

## 유통 식약공용농산물 중 비의도적 유해물질 오염도 조사

서미영\* · 김명길 · 김재관 · 장미경 · 이유나 · 구은정 · 박광희 · 윤미혜

경기도보건환경연구원 첨가물분석팀

## Investigation of Unintentionally Hazardous Substance in Commercial Herbs for Food and Medicine

Mi-Young Seo\*, Myung-Gil Kim, Jae-Kwan Kim, Mi-Kyung Jang, Yu-Na Lee,  
Eun-Jung Ku, Kwang-Hee Park, and Mi-Hye Yoon

Gyeonggi-Do Institute of Public Health and Environment, Food Additives Analysis Team, Suwon, Korea  
(Received July 9, 2018/Revised August 16, 2018/Accepted November 7, 2018)

**ABSTRACT** - This study was performed to investigate the contamination levels of heavy metals (such as lead, cadmium, arsenic and mercury) and aflatoxin (such as B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub> and G<sub>2</sub>) in commercial herbs for food and medicine. The concentrations of the heavy metals were measured by the ICP-MS and a mercury analyzer. The aflatoxins were analyzed by a HPLC-florescence coupled with photochemical derivatization. The detection ranges of the lead, cadmium, arsenic and mercury were found to be 0.006~4.088 mg/kg, 0.002~2.150 mg/kg, ND~0.610 mg/kg and ND~0.0139 mg/kg respectively. Among the total samples, the 3 samples (2.6%) were not suitable for the specification of cadmium by the MFDS (Ministry of Food and Drug Safety). The 13 samples of the total 117 samples were aflatoxin positive (11.1%). The amount of aflatoxin G<sub>1</sub> was 0.7834 µg/kg in the Puerariae Radix and aflatoxin G<sub>2</sub> were 0.3517 µg/kg, 0.4881 µg/kg in two samples of the Glycyrrhizae Radix et Rhizoma, respectively. The aflatoxins B<sub>2</sub> and G<sub>1</sub> were simultaneously detected in the 10 Angelicae Gigantis Radix. The detection ranges of aflatoxins B<sub>2</sub> and G<sub>1</sub> were 0.2324~1.0358 µg/kg and 0.7552~1.6545 µg/kg respectively in Angelicae Gigantis Radix. The results of the current study suggest that continuous monitoring is needed for the proactive management of commercial herbs for food and medicine safety.

**Key words** : Commercial herbs for food and medicine, Heavy metal, Aflatoxin

건강에 대한 관심 증대로 건강기능성 소재나 제품에 대한 수요가 많아지면서 천연자원으로부터 새로운 기능성 소재를 발굴하려는 연구가 활발해졌고, 건강기능식품 제조 등에 생약 및 한약재의 사용이 지속적으로 증가하고 있다<sup>1,2)</sup>. 생약은 식품, 동물, 광물의 천연산물을 그대로 또는 가공하여 질병 치료에 사용하고 있으며, 건강기능식품의 원료로 이용되기도 한다. 이들 생약으로 가공된 건강기능식품은 세계적으로 인기가 높아 기하급수적으로 판매되고 있고, 우리나라 소비자의 한약에 대한 인식 또한 매우 긍정적이다<sup>3,4)</sup>.

소비자가 한약재를 구입·복용하는 경로는 한방의료기

관을 통해 처방을 받아 규격품 한약을 구입하거나 시장이나 건강원/탕제원 등을 통해 비규격품 한약을 구입하는 경우, 그 외 건강 기능성 식품이나 일반 식품의 형태로 한약재를 복용하게 된다<sup>5)</sup>. 다양한 분야에서 사용되고 있는 약용작물은 규격품 한약재로 사용될 경우 약사법에 의한 「대한민국약전」 및 「대한민국약전외한약(생약) 규격집」에 따라 품질관리 되고 있으며, 비규격품 한약재는 식약공용농산물 또는 식약공용한약재라는 명칭으로 식품위생법에 의한 「식품공전」에 따라 품질관리 되고 있다.

규격품 한약재의 경우 「대한민국약전」 및 「대한민국약전외한약(생약) 규격집」에 설정된 기준규격 외에 2008년 감초 등 9품목에 대하여 곰팡이독소 허용기준이 신설되었고, 그 이후 2009년 팔루인 등 10품목 추가, 2012년 백강잠을 추가하여 현재 20품목에 대해 곰팡이독소 기준을 적용하여 품질관리 하고 있으며, 비규격품 한약재인 식약공용농산물은 「식품공전」 식품의 기준 및 규격에 설정

\*Correspondence to: Mi-young Seo, Food Additives Analysis Team, Gyeonggi-Do Institute of Health and Environment, Suwon 16205, Korea

Tel: 82-31-250-2547, Fax: 82-31-888-0437

E-mail: myseo80@gg.go.kr

된 115종(식품공전 별표 1 및 2)에 대한 납, 비소 등 개별 중금속 허용기준을 「대한민국약전」 또는 「대한민국약전 외한약(생약) 규격집」에 따르도록 명시하였고, 곰팡이독소 기준은 육두구만 설정되어 있다<sup>6)</sup>. 이와 같이 동일 품목이 사용 목적에 따라 각각 다른 법령이 적용되고 있어 한약재 공급자뿐 아니라 소비자들에게 혼란을 주게 되고 엄격한 약사법을 피해 농산물인 식약공용농산물이 의약품용으로 유통되는 사례가 발생하고 있어 한약재 전반의 안전에 대한 소비자의 불신과 우려를 높이고 있는 실정이다<sup>7)</sup>.

급속한 산업화와 공업화로 인한 매연, 폐수 등의 유출로 환경이 오염되었고, 토양이 산성화되면서 중금속의 용해도를 증가시켜 토양 중 중금속의 오염 가능성을 높이고 있으며<sup>8)</sup> 토양 내에 유입된 중금속은 자연적으로 쉽게 제거되지 않아 1차적으로 한약재에 축적되고, 생육장해를 일으켜 수확량을 감소시키며, 최종적으로 동물이나 사람이 한약재를 섭취함으로써 체내에 축적되어 건강장해를 유발시킨다<sup>9)</sup>.

한약재의 안전성에 문제를 일으키는 중금속은 인체의 기능을 장해시킬 수도 있는 수은, 카드뮴, 크롬, 납 등의 유독금속과 발암성 및 돌연변이성의 측면에서 유전자에 영향을 미치는 카드뮴, 망간, 크롬 등의 유전독성금속으로 구분되어지며<sup>10-12)</sup> 특히 납, 카드뮴, 비소, 수은 등은 생물에서 필요성이 밝혀져 있지 않고 유해할 뿐이며 자체 독성뿐 아니라 축적성도 있어서 미량일지라도 장기간 섭취하는 경우 체내에 축적량이 문제되고 있다<sup>13)</sup>.

곰팡이독소(Mycotoxin)는 자연계에 존재하는 곰팡이 이차대사체 산물 중 인체 및 동물에 유해한 작용을 하는 저분자 유기화합물을 일컫는 것으로 곰팡이독소 중 식품 및 그 원료에서 문제가 되는 것은 곰팡이 종류에 따라 크게 *Aspergillus*속(aflatoxin, cyclopiazonic acid, ochratoxin sterigmatocystin 생성) *Penicillium*속(ochratoxin, patulin 생성) 및 *Fusarium*속(deoxynivalenol, fumonisins, zearalenone 생성)으로 구분한다<sup>14)</sup>. 아플라톡신은 *Aspergillus flavus*, *Asp. parasiticus*, *Asp. nomious* 등의 *Aspergillus*속에 의해 생성되는 곰팡이독소이며, 이 중 아플라톡신 B<sub>1</sub>은 발암성, 기형유발, 간장독성 등을 유발하는 가장 강력한 독성물질로 국제 암연구회(IARC, International Agency for Research on Cancer)에서 Group I (carcinogenic to human)으로 분류하고 있다<sup>15,16)</sup>. 아플라톡신 B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub> 및 G<sub>2</sub>도 B<sub>1</sub>과 동일하게 발암물질로서 주의를 필요로 하고, 여러 종류의 곰팡이독소에 교차 오염될 경우 독소의 상승효과를 나타내어 건강의 위해성은 더욱 커지게 된다. 주로 고온(25~30°C) 다습(80~85%)한 열대나 아열대지방에서 잘 생성되고, 수확에서 건조까지 저장기간이 길고 환기가 불충분할수록, 탄수화물 함량이 높은 기질에서 잘 생성되는 것으로 알려져 있다. 따라서 탄수화물과 섬유소가 주성분인 생약은 유통 저장 중 유해 곰팡이 오염 가능성이 높아 아플라톡신을

비롯한 각종 곰팡이독소의 관리가 중요한 문제로 대두되고 있다<sup>17,18)</sup>.

본 연구에서는 유통중인 식약공용농산물에 대해 비의도적으로 오염되는 중금속(납, 카드뮴, 비소, 수은)과 아플라톡신(B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>)의 오염도를 조사하고, 이를 통해 식약공용농산물의 안전한 유통 및 효율적인 품질관리를 위한 기초자료로 활용하고자 한다.

## Materials and Methods

### 시료

농림축산식품부 자료, 2016년 특용작물생산실적 중 식약공용농산물 상위 30품목을 참고하여 2017년 2~10월 경기지역 대형유통매장 및 온라인에서 유통·판매되는 다소비 식약공용농산물 13품목 117건을 구입하였다. Table 1과 같이 분석에 사용된 식약공용농산물은 뿌리(radix)를 사용하는 7품목, 뿌리줄기(rhizoma)를 사용하는 2품목, 열매(fructus)를 사용하는 3품목 그리고 뿌리껍질 및 줄기껍질(cortex)을 사용하는 1품목을 대상으로 중금속(납, 카드뮴, 비소, 수은)과 아플라톡신(B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>)의 오염도를 조사하였다.

### 시약 및 표준용액

분석에 사용된 표준원액은 납, 카드뮴, 비소(ICP Multi-Element Standard Solution, PerkinElmer, New Haven, USA) 그리고 수은(Mercury Standard Solution, PerkinElmer, New Haven, Connecticut, USA)을 사용하였고, 아플라톡신(B<sub>1</sub>,

**Table 1.** List of samples for the monitoring of heavy metals and aflatoxin

Group	Name of samples	Number of samples
Radix	<i>Puerariae Radix</i>	10
Radix	<i>Glycyrrhizae Radix et Rhizoma</i>	10
Fructus	<i>Lycii Fructus</i>	10
Radix	<i>Angelicae Gigantis Radix</i>	10
Radix	<i>Platycodonis Radix</i>	10
Radix	<i>Liriopsis Tuber</i>	10
Radix	<i>Cynanchi Wilfordii Radix</i>	11
Fructus	<i>Corni Fructus</i>	10
Cortex	<i>Acanthopanax Cortex</i>	10
Fructus	<i>Schhisandrae Fructus</i>	10
Radix	<i>Astragali Radix</i>	10
Rhizoma	<i>Attractylodis Rhizoma Alba</i>	3
Rhizoma	<i>Cnidii Rhizoma</i>	3
Total		117

**Table 2.** The operating conditions of ICP-MS

Parameters	Conditions		
RF Power	1600 Watt		
Aux. gas	1.2 L/min as Argon		
Neb. gas	1.02 L/min as Argon		
Pulse stage voltage	900 V		
Mass (m/z)	Pb 207.977	Cd 110.904	As 74.922

**Table 3.** The operating conditions of HPLC-FLD for aflatoxins

Parameters	Conditions
Instrument	Waters UPLC Hclass
Detector	Fluorescence EX: 365 nm / EM: 435 nm
Column	Capcell pak C18 (5 $\mu$ m, 4.5 mm $\times$ 250 mm)
Mobile phase	ACN:MeOH:D.W = 2:3:6
Flow rate	0.7 mL/min
Injection volumn	10 $\mu$ L
Column oven temperature	40°C

B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>)은 Aflatoxin B<sub>1</sub>, Aflatoxin B<sub>2</sub>, Aflatoxin G<sub>1</sub>, Aflatoxin G<sub>2</sub> (Sigma-Aldrich Co., St. Louis, Mo, USA)을 사용하였다. 중금속 분석을 위한 시료 전처리에는 질산 (Wako, Japan) 특급제품을 사용하였고, 아플라톡신 분석에서 추출 및 기기분석의 이동상 조제에 사용한 메탄올과 아세트니트릴은 HPLC grade (Burdick & Jackson, Ulsan, Korea)를 사용하였다. 정제용 칼럼으로는 Afla Test™ (VICAM, Milford, MA, USA) 면역친화칼럼(Immunoaffinity column)을 사용하였다.

#### 시료의 전처리 및 기기분석(납, 카드뮴, 비소)

납, 카드뮴, 비소 분석을 위한 시료전처리는 대한민국약전 일반시험법의 극초단파분해법에 따라 균질화한 시료 0.7 g을 정밀하게 달아 질산 4 mL, 물 1.5 mL을 가한 후 Microwave Digestion System (ULTRAWAVE, Milestone Co., Switzerland)을 이용하여 시료를 분해하였으며, 분해가 끝나면 방냉, 탈기하고 증류수를 가하여 20 mL로 정용한 후 여과하여 시험용액으로 사용하였다. 유도결합 플라즈마 질량분석기(Inductively coupled plasma mass spectrometry, Perkin-Elmer, Norwalk, CT, USA)를 이용하여 분석하였으며 기기분석 조건은 Table 2와 같다.

#### 시료의 전처리 및 기기분석(수은)

수은은 가열기화금아말감법의 원리로 분석하는 수은분석기(MA-3000, Nippon Instruments Co., Tokyo, Japan)를

사용하여 측정하였다. 균질화한 시료 50 mg을 정밀하게 달아 분석하였으며, 180°C에서 120초 시료 건조 후, 80°C에서 120초 분해 및 아말감화를 조건으로 분석하였다.

#### 시료전처리 및 기기분석(아플라톡신(B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>))

검체 500~600 g을 균질화 한 후 5.0 g을 정밀하게 달아 70% 메탄올 100 mL를 넣고 30분간 초음파 추출 후 여과하고 여액에 70% 메탄올을 넣어 정확하게 100 mL로 하고 다시 이 액 10 mL를 정확하게 취하여 물로 80 mL가 되게 희석하여 추출액으로 하였다. 추출액 40 mL를 정확하게 취하여 아플라톡신용 면역친화성칼럼을 통과시키고 물 10 mL을 3 mL/분의 유속으로 2회 통과시켜 나온 유출액은 버린다. 면역친화성칼럼에 5~10 초간 약한 진공을 통과시켜 건조시킨 후 0.5 mL의 메탄올을 넣고 중력에 의해 용출액이 나오도록 한다. 1분간 방치한 다음 0.5 mL의 메탄올을 2회 통과시켜 용출액을 모두 합하여 물로 5 mL이 되도록 정용하고 0.45  $\mu$ m 필터로 여과한 것을 시험용액으로 하였다. 전처리된 시험용액 중의 아플라톡신(B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>)은 HPLC-FLD (High Performance Liquid Chromatography-Fluorescence Detector, Waters, Milford, MA, USA)를 이용하여 정성 및 정량 분석하였다. 기기조건은 Table 3과 같고 HPLC-FLD에 후칼럼 유도체화 장치 PHRED (Aura Industries, New York, NY, USA)를 연결하여 사용하였다.

#### 검출한계 및 정량한계, 회수율

검출한계(Limit of Detection ; LOD)와 정량한계(Limit of Quantitation ; LOQ)는 ICH (International Conference on Harmonization of Technical Requirements for Registration of Pharmaceuticals for Human USA)에서 제시한 산출방법 중 표준편차와 검량선의 기울기에 근거하는 방법에 따라 구하였다.

$$LOD = 3.3 * \sigma/S$$

$$LOQ = 10 * \sigma/S$$

$\delta$  = The standard deviation of response

S = The slope of the calibration curve

납, 카드뮴, 비소 및 수은의 회수율은 한국표준과학연구원에서 구입한 표준인증물질(certified reference material, CRM)로 측정하였다. 아플라톡신(B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>)분석법에 대한 회수율 측정은 검출되지 않은 시료 중 산수유에 아플라톡신(B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>) 표준용액의 최종농도가 G<sub>2</sub>, B<sub>2</sub>는 5.0  $\mu$ g/kg이 되도록 첨가하고 G<sub>1</sub>, B<sub>1</sub>은 1.5  $\mu$ g/kg이 되도록 첨가한 후 시료 전처리 방법과 동일한 시험과정을 거쳐 HPLC-FLD (PHRED)로 정량 분석하였다.

## Results and Discussion

### 검출 및 정량한계, 회수율(납, 카드뮴, 비소, 수은)

중금속(납, 카드뮴, 비소, 수은)의 표준용액을 제조하여 각각의 검량선을 작성, 직선성의 범위를 확인하였으며 그 결과 평균 0.995 이상의 상관계수( $R^2$ )값을 나타내었다. 납, 카드뮴, 비소, 수은의 검출한계는 각각 0.001  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 0.0002  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 0.003  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 0.0012  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 이었고, 납, 카드뮴, 비소 수은의 정량한계는 각각 0.002  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 0.0006  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 0.009  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 0.0041  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 이었다. 중금속 4종의 회수율을 측정 한 결과 납  $113.2 \pm 0.3\%$ , 카드뮴  $98.3 \pm 0.8\%$ , 비소  $98.9 \pm 0.6\%$  그리고 수은  $103.0 \pm 2.8\%$ 로 조사되었다(Table 4).

### 검출 및 정량한계, 회수율(아플라톡신( $B_1$ , $B_2$ , $G_1$ , $G_2$ ))

아플라톡신( $B_1$ ,  $B_2$ ,  $G_1$ ,  $G_2$ )에 대한 검출한계와 정량한계는 표준편차와 검량선의 기울기에 근거하는 방법에 따라 측정하였다. 아플라톡신( $B_1$ ,  $B_2$ ,  $G_1$ ,  $G_2$ )의 검출한계는  $B_1$  0.03  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ,  $B_2$  0.01  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ,  $G_1$  0.17  $\mu\text{g}/\text{kg}$  그리고  $G_2$  0.02  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 이었고 정량한계는  $B_1$  0.09  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ,  $B_2$  0.02  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ,  $G_1$  0.5  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ,  $G_2$  0.06  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 의 결과를 나타내었다(Table 5). 아플라톡신( $B_1$ ,  $B_2$ ,  $G_1$ ,  $G_2$ )의 회수율을 측정한 결과  $B_1$   $88.2 \pm 1.8\%$ ,  $B_2$   $94.2 \pm 1.1\%$ ,  $G_1$   $90.6 \pm 1.6\%$  그리고  $G_2$   $82.5 \pm 1.5\%$ 로 조사되어 식품의약품안전처 곰팡이독소 시험법의 검증 기준인 70~110%에 적합한 것으로 나타났다. 아플라톡신  $G_2$ 의 회수율이  $B_1$ ,  $B_2$ ,  $G_1$ 에 비해 낮게 측정되었는데 이는 아플라톡신  $G_2$ 가 immunoaffinity column의 antibody와 친화력이 상대적으로 낮기 때문이라고 보고된 바 있다<sup>19,20</sup>.

### 식약공용 농산물의 중금속(납, 카드뮴, 비소, 수은) 함량

유통 중인 식약공용농산물 13품목 117건에 대한 납, 카

드뮴, 비소 그리고 수은의 오염도를 조사한 결과는 Table 6과 같다.

납의 함량 분석 결과 117건 모두 납의 기준인 5 mg/kg 이하로 나타났다. 납의 검출량을 살펴보면 백출, 오가피, 갈근, 당귀에서 상대적으로 높게 검출되는 것을 확인할 수 있었다. 카드뮴 함량 분석 결과 전체 117건 중 3건(2.6%)이 기준을 초과하여 검출되었다. 카드뮴 기준을 초과하여 검출된 3건은 갈근 2건이 각각 2.150 mg/kg, 1.822 mg/kg (기준 0.3 mg/kg 이하)이었고 백출이 1.130 mg/kg(기준 0.7 mg/kg 이하)이었다. 13품목 중 백출, 갈근, 당귀, 길경 등 뿌리 및 뿌리줄기 부위를 사용하는 식약공용농산물의 카드뮴 오염도가 비교적 높은 것을 확인할 수 있었다. 비소의 함량 분석 결과 ND~0.610 mg/kg의 검출범위를 나타내어 조사한 시료 모두 식약공용농산물 비소 기준 3 mg/kg 이하의 결과를 보였다. 품목별 비소 함량 비교 결과 당귀가 평균 0.162 mg/kg으로 상대적으로 높게 검출되는 것을 알 수 있었다. 수은의 경우 대부분 검출되지 않았거나 미량으로 검출되었으며, 검출 범위가 ND~0.0139 mg/kg으로 조사되어 수은 기준인 0.2 mg/kg보다 낮은 결과를 나타내었다. 이는 한약재 내 중금속을 분석한 결과 수은보다 납, 비소, 카드뮴 등이 검출되는 경우가 많았다는 기존의 보고<sup>21,22</sup>와 유사한 결과를 보였다.

식약공용농산물의 중금속 오염은 농업활동 중 사용한 살충제 성분과 하수 침전물로 인해 토양이 오염되고, 오염된 토양으로부터 농산물로 이행한 경우와 제조과정에서 품질관리가 되지 않아 우발적으로 오염된 토사 등의 혼입으로 유해중금속에 오염되는 경우가 있다<sup>23,24</sup>. 생산 환경의 영향으로 비의도적으로 오염된 중금속은 미량일지라도 장기간 섭취하는 경우 체내에 축적될 가능성이 높아지며, 납, 비소, 카드뮴, 수은 등의 중금속이 체내에 축적되면 암 등 각종 질병과 호르몬 대사 이상까지 초래하는 것으로 보고되고 있어 이에 대한 규제와 모니터링 등을 통한 안전성의 확보가 필요하다<sup>13,25</sup>.

경기도내 유통중인 식약공용농산물의 중금속(납, 카드뮴, 비소, 수은) 오염도를 분석한 결과 대부분 허용기준 이하로 검출되어 안전한 것으로 나타났으나 일부 시료에서 카드뮴 함량이 기준을 초과하여 검출되었다. 식약공용농산물의 안전성과 품질 확보를 위해서는 수입품의 경우 수입되는 단계에서 검사빈도를 높여 부적합 제품을 선별하고

**Table 4.** Recovery, LOD and LOQ of Heavy metals analyzed

	LOD ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	LOQ ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	Recovery (%) $\pm$ RSD (%)	$R^2$
Pb	0.001	0.002	$113.2 \pm 0.3$	0.995
Cd	0.0002	0.0006	$98.3 \pm 0.8$	0.999
As	0.003	0.009	$98.9 \pm 0.6$	0.999
Hg	0.0012	0.0041	$103.0 \pm 2.8$	0.999

**Table 5.** Recovery, LOD and LOQ of aflatoxins analyzed

	LOD ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	LOQ ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	Measured level ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	Recovery (%) $\pm$ RSD (%)	$R^2$
Aflatoxin $B_1$	0.03	0.09	1.5	$88.2 \pm 1.8$	0.999
Aflatoxin $B_2$	0.01	0.02	5.0	$94.2 \pm 1.1$	1.000
Aflatoxin $G_1$	0.17	0.5	1.5	$90.6 \pm 1.6$	0.999
Aflatoxin $G_2$	0.02	0.06	5.0	$82.5 \pm 1.5$	0.999

**Table 6.** Heavy metal contents in commercial herbal medicines used for food

	Pb	Cd	As	Hg
<i>Puerariae Radix</i>	0.583 ± 0.649 (0.070~2.296)	0.506 ± 0.789 (0.049~2.150)	0.030 ± 0.014 (0.015~0.063)	ND
<i>Glycyrrhizae Radix et Rhizoma</i>	0.076 ± 0.058 (0.030~0.213)	0.013 ± 0.012 (0.002~0.030)	0.035 ± 0.017 (ND~0.055)	0.0065 ± 0.0026 (0.0044~0.0094)
<i>Lycii Fructus</i>	0.047 ± 0.047 (0.006~0.142)	0.071 ± 0.037 (0.018~0.127)	0.033 ± 0.029 (ND~0.083)	0.0065 (ND~0.0065)
<i>Angelicae Gigantis Radix</i>	0.419 ± 0.216 (0.216~0.861)	0.195 ± 0.101 (0.055~0.340)	0.162 ± 0.161 (0.058~0.610)	0.0058 ± 0.0020 (0.0045~0.0097)
<i>Platycodonis Radix</i>	0.259 ± 0.237 (0.072~0.729)	0.157 ± 0.106 (0.035~0.341)	0.025 ± 0.009 (0.009~0.038)	0.0066 ± 0.0033 (0.0043~0.0113)
<i>Liriopsis Tuber</i>	0.109 ± 0.057 (0.036~0.243)	0.117 ± 0.046 (0.057~0.170)	0.054 ± 0.028 (0.021~0.108)	0.0074 ± 0.0033 (0.0041~0.0139)
<i>Cynanchi Wilfordii Radix</i>	0.043 ± 0.062 (0.011~0.223)	0.009 ± 0.009 (0.003~0.035)	0.017 ± 0.008 (ND~0.035)	0.0082 (ND~0.0082)
<i>Corni Fructus</i>	0.084 ± 0.050 (0.040~0.207)	0.003 ± 0.002 (0.002~0.007)	0.014 ± 0.003 (ND~0.018)	0.0079 ± 0.0050 (0.0043~0.0114)
<i>Acanthopanax Cortex</i>	0.732 ± 0.233 (0.520~1.218)	0.095 ± 0.042 (0.045~0.203)	0.028 ± 0.007 (0.019~0.041)	0.0056 ± 0.0008 (0.0041~0.0066)
<i>Schhisandrae Rructus</i>	0.085 ± 0.043 (0.029~0.164)	0.007 ± 0.003 (0.003~0.012)	0.014 ± 0.005 (ND~0.020)	ND
<i>Astragali Radix</i>	0.082 ± 0.068 (0.022~0.212)	0.016 ± 0.010 (0.003~0.037)	0.037 ± 0.034 (ND~0.114)	0.0079 (ND~0.0079)
<i>Atractylodis Rhizoma Alba</i>	1.763 ± 2.072 (0.112~4.088)	0.518 ± 0.545 (0.086~1.130)	0.062 ± 0.054 (0.022~0.124)	0.0055 (ND~0.0055)
<i>Cnidii Rhizoma</i>	0.204 ± 0.209 (0.075~0.446)	0.123 ± 0.134 (0.041~0.277)	0.101 ± 0.075 (0.053~0.188)	0.0043 (ND~0.0043)

**Table 7.** Aflatoxin contents in commercial herbal medicines used for food

	Aflatoxin B <sub>1</sub>	Aflatoxin B <sub>2</sub>	Aflatoxin G <sub>1</sub>	Aflatoxin G <sub>2</sub>
<i>Puerariae Radix</i>	ND	ND	0.7834 (ND~0.7834)	ND
<i>Glycyrrhizae Radix et Rhizoma</i>	ND	ND	ND	0.4199 ± 0.0964 (0.3517~0.4881)
<i>Lycii Fructus</i>	ND	ND	ND	ND
<i>Angelicae Gigantis Radix</i>	ND	0.6545 ± 0.2781 (0.2324~1.0358)	1.0964 ± 0.3052 (0.7552~1.6545)	ND
<i>Platycodonis Radix</i>	ND	ND	ND	ND
<i>Liriopsis Tuber</i>	ND	ND	ND	ND
<i>Cynanchi Wilfordii Radix</i>	ND	ND	ND	ND
<i>Corni Fructus</i>	ND	ND	ND	ND
<i>Acanthopanax Cortex</i>	ND	ND	ND	ND
<i>Schhisandrae Rructus</i>	ND	ND	ND	ND
<i>Astragali Radix</i>	ND	ND	ND	ND
<i>Atractylodis Rhizoma Alba</i>	ND	ND	ND	ND
<i>Cnidii Rhizoma</i>	ND	ND	ND	ND

유통되는 제품에 대해서는 수거·검사를 확대 실시하는 등의 지속적인 품질관리가 필요할 것으로 생각된다.

**식약공용농산물의 아플라톡신(B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>) 함량**  
식약공용농산물의 아플라톡신(B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>) 오염도 조

사결과는 Table 7과 같다. 전체 117건 중 13건이 검출되어 11.1%의 검출율을 나타내었다. 검출된 시료는 갈근 1건, 감초 2건, 당귀 10건으로 뿌리(Radix)부위를 사용하는 품목에서 아플라톡신이 검출되는 것을 확인할 수 있었다. 품목별 검출된 아플라톡신의 종류와 검출량을 살펴보면 갈근에서는 아플라톡신 G<sub>1</sub>이 0.7834 µg/kg 검출되었고 감초의 경우 2건 모두 아플라톡신 G<sub>2</sub>가 검출되었으며 검출량은 각각 0.3517 µg/kg, 0.4881 µg/kg이었다. 당귀의 경우 검사한 10건 모두 아플라톡신 G<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>가 동시에 검출되었다. 아플라톡신 B<sub>2</sub>의 검출범위는 0.2324~1.0358 µg/kg이었고, 아플라톡신 G<sub>1</sub>의 검출범위는 0.7552~1.6545 µg/kg로 나타났다. 아플라톡신이 검출된 시료의 76.9%가 2종 이상의 독소에 오염되어 있었는데 이는 Rizzo 등<sup>26)</sup>의 연구에서 곰팡이독소가 검출된 약용식품 중 61%가 2개 이상의 곰팡이독소에 오염되었다는 보고와 유사한 결과를 나타내었다.

대부분의 식약공용농산물에 대한 곰팡이의 오염은 식물성 원료를 채취하여 건조, 저장, 유통 과정을 거치는 동안 곰팡이 포자가 포함된 먼지에 의하여 자연적으로 발생하기도 하고, 저장방법에 따라 곰팡이의 오염과 침습에 영향을 주게 되며<sup>27)</sup>, 유통되는 동안 곤충에 의해 곰팡이에 오염될 가능성도 있다고 보고되고 있다<sup>28)</sup>. 이와 같이 곰팡이독소 오염은 비위생적인 관리가 주원인으로 제시되고 있다.

본 연구 결과에서 아플라톡신이 검출된 품목의 검출량은 미량으로 현재 한약재 20품목 및 식물성 원료 중 육두구에 대해 설정되어 있는 곰팡이독소 기준인 총 아플라톡신(B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>의 합) 15 µg/kg 이하(단, B<sub>1</sub>은 10.0 µg/kg 이하)보다 낮은 수준으로 조사되었다. 식약공용농산물은 질병 치료 및 예방을 위해 장기간 섭취할 가능성이 있으므로 안전성 확보가 중요하다. 이를 위해서는 식약공용농산물에 대한 곰팡이독소 실태조사를 확대 실시하고, 그 자료를 바탕으로 기준규격 설정 검토 등의 품질관리체계 마련이 필요할 것으로 판단된다.

## 국문요약

본 연구에서는 2017년 대형유통매장 및 온라인에서 유통 중인 식약공용농산물 중 다소비 13품목 117건을 대상으로 중금속 4종(납, 카드뮴, 비소, 수은)과 아플라톡신(B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>)의 함량을 조사하였다. 납 함량 분석 결과 117건 모두 기준(5 mg/kg이하) 이내로 검출되었고, 납의 검출량을 살펴보면 백출, 오가피, 갈근, 당귀에서 상대적으로 높게 검출되는 것을 확인할 수 있었다. 카드뮴 함량 분석 결과 2.6%가 기준을 초과하여 검출되었다. 카드뮴 기준 초과한 시료는 갈근 2건, 백출 1건이고, 검출량은 갈근 2건에서 각각 2.150 mg/kg, 1.822 mg/kg(기준 0.3 mg/kg 이하)이었고, 백출이 1.130 mg/kg(기준 0.7 mg/kg 이하)이었

다. 조사한 13품목 중 백출, 갈근, 당귀, 길경 등 뿌리 및 뿌리줄기 부위를 사용하는 식약공용농산물의 카드뮴 오염도가 비교적 높게 조사되었다. 비소 함량 분석 결과 ND~0.610 mg/kg의 검출범위를 나타내어 조사한 시료 모두 비소 기준(3 mg/kg 이하)에 적합하였다. 품목별 비소 함량 비교 결과 당귀가 평균 0.162 mg/kg으로 상대적으로 높게 검출되었다. 수은 함량 분석 결과 ND~0.0139 mg/kg으로 검출되어 식약공용농산물의 수은 오염도가 낮음을 확인하였다. 식약공용농산물의 아플라톡신(B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>) 오염도 조사 결과 11.1%의 검출률을 나타내었다. 갈근에서는 아플라톡신 G<sub>1</sub>이 검출되었고 감초의 경우 2건 모두 아플라톡신 G<sub>2</sub>가 검출되었다. 당귀는 검사한 10건 모두 아플라톡신 G<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>가 동시에 검출되었다. 식약공용농산물 13품목 중 갈근, 백출, 감초, 당귀와 같이 뿌리부위를 사용하는 품목의 중금속(납, 카드뮴, 비소, 수은) 및 아플라톡신(B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>) 검출률이 높게 조사되었다. 식약공용농산물의 안전한 유통 및 효율적인 품질관리를 위해서는 비의도적 유해물질에 대한 수거·검사 확대 실시를 통해 부정불량 제품의 유통을 차단하고, 곰팡이독소 오염도 조사 결과를 바탕으로 기준규격 설정 검토 등의 품질관리체계 마련이 필요할 것으로 판단된다.

## References

1. Lee H.H., Seo J.M., Oh M.S., Gang I.S., Park J.J., Seo K.W., Ha D.R., Kim E.S.: A survey on harmful materials of commercial medical herb in Gwangju area. *J. Food Hyg. Saf.*, **25**, 83-90 (2010).
2. Lee S.E., Lee J.H., Kim J.K., Kim G.S., Kim Y.O., Seo J.S., Choi J.H., Lee E.S., Noh H.J. Kim S.Y.: Anti-inflammatory activity of medicinal plant extracts. *J. Medicinal Crop Sci.*, **19**, 217-226 (2011).
3. Korea Health Industry Development Institute: Health industry white paper 2014. hanhakmunwha, pp. 436-446 (2015).
4. Korea Institute for Health and Social Affairs: Pre-planning study for the risk assessment of herbal medicines. pp. 18 (2014).
5. Nielsen Company Korea: Survey method research on intake of chinese medicine by Korean. pp. 30 (2009).
6. Kim S.D., Kim, A.K., Lee, H.K., Lee, S.R., Lee, H.J., Ryu, H.J., Lee, J.M., Yu, I.S., Jung, K.: A Monitoring of Aflatoxins in Commercial Herbs for Food and Medicine. *J. Food Hyg. Saf.*, **32**, 267-274 (2017).
7. Song V.K.: Control system of herbal medicine in shared use for food and medicine purpose. The report of Korea Food & Drug Administration (2006).
8. Lee S.D., Lee, Y.K., Kim, M.S., Park, S.K., Kim, Y.S. and Chae, Y.Z.: The content and risk assessment of heavy metals in herbal pills. *J. Food Hyg. Saf.*, **27**, 375-387 (2012).
9. Jung S.J., Kang, S.T., Han, C.H., Kim, S.J., Ko, S.K., Kim, Y.H., et al.: Survey of heavy metal contents and intake rates

- after decoction in herbal medicines classified by parts. *J. Food Hyg. Saf.*, **25**, 402-409 (2010).
10. Reilly C.: Metal contamination of food, Applied Science Publisher Ltd. London, England, pp. 119-122 (1980).
  11. Reilly C.: Metal contamination of food. 2nd edition, Elsevier Science Publisher Ltd. London, England, pp. 95-98 (1991).
  12. WHO (World Health Organization): Lead (Environmental Health Criteria., WHO, pp. 44-54 (1997).
  13. Yim O.K., Han, E.J., Chung, J.Y., Park, K.S., Kang, I.H., Kang, S.J., and Kim, Y.J.: The monitoring of some heavy metals in oriental herbal medicines and their intake rates. *Analytical Science & Technology*, **22**, 128-135 (2009).
  14. Brase, S., Encinas, A., Keck, J., Nising, C.F.: Chemistry and biology of mycotoxins and related fungal metabolites. *Chem. Rev.*, **109**, 3903-3990 (2009).
  15. Diaz, D.: The Mycotoxin blue book, **27**. Nottingham University Press, Nottingham, (2005).
  16. I. A. R. C.: Monograph on the evaluation of carcinogenic risk to Humans, **82**, 171 (2002).
  17. Martins, M., Tins, H. I. and Bernardo, F.: Aflatoxin in spices in Portugal. *Food Additives and Food Science*. **1**, 63-67 (2001).
  18. Reddy, S.V., Kiran, Mayi D., Uma, Reddy M., ThrumalaDevi, K. and Reedy, D.V.R.: Aflatoxin B1 in different grades of chillies (*Capsicum annum* L.) in India as determined by indirect competitive-ELISA. *Food Additives and Contamination*, **18**, 55-558 (2001).
  19. Oh K.S., Suh J.H., Sho Y.S., Park S.S., Choi W.J., Lee J.O., Kim Y., Woo G.J.: Exposure Assessment of Total Aflatoxin in food. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **39**, 25-28 (2007).
  20. Ali N., Hashim N.H., Saad D., Safan K., Nakajima M. and Yoshizawa T.: Evaluation of a method to determine the natural occurrence of aflatoxin in commercial traditional herbal medicines from Malaysia and Indonesia. *Food Chem. Toxicol*, **43**, 1763-1772 (2005).
  21. Lee M.K., Park J.S., Lim H.C., Na H.S.: Determination of heavy metal contents in Medicinal herb. *Korean J. Food Preservation*. **15**, 253-260 (2008).
  22. Cha Y.Y., Heo S.K., Kim D.G., Baik T.H., Seo H.S., Park H.S. et al.: Determination of heavy metals and residual pesticides in oriental medical materials. *Korean J. Oriental Physiology & Pathology*, **21**, 226-230 (2007).
  23. Park M.K., Kim S.Y., Hwang H.U.: A study on the heavy metal contents in herbal medicines - Cultivated herbal medicines at North Gyeongbuk area. *J. Environ Sci.*, **13**, 1117-1122 (2004).
  24. Kim D.K., Kim B.S., Han E.J., Han C.H., Kim O.H., Choi B.H., et al.: Distribution of hazardous heavy metal in commercial herbal medicines classified by plant parts used in Seoul. *Analytical Science & Technology*, **22**, 504-513 (2009).
  25. Park H.M., Choi K.H., Jung J.Y., Lee S.D.: Metal exposure through consumption of herbal medicine and estimation of health risk among Korea population. *Korea J. Env. Hlth.*, **32**, 186-191 (2006).
  26. Rizzo, I., Vedoya, G., Maurutto, S., Haidukowski, M. and Varsavsky, E. (2004), Assessment of toxigenic fungi on Argentinean medicinal herbs. *Microbiol RES*. **159**, pp. 113-120.
  27. Hell K., Gnonlonfin BGJ, Kodjogbe G, Lamboni Y. and Abdourhamane I.K. (2009), Mycoflora and occurrence of aflatoxin in dried vegetable in Benin, Mali and Togo, West Africa, *International Journal of Food Microbiology*. **135**, pp. 99-104.
  28. Chourasia, H.K., Mycobiota and mycotoxin in herbal drugs of Indian pharmaceutical industries, *Mycol. Res*. **99**, 697-703 (1995).