

## 서울 지역에서 유통되는 버섯류의 유해중금속 함량 조사에 관한 연구

차현아<sup>1,2</sup> · 강순화<sup>2</sup> · 최수빈<sup>1</sup> · 김형국<sup>2</sup> · 강성태<sup>1\*</sup>  
<sup>1</sup>서울과학기술대학교 식품공학과, <sup>2</sup>농협식품안전연구원

### Hazardous Heavy Metal Contents of Mushrooms from Retail Markets in Seoul

Hyun-A Cha<sup>1,2</sup>, Soon-Hwa Kang<sup>2</sup>, Su-bin Choe<sup>1</sup>, Hyung-Kook Kim<sup>2</sup>, and Sung-Tae Kang<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Food Science and Technology, Seoul National University of Science and Technology

<sup>2</sup>Nonghyup Food Safety Research Institute

**Abstract** This study determined the hazardous heavy metal content of mushrooms from markets in Seoul, Korea. One hundred and fifty mushroom samples were digested by the microwave method then the hazardous heavy metal (Pb, Cd, As, Cr, Ni and Hg) content was determined by the inductively coupled plasma-mass spectrometry (ICP-MS) and mercury analyzer. The average values of heavy metals in the samples were as follows: (mean [minimum-maximum], µg/kg); Pb 7.8 (1.9-30.0), Cd 45.3 (0.7-292.4), As 54.6 (24.2-229.3), Cr 42.6 (8.4-334.3), Ni 22.4 (up to 180.4), and Hg 8.9 (2.0-25.0). The contents of hazardous heavy metal in mushrooms were lower than those reported previously and also lower than the Provisional Tolerable Weekly Intake (PTWI) limit prescribed by the FAO/WHO. Thus, it could be suggested that the hazardous heavy metals levels in the mushrooms of retail market were adequately safe for consumption.

**Keywords:** heavy metals, mushrooms, PTWI, lead, cadmium

## 서 론

중금속은 화학적으로 비중 4.0 이상의 무거운 금속으로 이동성이 낮고, 축적성은 높아 자연분해나 미생물에 의한 분해가 매우 어렵다(1). 또한 중금속이 오염된 농수산물의 섭취로 만성, 급성 건강장해를 일으켜 최근 식품위생상 중요한 문제로 대두되고 있다(2). 이러한 원인 중 하나인 중금속은 인체의 기능을 저해할 수 있는 유해금속인 납, 카드뮴, 수은, 비소, 크롬, 니켈 등이 있고 유전자에 영향을 미치는 유전독성금속인 카드뮴, 니켈, 크롬, 코발트 등이 있다. 이 중 납, 카드뮴, 비소, 수은은 생체성분과의 친화성이 커서 식품 등에 축적되기 쉽고, 생물계에서 필요성이 밝혀져 있지 않기 때문에 국내외에서 매우 엄격하게 관리되고 있다(3). 식품 중 중금속 오염은 식품의 수확, 가공, 포장 등의 과정에서 우발적으로 일어나기도 하지만, 대부분 오염된 물과 토양 또는 대기오염이 심한 지역에서 재배되는 농작물에서 일어난다(4). 납, 카드뮴, 크롬, 비소 등은 동식물체에 유해성이 큰 금속으로 국제암연구소의 발암기준물질분류기준에 따라 분류되며, 암 발생의 위험을 가진 중금속으로 알려져 있다(5).

버섯은 분류학적으로 균류에 속하나 일반적인 균류와 다르게 포자를 형성하기 위한 대형의 자실체를 만드는 것이 특징으로 대

부분 담자균류와 자낭균류에 속하는 고등균류이다. 버섯은 품미가 뛰어나고 탄수화물, 단백질, 지질, 무기질, 비타민 및 미네랄 등의 각종 영양소를 다양하게 함유하고 있을 뿐만 아니라, 생리활성 물질들을 생산함으로써 예로부터 식용뿐 아니라 약용으로도 이용되는 식품이다(6).

우리나라의 전체 버섯생산량 중 상위 품목은 느타리버섯, 팽이버섯, 양송이버섯 순이며 그 중 양송이버섯과 영지버섯은 유통정책관 원예산업과 수출실적에서 보면 가장 많이 수출되는 품목이다(7). 한편, 1970년대 이후 버섯이 건강식품으로 각광받기 시작하면서 영양적인 기능과 기호식품으로써의 기능에 이어 특히 생체조절기능에 많은 관심을 갖게 되었다. 이후 1980년대부터 표고, 영지, 팽이 등 많은 버섯이 항암효과 및 항바이러스 효과 등 약리학적 효과가 있다는 연구보고가 발표됨에 따라 건강식품으로서의 버섯에 관한 관심이 고조되기 시작하였으며 버섯의 생산과 소비도 급증하였다(8).

현재 식품으로 사용되는 버섯류에 대한 중금속 기준은 EU와 중국에서는 납과 카드뮴 기준규격을 설정 관리하고 있다. EU에서는 느타리버섯, 양송이버섯, 표고버섯에 한해 납 0.30 mg/kg, 카드뮴 0.20 mg/kg으로 설정하였고 기타 버섯에 관해 납 0.10 mg/kg, 카드뮴 1.0 mg/kg으로 설정관리하고 있다(9). 우리나라는 2013년 8월 5일 식품공전 개정에 따라 납과 카드뮴 각각 0.3 mg/kg 이하(양송이버섯, 느타리버섯, 새송이버섯, 표고버섯, 송이버섯, 팽이버섯, 목이버섯에 한한다)로 기준이 설정되었다(10).

따라서 본 연구에서는 국내에서 유통되는 버섯류의 중금속 함량 조사를 통해 새로 기준이 설정된 납과 카드뮴의 오염실태를 확인하고, 더 나아가 유해중금속인 비소, 크롬, 니켈, 수은의 오염현황을 파악하고자 하였다. 그리고 중금속의 주간 섭취량을 계산하여 FAO/WHO의 주간섭취허용량인 PTWI (Provisional Toler-

\*Corresponding author: Sung-Tae Kang, Department of Food Science and Technology, Seoul National University of Science and Technology, Seoul 139-743, Korea

Tel: 82-2-970-6736

Fax: 82-2-970-6460

E-mail: kst@seoultech.ac.kr

Received November 26, 2013; revised February 23, 2014;

accepted March 4, 2014

able Weekly Intake)와 비교하여 본 연구에서 조사한 버섯류의 섭취에 의한 안전성을 평가하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 실험재료

본 실험에 사용한 버섯은 국민건강영양조사(11)에서 한국인이 많이 섭취하는 버섯류 중 가장 많은 5가지를 선택하였다. 국내에서 유통되는 느타리버섯, 새송이버섯, 표고버섯, 양송이버섯, 팽이버섯을 서울시 소재 하나로마트 및 청량리청과물시장에서 구입하였다. 구입한 샘플은 일정량을 취하여 균질화한 후 폴리에틸렌 용기에 담아 냉동(-20°C 이하) 보관하여 실험재료로 사용하고, 조사항목은 기준이 설정된 납, 카드뮴 이외 비소, 수은, 크롬, 니켈을 선정하였다.

### 분석기기

무기물 분석에 사용한 전처리 장비는 Microwave (Qwave 2000, Tekton, Ontario, Canada)를 사용하였고, 분석에는 ICP MS (7700series, Agilent Technology, Tokyo, Japan)와 수은분석기(NIC-MA2, Nippon Instrument Corp., Tokyo, Japan)를 사용하였다. 분석조건은 Table 1과 같다.

### 시약 및 기구

분해용 시약으로는 유해중금속 측정용 65% 질산(Merck, Darmstadt, Germany)을 사용하였다. 검량선 작성과 회수율시험에 필요한 표준 물질(Pb, Cd, As, Hg, Cr, Ni)은 Merck사에서 구입하여 사용하였다. 모든 실험초자는 10% 질산에 24시간 침지 후 3차 증류수로 씻어 건조한 다음 사용하였다. Microwave관은 Microwave 제조사에서 제조한 고압 폴리테트라플로로에틸렌 용기(Qwave 2000, Tekton, Ontario, Canada)를 사용하였다.

### 시료의 전처리

시료는 칼로 세절 후 분쇄기(Foss, Cyclotec1093 Sample Mill, Hiller, Sweden)로 분쇄하여 균질화 하였다. 균질화한 시료는 약 0.5 g을 고압 폴리테트라플로로에틸렌 용기에 옮긴 후, 65% 질산 5 mL를 가하고 2시간 정도 방치하여 예비분해를 한 후, Microwave digestion system을 이용하여 분해하였다. 증류수를 사용하여 25 mL로 정용하고 여과하여 시험용액으로 하였다. 납, 카드뮴, 비소, 크롬, 니켈은 ICP-MS로 분석하였고, 수은은 균질화한 버섯시료를 약 50 mg을 수은분석기에 주입하여 가열기화금아말감법으로 측정하였다.

Table 1. LOD and LOQ of As, Cd, Cr, Ni, Pb, Hg analysis

Elements	LOD (mg/kg) <sup>1)</sup>	LOQ (mg/kg) <sup>2)</sup>
As	1.056×10 <sup>-5</sup>	3.485×10 <sup>-5</sup>
Cd	1.327×10 <sup>-5</sup>	4.379×10 <sup>-5</sup>
Cr	1.905×10 <sup>-5</sup>	6.287×10 <sup>-5</sup>
Ni	8.456×10 <sup>-5</sup>	2.790×10 <sup>-5</sup>
Pb	1.108×10 <sup>-5</sup>	3.656×10 <sup>-5</sup>
Hg	0.4×10 <sup>-5</sup>	1.2×10 <sup>-5</sup>

<sup>1)</sup>LOD=3.3× $\delta$ /S

<sup>2)</sup>LOQ=10× $\delta$ /S

$\delta$ : the standard deviation of the response  
S: the slope of the calibration curve

### 정확도와 정밀도

전처리 방법의 정확도를 확인하기 위하여 표준물질에 대해 납, 카드뮴, 비소, 크롬, 니켈은 0.1 mg/L이 되도록 첨가한 후 시료와 동일한 방법으로 전처리 후 측정하였고, 수은은 4.0 µg/L이 되도록 첨가하여 시료의 전처리와 동일한 방법으로 처리한 후 측정하여 첨가 농도에 대한 회수율과 허용범위로 정확도를 평가하였다. 정밀도는 표준품을 3회 측정하여 그 표준편차를 평균으로 나눈 상대표준편차(RSD %, Relative Standard Deviation)로 구하였다.

## 결과 및 고찰

### 분석법 검증

검량선은 0.001-2.0 mg/kg 사이의 농도에서 작성되었고, R<sup>2</sup>은 0.999으로 우수한 직선성을 보였다. 중금속 별 검출한계와 정량한계는 Table 1에 나타내었다. 납은 1.108×10<sup>-5</sup>, 3.656×10<sup>-5</sup> mg/kg, 카드뮴은 1.327×10<sup>-5</sup>, 4.379×10<sup>-5</sup> mg/kg, 비소는 1.056×10<sup>-5</sup>, 3.485×10<sup>-5</sup> mg/kg, 크롬은 1.905×10<sup>-4</sup>, 6.287×10<sup>-4</sup> mg/kg, 니켈은 8.456×10<sup>-4</sup>, 2.790×10<sup>-3</sup> mg/kg, 수은은 0.4×10<sup>-3</sup>, 1.2×10<sup>-3</sup> mg/kg으로 측정되었으며, 미량 유해중금속 분석에 적합함을 확인하였다.

### 납(Pb)

납은 주변 환경에서 쉽게 노출이 가능한 중금속으로(5) 신경, 평활근 장애와 적혈구 중의 헤모글로빈을 감소시켜 빈혈을 유발하며, 뇌손상마비, 신장장애 등의 급성 증상과 창백한 피부, 두통, 식욕 감퇴 등의 만성증상을 일으키는 것으로 알려져 있다(3). 이번에 조사한 버섯류 중의 납 함량은 Kim 등(12)의 결과에 비하여 낮은 수준으로 나타났다. 조사된 버섯류의 납에 대한 분석 결과(평균값(최소값-최대값))는 Table 3에 나타내었다. 느타리버섯은 4.4(2.5-7.6) µg/kg, 양송이버섯은 8.4(5.1-14.8) µg/kg, 팽이버섯은 2.8(1.9-7.1) µg/kg, 표고버섯은 16.8(9.9-30.0) µg/kg, 새송이버섯은 6.5(3.2-13.3) µg/kg으로 나타났다. 이러한 결과는 Fang 등(13)의 결과에 비하여 다소 낮은 수준으로 나타났다. 이는 중국에서의 결과로 한국과 중국의 재배환경의 차이에 의한 것으로 사료된다.

### 카드뮴(Cd)

카드뮴은 적은 양으로도 신장독성을 일으키며 산성식품과 접

Table 2. The operating condition of ICP-MS and Mercury analyzer

Instrument	Parameter	Value
ICP-MS	RF Power	1550 W
	Carrier gas flow	0.8 L/min
	Nebulizer Pump	0.1 rps
	S/C Temp.	2°C
	Makeup gas flow	0.25 L/min
	He flow	4.7 mL/min
Mercury analyzer	Drying temp	350°C
	Drying time	4 min
	Decomp. temp	800°C
	Decomp. time	6 min
	Purse time	2 min
	Amalgam. time	1 min
	Record time	1 min

**Table 3. Concentration of hazardous heavy metals (Pb, Cd, As) in mushrooms**

Sample	No.	Concentration of heavy metal ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) <sup>1)</sup>		
		Pb	Cd	As
<i>Pleurotus osteratus</i>	30	4.4 $\pm$ 1.2 (2.5-7.6)	22.3 $\pm$ 7.8 (10.2-38.8)	14.9 $\pm$ 5.4 (2.9-25.2)
<i>Pleurotus eryngii</i>	30	6.5 $\pm$ 2.7 (3.2-13.3)	4.7 $\pm$ 2.2 (3.0-12.2)	3.2 $\pm$ 0.6 (2.4-5.1)
<i>Lentinus edodes</i>	30	16.8 $\pm$ 4.7 (9.0-30.0)	194.4 $\pm$ 67.7 (61.8-292.4)	100.7 $\pm$ 51.7 (17.2-186.4)
<i>Agaricus bisporus</i>	30	8.4 $\pm$ 2.7 (5.1-14.8)	3.2 $\pm$ 0.7 (2.2-5.0)	141.1 $\pm$ 33.3 (91.8-229.3)
<i>Flammulina velutipes</i>	30	2.8 $\pm$ 1.3 (1.9-7.1)	1.9 $\pm$ 1.0 (0.7-4.2)	12.9 $\pm$ 7.3 (5.0-30.2)
Total mean		7.8 $\pm$ 5.7 (1.9-30.0)	45.3 $\pm$ 81.0 (0.7-292.4)	54.6 $\pm$ 62.3 (2.4-229.3)

<sup>1)</sup>Data were expressed as mean $\pm$ SD (minimum-maximum).

**Table 4. Concentration of hazardous heavy metals (Cr, Ni, Hg) in mushrooms**

Sample	No.	Concentration of heavy metal ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) <sup>1)</sup>		
		Cr	Ni	Hg
<i>Pleurotus osteratus</i>	30	32.4 $\pm$ 18.6 (12.7-98.8)	17.8 $\pm$ 13.3 (1.5-52.6)	4.4 $\pm$ 1.5 (3.0-7.0)
<i>Pleurotus eryngii</i>	30	40.9 $\pm$ 58.0 (11.3-334.3)	23.7 $\pm$ 20.8 (3.3-114.0)	3.4 $\pm$ 0.9 (2.0-5.0)
<i>Lentinus edodes</i>	30	59.2 $\pm$ 42.2 (21.4-211.7)	21.1 $\pm$ 7.5 (6.0-41.7)	13.8 $\pm$ 1.8 (11.0-17.0)
<i>Agaricus bisporus</i>	30	61.9 $\pm$ 59.9 (14.7-267.0)	32.3 $\pm$ 43.6 (ND-180.4)	16.6 $\pm$ 6.8 (8.0-25.0)
<i>Flammulina velutipes</i>	30	18.7 $\pm$ 16.6 (8.4-97.1)	14.3 $\pm$ 22.1 (ND-91.3)	6.5 $\pm$ 0.8 (6.0-8.0)
Total mean		42.6 $\pm$ 45.5 (8.4-334.3)	22.4 $\pm$ 24.9 (ND-180.4)	8.9 $\pm$ 6.2 (2.0-25.0)

<sup>1)</sup>Data were expressed as mean $\pm$ SD (minimum-maximum).

축하여 쉽게 용출된다. 초기 증상은 단백뇨를 일으키며 장기간 노출 시 골조직에서 칼슘과 인 대사 불균형을 초래하며 골다공증과 골연화증, 비장의 기능장애, 고혈압, 간장손실, 폐손상, 기형 발생 등을 일으킨다(5). 이번에 조사한 버섯류 중의 카드뮴 함량은 Kim 등(9)의 결과에 비하여 느타리버섯과 표고버섯의 함량이 다소 높았고, 나머지 양송이버섯, 새송이버섯, 팽이버섯은 비슷한 수준이었다. 조사된 버섯류의 카드뮴에 대한 분석결과(평균값(최소값-최대값))는 Table 3에 나타내었다. 느타리버섯은 22.3(10.2-38.8)  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 양송이버섯은 3.2(2.2-50.0)  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 팽이버섯은 1.9(7.0-42.0)  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 표고버섯은 194.4(61.8-292.4)  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 새송이버섯은 4.7(3.0-12.2)  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 으로 나타났다. 표고버섯에서 카드뮴의 함량이 높은 것은 표고버섯의 재배환경이 나무에 기생하여 성장하는 버섯류로 환경오염으로 인한 것으로 사료된다.

#### 비소(As)

비소는 특히 토양, 물 및 동식물에 함유되어 있으나 식품에 함유되어 있는 형태는 대부분 독성이 적은 유기비소 형태로 알려져 있다(5). 섭취 시 구토, 혈뇨성 설사를 일으키고 장기간 노출 시 식욕부진, 체중감소, 안면부종, 폐색성 황달, 신경염이나 피부각화증을 유발할 수 있다(3). 이번에 조사한 버섯류중의 비소 함량은 Kim 등(12)의 결과와 비슷한 수준이었다. 조사된 버섯류의 비소에 대한 분석결과(평균값(최소값-최대값))는 Table 3에 나타내었다. 느타리버섯은 14.9(2.9-25.2)  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 양송이버섯은 141.1 (91.8-229.3)  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 팽이버섯은 12.9(5.0-30.2)  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 표고버섯은 100.7(17.2-186.4)  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 새송이버섯은 3.2(2.4-5.1)  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 으로 나타났다. 느타리버섯, 팽이버섯, 새송이버섯은 톱밥이나 면화를 주재료로 재배되어 비소의 함량이 다소 낮았지만, 표고버섯은 목재 및 톱밥이 주재료로, 양송이버섯은 벚짚, 밀짚이 주재료로 재배되어 배지조성의 차이로 인해 비소의 함량이 높은 것으로 판단된다.

#### 크롬(Cr)

크롬은 일반적으로 공기 및 습기에 대해서 매우 안정하고 단단한 중금속이며, 6가 크롬은 화학적 활성이 높으며 또 생체에서 영향력도 강하다. 단기간 노출 시 천식과 기관지 염증을 일으키며, 장기간 노출 후에는 피부와 호흡기에 암을 발생한다. 반면 3가 크롬은 사람과 동물에는 필수 영양소이다(5). 조사된 버섯류의 크롬에 대한 분석결과(평균값(최소값-최대값))는 Table 4에 나타내었다. 느타리버섯은 32.4(12.7-98.8)  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 양송이버섯은 61.9(14.7-267.0)  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 팽이버섯은 18.8(8.4-97.1)  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 표고버섯은 59.2(21.4-211.7)  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 새송이버섯은 40.9(11.3-334.3)  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 으로 나타났다. 크롬은 모든 버섯류에서 비슷한 수준으로 검출되었으나, 버섯류에 대한 크롬의 연구는 아직 미비한 실정으로 추후 연구가 필요할 것으로 사료된다.

#### 니켈(Ni)

니켈은 금속니켈과 니켈화합물이 고유의 물리 화학적 특성 때문에 근대 산업에 널리 사용된다. 니켈은 주로 호흡기와 소화기를 통해 흡수되며 상당한 양의 니켈은 일생을 통한 직업적 폭로와 식사를 통해 사람 인체에 축적된다. 니켈은 사람에게 필수 원소는 아니며 대사 과정이 명확히 밝혀지지 않았다(14). 니켈화합물에 노출될 때 사람들은 다양한 위해성을 나타낼 수 있다. 접촉성 피부염 형태의 니켈알러지는 널리 알려진 반응이다. 만성노출을 통한 인체의 축적은 폐섬유증, 심혈관 및 신장 질환을 일으키거나 가장 심각한 것은 발암성이다(12). 조사된 버섯류의 니켈에 대한 분석결과(평균값(최소값-최대값))는 Table 4에 나타내었다. 느타리버섯은 17.8(1.5-52.6)  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 양송이버섯은 32.3(ND-180.4)  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 팽이버섯은 14.3(ND-91.3)  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 표고버섯은 21.1(6.0-41.7)  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 새송이버섯은 23.7(3.3-114.0)  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 으로 나타났다. 식약처 유해물질총서 니켈(15)에 따르면, 식품 중 니켈 수준은 0.01-0.1 mg/kg의 범위이지만 편차가 상당히 크다고 되어 있다. 본 연구의 버

**Table 5. The recovery of hazardous heavy metals in mushrooms**

Elements	Spiked concentration <sup>1)</sup>	Recovery <sup>2)±RSD (%)<sup>3)</sup></sup>
Pb	0.1	93.1±0.7
Cd	0.1	91.6±0.9
As	0.1	100.1±1.9
Cr	0.1	89.9±2.1
Ni	0.1	83.1±1.5
Hg	4.0	103.4±0.8

<sup>1)</sup>mg/L (Hg: µg/L)<sup>2)</sup>Mean value obtained from three measurements<sup>3)</sup>Relative standard deviation, number of samples=3**Table 6. Comparison of weekly intakes of heavy metal from surveyed mushrooms with PTWI established by FAO/WHO and JECFA**

Heavy metals	Daily intake (µg/person/day) <sup>1)</sup>	Weekly intake <sup>2)</sup> (µg/kg bw <sup>3)</sup> /week)	PTWI <sup>4)</sup> (µg/kg bw/week)
Pb	0.19471	0.00334	25
Cd	1.13248	0.01941	6.25
As	1.36388	0.02338	350
Cr	1.06582	0.01827	-
Ni	0.54570	0.00935	-
Hg	0.22320	0.00383	-

<sup>1)</sup>Σ(Concentration of heavy metal×daily intake of foods (12))<sup>2)</sup>Daily intake×week intake of foods (12)/70 kg<sup>3)</sup>Body weight (70 kg)<sup>4)</sup>Provisional Tolerable Weekly Intake

섯류에서의 니켈 수준은 평균 22.4 µg/kg으로 낮은 수준이었다.

### 수은(Hg)

수은은 그 자체로도 쓰이지만 각종 원소들과 결합하여 화합물의 형태로도 많이 사용된다. 수은에 의한 급성독성은 설사, 신장의 기능 장애 등이 올 수 있으며 만성중독 시 과민증상, 손 떨림 등의 증상이 보고된 바 있다. 수은의 섭취는 중추신경계 이상을 초래하여 보행장애, 수족마비, 중추신경계 이상 등을 초래한다(3). 조사된 버섯류의 수은에 대한 분석결과(평균값(최소값-최대값))는 Table 4에 나타내었다. 느타리버섯은 4.4(3.0-7.0) µg/kg, 양송이버섯은 16.6(8.0-25.0) µg/kg, 팽이버섯은 6.5(6.0-8.0) µg/kg, 표고버섯은 13.8(11.0-17.0) µg/kg, 새송이버섯은 3.4(2.0-5.0) µg/kg으로 나타났다. 이번에 조사한 버섯류 중의 수은 함량은 Kim 등(12)의 결과에 비하여 높은 수준이었다.

### 정확도와 정밀도 평가

6개의 원소 모두 정확도 허용범위인 80-120%를 만족하였다. ICP-MS로 측정된 중금속은 납, 카드뮴, 비소는 비교적 정확한 편이었으며, 상대적으로 크롬과 니켈은 정확도 허용범위는 만족했지만, 다른 원소에 비해 회수율이 낮은 편이었다. 수은은 회수율이 100%에 근접하였다. 각각의 회수율은 Table 5에 나타내었다. 정밀도는 동일 시료를 3회 측정하여 그 표준편차를 평균으로 나눈 상대표준편차로 구한 결과 모든 측정값에서 3% 이하의 우수한 재현성을 보임을 알 수 있었다.

### 위해성 평가

본 연구결과를 토대로 계산한 주간섭취량과 FAO/WHO의 주간섭취허용량 PTWI (Provisional Tolerable Weekly Intake)와 비교

하여 본 연구에서 조사한 버섯류 섭취에 대한 안정성을 평가하였다. 시료의 1인 1회 섭취량과 1주 섭취량은 2011년 국민영양조사 결과보고서(11)를 참조하여 각각 5.0 g/1회, 1.2회/1주로 계산하였고, 주간섭취량의 계산하였을 때 성인 1인 체중을 70 kg로 고려하여 1일 섭취량 및 1주 섭취량을 산출하였다. 버섯섭취에 의한 인체 위해성 평가는 PTWI의 1일 인체노출허용지수를 사용하였다. 납 및 무기비소의 PTWI는 2010년 철회되어 현재 별도 PTWI가 없으므로 이전의 값(Pb: 25, As: 350 µg/kg bw/week)를 사용하였고, 카드뮴은 축적성 때문에 JECFA에서 설정하였으므로 25 µg/kg bw/month을 사용하였다. 본 연구에서는 1주 단위의 위해성 평가이므로 6.25 µg/kg bw/week으로 계산하였다. 비교결과 조사한 시료에서 섭취되는 성인 1인의 중금속 주간 섭취량은 납은 0.00334 µg/kg bw/week, 카드뮴은 0.01941 µg/kg bw/week, 비소는 0.02338 µg/kg bw/week, 크롬은 0.01827 µg/kg bw/week, 니켈은 0.00935 µg/kg bw/week, 수은은 0.00383 µg/kg bw/week 으로서 PTWI에 비해 매우 낮은 수준이었다. 따라서 조사한 서울에서 유통되는 버섯류의 중금속 위해성은 문제되지 않을 것으로 생각된다.

## 요 약

본 연구에서는 서울시내에 유통 중인 버섯류의 유해중금속 함량을 조사하여 식품공전에 새로 신설된 납과 카드뮴의 함량을 파악하고, 재배환경과 환경오염에서 유래할 수 있는 유해중금속인 비소, 크롬, 니켈, 수은의 함량을 조사하였다. 서울시 소재 마트 및 전통시장에서 구입한 버섯류 5품목 150건을 시료로 습식분해법 중 microwave법을 이용하였으며, 납, 카드뮴, 비소, 크롬, 니켈은 ICP-MS를 이용하여 분석하였다. 조사결과 버섯류의 평균 함량(최소-최대함량, µg/kg)은 Pb 7.8 (1.9-30.0), Cd 45.3 (0.7-292.4), As 54.6 (2.4-229.3), Cr 42.6 (8.4-334.3), Ni 22.4 (ND-180.4), Hg 8.9 (2.0-25.0)으로 나타났다. 본 연구를 통해 얻어진 결과는 기존 연구결과들과 비슷하거나 낮은 수준으로 나타났다. 또한 조사한 품목의 주간섭취량을 FAO/WHO에서 안전성 평가를 위해 설정한 PTWI와 비교한 결과 그 수준이 매우 낮아 서울시에서 유통되는 버섯류로부터 섭취하는 유해중금속의 양은 안전한 수준으로 생각된다. 본 연구결과는 2013년 8월에 새롭게 신설되어 모니터링 자료가 필요한 납과 카드뮴에 대한 자료와 더불어, 아직 세부기준이 설정되어 있지 않지만 관리가 필요한 비소, 크롬, 니켈, 수은의 중금속 기준을 설정하는데 있어 참고 자료로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

## References

1. Reilly C. Metal Contamination of Food. 3ed. Elsevier Applied Science. London, UK. pp. 12-16 (2002)
2. Choi CM, Choi EJ, Kim TR, Hong CK, Kim JH. Heavy metal contents of vegetables available on the markets in Seoul. J. Korean soc. Food Sci. Nutr. 39: 1873-1879 (2010)
3. Seo JW, Lee JH, An ES, Kuk JH, Park JW, Bae MS, Park SW, Yoo MS. Monitoring of heavy metals in fruits in Korea. Korean J. Food Sci. Technol. 43: 230-234 (2011)
4. Kim HY, Kim JI, Kim JC, Park JE, 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)
5. Kang ST, Yoo HY, Jung JJ, Choi EJ. Heavy metal contents of vegetables from Korean markets. Korean J. Food Sci. Technol. 42: 502-507 (2010)
6. Lim SS, Choi SJ, Lee YS, Kim JK, Kim JK. Physiological activ-

- ities of extract from edible mushrooms. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 39: 1087-1096 (2010)
7. An actual output of a crop for a special purpose, Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, 2013 pp. 62-66. Sejong, Korea
  8. Yoon GH, Functionality of Mushrooms in the public eye as a health food, *The monthly forest science report*. Seoul, Korea, vol. 190 pp. 16-17 (2007)
  9. Kim MH, Choi H, Park SK, Lee BN. Risk assessment of lead and cadmium through mushrooms. *Korean J. Food Sci. Technol.* 44: 666-672 (2012)
  10. MFDA. Food Code. Ministry of Food and Drug Safety. Cheongwon, Korea (2013)
  11. MHW. Korea health statistics: Korea national health and nutrition examination survey (KNHANES) V-2. Ministry of Health & Welfare, Seoul, Korea. pp. 40, 42, 261-264, 275-293 (2012)
  12. Kim WI, Kim JY, Yoo JH, Lee JH, Kim MJ, Kang DW, Ko HS, Hong HS, Im GJ, Kim DH, Jung GB. Monitoring and risk assessment of heavy metals in edible mushrooms. *Korean J. Environ. Agric.* 31: 37-44 (2012)
  13. Fang Y, Sun X, Yang W, Ma N, Xin Z, Fu J, Liu X, Liu M, Mariga AM, Zhu X, Hu Q. Concentrations and health risks of lead, cadmium, arsenic, and mercury in rice and edible mushrooms in China. *Food Chem.* 15: 147-151(2014)
  14. Park HS, Park KS. Nickel toxicity and carcinogenicity. *J. Environ. Toxicol.* 19: 119-134 (2004)
  15. KFDA. Korea Food & Drug Administration. Risk profile, Nickel. Available from: <http://fse.foodnara.go.kr/origin>. pp.17 Accessed Oct. 29, 2013.