pISSN 1229-1153 *J. Fd Hyg. Safety*
Vol. 27, No. 4, pp. 388~394 (2012)

Journal of Food Hygiene and Safety
Available online at http://www.foodhygiene.or.kr

국내 유통되는 버섯류의 비소 및 수은 위해성 평가

최훈 · 박성국 · 김미혜*
식품의약품안전청 식품위해평가부 오염물질과

Risk Assessment of Arsenic and Mercury in Mushrooms

Hoon Choi, Sung-Kug Park, and Meehye Kim*
Food Contaminants Divisions, Food Safety Evaluation Department, Korea Food and Drug Administration
(Received October 11, 2012/Revised October 25, 2012/Accepted October 31, 2012)

ABSTRACT - The present study was carried out to assess the dietary exposure and the risk for arsenic (As) and mercury (Hg) through mushrooms intake. Various samples (n = 536) covering 17 kinds of mushrooms were collected from retail outlets and markets in Korea. The contents of As were 0.003 (King oyster) ~ 1.952 (Matsutake) mg/kg in raw mushrooms and 0.015 (*Fuscoporia obliqua*) ~ 16.95 (Matsutake) mg/kg in dry mushrooms, respectively. The contents of Hg were 0.001 (King oyster) ~ 0.030 (Matsutake) mg/kg in raw mushrooms and 0.004 (Oyster) ~ 0.588 (Matsutake) mg/kg in dry mushrooms, respectively. The mean dietary exposures of As was 0.151 μg/day, taking 0.005% of provisional tolerable weekly intake (PTWI). The mean dietary exposures of Hg was 0.022 μg/day, corresponding to 0.071% of PTWI. Therefore, the level of overall dietary exposure to As and Hg for Korean population through mushroom was far below the levels recommended by Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additivies, indicating little possibility of concern.

Key words: mushroom, arsenic, mercury, monitoring, risk assessment

중금속은 지구상 어느 곳에서도 존재하는 물질이지만, 산업화의 부산물로 발생된 환경오염물질로써의 중금속은 환경 뿐 아니라 환경에서 생산된 농·축·수산물 등의 식품을 오염시킨다. 국민의 중금속에 대한 관심은 날로 높아지고 있어, 식품 중 중금속에 대한 국민의 불안감을 해소하기 위해서는 올바른 정보제공과 인식이 필요하다.

일반적으로 버섯은 타 농산물보다 중금속 함량이 높다고 알려져 있는데, 이는 중금속을 효과적으로 흡수할 수 있는 특이 메카니즘을 가지고 있음을 의미한다[1]. 하지만, 버섯 종류별로 중금속 축적율은 상이하다. 카드뮴은 *Agaricus*과 *Russula* 계통에서, 수은은 *Agaricus*과 *Macrolepiota* 계통, 납은 *Rhizomorphs* 계통의 버섯에서 함량이 높다고 알려져 있다. 이처럼 버섯의 중금속 흡수율이 높은 이유 중의 하나는 내재성 물질 중 metallothioneins처럼 thiol기를 가진 특이 단백질에 의한 것으로 이를 이용한 환경정화 연구 또한 활발히 진행되고 있다[2]. 한편, 영지버섯 등이 중금속의 체내흡수를 억제하는 효과가 있다는 보고 또한 있다[3].

국내에 자생하는 버섯류는 약 1,500여 종으로, 이 중 식용 가능한 버섯은 350여 종인 것으로 알려져 있지만, 대부분은 야생버섯이고 상업적으로 재배되는 버섯은 30여종에 불과하다. '09년 기준으로 버섯 생산액은 약 7,500억원이며 재배시설 자동화와 규모확대로 연간 버섯생산량은 지속적으로 증가하여 1인 소비량은 '95년에 0.98 kg/명에서 '00년에 2.62 kg/명, '05년에 4.19 kg/명, '09년에 3.59 kg/명으로 증가하였다[4]. 국내에서 가장 많이 생산되고 있는 버섯은 느타리버섯이며, 일반인들은 송이버섯과로 잘못 알고 있는 느타리과인 새송이버섯은 꾸준히 생산량이 증가하여 느타리버섯과 유사한 수준에 이르렀다. 그 다음으로 팽이버섯, 표고버섯, 양송이버섯 순으로 생산량이 많다. 한편, 표고버섯의 생산량은 생물과 건조물의 합계로 조사되고 있기에 생물 기준으로 환산할 경우 느타리버섯 생산량과 비슷할 정도이다[5,6]. 버섯은 상업적 쓰임새와 인간에게 유익한 정도에 따라 식용버섯, 약용버섯, 독버섯으로 분류가 가능하다. 식용은 느타리처럼 재배 가능한 종류와 송이, 능이버섯처럼 재배가 어려워 자연채취하는 종류로 구분할 수 있으며, 약용은 면역증진 등을 위한 기능성 성분

*Correspondence to: Meehye Kim, Food Contaminants Division, Food Safety Evaluation Department, Korea Food and Drug Administration, Cheongwon 363-951, Korea
Tel: 82-43-719-4251, Fax: 82-43-719-4250
E-mail: meehkim@korea.kr

을 지닌 버섯으로 영지, 상황, 차가버섯 등이 있다[4]. 현재, 식품으로서의 버섯에 대한 중금속 기준은 없으나 한약재로써의 버섯에 대한 기준은 설정되어 있다. 하지만, 그 동안 약용버섯으로 알려져 섭취해 오던 버섯들도 최근들어 식품으로써 섭취하고 있는 사례가 늘고 있어 식용과 약용 버섯의 구분이 모호해 지고 있다.

따라서, 본 연구에서는 국내 유통 중인 버섯류에 대한 비소 및 수은 함량 실태조사를 통해 버섯 섭취로 인한 중금속 노출수준을 확인하여 이에 대한 안전성을 검토해 보고자 하였다.

재료 및 방법

실험 재료

버섯류의 조사대상을 선정하기 위해 우리 국민이 섭취하는 대표식품을 살펴볼 수 있는 국민건강영양조사[7]와 식품공전 그리고 버섯류 생산량을 확인할 수 있는 특용작물생산실적[5], 임산물생산조사[6] 등을 참고하였으며 생산・유통량, 식품섭취량 등을 고려하여 조사대상 버섯을 선정하였다. 전국을 대상으로 검체수거가 이루어졌으며, 서울 및 5개 광역시 (인천, 부산, 광주, 대구, 대전)와 충북 (청주), 전북 (전주), 강원 (원주, 춘천) 지역으로 구분하여 전체 10개 지역에 소재하고 있는 재래시장, 대형할인마트, 백화점, 유기농 농산물판매점 등에서 버섯 17품목 536건을 수거하였다.

시약 및 초자

본 연구에 사용한 모든 시약은 특급시약을 구입하여 사용하였고, 증류수는 Milli-Q ultrapure water purification system (Millipore Co., MA)에 의해 18.2 MΩ 수준으로 정제된 증류수를 사용하였다. 중금속 표준원액은 원자흡광 분석용인 Multi-Element Calibration Standrad 3 (PerkinElmer, CT) 10 mg/kg 제품을 사용하였으며, 매 분석 시 working solution 1000, 100 μg/kg을 만들어 사용하였다. Working solution 제조 시 0.5% 질산과 증류수를 사용하였다. 시료의 산분해를 위해 사용한 nitric acid (purity 70%, Dong Woo Fine Chem. Co. Ltd., Iksan)과 hydrogen peroxide (purity 30%, Dong Woo Fine Chem. Co. Ltd., Iksan)는 electronic grade를 구입하여 사용하였다. 회수율 등을 확인하기 위한 인증표준물질, CRM (Certified Reference Materials)로는 National Institute of Standard and Technology (NIST, USA)의 시금치 분말(NIST 1570a)를 구입하여 사용하였다. 시료 전처리시 사용한 시험용기는 10% 질산에 24시간 침지한 후 3차 증류수로 씻어 건조한 다음 사용하였다.

버섯의 수분함량 측정

시료 중 수분 측정은 식품공전의 상압가열건조법에 따라 수행하였다. 시료(3~5 g)을 항량된 도가니에 정밀히 달아 건조기에 넣고 105°C(± 1°C)에서 3~5시간 건조한 후 데시케이터에 식힌 후 무게를 달았다. 다시 도가니를 1~2시간 건조하여 항량이 될 때까지 같은 조작을 반복하였다.

버섯 중 비소 및 수은 함량 분석

건조된 버섯류의 경우, 채취한 시료 1 kg을 분쇄기(Food processor HR7625, Philips, China)를 이용해 균질화 후 분석용 시료로 사용하였다. 생 버섯류는 표면에 묻은 흙 등 이물질을 제거하고 개체 당 부피가 작은 경우 개체 전체 1 kg을, 부피가 큰 경우 4분법을 통해 500 g 이상을 취한 후 마쇄기를 이용하여 균질화 시켜 시료를 준비하였다. 균질화된 시료는 각각 PE pack에 담아 분석 시까지 냉동 보관하였다. 시료 (건조 0.5 g 또는 생물 2 g)을 시험용기에 취한 후 70% 질산 7 mL을 첨가여 1시간동안 예비분해시킨 후 30% 과산화수소 1 mL를 첨가하고 microwave 장치 (ETHOS, Milestone, Italy)로 전처리하였다(Table 1). 분해를 마친 후 분해액은 Heat Block 장비(ED16, LabTech, MA)를 이용하여 120°C에서 4시간 동안 휘발시켰다. 휘발시킨 후 0.5% 질산으로 건조물의 경우 20 g, 생물의 경우 40 g으로 맞추어 시험용액으로 사용하였으며, ICP-MS (ELAN 6100 DRC II, PerkinElmer, CT)를 이용하여 중금속 함량을 측정하였다. 수은 분석은 균질화된 시료(0.05 g)을 수은분석기용 boat에 칭량한 후, 수은 자동분석기(Hydra-C, Teledyne Leeman Labs, NH)로 분석하였다. 시료 칭량시 시료가 boat

Table 1. Operating condition of microwave instrument

Step	Time (min)	Power (Watt)	Temp (°C)
1	0:07:00	1000	100
2	0:07:00	1000	200
3	0:08:00	1000	200

* Ventilation 10 min

Table 2. Instrument condition of ICP/MS and mercury anlayzer

Instrument	RF power	1500 W
ICP/MS	Nebulizer	1.0 L/min
	Auxillary	1.5 L/min
	Plasma	19 L/min
	Lens voltage	9 V
	Ion monitored (m/z)	As 75
Mercury analyzer	Oxygen flow	350 mL/min
	Drying Temp.	300°C
	Drying Time	70 sec
	Decomp. Temp.	800°C
	Decomp. Time	120 sec
	Catalyst, Temp.	600°C
	Catalyst, Time	60 sec
	Amalgam., Temp.	600°C
	Amalgam., Time	30 sec
	Detector, Integration	100 sec

외벽에 묻지 않도록 주의하였다(Table 2).

분석법 검증

검출한계(LOD, Limit of Detection)와 정량한계(LOQ, Limit of Quantitation)는 3σ, 10σ 수준에서 결정하였다. 회수율 실험은 공시료에 중금속 표준용액을 첨가하는 방식과 인증표준물질을 이용한 방법으로 진행하였다. 중금속 표준용액 첨가법의 fortification level은 20 μg/kg (Low level), 200 μg/kg (High level) 두 수준으로 3반복 실시하였다. 인증표준물질(CRM)은 시금치 분말(NIST 1570a)을 사용하였다. 중금속별 인증값은 비소 0.068 ± 0.012 mg/kg, 수은 0.030 ± 0.003 mg/kg이었다.

버섯류 섭취로 인한 중금속 위해성 평가

본 연구에서 분석결과가 검출한계 미만(< LOD)인 경우는 모두 ≤ 60%이었기 때문에 불검출 결과는 middle bound (MB, LOD/2)으로 처리하였다[8]. 중금속 위해성평가는 점추정(point estimation) 방식에 따라 수행하였으며, 버섯 종류별 평균 중금속 함량만을 사용하였다. 버섯 섭취량과 체중은 질병관리본부에서 발간한 '국민건강영양조사 4기 2차년도(2008년)' 자료를 활용하였으며[7], 원시자료로부터 통계프로그램인 SAS (ver 9.1.3 Service pack 4, SAS Institute Inc., USA)를 사용하여 버섯별 섭취량을 산출하였다. 본 연구에서 조사한 17품목의 버섯 모두에 대한 섭취량 조사결과가 부재함으로 식품섭취량 조사에서 누락되어 있는 버섯의 경우 유사 버섯의 섭취량 만큼 섭취한다 가정하에 노출평가를 수행하였다. 동충하초, 구름버섯, 차가버섯은 건조버섯이며 약재버섯이므로 상황버섯 섭취량으로 가정하였다. 노루궁뎅이, 만가닥, 아위버섯은 건조버섯 뿐 아니라 생버섯으로 유통되므로 유사한 싸리버섯 섭취량으로 가정하였다. 식이를 통한 중금속 노출량으로부터 Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA)에서 제시한 잠정주간섭취한계량(PTWI, Provisional Tolerable Weekly Intake) 또는 WHO의 일일 최대섭취한계량(MADL, Maximum Allowable Daily Body Load) 대비 위해도(%)를 산출하여 노출수준의 위해정도를 확인하였다. 총비소 및 총수은의 섭취한계량은 각각 50 μg/kg b.w./day, 4 μg/kg b.w./week이다.

결과 및 고찰

분석법 검증

중금속별 검출한계와 정량한계는 Table 3과 같다. 비소와 수은은 각각 ICP-MS와 수은자동분석기를 이용하여 분석하였으며, 검량선은 각각 0.1~25 μg/kg, 0.1~30 ng 사이의 농도에서 작성되었고 R^2값이 0.9999 이상으로 나타나 우수한 직선성을 보여주었다. 표준용액 첨가법에 따른 회수율 결과는 비소 89~108%, 수은 101~111% 이었다. 인증표준물질인 시금치 분말(NIST 1570a)를 이용하여 회수율을 측정한 결과, 비소 90.9 ± 6.3%, 수은 118.6 ± 1.2% 이었으며 반복 측정에 따른 C.V.(%)는 10% 미만이었다(Fig. 1).

Table 3. LOD and LOQ of arsenic and mercury analysis

Metal	Food	LOD (μg/kg)	LOQ (μg/kg)
As	Dried	1.38	4.60
	Wet	0.69	2.30
Hg	Dried	0.005	0.02
	Wet	0.005	0.02

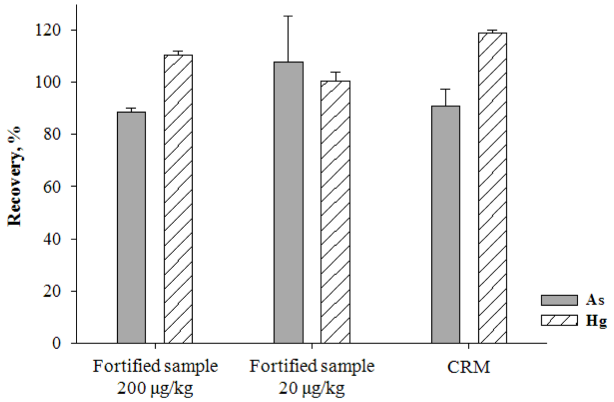

Fig. 1. Recovery test for arsenic and mercury analysis.

버섯의 수분 함량

버섯 중 생물의 경우 대체로 수분함량이 90% 내외였으며 건조물의 경우 평균 13.8% (9.5~17.0%)이었다. 본 연구에서 측정된 수분함량은 농촌진흥청 농업과학기술원 농촌자원개발연구소에서 발간한 버섯류 수분함량 결과와 유사하였다[9]. 본 연구에서 건조 버섯의 중금속 함량을 생물의 중금속 함량으로 환산할 경우, 농촌진흥청에서 발간한 수분함량이 존재할 경우 이에 준하여 환산하였다. 다만, 농촌진흥청 발간자료에 수분함량 자료가 없는 노루궁뎅이 버섯의 경우 본 연구에서 측정된 생물버섯의 평균 수분함량을 이용하여 환산하였다.

버섯류 중 비소 함량

생물상태 버섯류의 비소 평균함량은 0.003(새송이)~0.089(양송이) mg/kg으로 송이버섯(1.952 mg/kg)을 제외하고 평균 0.1 mg/kg보다 낮은 수준이었다(Table 4). 송이버섯의 비소 최대함량은 15.4 mg/kg으로 수입산이었으나, 이를 제외한 나머지는 국산으로 평균 0.036 mg/kg이었다. 유통 중인 송이버섯의 구입은 타 버섯에 비해 용이하지 않아 검사건수가 작지만 국내산은 타 버섯류의 비소함량과 유사함으로 보아 국내산과 수입산의 함량차이가 큰 것으로 사료된다. 2004년 식약청 보고서에 따르면[10], 비소 평균 함

Table 4. Arsenic and mercury concentration in mushrooms, raw

Mushroom	N	Concentration (mg/kg)	
		As	Hg
Oyster	74	0.022 (0.002~0.152)	0.002 (3.9×10^{-4}~0.010)
King oyster	69	0.003 (n.d.[1)]~0.022)	0.001 (2.4×10^{-4}~0.003)
Button	54	0.089 (0.002~0.236)	0.025 (0.001~0.134)
Enoki	71	0.015 (0.006~0.039)	0.004 (0.001~0.023)
Shiitake	39	0.030 (0.006~0.083)	0.007 (0.001~0.023)
Tree ear	7	0.011 (0.005~0.036)	0.002 (0.001~0.005)
Matsutake	8	1.952 (0.008~15.368)	0.030 (0.003~0.216)
Hericium erinaciium	4	0.011 (0.001~0.018)	0.008 (0.001~0.014)
Beech mushroom	19	0.017 (0.005~0.064)	0.002 (0.001~0.005)
Pleurotus feulae	9	0.004 (0.003~0.008)	0.002 (0.001~0.007)

[1)]n.d., not detect

Table 5. Arsenic and mercury concentration in mushrooms, dried

Mushroom	N		Concentration (mg/kg)	
			As	Hg
Oyster	2		0.044 (0.009~0.079)	0.004 (0.002~0.006)
		Convert[1)]	0.005 (0.001~0.008)	4.0×10^{-4} (2.1×10^{-4}~0.001)
King oyster	3		0.033 (0.010~0.064)	0.008 (0.003~0.014)
		Convert	0.005 (0.001~0.009)	0.001 (4.4×10^{-4}~0.002)
Shiitake	52		0.125 (0.037~0.395)	0.027 (0.005~0.088)
		Convert	0.013 (0.004~0.041)	0.003 (4.9×10^{-4}~0.009)
Tree ear	29		0.168 (0.028~0.365)	0.023 (0.008~0.061)
		Convert	0.012 (0.002~0.027)	0.002 (0.001~0.005)
Matsutake	4		16.947 (2.203~24.582)	0.588 (0.398~0.852)
		Convert	2.556 (0.317~4.064)	0.086 (0.066~0.121)
Sanghwang	18		0.052 (0.012~0.212)	0.029 (0.012~0.070)
Lingshi	19		0.044 (0.018~0.086)	0.026 (0.009~0.056)
Agaricus blazei Muill	5		1.607 (0.438~3.293)	0.140 (0.035~0.310)
Vegetable worms	10		0.492 (0.073~0.896)	0.007 (0.005~0.010)
Turkey tail	10		0.296 (0.081~1.020)	0.023 (0.014~0.054)
Hericium erinaciium	6		0.105 (0.019~0.367)	0.020 (0.005~0.039)
		Convert	0.014 (0.002~0.048)	0.003 (0.001~0.005)
Beech mushroom	3		0.073 (0.042~0.098)	0.021 (0.015~0.025)
		Convert	0.010 (0.006~0.014)	0.003 (0.002~0.003)
Fuscoporia obliqua	10		0.015 (n.d.[2)]~0.040)	0.013 (0.005~0.020)
Manna lichen	11		1.689 (1.143~2.017)	0.201 (0.094~0.695)

[1)]Convertion of As and Hg content of mushroom, dried into that of mushroom, raw
[2)]n.d, not detect

량이 느타리 0.008 mg/kg, 새송이 < 0.001 mg/kg, 양송이 0.051 mg/kg, 팽이 < 0.001 mg/kg, 표고 0.004 mg/kg, 송이 2.983 mg/kg이었으며, Cocci *et al.*[11)]에 따르면, 양송이버섯의 비소 함량이 평균 0.21 mg/kg이었다. 따라서 국내 유통중인 생 버섯류의 비소 함량은 타 문헌과 유사한 수준이었다. 건조 버섯의 경우, 송이 건조, 신령, 석이버섯을 제외하고는 모두 평균 0.5 mg/kg미만이었다. 송이 건조, 신령, 석이버섯의 평균 비소 함량은 16.9, 1.6, 1.7 mg/kg이었으며 최대함량은 송이 건조에서 24.6 mg/kg이었다. 건조 버섯 중 느타리, 새송이, 표고 등의 비소 함량을 생물기준으로 수분보정 환산할 경우 약 4~14배 가량 비소 함량이 감소되었다(Table 5). 송이 건조의 경우 4건 중 3건이 수입산으로 모두 10 mg/kg을 초과하였고, 수분함량을 보정할 경우 2 mg/kg을 초과하였다. 이는 생물상태의 송이버섯 결과처럼 원산지에 따른 함량차이가 크다 판단된다. *Agaricus* 계통인 신령버섯(*Agaricus blazei Muill*)은 벚짚, 밀짚 그리고 사탕수수박 등 화본과 재료를 이용한 배지에서 인공재배되며 우리나라에서는 벚짚을 주로 이용하고 있다. 재배

특성상 타 농산물에 비해 벼에서 비소함량이 높기 때문에 재배배지 재료에 의해 다소 높은 비소함량을 보인 것으로 보이며, 양송이 버섯 등도 이처럼 볏짚 등을 이용한 배지에서 재배되기 때문에 신령버섯의 비소 함량이 높은 것은 종 특이성에 의한 것으로 판단된다. 상황, 영지, 동충하초, 구름, 차가버섯의 비소 평균함량은 0.015~0.492 mg/kg이었다. 2004년 식약청 보고서에 따르면[10], 비소 평균 함량이 목이 0.062 mg/kg, 상황 0.197 mg/kg, 영지 0.074 mg/kg, 신령 1.254 mg/kg, 동충하초 0.193 mg/kg, 구름 0.276 mg/kg, 석이 2.057 mg/kg이었다. 여러 문헌에서 비소 함량은 느타리 건조에서 0.00~1.39 mg/kg[12~14], 양송이 건조 0.00~0.76 mg/kg[12~14], 표고버섯 건조 0.32 mg/kg[12], 송이 건조에서 0.28 mg/kg[12], 영지버섯 0.01~0.44 mg/kg[15] 이었다. 따라서, 국내 유통 중인 건조 버섯류의 비소 함량은 타 문헌과 유사하거나 낮은 수준이었지만 송이 건조의 경우 높은 수준이었다.

버섯류 중 수은 함량

생물상태 버섯의 수은 함량은 0.001(새송이)~0.030(송이) mg/kg이었고, 수은 최대 함량은 송이버섯에서 0.216 mg/kg이었으며 수입산이었다(Table 4). 송이버섯 1건을 제외한 평균 함량은 0.004 mg/kg으로 다른 버섯류의 수은 함량과 유사한 수준이었다. 2004년 식약청 보고서에 따르면[10], 수은 평균 함량이 느타리 0.004 mg/kg, 새송이 0.002 mg/kg, 양송이 0.013 mg/kg, 팽이 0.002 mg/kg, 표고 0.014 mg/kg, 송이 0.063 mg/kg이었으며, Cocci *et al.*[11]에 따르면, 양송이버섯의 수은 함량이 평균 3.94 mg/kg이었다. 따라서 국내 유통 중인 생 버섯류의 수은 함량은 타 문헌보다 유사하거나 낮은 수준이었다. 건조 버섯의 수은 평균함량은 송이 건조, 신령, 석이버섯을 제외하고는 모두 0.05 mg/kg미만이었다(Table 5). 송이 건조, 신령, 석이버섯의 평균 수은 함량은 0.588, 0.140, 0.201 mg/kg이었으며 최대함량은 송이 건조에서 0.852 mg/kg이었다. 상황, 영지, 동충하초, 구름, 차가버섯의 수은 평균함량은 0.007~0.029 mg/kg이었으며, 모두 0.1 mg/kg 미만이었다. 2004년 식약청 보고서에 따르면[10], 수은 평균 함량이 목이 0.015 mg/kg, 상황 0.050 mg/kg, 영지 0.029 mg/kg, 신령 0.311 mg/kg, 동충하초 0.065 mg/kg, 구름 0.015 mg/kg, 석이 0.119 mg/kg이었다. 여러 문헌에서 수은 함량은 느타리 건조에서 0.08~45.30 mg/kg[12~13,16~21], 목이 78.90 mg/kg[18], 새송이 건조에서 82.00 mg/kg[18], 양송이 건조 0.03~0.60 mg/kg[12~13,16~17,19~20], 표고버섯 건조 0.05 mg/kg[12], 송이 건조에서 0.67 mg/kg[12], 영지버섯 0.01~0.42 mg/kg[15], 노루궁뎅이 4.40 mg/kg[18] 이었다. 따라서, 국내 유통 중인 건조 버섯류의 수은 함량은 타 문헌과 유사하거나 낮은 수준이었다.

버섯류 섭취에 따른 비소 노출량 및 위해도

17개 버섯류를 건조 또는 생물로 구분하여 19개 품목의 버섯류 섭취로 인한 비소 노출평가를 수행하였다. 노출평가 결과, 송이버섯의 경우 0.037 μg As/day로 가장 높았고

Table 6. Daily dietary exposure and risk for arsenic and mercury by mushroom intake

Mushrooms	Food intake (g/day)	Daily intake (μg/day)		% PTWI	
		As	Hg	As	Hg
Oyster	1.5	0.034	0.003	0.001	0.009
King oyster	0.5	0.001	0.001	4.8×10^{-5}	0.002
Button	0.4	0.034	0.009	0.001	0.030
Enoki	0.4	0.006	0.002	2.2×10^{-4}	0.005
Shiitake	0.7	0.021	0.005	0.001	0.015
Shiitake, dried	0.05	0.006	0.001	2.1×10^{-4}	0.004
Tree ear	0.01	6.0×10^{-5}	8.5×10^{-6}	2.2×10^{-6}	2.7×10^{-5}
Tree ear, dried	0.02	0.003	3.8×10^{-4}	1.0×10^{-4}	0.001
Matsutake	0.02	0.037	0.001	0.001	0.002
Sanghwang	0.004	1.8×10^{-4}	1.0×10^{-4}	6.6×10^{-6}	3.2×10^{-4}
Lingshi	0.004	1.6×10^{-4}	9.1×10^{-5}	5.7×10^{-6}	2.9×10^{-4}
Agaricus blazei Muill	0.004	0.006	4.9×10^{-4}	2.0×10^{-4}	0.002
Vegetable worms	0.004	0.002	2.5×10^{-5}	6.3×10^{-5}	8.1×10^{-5}
Turkey tail	0.004	0.001	7.9×10^{-5}	3.8×10^{-5}	2.5×10^{-4}
Hericium erinaciium	0.002	1.7×10^{-5}	1.2×10^{-5}	6.1×10^{-7}	3.8×10^{-5}
Beech mushroom	0.002	2.5×10^{-5}	3.7×10^{-6}	9.2×10^{-7}	1.2×10^{-5}
Pleurotus ferulae	0.002	6.6×10^{-6}	3.3×10^{-6}	2.4×10^{-7}	1.1×10^{-5}
Fuscoporia obliqua	0.004	5.3×10^{-5}	4.5×10^{-5}	1.9×10^{-6}	1.4×10^{-4}
Manna lichen	0.0004	0.001	8.0×10^{-5}	2.5×10^{-5}	2.6×10^{-4}
Sum	-	0.151	0.022	0.005	0.071

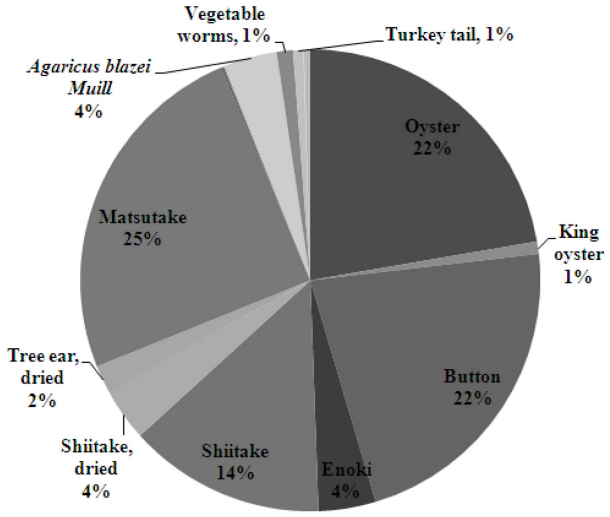

Fig. 2. Contribution ratio of dietary exposure to arsenic by mushroom intake.

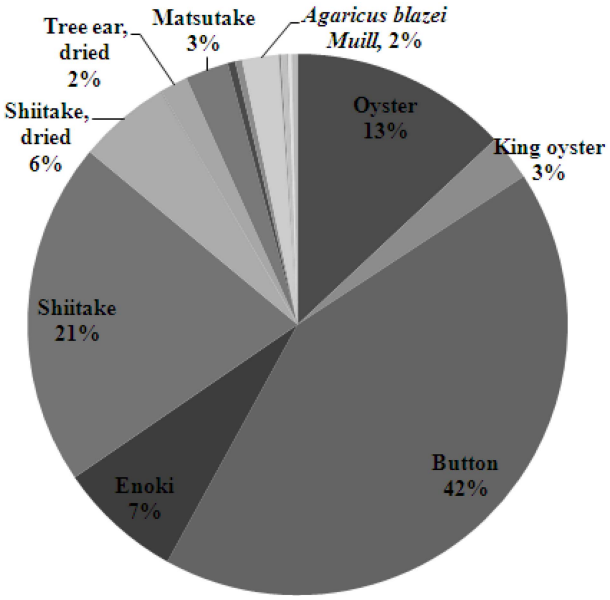

Fig. 3. Contribution ratio of dietary exposure to mercury by mushroom intake.

그 다음으로 느타리버섯와 양송이버섯에서 0.034 μg As/day 이었고 표고는 0.021 μg As/day이었다. 비소 함량이 가장 높았던 송이버섯의 경우 전체 인구집단의 평균 일일섭취량이 0.02 g/day로 느타리버섯보다 75배 낮았지만 느타리버섯 섭취로 인한 노출량과 유사한 수준이었다. 요컨대, 전체 버섯류의 섭취로 인한 우리나라 일반국민의 비소 노출량은 0.151 μg As/day이었다(Table 6). 품목별 비소 노출기여율을 살펴보면, 송이버섯 25%, 느타리버섯와 양송이 각각 22%이었으며, 주요버섯인 느타리, 새송이, 양송이, 팽이, 표고버섯이 전체의 63%를 차지하였다(Fig. 2). 위해도는 노출기여율이 높은 송이, 느타리버섯이 위해도 0.001%이었으며 전체 버섯류의 섭취로 인한 비소 위해도는 0.005%로 매우 낮은 수준이었다(Table 6).

버섯류 섭취에 따른 수은 노출량 및 위해도

버섯 섭취로 인한 수은 노출량은 양송이버섯이 0.009 μg Hg/day로 가장 높았고 그 다음으로 표고버섯 0.005 μg Hg/day, 느타리버섯 0.003 μg Hg/day이었다. 전체 버섯류의 섭취로 인한 우리나라 일반국민의 수은 노출량은 0.022 μg Hg/day이었다(Table 6). 품목별 수은 노출기여율을 살펴보면, 양송이버섯 42%, 느타리 및 표고버섯 각각 13%, 21%이었으며, 주요버섯인 느타리, 새송이, 양송이, 팽이, 표고버섯이 전체의 약 86%를 차지하였다(Fig. 3). 노출량에 따른 위해도는 노출기여율이 높은 양송이, 표고버섯이 각각 0.03%, 0.01%이었으며 전체 버섯류의 섭취로 인한 수은 위해도는 0.07%로 매우 낮은 수준이었다(Table 6).

요 약

본 연구에서는 버섯류의 비소 및 수은 함량 실태조사를 통해 우리나라 국민이 식품으로써 버섯을 섭취할 경우의 중금속 위해성을 평가하였다. 국내 유통 버섯류 17개 품목, 536건을 분석하였으며, 비소 함량은 생물버섯의 경우 0.003(새송이)~1.952(송이) mg/kg이었고 건조버섯은 0.015(차가)~16.95(송이) mg/kg이었다. 수은 함량은 생물버섯의 경우 0.001(새송이)~0.030(송이) mg/kg이었고 건조버섯은 0.004(느타리)~0.588(송이) mg/kg이었다. 국내 유통 버섯류의 중금속 함량은 타 문헌과 유사하거나 낮은 수준이었다. 식품으로써 버섯을 섭취할 경우, 전체국민의 비소 노출량은 0.151 μg/day으로 위해도는 0.005% 수준이었으며, 수은 노출량은 0.022 μg/day으로 위해도는 0.071% 수준이었다. 따라서, 우리나라 국민은 국내 유통되는 버섯에 존재하는 비소 및 수은의 위해성으로부터 안전한 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 2011년도 식품의약품안전청의 연구개발비(11161KFDA037)로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Turkekul, I., Elmastas, M. and Tuzen, M.: Determination of iron, copper, manganaese, zinc, lead, and cadmium in mushroom samples from Tokat, Turkey. *Food Chem*., **84**, 389-392 (2004).
2. Blanusa, M., Kucak, A., Varnai, V.M. and Saric M.M.: Uptake of cadmium, copper, iron, manganes, and zinc in mushrooms(*Boletaceae*) from Croatian forest soil. *J. AOAC Int*., **84**, 1964-1971 (2001).

3. Choi, S.I., Hwang, J.B., Kwon, J.H. and Kim, H.K.: Suppressing effect of medicinal plants on the intestinal absorption of heavy metals. *Korea J. Food Sci. Technol*., **30**, 456-460 (1998).
4. Ryu, Y.B., Jang, G.Y., Lee, C.J., Shin, P.G., Sung, G.H. and Noh, H.J.: Chronology of mushrooms. *In RDA Interrobang*, No 19. Rural Development Administration (2011).
5. MIFAFF: 2009 Production yield of special crop. Vegetable and Sepecial Crops Division, Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries, Seoul, Korea (2010).
6. KFS: 2009 Production of forest products. Korea Forest Service, Seoul, Korea (2010).
7. Korea Centers for Disease Control & Prevention: Korea Health Statistics 2008, Korea National Health and Nutrition Examination Survey. Ministry of Health and Welfare, Seoul, Korea (2008).
8. GEMS/Food-Euro: Report on a Workshop in the Frame of GEMS/Food-EURO. *In Second workshop on reliable evaluation of low-level contamination of food*, March 26-27, Kulmbach. Federal Republic of Germany (1995).
9. RDA: VII Mushrooms. *In Food composition table*, 7th revision. National Rural Resource Development Institute, Rural Development Administration (2006).
10. Kim, H.Y., Sho, Y.S., Chung, S.Y., Lee, E.J., Suh, J.H., Lee, Y.D., Park, S.S., Choi, W.J., You, Y.S., Chang, H.Y. and Lee, C.W.: The study on the concentration of heavy metals in mushrooms. *The annual report of KFDA* (2004).
11. Cocchi, L., Vescovi, L., Petrini, L.E. and Petrini, O.: Heavy metals in edible mushrooms in Italy. *Food Chem*., **98**, 277-284 (2006).
12. Ahn, J.S. and Lee, K.H.: A study on the mineral contents in edible mushrooms produced in Korea. *Kor. J. Food Hygiene*., **1**, 177-179 (1986).
13. Demirbas, A.: Accumulation of heavy metals in some edible mushrooms from Turkey. *Food Chem*., **68**, 415-419 (2000).
14. Vetter, J.: Mineral elements in the important cultivated mushrooms *Agaricus bisporus* and *Pleurotus ostreatus*. *Food Chem*., **50**, 277-279 (1994).
15. Ha, Y.D. and Lee, I.S.: Investigation of heavy metal contents in *Ganoderma licidum* (Fr.) *Karst*. *J. Korean Soc. Food Nutr*., **19**, 187-193 (1990).
16. Das, N.: Heavy metals biosorption by mushrooms. *Nat. Prod. Radi*., **4**, 454-459 (2005).
17. Melgar, M.J., Alonso, J. and Garcia, M.A.: Mercury in edible mushrooms and underlying soil: Bioconcentration factors and toxicological risk. *Sci. Total Environ*., **407**, 5328-5334 (2009).
18. Michelot, D., Siobud, E., Dore, J.C., Viel, C. and Poirier, F.: Update on metal content profiles in mushrooms-Toxicological implications and tentative approach to the mechanisms of bioaccumulation. *Toxicon*., **36**, 1997-2012 (1998).
19. Rop, O., Kramarova, D., Jurikova, T., Hoza, I., Mlcek, J. and Valasek, P.: Occurrence of mercury in wild mushrooms. *Acta fytotech. et zootech.*, 580-586 (2009).
20. Sesli, E. and Tuzen, M.: Levels of trace elements in the fruiting bodies of macro fungi growing in the East Black Sea region of Turkey. *Food Chem.*, **65**, 453-460 (1999).
21. Tuzen, M., Ozdemir, M. and Demirbas, A.: Study of heavy metals in some cultivated and uncultivated mushrooms of turkish origin. *Food Chem*., **63**, 247-251 (1998).