

## 식약공용한약재의 아플라톡신 오염실태 조사

조성애\* · 이성득 · 김동규 · 이현경 · 정선옥 · 김경식 · 유인실 · 정 권  
서울시보건환경연구원

## A Survey of Aflatoxin Contamination in Medicinal Herbs for Food and Medicine

Sung-ae Jo\*, Sung-deuk Lee, Dong-gyu Kim, Hyun-Kyung Lee, Sun-ok Jung,  
Kyung-sik Kim, In-Sil Yoo and Kweon Jung

Seoul Metropolitan Government Research Institute of Public Health and Environment,  
Yongmeori 2 gil 18, Gwacheon-si, Gyeonggi-do 427-070, Korea

**Abstract** – The aim of this study was to determine the incidence and contamination levels of aflatoxin in Medicinal Herbs for Food and Medicine at Yakyang market in seoul. 191 Samples 11 items medicinal herbs for food and medicine were evaluated for the aflatoxin contamination. in result 41 samples 10 items (21.5%) were detected in the aflatoxin, a high incidence of aflatoxins items are cassiae semen (50.0%), testudinis plastrum (43.8%) and Batryticatus Bombyx (40.0%), Polygalae Radix (31.2%), Zizyphi Semen (23.5%), Dolichoris Semen, Myristicae Semen (20.0%), Nelumbinis Semen (15.8%), Glycyrrhizae Radix et Rhizoma (7.4%), Hoveniae Semen Cum Fructus (4.3%). AFB1 were detected 27 cases (14.1%), AFB2, AFG1 and AFG2 were detected 18cases (9.4%), 16cases (8.4%) and 5cases (2.6%). The excess cancer risk estimated using the cancer potency of aflatoxin B1 (7(mg/kg/day)-1 for HBsAg- and 230(mg/kg/day)-1 HBsAg+) was N.D ~  $3.79 \times 10^{-6}$  for hepatitis B surface antigen negative (HBsAg-) and N.D ~  $9.68 \times 10^{-5}$  hepatitis B surface antigen positive (HBsAg+) respectively.

**Key words** – aflatoxin, Medicinal Herbs for Food and Medicine, excess cancer risk

국내에 생육하는 식품은 약40만 종으로 추정되며, 이 중 약1/3이 약용으로 가능하다고 알려져 있다. 이 중 자생종 5,300종 중 3,140종이 한약재의 유전자원으로 분류된다. 세계적으로 약재의 종류는 약 3,000여종이 있는 것으로 알려져 있으나 우리나라에서는 식품성 290종, 동물성 130종, 광물질 39종 등 400여 종의 약용작물이 있다고 알려져 있다.<sup>1)</sup> 우리나라에서 한약재는 한약 또는 한약제제를 제조하기 위하여 원료로 사용되는 원료약재이며,<sup>2)</sup> 또한 한약재는 여러 용도로 이용되고 있고 앞으로도 수요가 확대될 것으로 예상되지만 용도별로 명확한 관리규정 없이 관행적으로 유통되고 있고 실정이다.<sup>3)</sup> 우리나라에서 소비되는 한약재의 70~80%가 수입한약재이며,<sup>4)</sup> 한약재는 식품과 의약품의 성격을 갖고 있어 식품용과 의약품용으로도 수입, 유통이 가능하며, 식품 용도로 쓰일 때에는 식품위생법규에 따라 관리되고 의약품 용도로 쓰일 때에는 약사법규에 따라 관리

되고 있는 등 각각 다른 법체계가 적용되고 있다.<sup>5)</sup> 한약재로 수입 유통 시에는 약사법에 의해 이산화황, 중금속, 잔류농약, 곰팡이독소 등의 유해물질 관리기준이 적용되나 식품용으로 수입 유통 시에는 식품위생법 적용에 의해 곰팡이독소 기준이 적용되지 않고 있다. 즉 동일 품목이 용도에 따라 각기 다른 검사항목 등의 품질 및 안전관리 체계가 적용되고 있으나 대부분의 소비자들은 한약재와 식약공용한약재의 구분에 대한 인식 부족으로 수요자인 소비자들의 혼란을 가중시키고 있다. 곰팡이독소는(Mycotoxin)은 Aspergillus속, Penicillium속 및 Fusarium속에 의해서 생성되는 독소이며, 아플라톡신(Aflatoxin)은 Aspergillus flavus, Asp. parasiticus, Asp. nomious 등의 Aspergillus속 곰팡이에 의해 생성되는 2차 대사산물이며, 이 중에서도 아플라톡신 B1은 발암성, 기형유발, 긴장독성 등을 유발하는 가장 강력한 독성물질로, 국제 암연구회(IARC, International Agency for Research on Center)에서 Group 1(carcinogenic to humans)으로 분류하고 있다.<sup>6,7)</sup> 또한 아플라톡신 B2, G1 및 G2도

\*교신저자(E-mail): aicho71@seoul.go.kr  
(Tel): +82-2-968-5094

B1과 동일하게 발암물질로서 주의를 필요로 하고, 여러 종류의 곰팡이독소에 교차 오염될 경우 독소의 상승효과를 나타내어 건강의 위해성은 더욱 커지게 된다. 주로 고온 다습한 열대나 아열대지방에서 잘 생성되며 수확에서 건조까지 저장기간이 길고 환기가 불충분할수록 잘 생성되며, 탄수화물 함량이 높은 기질에서 잘 생성되는 것으로 알려져 있다. 따라서 탄수화물과 섬유소가 주성분인 생약은 유통 저장 중 유해 곰팡이가 오염될 가능성이 높아, 아플라톡신을 비롯한 각종 곰팡이 독소의 관리가 중요한 문제로 대두되고 있다.<sup>8,9)</sup> 식약공용한약재처럼 기능성 건강식품 및 식품으로 사용되는 생약이 아플라톡신 등 곰팡이독소에 오염되었을 때 미칠 수 있는 영향은 건강상의 위해성 뿐만 아니라 경제 사회적으로 매우 클 것으로 사료된다. 의약품용한약재 중 곰팡이독소 허용 기준 설정되어 있는 품목은 20품목(감초, 결명자, 팔루인, 귀판, 도인, 목과, 반하, 백자인, 백편두, 빈랑자, 산조인, 연자육, 울금, 원지, 육두구, 지구자, 파두, 행인, 홍화, 백강잠)으로, 이 품목들 중 식품용으로서 사용가능한 11 품목(감초, 결명자, 귀판, 목과, 백편두, 산조인, 연자육, 원지, 육두구, 지구자, 백강잠)에 대하여 아플라톡신의 오염도를 조사하였다.

**재료 및 방법**

**재료** - 서울시 동대문구 약령시장에서 2012~2013년 동안 식약공용한약재로 유통되고 있는 시료를 본 연구원 조성에 연구원이 식약공용한약재 관능검사지침<sup>10)</sup>에 따라 기원, 약용부위, 형상 등을 감정하였다. 감초(27건), 결명자(24건), 귀판(16건), 목과(19건), 백편두(15건), 산조인(17건), 연자육(19건), 원지(16건), 육두구(10건), 지구자(23건), 백강잠(5건) 11품목 191건을 구입하여 분쇄기(Daesung Artlon, DA338, Korea)로 분쇄한 후 밀봉 포장하여 냉동(-20°C)보관하여 사용하였다.

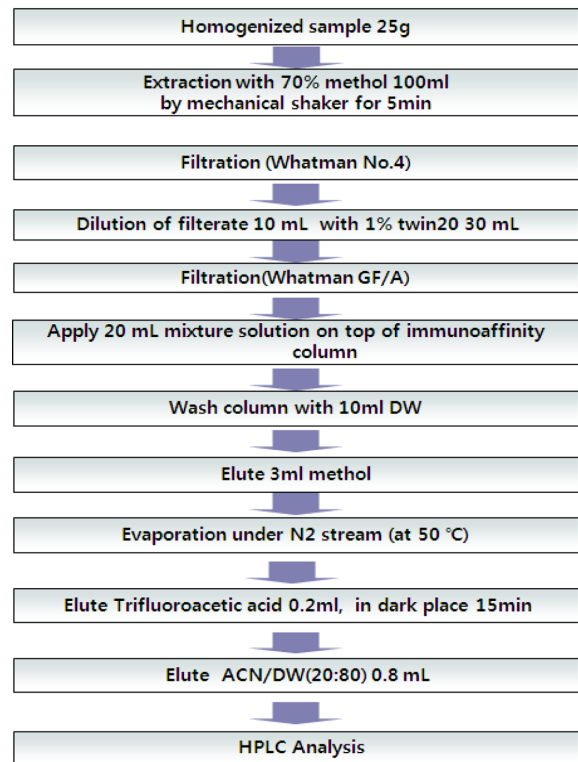
**시약 및 장비** - 아플라톡신 표준품은 Mix kit-M(Supelco, USA)을 사용하였고, 추출 및 분석에 사용되는 methanol, acetonitril은 HPLC급(Merck, Germany)을 Sodium chloride(Merck, Germany), Tween 20용액(Junsei, Japan)등 특급 이상의 수준으로 사용하였다. 시료를 여과하기 위해 여과지(Wathman NO.2, England), 유리섬유 여과지(Wathman GF/A, England)를 사용하였고, 분석물질 정제용 컬럼은 회수율과 재현성이 검증된 Aflatest(Vicam, USA) 면역친화성컬럼(Immunoaffinity Column)을 사용하였다. 균질기는 Omni Macro ES(Omni international, USA)이고, 질소농축기는 Eyela MG-2200(Eyela Co., Japan)을 사용하였다.

**표준용액의 조제** - 아플라톡신 표준원액은 Mix kit-M(B1=1 µg/ml, B2=0.3 µg/ml, G1=1 µg/ml and G2=0.3 µg/ml)을 희석하여 아플라톡신 B1과 G1을 각각 5, 10, 20 µg/

kg, B2와 G2를 각각 1.5, 3, 6 µg/kg으로 3단계로 희석하여 조제하였다.

**시료의 전처리** - 아플라톡신 분석을 위한 시료의 전처리 과정은 다음과 같다. 아플라톡신 추출을 위해 분쇄한 시료 25 g을 달아 균질기에 넣고 70% methanol 100 mL을 넣어 10분간 균질화한 후 여과하고, 여액 10 mL를 취해 10% Tween 20용액 30 mL를 가해 희석한 후 추출액 20 mL를 면역친화성컬럼(IAC)에 주입하여 통과시킨다. 이어 물 10 mL를 같은 유속으로 유출시켜 버리고, acetonitrile 3 mL로 용출시킨 후 질소농축하고 이동상 1 mL에 용해시켜 0.45 µg 멤브레인필터로 여과하여 분석하였다(Fig. 1).

**기기분석** - 아플라톡신을 정량분석하기 위하여 HPLC(Waters e2695, USA)를 사용하였으며, 검출기는 Fluorescence detector(FLD, Ex360 nm, Em450 nm), column은



**Fig. 1.** Flow diagram of sample preparation for analysis of aflatoxin.

**Table I.** The analytical conditions of HPLC for aflatoxins

Parameters	Operation conditions
Colum	Symmetry(R) C <sub>18</sub> (5 µm, 4.6×250 mm)
Mobile phase	Acetonitrile:Water=25:75(v/v)
Flow rate	1.0 mL/min
Florescene detector	Ex: 360 nm, Em: 450 nm
Temperature	40°C
Injection volumn	10 µL

Symmetry C<sub>18</sub> (4.6×250 mm, 5 μm)을 사용하였으며, 각각의 기기의 조건은 Table I에 제시한 조건과 같다.

**회수율 및 재현성** - 식약공용한약재 중 아플라톡신의 회수율은 예비실험 결과 아플라톡신이 전혀 검출되지 않은 품목(목과)를 선정하여 표준용액을 첨가하여 회수율 시험용액의 최종농도가 아플라톡신 B1, B2, G1 및 G2가 각각 1.5 ng/ml, 5 ng/ml, 1.5 ng/ml, 5 ng/ml이 되도록 하여, 시료 전처리 방법과 동일한 처리과정을 거쳐 HPLC로 정량 분석하였다.

**검량선, 검출한계 및 정량한계** - 검출한계와 정량한계는 표준편차와 검량선의 기울기에 근거하는 방법으로 구하였다. 예비실험을 통하여 검출한계를 추정(s/n비=10)한 후 추정농도로 아플라톡신을 시료에 첨가한 후 분석방법에 따라 분석하여 표준편차(σ)를 구하고, 검량선을 작성하여 기울기(S)를 구했다. 정량한계는 정량한계(Limit of quantitation)=10σ/S에 대입하여 구했으며, 검출한계는 검출한계(Limit of Detection)=σ/S\*3.3에 대입하여 구했다

**위해성 평가** - 본 연구에서는 우리나라 일반 성인을 대상으로 한 aflatoxin 인체노출평가를 수행하였으며 노출수식은 FAO/WHO의 만성노출평가 방법<sup>11)</sup>(chronic dietary exposure assessment)을 사용하였다. 아플라톡신의 오염도와 일일섭취량을 체중으로 나누어 일일 인체노출량을 구한 후 아플라톡신의 발암력을 곱하여 간암 발생에 대한 초과발암위해도를 계산하였다.

**일일인체노출량** - 식약공용한약재의 일일평균노출량은 식약공용한약재의 일평균섭취량 조사가 이루어져 있지 않아 한약재의 일일평균노출량을 기준으로 산출하였다. 이<sup>4)</sup>가 실시한 소매상 중환의원을 대상으로 실시한 일평균섭취량II 중 곰팡이독소 기준이 설정된 감초, 목과, 백편두, 산조인, 연자육, 원지, 백강잠의 일평균 섭취량을 평균한 8.458g와 평균체중은 2010년 지식경제부 기술표준원<sup>12)</sup>에서 제시하고 있는 성인 남자 70.9 kg, 여자 55.6 kg의 평균값인 63.3 kg을

이용하였다.

$$\text{Dietary Exposure} = \sum_{i=1}^n \frac{\text{CAFBI} \times \text{IR}_i}{\text{BW}}$$

CAFBI: Concentration of aflatoxin B1

IR<sub>i</sub>: Ingestion rate

i: Number of herb medicine

BW: Body weight

**초과발암위해도** - 아플라톡신의 발암력은 Yeh 등<sup>13)</sup>이 제시한 B형 간염비보균자의 경우 9(mg/kg/day)-1와 B형 간염보균자의 경우 230(mg/kg/day)-1을 일일인체노출량에 곱하여 구하였다.

Excess Cancer Risk

$$= \text{Dietary Exposure(mg/kg/day)} \times \text{Cancer Potency(mg/kg/day)}^{-1}$$

### 결과 및 고찰

**식약공용한약재의 아플라톡신 회수율 검정** - 각 아플라톡신 표준용액의 검량선은 Fig. 2와 같이 직선성을 나타냈으며, 상관계수, 검출한계, 정량한계 및 회수율은 Table II와 같다. 아플라톡신이 검출되지 않은 목과에 대한 B1, B2, G1 및 G2회수율은 각각 87.5%, 84.8%, 83.3% 및 78.5%로 나타났으며, 상대적으로 G2는 낮은 회수율을 보였다. 이 등<sup>14)</sup>이 제시한 목과에서의 회수율 85.2~95.1%보다 다소 낮은 회수율을 보였다. 이 등<sup>14)</sup>에서는 감초 71.7~88.1%, 연자육 84.4~99.7%의 회수율을 보였으며, 강 등<sup>15)</sup>은 육두구에서 73.7~92.9%, 박 등<sup>16)</sup>은 감초 71.1~83.8%, 산조인 89.7~104.3%, 원지 76.2~93.0%의 회수율을 보여, 시료의 종류에 따라 다소 회수율의 차이가 있는 것으로 보여진다. 하지만 이들 시료에서 공통적으로 다른 독소보다 G2의 회수율이

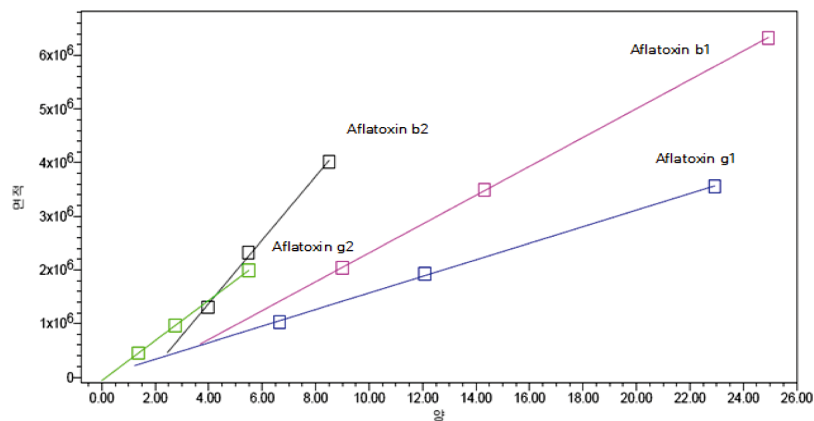


Fig. 2. Calibration curve of aflatoxins B1, B2, G1 and G2.

**Table II.** Recoveries(n=3), LODs and LOQs of aflatoxins

Analyte	LOD <sup>1)</sup> (µg/kg)	LOQ <sup>2)</sup> (µg/kg)	Measured level (µg/kg)	Recoveries(%) ± RSD(%) <sup>3)</sup>
Aflatoxin B1	0.11	0.33	1.5	87.5±2.01
Aflatoxin B2	0.17	0.53	5	84.8±2.47
Aflatoxin G1	0.06	0.18	1.5	83.3±1.86
Aflatoxin G2	0.14	0.43	5	78.5±0.82

<sup>1)</sup>Limit of detection(LOD)=3.3×σ/S

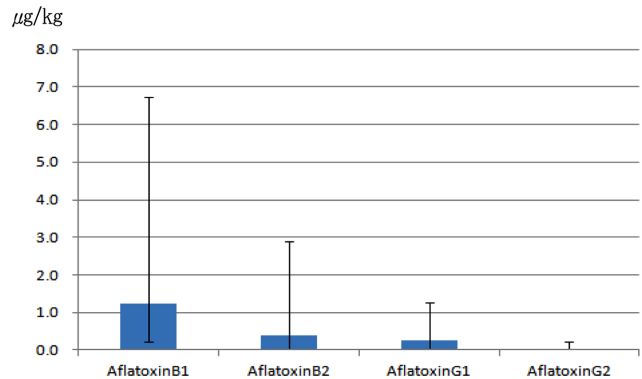
<sup>2)</sup>Limit of quantitation(LOQ)=10×σ/S

<sup>3)</sup>RSD(%)=standard deviation/mean value×100

낮았는데 이는 G2가 immunoaffinity column 의 antibody와 친화력이 상대적으로 낮기 때문이라고 보고된 바 있다.<sup>17,18)</sup>

**식약공용한약재의 곰팡이독소 검사 현황** - 본 조사는 2012~2013년 동안 서울약령시에서 유통 중인 식약공용한약재 11품목 191건에 대하여 아플라톡신의 오염 실태를 조사하였다.

각 품목별 아플라톡신(B1, B2, G1, G2)의 검출건수는 Table III와 같다. 식약공용한약재 11품목 191건에서 아플라톡신을 조사한 결과 10품목 41건(21.5%)에서 아플라톡신이 검출되었으며, 검출된 10개 품목은 감초, 결명자, 귀판, 백편두, 산조인, 연자육, 원지, 육두구, 지구자, 백강잠이었으며, 목과에서는 전혀 검출되지 않았다. 검출된 품목 중 아플라톡신의 발생 빈도가 높은 품목은 결명자(50.0%)였으며, 귀판(43.8%), 백강잠(40.0%), 원지(31.2%), 산조인(23.5%), 백편두, 육두구(20.0%), 연자육(15.8%), 감초(7.4%), 지구자(4.3%)순으로 나타났다. 아플라톡신 B1은 시료 중 27건(14.1%), 아플라톡신 B2, G1 및 G2는 각각 18건(9.4%), 16건(8.4%), 5건(2.6%)이 검출되어, 아플라톡신 B1이 다른 독소에 비해 가장 많이 검출되었으며, 검출된 시료의 41.4%



**Fig. 3.** The range of aflatoxins in medicinal herbs for food and medicine.

가 2종이상의 독소에 오염되어 있었다. 이 등<sup>14)</sup>의 연구결과 한약재에서 아플라톡신B1, B2, G1 및 G2 중 아플라톡신B1이 가장 많은 검출률(50.3%)을 보였고, 김 등<sup>19)</sup>도 유통 생약재에서 아플라톡신B1의 검출률이 높은 것으로 나타났다. Santos 등<sup>20)</sup>은 약용식물에 곰팡이독소의 동시오염에 관한 연구 결과 검사한 약용식물 중 87%가 3가지 이상의 곰팡이독소에 오염되어 있었다고 보고하였으며, Rizzo 등<sup>21)</sup>은 곰팡이독소가 검출된 약용식품 중 61%가 2개 이상의 곰팡이독소에 오염되었다고 하였다. Speijer 등<sup>22)</sup>은 여러 종류의 곰팡이독소 섭취는 독소의 상승효과를 일으켜 건강에 대한 위해성이 더 커질 수 있다고 보고하였다. 아플라톡신(B1, B2, G1, G2)의 평균 검출량은 Fig. 3과 같다.

아플라톡신 B1, B2, G1 및 G2의 평균 검출량은 각각 1.2±5.5 µg/kg, 0.4±2.5 µg/kg, 0.2±1.0 µg/kg 및 0.0±0.2 µg/kg으로 나타났으며, 아플라톡신 B1은 시료별로 검출범위가 가장 넓게 나타났다. 아플라톡신(B1, B2, G1, G2)의 평균 검출범위는 Table IV와 같다. 아플라톡신 B1이 검출된 품

**Table III.** Incidence of aflatoxins in medicinal herbs for food and medicine

Type of Medicines	Total Number	Detected Number			
		AFB1	AFB2	AFG1	AFG2
Glycyrrhizae Radix et Rhizoma	27	0	1	1	0
Cassiae Semen	24	5	4	7	3
Testudinis Plastrum	16	7	4	3	0
Chaenomelis fructus	19	0	0	0	0
Dolichoris Semen	15	3	1	0	0
Zizyphi Semen	17	4	1	1	1
Nelumbinis Semen	19	3	2	0	0
Polygalae Radix	16	3	2	3	1
Myristicae Semen	10	1	1	0	0
Hoveniae Semen Cum Fructus	23	1	1	0	0
Batryticatus Bombyx	5	0	1	1	0
Total	191	27	18	16	5

**Table IV.** The amounts of aflatoxins in medicinal herbs for food and medicine

Type of Medicines	AFB1	AFB2	AFG1	AFG2
Glycyrrhizae Radix et Rhizoma	-	5.1	0.9	-
Cassiae Semen	0.1~3.0	0.4~28.1	0.4~9.0	0.1~2.3
Testudinis Plastrum	0.6~41.4	0.6~1.5	0.7~5.1	-
Chaenomelis fructus	-	-	-	-
Dolichoris Semen	1.7~42.6	0.3	-	-
Zizyphi Semen	0.3~5.8	2.2	3.6	0.3
Nelumbinis Semen	0.3~13.1	1.8~2.6	-	-
Polygalae Radix	0.3~8.92	1.6~1.9	0.5~3.3	0.8
Myristicae Semen	2.3	0.5	-	-
Hoveniae Semen Cum Fructus	3.5	12.9	-	-
Batryticatus Bombyx	-	2.3	0.3	-

**Table V.** The cases of medicinal herbs for food and medicine from country

Type of Medicines	China	Indonesia	Vetnam	Korea	Rusia	Others	Total
Glycyrrhizae Radix et Rhizoma	11			6	2	8	27
Cassiae Semen	4	6	1	13			24
Testudinis Plastrum	4	12		0			16
Chaenomelis fructus				19			19
Dolichoris Semen	12					3	15
Zizyphi Semen	10		1			6	17
Nelumbinis Semen	3		13	3			19
Polygalae Radix	15			1			16
Myristicae Semen	2	7	1				10
Hoveniae Semen Cum Fructus	14			9			23
Batryticatus Bombyx	4			1			5
Total	79	25	16	52	2	17	191

목(범위  $\mu\text{g}/\text{kg}$ )은 결명자, 귀판, 백편두, 산조인, 연자육, 원지, 육두구, 지구자(0.1~42.6)이었으며, 아플라톡신 B2는 목과를 제외한 10개 품목(0.3~28.1)에서 검출되었으며, 아플라톡신 G1이 검출된 품목은 감초, 결명자, 귀판, 산조인, 원지, 백강잠(0.4~9.0)이었다. 아플라톡신 G2는 결명자, 산조인 및 원지(0.1~2.3)에서 검출되었다. 결명자, 산조인, 원지에서는 B1, B2, G1 및 G2가 모두 검출되었다. 시료들의 품목별 원산지 검사현황은 Table V와 같다. 시료들의 원산지는 국내산 52건, 수입산 139건으로 수입국은 중국, 인도네시아, 베트남순이었으며, 원산지별로 검출률을 보면 수입산은 139건 중 34건(24.5%)이 검출되어 국내산 52건 중 7건(13.5%)보다 검출률이 높았다. 김 등<sup>23)</sup>의 연구결과에서는 식약공용원재료(한약재)에서 산조인 1건, 원지 1건, 육두구 1건에서 아플라톡신 B1이 10  $\mu\text{g}/\text{kg}$  이상 검출되었다고 보고하였으며, 강 등<sup>19)</sup>의 연구결과에서는 건조향신료 중 육두구에서 가장 높은 검출량(18.4  $\mu\text{g}/\text{kg}$ )을 보였다고 보고하였다.

이러한 연구결과로 보면 결명자, 귀판, 백편두, 산조인, 연자육, 원지, 육두구, 지구자가 식품재료로 사용될 경우 한약재규격품과는 달리 아플라톡신 오염에 대한 검증 절차 없이 유통 소비되어 건강상의 위해요소로 작용할 가능성이 큰 것으로 사료되며, 식약공용한약재 중에서도 안전 관리에 더욱 더 주의가 필요한 품목으로 판단된다. 최근 약용식물 중 아플라톡신에 관한 연구 결과에 의하면 정 등<sup>24)</sup>은 한약재 58품목 614건 시료에서 2.05~373.26  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 의 아플라톡신이 오염된 것으로 보고하였으며, 아플라톡신 기준이 설정되어 있는 생약별 오염도를 보면 결명자는 0.0~5.63  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 원지 0.0~3.14  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 산조인 6.54~45.07  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 으로 보고하였다. 박 등은 한약재 9품목 145건 시료에서 0.05~97.77  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 의 아플라톡신이 오염되었으며, 산조인에서 0.0~0.49  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 이 검출되었으며, 감초, 원지, 결명자에서는 검출되지 않았다고 보고하였다. 또한 정 등<sup>25)</sup>은 전국에서 한약재 70품목 700건 시료에서 0.0~108.42  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 의 아플라톡신이 검출되었으며,

**Table VI.** Excess cancer risk for primary liver cancer due to dietary exposure by aflatoxin B1

Type of Medicines	Aflatoxin Mean (ug/kg)	Dietary Exposure (mg/kg/day) <sup>-1</sup>	Excess Cancer Risk	
			HBsAg-	HBsAg+
Glycyrrhizae Radix et Rhizoma	N.D	-	-	-
Chaenomelis fructus	N.D	-	-	-
Dolichoris Semen	3.15	4.21E-07	3.79E-06	9.68E-05
Zizyphi Semen	0.54	7.22E-08	6.49E-07	1.66E-05
Nelumbinis Semen	1.29	1.72E-07	1.55E-06	3.96E-05
Polygalae Radix	0.70	9.35E-08	8.42E-07	2.15E-05
Batryticatus Bombyx	N.D	-	-	-

아플라톡신 기준이 설정되어 있는 생약별 오염도를 보면, 귀관 13.96~16.85 µg/kg, 목과 5.59 µg/kg, 백편두 4.51~9.10 µg/kg, 연자육 6.27~18.95 µg/kg, 육두구 6.10~19.58 µg/kg 및 지구자 5.48~12.12 µg/kg이 아플라톡신에 오염된 것으로 보고하였다. Ali 등<sup>18)</sup>은 생약 중 아플라톡신 B1, B2, G1 및 G2가 0.03~0.26 µg/kg이 검출되었다고 하였으며, Rizzo 등<sup>21)</sup>은 향신료를 포함한 생약 152건에서 아플라톡신이 10~2000 µg/kg 검출되었다고 하였다. 또한 Romagnoli 등<sup>26)</sup>은 아플라톡신이 향신료에서 검출되었으나, 생약에서는 검출되지 않았다고 보고하였다. 다소 연구자들간의 차이가 있으나, 이는 한약재가 천연산물이기 때문에 동일 생약에서도 형상이 일정하지 않는 경우도 있고, 재배환경이나 저장 상태에 따라 곰팡이독소의 생성이 다르기 때문인 것으로 사료된다. 식약공용한약재 품목이 늘고 있고, 한약재의 식약공용사용이 증가 추세에 있어 이러한 한약재들이 식약공용한약재로 사용되었을 경우에는 곰팡이독소에 대한 안전관리 기준이 없어 국민 건강에 큰 영향을 미칠 것으로 사료되며, 따라서 식약공용한약재에 대하여 한약재규격품에서의 곰팡이독소기준에 준하는 안전기준이 마련되어야 될 것으로 사료된다.

**위해성평가** - 식약공용한약재 섭취로 인한 아플라톡신 B1의 만성일일섭취량 및 초과발암위해도는 Table VI와 같다. 초과발암위해도는 일반적으로 발암성물질에 의한 위해도를 말하며, 개인이 유해오염물질에 장기간 인체 노출되었을 때, 암이 발생할 수 있는 확률로써 유해물질에 대한 초과발암위해도는  $10^{-5}$ ~ $10^{-6}$ 의 범위에서 결정된다.<sup>27)</sup> 전체 시료의 초과발암위해도는 B형 간염비보균자의 경우 N.D~ $3.79 \times 10^{-6}$ 이었고, B형 간염비보균자는 N.D~ $9.68 \times 10^{-5}$ 이었다. 이는 B형 간염 비보균자 및 B형 간염비보균자 모두 안전한 수준으로 나타났으나, 식약공용한약재의 일일평균섭취량이 한약재규격품보다 많이 섭취할 경우에는 초과발암위해도가 높게 나타날 수 있기 때문에 섭취에 주의를 해야 하며, 또한 식약공용한약재에 대한 곰팡이독소 안전기준이 마련되어야 될 것으로 판단된다.

## 결론

본 조사는 2012~2013년 동안 서울약령시에서 유통 중인 식약공용한약재 11품목 191건에 대하여 아플라톡신의 오염실태를 조사하였으며 그 결과는 다음과 같았다.

1. 식약공용한약재 11품목 191건에서 아플라톡신을 조사한 결과 10품목 41건(21.5%)에서 아플라톡신이 검출되었으며, 아플라톡신의 발생 빈도가 높은 품목은 결명자(50.0%)였으며, 귀관(43.8%), 백강잠(40.0%), 산조인(23.5%), 원지(20.0%), 백편두, 육두구(20.0%), 연자육(15.8%), 감초(7.4%), 지구자(4.3%)순으로 나타났다.

2. 아플라톡신 B1은 시료 중 27건(14.1%), 아플라톡신 B2, G1 및 G2는 각각 18건(9.4%), 16건(8.4%), 5건(2.6%)이 검출되어, 아플라톡신 B1이 다른 독소에 비해 가장 많이 검출되었으며, 검출된 시료의 41.4%가 2종이상의 독소에 오염되어 있었다.

3. 아플라톡신 B1의 검출범위는 0.1~42.6 µg/kg이었으며, 아플라톡신 B2, G1 및 G2의 검출범위는 각각 0.3~28.1 µg/kg, 0.4~9.0 µg/kg, 0.1~2.3 µg/kg 로 나타났다. 결명자, 산조인, 원지에서는 아플라톡신 B1, B2, G1 및 G2가 모두 검출되었다.

4. 시료의 초과발암위해도는 B형 간염비보균자의 경우 N.D~ $3.79 \times 10^{-6}$ 이었고, B형 간염비보균자는 N.D~ $9.68 \times 10^{-5}$ 이었다.

## 사사

본 연구는 서울시 보건환경연구원 강북농수산물검사소의 지원으로 이루어졌으며, 이에 감사드립니다.

## 인용문헌

1. 이동필 (1998) 약용작물 지역전략산업 육성방안. 농협중앙회 연구결과 보고서.

2. 보건복지부 (2012) 약사법.
  3. 신경훈 (2006) 한약재 유통구조의 문제점과 개선방안에 관한 연구.
  4. 이종태 (2006) 한국인의 한약재 복용 실태 조사 연구. 식품의약품안전청 연구보고서.
  5. Kweon, K. T. (2012) A Research on management system of herbal medicine in common use for food and medicine. *Kor. J. Herbology* **27**: 25-29.
  6. Diaz, D. (2005) The Mycotoxin blue book, 27. Nottingham University Press, Nottingham.
  7. I. A. R. C. (2002) Monograph on the evaluation of carcinogenic risk to humans. **82**,171.
  8. Martins, M., Tins, H. I. and Bernardo, F. (2001) Aflatoxins in spices in Portugal. *Food Additives and Food Science* **1**: 63-67.
  9. Reddy, S. V., Kiran, Mayi D., Uma, Reddy M., Thrumala-Devi, K. and Reedy, D. V. R. (2001) Aflatoxins B1 in different grades of chillies (*Capsicum annum* L.) in India as determined by indirect competitive-ELISA. *Food Additives and Contamination* **18**: 55-558.
  10. 식품의약품안전처 (2009) 식약공용한약재 관능검사 지침.
  11. Food and agriculture organization/World Health Organization (2005) Dietary exposure assessment of chemicals in food. Report of a joint FAO/WHO consultation, Annapolis, Maryland, USA, 26, May.
  12. 지식경제부 기술표준원 (2010) 제 6차 한국인 인체치수 직접측정 조사사업 보고서.
  13. Yeh, F. S., Yum, M. C., Mo, C., Luo, S. L., Tong, M. J. and Henderson, B. E. (1989) Hepatitis B virus, aflatoxin and hepatocellular carcinomain southern Guangxi, China. *Cancer Res.* **49**: 2506-2509.
  14. Lee, S. D., Kim, Y. S., Kim, N. H., Jung, H. J., Jung, S. J., Kim, H. S., Kim, K. S. and Han, K. Y. (2011) A study on aflatoxins analysis in the herb medicines. *J. Fd Hyg. Safety*. **26**: 424-434.
  15. Kang, K. J., Park, J. H. and Cho, J. I. (2000) Control of aflatoxins and characteristics of quality in doenjang (soybean paste) prepared with antifungal bacteria. *Korea J. Food Sci. Technol.* **32**: 1258-1265.
  16. Park, S. K., Jang, J. I., Ha, K. T., Kim, S. D., Kim, O. H., Chio, Y. H., Seung, H. J., Kim, S. J., Lee, K. A., Jo, H. B., Choi, B. H. and Kim, M. Y. (2009) A Survey of the Presence of Aflatoxin in Herb Medicines. *J. Fd Hyg. Safety* **24**: 169-17.
  17. Oh, K. S., Suh, J. H., Sho, Y. S., Park, S. S., Choi, W. J., Lee, J. O., Kim, Y. and Woo, G. J. (2007) Exposure Assesment of Total Aflatoxin in food. *Korean J. Food Sci. Technol.* **39**: 25-28.
  18. Ali, N., Hashim, N. H., Saad, D., Safan, K., Nakajima, M. and Yoshizawa, T. (2005) 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.
  19. Kang, Y. W., Cho, T. Y., Park, H. R., Oh, K. S. and Kim, D. S. (2010) Analysis of total aflatoxins in spices and dried fruits. *J. Fd Hyg. Safety* **25**: 65-72.
  20. Santos, L., Marin, S., Sanchis, V. and Ramos, A. J. (2009) Screening of mycotoxin muticontamination in medicinal and aromatic herbs sampled in spain. *J. Sci. Food. Agric.* **89**: 1802-1807.
  21. Rizzo, I., Vedoya, G., Maurutto, S., Haidukowski, M. and Varsavsky, E. (2004) Assesment of toxigenic fungi on Argentinean medicinal herbs. *Microbiol. RES.* **159**: 113-120.
  22. Speijers, G. J. A. and Speijers, M. H. M. (2004) Combined toxic effects of mycotoxin. *Toxicol. Lott.* **153**: 91-98.
  23. 김경희 (2009) 식약공용원재료(한약재)과학적 연구. 식품의약품안전청 연구보고서.
  24. 정덕화 (2006) 생약의 유해물질 기준 제·개정을 위한 연구(II). 식품의약품안전청 연구보고서.
  25. 정덕화, 서정아, 박선자 (2007) 생약의 곰팡이독소에 관한 연구. 식품의약품안전청 연구보고서.
  26. Romagnoli, B., Menna, V., Gruppioni, N. and Bergamini, C. (2007) Aflatoxins in spices, aromatic herbs, herb-teas and medicinal plants markets in Italy. *Food Control.* **18**: 697-701.
  27. 손종렬, 이철민 (2007) 화학물질의 위해성 평가. 대한환경 공학회지 **29**: 477-478.
- (2014. 5. 14 접수; 2014. 6. 11 심사; 2014. 6. 19 게재확정)