

## 서류 및 구근류의 중금속 함량

최순남 · 정남용  
삼육대학교 식품영양학과

### A Study on the Trace Metals in Potatoes and Root Vegetables

Soon Nam Choi, Nam Yong Chung  
Department of Food and Nutrition, Sahmyook University

#### Abstract

This study was conducted to estimate the contents of 6 trace metals in potatoes and root vegetables purchased in wholesale market in the Seoul region, specifically, Cu, As, Zn, Pb, Cd and Hg. The minimum and maximum results obtained for each metal are summarized as follows for potatoes; Cu : 0.094~0.344, As : N.D~0.070, Zn : 0.247~1.547, Pb : N.D~0.268, Cd : N.D~0.005, Hg : 0.001~0.027, and for root vegetables; Cu : 0.021~0.510, As : 0.004~0.045, Zn : 0.143~3.137, Pb : N.D~0.372, Cd : N.D~0.009, Hg : 0.001~0.195. The daily intakes of trace metals from potatoes and root vegetables were estimated on the basis of the daily intake of these foods by Koreans, which were 0.073~22.253 and 0.567~156.219 $\mu$ g from potatoes and root vegetables, respectively. The weekly intakes of trace metals were 0.009~2.596 and 0.066~18.224 $\mu$ g for potatoes and root vegetables, respectively. The weekly intakes of trace metals for potatoes and root vegetables were very much lower than the PTWI(provisional tolerable weekly intake), enough to be within a safe range.

Key words : trace metals, potatoes, root vegetables

## 1. 서 론

최근 산업의 급속한 발달로 인해서 중금속 사용량이 상당히 증가하여 이로 인한 급성, 만성 중독 현상이 산업 보건의 중요한 문제로 등장하게 되었다<sup>1-4)</sup>. 중금속 화합물의 오염은 그 양이 매우 미량이라고 할지라도 오랜 시일에 걸쳐서 강물이나 토양에 축적되고 이곳에서 생육하고 있는 어패류나 농작물에 이행되어 식품을 통하여 인체 내에 축적될 수 있으므로 점차 사회적 문제로 대두되고 있다<sup>5,6)</sup>.

중금속이 오염된 토양 중에는 Cd, Cu, Pb, Zn, As, Al 등과 같은 이십여 종 이상의 중금속 원소들이 문제가 된다. 중금속에 의한 토양오염의 결과는 두 가지로 볼 수 있는데 첫째는 토양 중 중금속 함량

이 어느 수준에 이르면 농작물이 생육장해를 일으키거나 고사하여 수량을 감소시키는 직접적인 피해로 Cu, As, Zn, Pb 등이 이에 속하며, 둘째는 작물 생육에는 비교적 피해가 적지만 농작물의 가식부가 식품 및 사료로서 유해한 수준까지 오염되기 때문에 섭취할 경우 인체에 만성적인 중독증상을 일으키는 간접적 해를 피해로 Cd, Hg 등이 이에 속한다. 실제로 작물생육에 대한 직접적인 피해보다 인체에 대한 간접적 피해가 더 큰 문제를 야기시키고 있다<sup>7,8)</sup>. 예로 중금속 수은은 자연환경에서도 미량 검출되는데 경우에 따라서는 생물이 그것을 독성이 더 강한 메틸 수은으로 전환시키기도 하며, 이 유기 수은은 건강에 치명적인 영향을 줄 수 있다<sup>9-11)</sup>. 집단 중독이 발생한 예로서 미나마타사건<sup>12)</sup>과 유기수은제 사건<sup>13)</sup>으로 인체에 대한 독성문제가 세계적으로 잘 인식되어 있다. 98년도 국민 건강 영양조사 보고<sup>14)</sup>에 의하면 우리나라 국민의 1일 식품섭취량은 약 1,290g으로 주요 식품 섭취량은 곡류 347.0g(26.9%), 채소류 283.5g(22.0%), 과일류 197.5g(15.3%), 음료 및 주류 90.1g(7.0%), 유류 및 낙농제품 87.5g(6.8%),

Corresponding author: Soon-Nam Choi, Sahmyook University, 26-21, Kongneung-2-dong, Nohwon-gu, Seoul 139-742, Korea  
Tel: 82-2-3399-3430  
Fax: 82-2-3399-3429  
E-mail:choisn@syu.ac.kr

육류 69.0g(5.3%), 어패류 66.3g(5.1%), 서류 36.6g(2.8%), 두류 31.0(2.4%), 조미료류 25.9g(2.0%), 난류 22.5g(1.7%), 해조류 7.7g(0.6%) 순으로 채소류의 섭취량이 높은 비율을 차지하고 있는 것으로 나타났다. 또한 식물의 기관별 중금속의 함량 비교에서 모든 중금속이 뿌리부분에서 가장 높게 나타났다<sup>15)</sup>. 특히 채소류 중 구근류는 산업폐수로 인한 토양의 오염 또는 재배과정에서의 화학비료나 농약으로 인한 오염이 더 쉽게 침투되는 단점이 있다.

따라서 본 연구는 우리 나라 국민이 많이 섭취하는 서류 및 구근류를 종류별로 나누어 가식부만 취해 중금속 함량을 측정하여 식품의 안전성과 이에 따른 식생활에 미치는 경향들을 알아보고자 한다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 실험 재료

2002년 6~7월에 걸쳐 서울 북부지역 도매시장에서 유통되는 서류 2종(감자, 고구마) 및 구근류 11종(우엉, 도라지, 무, 알타리무, 당근, 양파, 더덕, 생강, 마늘, 인삼 4년근, 인삼 6년근)의 총 13종, 38지역 152건을 종류별로 수집한 후 시료로 사용하였다.

### 2. 실험 방법

#### 1) 시료의 전처리

수집된 각 시료는 퇴피를 벗겨낸 가식부를 깨끗이 수세한 다음 물기를 제거하고 절단하여 분쇄기(Food mixer, FM-700W, Hanil Co., Korea)를 이용해 균질화 시킨 후 냉동보관(-18°C)하여 분석에 사용하였다.

#### 2) 중금속 분석

중금속 분석은 시료를 습식분해법(실험기구는 20% 질산에 24시간 동안 담근 후 사용하였으며, 시료와 질산을 5ml 섞은 것과 질산만 5ml 넣은 것을 각각 50ml 비이커에 넣고 뚜껑을 덮어 hot plate에서 시료 혼합액이 1ml 남을 때까지 2~3시간 태운 후 10ml mess flask에 넣고 증류수를 눈금까지 부어서 희석하였다)으로 처리한 후 한국 기초과학 지원연구소의 ICP-MS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer, Model/Manufacturer : Elan 6100/Perkin Elmer, USA)로 분석하였다.

#### 3) 중금속 안전성 평가

식품을 통해 섭취되는 중금속에 대한 안전성 평

가는 본 연구의 조사대상 서류 및 구근류에서 검출된 중금속 함량결과와 1998년 국민건강영양조사 결과 보고서<sup>14)</sup>의 일일 섭취량 자료를 토대로 실제 식품을 통해 섭취하는 중금속의 주간섭취량(일주일 동안 식품을 통하여 섭취하는 중금속의 양)을 FAO/WHO에서 정한 잠정주간섭취허용량(PTWI : Provisional Tolerable Weekly Intake)<sup>16)</sup>과 비교하여 평가하였다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. 서류 및 구근류의 중금속 함량

#### 1) 구리(Cu) 함량

구리는 전세계에 걸쳐 지각에 폭넓게 분포하며, 영양적 측면에서 tyrosinase, cytochrome oxidase, superoxide dismutase 등의 필수성분이나<sup>17,18)</sup> 과량 섭취시 구토, 저혈압, 흑토증 등을 일으킨다고 보고되어있다<sup>19,20)</sup>. 본 조사에서 사용된 각 분석시료의 평균 Cu 함량은 감자 0.240ppm, 고구마 0.137ppm, 우엉 0.230ppm, 도라지 0.094ppm, 무 0.072ppm, 알타리무 0.054ppm, 당근 0.061ppm, 양파 0.041ppm, 더덕 0.150ppm, 생강 0.097ppm, 마늘 0.139ppm, 인삼 4년근 0.326ppm, 인삼 6년근 0.294ppm으로 최고는 인삼 4년근 0.326ppm, 최저는 양파 0.041ppm으로 나타났다(Table 1). 각 시료의 Cu 함량 분포는 0.021~0.510ppm으로 0.489ppm의 차이가 났으며 양파의 Cu 함량 분포대는 0.038ppm으로 가장 좁게, 인삼 4년근의 Cu함량 분포대가 0.325ppm으로 가장 넓게 나타났다.

원 등<sup>21)</sup>의 연구에서는 감자의 Cu 함량이 0.93ppm, 고구마 1.3ppm, 당근 0.061ppm, 마늘 1.08ppm, 무 0.21ppm, 양파 0.31ppm으로 본 조사 결과보다 다소

Table 1. Copper contents in potatoes and root vegetables (ppm)

Samples	Average	Range <sup>1)</sup>
Potato	0.240	0.120 - 0.344
Sweet Potato	0.137	0.094 - 0.174
Burdock	0.230	0.184 - 0.312
Balloon flower	0.094	0.052 - 0.145
Radish	0.072	0.021 - 0.134
Altari Radish	0.054	0.032 - 0.085
Carrot	0.061	0.021 - 0.141
Onion	0.041	0.022 - 0.060
Duduck	0.150	0.071 - 0.240
Ginger	0.097	0.065 - 0.158
Garlic	0.139	0.088 - 0.250
Ginseng(4 years)	0.326	0.185 - 0.510
Ginseng(6 years)	0.294	0.264 - 0.331

<sup>1)</sup> minimum - maximum value

높은 분포를 나타내었다. 또한 김 등<sup>22)</sup>의 연구에서는 서류의 Cu 함량이 0.02~2.91ppm(평균 0.84ppm)으로 본 연구의 감자, 고구마의 Cu 평균함량 0.19ppm보다 더 높게 나타났으며, 호주의 Cu 모니터링 결과<sup>17)</sup> 감자의 Cu 함량 0.96ppm과 비교시 본 연구의 Cu 분석치가 매우 낮은 것으로 조사되었다. 권<sup>23)</sup>은 야생나물의 Cu 함량이 도라지 0.0394ppm, 더덕은 0.0394ppm이라 하여 본 실험의 결과 보다 더 낮은 분포를 나타내었다. 또한 원 등<sup>24)</sup>은 1996년 식품 중의 미량금속에 관한 연구에서 Cu 함량이 감자 0.89ppm, 고구마 0.82ppm, 마늘 1.32ppm, 무 0.22ppm, 양파 0.31ppm이라 하여 본 조사 결과보다 높은 분포를 보였다.

2) 비소(As) 함량

비소는 지구상에 존재하는 식물, 동물조직에 다양하게 존재되어 있으며, 무기비소 화합물은 살서제, 제초제 등으로 이용되고 환경에 널리 분포되어 있기 때문에 대부분의 식품은 비소가 함유되어 있으며<sup>25)</sup> 오염되지 않는 식품을 섭취하더라도 1일 약 0.5mg을 섭취하는 것으로 알려져 있다<sup>19)</sup>. 그러나 유기비소가 다량 함유된 어류를 섭취하는 지역의 주민이 평균 0.05mg/kg b.w./day 정도로 섭취하고 있으나 그와 관련된 질병이 유발되지 않았으며, 3mg/kg b.w./day의 수준으로 rat에 투여한 단기독성 실험결과 독성증상이 나타나지 않았다고 보고되어 있다<sup>26)</sup>.

본 조사결과 각 시료의 평균 As 함량은 감자 0.017ppm, 고구마 0.012ppm, 우영 0.023ppm, 도라지 0.013ppm, 무 0.015ppm, 알타리무 0.016ppm, 당근 0.018ppm, 양파 0.012ppm, 더덕 0.018ppm, 생강 0.016ppm, 마늘 0.023ppm, 인삼 4년근 0.025ppm, 인삼 6년근 0.027ppm이었으며 최저는 고구마와 양파로 0.012ppm, 최고는 인삼 6년근으로 0.027ppm이었다. As 함량의 전체적인 분포는 N.D~0.070ppm으로 분포대가 가장 좁은 것은 생강으로 0.002ppm, 가장 넓은 것은 감자로 0.070ppm이었다(Table 2). 감자의 As 함량을 보면 원 등<sup>24)</sup>의 0.078ppm, 김 등<sup>22)</sup>의 서류의 As 함량 0.08ppm보다 낮은 수치를 보였으며, Furr et. al<sup>27)</sup>은 당근의 As 함량이 0.01~0.2ppm이라 하여 본 조사의 0.018ppm 보다 다소 높은 분포를 보였다. 또한 무 As 함량을 보면 본 실험에서는 0.015 ppm으로 인천지역의 무에서 As가 검출되지 않았다는 조<sup>28)</sup>의 결과에 비해서 다소 높게 조사되었다. 그러나 식품일반에 대한 기준으로 식품공전 상에는 고체, 조미식품에는 1.5ppm 이하, 액체식품에

는 0.3ppm 이하로 설정하고 있어 이 범위로 보았을 때 본 조사의 As 함량의 분포대는 N.D~0.070ppm으로 자연 함유량 수준으로 추정할 수 있었다.

3) 아연(Zn) 함량

인체내 필요한 성분의 하나인 아연은 인체의 생리활성에 작용하는 약 80여 개의 효소가 이 금속을 필요로 하고 있으며, 세포분열, 핵산대사 등에 관여하고 결핍시 생식력 저하, 미·취각 저하 등의 영향을 끼치게 되며<sup>19)</sup> 독성증상으로는 다량섭취시 강한 자극 작용에 의해 구토, 복통, 설사 등을 유발하나<sup>29)</sup> 그 독성은 다른 금속에 비해 약한 편이다.

본 조사에서의 각 시료의 평균 Zn 함량은 감자 0.943ppm, 고구마 0.273ppm, 우영 0.632ppm, 도라지 0.437ppm, 무 0.290ppm, 알타리무 0.424ppm, 당근 0.324ppm, 양파 0.220ppm, 더덕 0.514ppm, 생강 0.783ppm, 마늘 1.236ppm, 인삼 4년근 0.664ppm, 인삼 6년근 0.534ppm이었으며, 최저는 양파가 0.220ppm, 최고는 마늘이 1.236ppm이었다. 조사된 서류 및 구근류의 Zn 함량 분포대는 0.143~3.137ppm으로 분포대가 가장 좁은 것은 고구마로 0.046ppm, 가장 넓은 것은 마늘로 2.475ppm이었다(Table 3). 무의 평균 Zn 함량은 0.290ppm으로 일본의 3.3~29.4ppm<sup>30-32)</sup>과 비교시 그 함량은 매우 낮았으며, 권<sup>23)</sup>의 보고에서는 도라지, 더덕의 Zn 함량이 각각 0.2718ppm, 0.1232ppm으로 본 조사치에서 다소 높은 경향을 보였다. 원 등<sup>24)</sup>은 감자 2.75ppm, 고구마 1.33ppm, 양파 1.80ppm, 마늘 2.63ppm, 무 1.5ppm으로 보고하여 본 실험결과에 비하여 높은 분포를 보였으며, 김 등<sup>22)</sup>의 연구에서도 서류의 Zn 함량이 약

Table 2. Arsenic contents in potatoes and root vegetables (ppm)

Samples	Average	Range <sup>1)</sup>
Potato	0.017	N.D <sup>2)</sup> - 0.070
Sweet Potato	0.012	0.005 - 0.017
Burdock	0.023	0.007 - 0.044
Balloon flower	0.013	0.004 - 0.027
Radish	0.015	0.011 - 0.018
Altari Radish	0.016	0.009 - 0.025
Carrot	0.018	0.007 - 0.030
Onion	0.012	0.008 - 0.015
Duduck	0.018	0.009 - 0.036
Ginger	0.016	0.015 - 0.017
Garlic	0.023	0.009 - 0.032
Ginseng(4 years)	0.025	0.013 - 0.045
Ginseng(6 years)	0.027	0.019 - 0.036

<sup>1)</sup> minimum ~ maximum value

<sup>2)</sup> N.D : not detected

Table 3. Zinc contents in potatoes and root vegetables

Samples	(ppm)	
	Average	Range <sup>1)</sup>
Potato	0.943	0.255 - 1.547
Sweet Potato	0.273	0.247 - 0.293
Burdock	0.632	0.413 - 0.845
Balloon flower	0.437	0.379 - 0.509
Radish	0.290	0.175 - 0.454
Altari Radish	0.424	0.341 - 0.505
Carrot	0.324	0.143 - 0.431
Onion	0.220	0.169 - 0.347
Duduck	0.514	0.342 - 0.762
Ginger	0.783	0.495 - 1.047
Garlic	1.236	0.662 - 3.137
Ginseng(4 years)	0.664	0.413 - 0.804
Ginseng(6 years)	0.534	0.395 - 0.733

<sup>1)</sup> minimum ~ maximum value

2.2ppm이라 하여 본 조사에서의 감자 0.943ppm, 고구마 0.273ppm에 비하여 높은 조사치를 보였다.

#### 4) 납(Pb) 함량

인체에 유해한 미량금속 중 Pb는 자연계에 널리 분포되어 있으며<sup>33)</sup>, 지각에는 약 16ppm, 토양에는 약 10ppm이 포함되어 있다고 한다<sup>17,34)</sup>. 식품 중의 분포범위는 Schroeder 등<sup>35)</sup>의 보고와 같이 어류 0.2~2.5ppm, 육류 0~0.37ppm, 곡류 0~1.39ppm, 채소류 0~1.3ppm으로 다양하게 분포되어 있다. 본 조사에서 각 시료의 평균 Pb 함량은 감자 0.001ppm, 고구마 0.112ppm, 우엉 0.308ppm, 도라지 0.081ppm, 무 0.076ppm, 알타리무 0.055ppm, 당근 0.083ppm, 양파 0.090ppm, 더덕 0.101ppm, 생강 0.107ppm, 마늘 0.045ppm, 인삼 4년근 0.073ppm, 인삼 6년근 0.031ppm이었으며 최저는 감자 0.001ppm, 최고는 고구마 0.112ppm으로 나타났다. 더덕, 생강의 Pb 함량은 각각 0.100, 0.107ppm으로 비교적 높게 나타났으며 도라지 Pb 분포대가 N.D~0.372ppm으로 가장 넓게 나타났다(Table 4).

김 등<sup>26)</sup>의 보고에서 Pb 분석치는 무 0.006ppm, 당근 0.016ppm으로 본 조사결과보다 매우 낮게 조사되었고, 일본에서는 당근의 Pb 함량이 0.01~0.27ppm<sup>30,36)</sup>으로 보고되어 본 조사 결과보다 높은 분포를 보였다. 김 등<sup>22)</sup>은 서류의 평균 Pb 함량이 0.08ppm이라 하여 본 조사에서는 감자 및 고구마의 Pb 함량이 각각 0.001ppm, 0.112ppm으로 감자는 매우 낮은 분포를 보였고 고구마는 다소 높은 값을 보였으며 EC나 독일의 감자 규격치<sup>37)</sup>인 0.25ppm에 비해서는 매우 낮은 분포를 보였다. 또한 WHO에서

Table 4. Lead contents in potatoes and root vegetables

Samples	(ppm)	
	Average	Range <sup>1)</sup>
Potato	0.001	N.D <sup>2)</sup> - 0.004
Sweet Potato	0.112	0.003 - 0.268
Burdock	0.008	N.D - 0.040
Balloon flower	0.081	N.D - 0.372
Radish	0.076	0.035 - 0.107
Altari Radish	0.055	0.047 - 0.061
Carrot	0.083	0.031 - 0.154
Onion	0.090	0.034 - 0.187
Duduck	0.101	0.055 - 0.187
Ginger	0.107	0.070 - 0.171
Garlic	0.045	0.016 - 0.080
Ginseng(4 years)	0.073	0.033 - 0.099
Ginseng(6 years)	0.031	0.008 - 0.061

<sup>1)</sup> minimum ~ maximum value

<sup>2)</sup> N.D : not detected

과실, 채소류 등에 제안한 guide line level 0.5ppm보다 낮은 것으로 보아 인체에 유해하지 않은 자연함량 수준으로 파악되었다.

#### 5) 카드뮴(Cd) 함량

주로 40세 이상의 여성에게 요통, 골절, 골다공증 등을 유발<sup>38)</sup>하는 것으로 알려져 있는 Cd은 아연, 구리, 납의 제련시 생기는 폐수<sup>19)</sup>와 농작물의 재배시 사용하는 비료에서 오염되는 것으로 알려져 있으며 주로 식품으로부터 이행되어 그 일반적인 하루 섭취량은 10-50 $\mu$ g/kg으로 보고되어 있다<sup>39)</sup>. 본 조사결과 각 시료의 평균 Cd 함량은 감자 0.002ppm, 고구마 0.001ppm, 우엉 0.005ppm, 도라지 0.003ppm, 무 N.D, 알타리무 N.D, 당근 0.002ppm, 양파 0.001ppm, 더덕 0.005ppm, 생강 0.003ppm, 마늘 0.002ppm, 인삼 4년근 0.001ppm, 인삼 6년근 0.003ppm으로 최저는 무, 알타리무로 검출되지 않았으며, 최고는 우엉과 더덕이 0.005ppm으로 대부분의 시료들에서 거의 미량 검출되었다. Cd 함량 분포는 N.D~0.009ppm으로 분포범위가 비교적 좁게 나타났다(Table 5).

일본에서 조사된 결과<sup>40,41)</sup>에서 서류의 Cd 함량은 0.032ppm, 당근 0.03~0.10ppm<sup>30,31)</sup>이라 하여 이들 수치와 비교하였을 때 본 실험결과에서 매우 낮은 함량을 나타내었다. 김 등<sup>22)</sup>은 감자, 고구마 평균 Cd 함량이 각각 0.018, 0.017ppm으로 본 실험에서의 감자, 고구마의 Cd 함량 각각 0.002, 0.001ppm에 비해 높은 분포를 보였다. 조사된 각 시료의 카드뮴함량은 WHO에서 제안한 guide line level 0.1ppm에 비하여 현저하게 낮은 함량을 나타내고 있어 인체에 유

Table 5. Cadmium contents in potatoes and root vegetables

Samples	Average	Range <sup>1)</sup>
Potato	0.002	N.D <sup>2)</sup> - 0.005
Sweet Potato	0.001	N.D - 0.004
Burdock	0.005	0.002 - 0.009
Balloon flower	0.003	0.002 - 0.004
Radish	N.D	N.D
Altari Radish	N.D	N.D
Carrot	0.002	N.D - 0.005
Onion	0.001	N.D - 0.001
Duduck	0.005	0.003 - 0.008
Ginger	0.003	0.002 - 0.003
Garlic	0.002	0.001 - 0.003
Ginseng(4 years)	0.001	N.D - 0.002
Ginseng(6 years)	0.003	0.002 - 0.003

<sup>1)</sup> minimum ~ maximum value

<sup>2)</sup> N.D : not detected

해하지 않은 자연함유량 수준으로 파악되었다.

6) 수은(Hg) 함량

수은은 가장 오래 전부터 화장품, 의약품, 도료 등에 사용되어온 금속으로 자연계에 광범위하게 분포되어 있으며 이러한 환경에 의하여 미량이지만 채소, 과일 등 농산물에 함유하게 된다<sup>25,41)</sup>. 특히 중금속 수은은 경우에 따라서는 생물이 독성이 더 강한 메틸수은으로 전환시키기도 하며, 이 유기 수은은 건강에 치명적인 영향을 줄 수 있다<sup>9,11)</sup>. 본 조사 결과 평균 Hg 함량은 감자 0.002ppm, 고구마 0.009ppm, 우엉 0.003ppm, 도라지 0.006ppm, 무 0.002ppm, 알타리무 0.065ppm, 당근 0.010ppm, 양파 0.013ppm, 더덕 0.002ppm, 생강 0.001ppm, 마늘 0.040ppm, 인삼 4년근 0.003ppm, 인삼 6년근 0.003ppm이었으며 최저는 생강 0.001ppm, 최고는 알타리무에서 0.065ppm으로 나타났다. Hg 함량 분포는 0.001~0.195ppm으로 0.194ppm 분포대를 보였으며, 생강이 0.001ppm으로 가장 좁게 알타리무가 0.184ppm으로 가장 넓은 분포대를 보였다.

WHO 자료에 의하면 식품에서 무기 형태로 존재하는 수은 함량은 20µg/kg 이하이며<sup>42)</sup> 벨기에, 영국, 독일에서 생산된 채소류, 과일류 288 시료를 분석한 결과 최대치 0.05ppm, 일반적으로 90% 분포상태는 0.007ppm<sup>43)</sup>으로 나타나 본 조사에서 구근류의 Hg 함량이 0.001~0.195로 조사되어 더 폭넓은 분포대를 나타내었다. 최근 일본에서 조사된 분석치에서 당근이 0.0003ppm<sup>44)</sup>으로 본 조사에서의 당근 0.010ppm보다 낮게 나왔으며, 일본의 무 Hg 함량 0.01-0.02ppm<sup>45)</sup>과 비교시 본 조사에서는 0.002-0.003ppm

Table 6. Mercuric contents in potatoes and root vegetables

Samples	Average	Range <sup>1)</sup>
Potato	0.002	0.001 - 0.004
Sweet Potato	0.009	0.005 - 0.027
Burdock	0.003	0.002 - 0.003
Balloon flower	0.006	0.005 - 0.006
Radish	0.002	0.002 - 0.003
Altari Radish	0.065	0.011 - 0.195
Carrot	0.010	0.005 - 0.023
Onion	0.013	0.012 - 0.013
Duduck	0.002	0.001 - 0.004
Ginger	0.001	0.001 - 0.002
Garlic	0.040	0.011 - 0.100
Ginseng(4 years)	0.003	0.003 - 0.004
Ginseng(6 years)	0.003	0.002 - 0.004

<sup>1)</sup> minimum ~ maximum value

으로 낮은 분포를 나타내었다. 김 등<sup>22)</sup>은 감자, 고구마 각각 평균 Hg 함량이 0.004ppm이라 하여 본 조사와 비교하였을 때 감자는 0.002ppm으로 더 낮게, 고구마는 0.009ppm으로 더 높게 조사되었으며, 독일의 규격치 중 감자기준인 0.02ppm<sup>37)</sup>에 비해 본 조사치가 더 낮은 분포를 보였다. 최 등<sup>46)</sup>은 근채류의 평균 Hg 함량은 0.016ppm이었고 각 근채류의 Hg 함량 조사 결과 당근 0.0101ppm, 더덕 0.0022ppm, 도라지 0.006ppm, 무 0.0023ppm, 마늘 0.04ppm, 생강 0.0010ppm, 우엉 0.0029ppm, 알타리무 0.065ppm이라 하여 본 조사와 유사한 결과를 나타내었으며 인삼 4년근의 평균 Hg 함량이 0.032ppm, 인삼 6년근은 평균 0.0030 ppm이라 하여 본 실험에서의 인삼 4년근 0.003ppm, 6년근 0.003ppm과 유사한 분포를 나타내었다. 1999년 식품 의약품 안전청에서 발표한 서류와 채소류의 Hg 함량이 0.0002ppm이라는 보고<sup>47)</sup>와 2000년도 한국소비자보호원<sup>48)</sup> 서울시 일원에서 재배되는 채소류의 수은함량 분석 결과 각 분석시료의 Hg 함량이 검출한계 수치인 0.007ppm에 미치지 못하는 극히 미량이었던 결과와 비교하였을 때 본 연구의 Hg 평균 분석치는 다소 높게 나타났다. 본 연구의 수은 함량은 세계 각국의 규제치 중 가장 엄격한 일본 식품에 대한 기준인 0.4ppm, 우리나라 기준인 0.5ppm보다 훨씬 낮은 것으로 분석되었으며 따라서 인체에 유해하지 않은 자연함유량 수준으로 추정할 수 있었다.

2. 중금속 안전성 평가

본 연구에서 분석된 서류 및 구근류의 섭취시 각 중금속 함량 결과와 1998년 국민 건강영양조사 결

과 보고서<sup>14)</sup>의 일일 식품 섭취량 자료를 토대로 우리나라 국민의 중금속 섭취량을 각 중금속의 잠정주간섭취허용량(PTWI : Provisional Tolerable Weekly Intake)<sup>16)</sup>과 비교하여 안정성을 평가하였다. 서류 및 구근류를 통한 각 중금속별 일일 섭취량 및 주간섭취량 결과는 Table 7에 나타내었다. 서류에 의한 각 중금속의 주간 섭취량을 보면 Cu 0.807 $\mu$ g, As 0.064 $\mu$ g, Zn 2.596 $\mu$ g, Pb 0.243 $\mu$ g, Cd 0.009 $\mu$ g, Hg 0.026 $\mu$ g으로 조사되었다. 또한 구근류에 의한 각 중금속의 주간 섭취량은 Cu 4.700 $\mu$ g, As 0.628 $\mu$ g, Zn 18.224 $\mu$ g, Pb 2.249 $\mu$ g, Cd 0.066 $\mu$ g, Hg 0.430 $\mu$ g으로 잠정주간섭취허용량(PTWI)과 비교하였을 때 매우 낮은 수준으로 이는 다른 나라와 비교해 볼 때 안전한 수준<sup>49)</sup>으로 판단되며 섭취시 위해성은 거의 없을 것으로 사료된다.

#### IV. 요약

우리 나라 국민이 많이 섭취하는 서류 및 구근류를 종류별로 나누어 가식부만 취해 중금속 함량을 측정된 결과는 다음과 같다.

1. 조사된 서류 및 구근류의 Cu 함량 분포는 0.021~0.510ppm으로 0.489ppm의 차이가 났으며 양파의 Cu 함량 분포는 0.038ppm으로 가장 좁게, 인삼 4년근의 Cu함량 분포가 0.325ppm으로 가장 넓게 나타났다. As 함량을 보면 최저는 고구마와 양파로 0.012ppm, 최고는 인삼 6년근으로 0.027ppm이었다. As 함량의 전체적인 분포는 N.D~

0.070ppm으로 분포대가 가장 좁은 것은 생강으로 0.002ppm, 가장 넓은 것은 감자로 0.070ppm이었다. Zn 함량 분포대는 0.143~3.137ppm으로 분포대가 가장 좁은 것은 고구마로 0.046ppm, 가장 넓은 것은 마늘로 2.475ppm이었다.

2. Pb 함량 분석 결과 최저는 감자 0.001ppm, 최고는 고구마 0.112ppm으로 나타났다. 더덕, 생강의 Pb 함량은 각각 0.100, 0.107ppm으로 비교적 높게 나타났으며 도라지 Pb 분포대가 N.D~0.372 ppm으로 가장 넓게 나타났다. Cd 함량에서 최저는 무, 알타리무로 검출되지 않았으며, 최고는 우영과 더덕이 0.005ppm으로 대부분의 시료들에서 거의 미량 검출되었다. Cd 함량 분포는 N.D~0.009ppm으로 분포범위가 비교적 좁게 나타났다. Hg 함량 분포는 0.001~0.195ppm으로 0.194ppm 분포대를 보였으며, 생강이 0.001ppm으로 가장 좁게 알타리무가 0.184ppm으로 가장 넓은 분포대를 보였다.

3. 중금속 섭취량에 따른 안정성 평가에서 서류에 의한 각 중금속의 주간 섭취량을 보면 Cu 0.807 $\mu$ g, As 0.064 $\mu$ g, Zn 2.596 $\mu$ g, Pb 0.243 $\mu$ g, Cd 0.009 $\mu$ g, Hg 0.026 $\mu$ g, 구근류에 의한 각 중금속의 주간 섭취량은 Cu 4.700 $\mu$ g, As 0.628 $\mu$ g, Zn 18.224 $\mu$ g, Pb 2.249 $\mu$ g, Cd 0.066 $\mu$ g, Hg 0.430 $\mu$ g으로 잠정주간섭취허용량(PTWI)과 비교하였을 때 매우 낮은 수준으로 섭취시 위해성은 거의 없을 것으로 조사되었다.

Table 7. Comparison of trace metal weekly intake and provisional tolerable weekly intake of potatoes and root vegetables

Metals	Food	Average(ppm)	Daily intake <sup>1)</sup>	Weekly intake <sup>2)</sup>	PTWI <sup>3)</sup>
Cu	Potatoes	0.189	6.917	0.807	350 ~ 3500*
	Root vegetables	0.142	40.257	4.700	
As	Potatoes	0.015	0.549	0.064	15.0
	Root vegetables	0.019	5.387	0.628	
Zn	Potatoes	0.608	22.253	2.596	1500 ~ 7000*
	Root vegetables	0.551	156.219	18.224	
Pb	Potatoes	0.057	2.086	0.243	50.0
	Root vegetables	0.068	19.278	2.249	
Cd	Potatoes	0.002	0.073	0.009	7.0
	Root vegetables	0.002	0.567	0.066	
Hg	Potatoes	0.006	0.220	0.026	5.0**
	Root vegetables	0.013	3.686	0.430	

<sup>1)</sup> 성인 1일 중금속 섭취량( $\mu$ g/day/인) : 각 식품의 중금속 평균함량(ppm) × 각 식품의 1일 섭취량(g/day/인)

<sup>2)</sup> 중금속 주간섭취량( $\mu$ g/kg, b.w./week) : (성인 1일 중금속 섭취량 × 7) ÷ 60(성인평균체중)

<sup>3)</sup> 중금속 잠정주간섭취허용량( $\mu$ g/kg, b.w./week) : FAO/WHO에서 설정

\*Cu, Zn were expressed ADI × 7

\*\*As total mercury

## V. 참고문헌

- Gilman, AG, Goodman, LS, Rall, TW and Murad, F : Goodman and Gilman. The Pharmacological Basis of Therapeutics. 7th ed. Macmillan, 1611-1617, 1985.
- Calabrese, EJ, Canada, AT and Sacco, C : Trace Element and Public Health. Ann. Rev. Public Health, 6:131-146, 1985.
- Katzung, BG : Basic and Clinical Pharmacology. 4th ed, Appleton & Lange, 748-749, 1989.
- Rom, WN : Environmental and Occupational Meadicine. Little and Brown, London, 759-765, 1992.
- Last, JM : Public Health and Preventive. Medicine 11th ed, 58-60, 1984.
- Klaassen, CD, Amdur, MO and Doull, J : Casarett and Doull's Toxicology. The Basic Science of Poisons, 3rd ed, Macmillan, 605-609, 1986.
- 정광용: 유기성 폐자원의 비료화 방안. 21세기를 향한 비료개발과 정책방향 심포지움. 한국토양비료학회지. 별권. 48-90, 1994.
- 김복용: 토양오염실태와 개선대책. 환경보전농업을 위한 토양관리 심포지움. 한국토양비료학회지. 별권. 68-98, 1993.
- Bert, VR and Ulmer, DD : Biochemical effects mercury, cadmium and lead, Am. Rev. Biochem., 41 : 91-128, 1972.
- Donaldson, ML and Gubler, CL : Biochemical effects of mercury poisoning in rats. Am. J. Cli. Nutr., 31 : 859-864, 1978.
- Klaassen, CD : Heavy metals and heavy metal antagonists. London, macimilian publishing Co. Inc., 1615-1637, 1980.
- Horada, M : Methyl mercury poisoning due to environmental contamination (Minamata Disease). In Toxicity of heavy metals in the enviromental. oeheme, F.W. (ed). Marcel Dekker, Inc. New York, part 1, 261, 1978.
- Bakir, F : Damlujis, S.F., Amin-Raki L., Murtadha M. : Methylmercury poisoning in Iraq. Science, 181 : 230-241, 1973.
- '98 National Nutrition Survey. Ministry of Health and Welfare, 2000.
- Choi, J : A Study of Heavy Metal Contamination on Shoreline Plants. Graduate School of Education, Kyung Hee University. 58-59, 1996.
- FAO : Summary of evaluation performed by the joint FAO/WHO Expert Communittee on Food Additives (JFCFA). ILSI. Geneva. 1994.
- National Food Authority. The 1992 Australian Market Basket Survey. A total diet survey of pesticides and contaminants. 78-88, 1992.
- ILSI. 1990. Present knowledge in nutrition 6th. edition.
- Conor R : Metal contamination of food. 2nd edition. Elsevier science publishers LTD. (London), 119, 1991.
- The Nutrition Foundation, Inc, Present knowledge in nutrition 5th edition. 1984.
- Won, KP, Kim, CM, Sho, YS, Seo, SC, Chung, SY, You, SY, Song, KH, Kim, JS, Kim, HD and Kim, KS : The study on the trace metal contents in food. -on the trace metals contents of cereals, pusses, potatoes, vegetables and fruits in Korea- The Report of National Institute of Health 32(2) : 456-469, 1995.
- Kim, MH, Chang, MI, Chung, SY, Sho, YS and Hong, MK : Trace Metal Contents in Cereals, Pulses and Potatoes and Their Safety Evaluations. J Korean Soc. food Sci. Nutr. 29(3) : 364-368, 2000.
- Kwon, HT : A Study on Heavy Metal Contents of Natrural Vegetables. Graduate School of Public Health, Seoul National University. 1998.
- Won, KP, Kim, NK, Sho, YS, Chung, SY, Yun, HK, Kim, HD and Chang, MI : 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 KFDA. 1 : 58-70, 1996.
- 최석영 : 식품오염. 울산대학교 출판부, 1994.
- Kim, KS, Lee, JO, Seo, YS, Chung, SY, You, SY, Song, KH, Son, YW, Lee, HB and Kwon, WC : Study on the trace metals contents in food. the Rport of National Institute of Health 30(2) : 366-377, 1993.
- Furr AK, Kelly WC, Bache CA, Gutenmann WH and Lisk DJ : Multielement uptake by Vegetables and Millet Grown in Pots on Fly Ash Amended Soil. J of Agricultural food Chemistry, 24 : 885, 1976.
- Cho, TW : A Study on the Heavy Metal Content in Vegetables in InChon Area. Kor. J. Env. Health. Soc 12(1) : 55-61, 1986.
- Environmental protection agency : Quality criteria fod water. U.S., Washionton DC., 1978.
- 田中之雄, 池切克彦, 田中涼一, 國田信治, 食品中の重金屬含有量について. 食衛誌 14, 196, 1973.
- 田中之雄, 池切克彦, 田中涼一, 國田信治, 食品中の重金屬含有量について. 食衛誌 15, 313, 1974
- 田中之雄, 池切克彦, 田中涼一, 國田信治, 食品中の重金屬含有量について. 食衛誌 18, 75, 1977.
- WHO, Lead(Environmental Health Criteria 3), WHO, 44-54.
- 이서래 : 식품의 안전성 연구. 이화여자대학교 출판부, 1993.
- Schroder HA, Balassa JJ. Abnormal trace metals in man. lead, J. chron Dis. 408-425, 1961.
- 寺岡久之 森井, 小林純, 食品中の含まれる 24種の元素 攝取量について. 食品と營養, 34 : 221, 1981.
- Ministry of Health(Germany) : Richtwente fur Schadstoffe in Lebens mitteln. Bundesgesundheitsblatt, Nummer 5 : 182-183, 1997.
- WHO : Cadmium(Environmental Health Criteria 134). WHO, 131-195, 1992.
- Joint FAO/WHO Eopert Committee on Food Additives. Evaluation of certain food additives and contaminants, Technical Report Series(WHO) 776 : 8-9, 1989.
- 池哉克彦, 西宗高弘, 田中涼一. ICP 發光分析法による食品中の 17金屬元素量について. -野菜類, 果實類, 食衛誌. 31(51) : 382-389, 1990.

41. 池澤克彦, 西宗高弘, 田中涼一. ICP 發光分析法による食品中の 17 金屬元素量について. -穀類, 豆類及びその加工品, 海草類及び種實類. 食衛誌. 32(1) : 48-56, 1991. 42. WHO, Methyl mercury (Environmental Health Criteria 101), WHO, 36, 1990.
43. WHO, Mercury(Environmental Health Criteria 1), WHO, 19, 1976.
44. 田中建, 青木喜也, 玉瀬喜久雄, 兎本文昭, 岡山明子, 大林英之, 杆生眞子, 左久様智子. 市販野菜及び果物中の總水銀定量法のび改良並びに總水銀含有量調査. 食衛誌. 33(4) : 359-364, 1991.
45. Dassani SD, McClellan BE and Gordon M : Submicrogram Level Determination of Mercury in Seeds, grains, and Food Products by Cold-Vapor Atomic Absorption Spectrometry, J. of Agricultural Food Chemistry. 23 : 671, 1975.
46. Choi, SN, Lee, SU and Ko, WB : A Study on the Content of Mercury in Various Vegetables and Potatoes. Korean J. of Forensic Sci. 2(4) : 246-250, 2001.
47. 식품의약품안전청 : 식품과 중금속. 식품중 중금속은 과연 안전한가. 9, 1999.
48. 한국소비자보호원 : 서울시 일원에서 재배되는 채소류의 중금속 오염실태. 1 : 13-19, 2000.
49. UNEP/FAO/WHO : Assessment of dietary intakes of chemical contaminants. UNEP, Nairobi. 1992.

---

(2003년 2월 12일 접수, 2003년 4월 11일 채택)