of Health and Welfare (Japan) : Notification. Food Sanitation Research, **30**, 78-95 (1980)
25. Bucke, D., Norton, M.G. and Rolfe, M.S. : Field assessment of effects of dumping wastes at sea. Ministry of Agriculture (Technical Report), **72**, 29 (1983)
26. WHO : Cadmium. Environmental Health Criteria No. 134, WHO, Geneva, p.131-195 (1992)
27. Ros, J.P.M. and Sloof, W. : Integrated criteria documents cadmium. RIVM-Report 758476004, National Institute of Public Health and Environmental Protection, Bilthoven, The Netherlands (1985)
28. National Food Authority : The 1992 Australian Market Basket Survey-A total diet survey of pesticides and contaminants. p.78-88 (1992)
29. Ikebe, K., Nishimune, T. and Tanaka, R. : Contents of 17 metal elements in food determined by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry; cereals, pulses and processed foods, seaweeds and seeds. *J. Food Hyg. Soc. Japan*, **32**, 48-56 (1991)
30. FAO : Summary of evaluations performed by the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). ILSI, Geneva (1994)
31. UNEP/FAO/WHO : Assessment of dietary intakes of chemical contaminants. UNEP, Nairobi (1992)
32. National Research Council : Recommended Dietary Allowances. 10th ed., National Academic Press (1989)

(2000년 2월 11일 접수)