

## 유통 생약재의 아플라톡신 모니터링

김용훈\* · 강한샘 · 오선우 · 이화정<sup>1</sup> · 김미경<sup>1</sup> · 정소영 · 최선희 · 방수진 · 한경진 ·  
이지원 · 김영선 · 김희연

서울지방식품의약품안전청, <sup>1</sup>식품의약품안전청

## Monitoring of Aflatoxins in Medicinal Herbs

Yong-Hoon Kim\*, Han-Saem Kang, Sun-Woo Oh, Hwa-Jung Lee<sup>1</sup>, Mi-Gyeong Kim<sup>1</sup>, So-Young Chung, Seon-Hee Choi,  
Su-Jin Bang, Kyung-Jin Han, Ji-Won Lee, Young-Seon Kim, and Hee-Yun Kim

Seoul Regional Korea Food and Drug Administration

<sup>1</sup>Korea Food and Drug Administration

**Abstract** This study was conducted to monitor aflatoxins in various medicinal herbs, providing available data for the safety of those products. To monitor aflatoxins in medicinal herbs, a total of 400 samples of 40 different herbs were collected in commercial retailers in Seoul, Daejeon, Gwangju, Daegu, and Busan from March to August, 2008. The samples that passed the sensory evaluation were tested for aflatoxins. Aflatoxins in samples were analyzed by HPLC-fluorescence coupled with photochemical enhancement. Samples were extracted with 70% methanol and then diluted to the appropriate concentration. A refining process was performed using an immunoaffinity column. The analytical method used in this study was validated. The R<sup>2</sup> value for aflatoxin B<sub>1</sub> was 0.99946, and the detection range was from 0.25 to 10.0 ng/mL. The accuracy of the analysis was ranged from 83.2% to 101.8%. The relative standard deviation (RSD) in the aflatoxin B<sub>1</sub> analysis was 3.4%, demonstrating the precision of this method. In addition, the detection limit and quantitative analysis limit of aflatoxin B<sub>1</sub> was 0.53 µg/kg and 1.76 µg/kg, respectively. These results indicated that the analytical method used in this study was appropriate. The results of HPLC showed that 1% (4 samples) of the samples may contain aflatoxins. The concentration of quantified aflatoxin was 2.3 µg/kg for both *Quisqualis fructus* and *Remotiflori radix* samples. The other samples were below the limit of quantification. Moreover, the concentration of aflatoxin B<sub>1</sub> which is made by specific fungi were below the level of regulation. Only 20% of aflatoxin B<sub>1</sub> were transferred to hot water. Therefore, the levels of aflatoxins in medicinal herbs were considered to be safe especially considering the aflatoxin transfer ratio.

**Key words:** aflatoxin, medicinal herb, mycotoxin

## 서 론

식물, 동물, 광물의 천연산물을 그대로 또는 가공하여 사용하는 생약의 안전성 관리가 중요한 과제로 대두되고 있다. 그동안 일반적으로 생약의 안전성은 잔류농약, 이산화황 및 중금속오염 여부 등을 중심으로 관리하여 왔으나 최근에는 생약에 오염된 곰팡이 독소(mycotoxin) 잔류여부가 생약의 중요한 안전성의 지표로 거론되고 있다. 그 중 아플라톡신은 간에 직접적인 영향을 미쳐 간암을 유발시키는 것으로 곰팡이독소 중에서 가장 발암력이 강한 것으로 알려져 있다. 곰팡이독소 중 아플라톡신은 식품 및 농산물과 관련하여 인간과 가축에게 가장 치명적인 독성을 나타내는 곰팡이독소로서 *Aspergillus* spp. 곰팡이에 의해 생성되며 대표적인 균주로는 *A. flavus*, *A. parasiticus*, *A. nomius*, *A. bombycis*, *A. ochraceoroseus*, *A. pseudotamari* 등이 알려져 있다. 아플라톡신은

주로 고온 다습한 열대나 아열대지방에서 잘 생성되며 수확에서 건조까지 저장기간이 길고, 환기가 불충분할수록 잘 생성된다. 특히, 농산물 중에서는 쌀, 보리, 밀 등의 곡류와 땅콩, 파스타치오, 호두와 같은 견과류, 옥수수 등과 같이 탄수화물 함량이 높은 기질에서 잘 생성되는 것으로 알려져 있다. 아플라톡신은 아플라톡신 B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>, M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub> 등이 대표적이며 현재까지 약 20종의 이성체가 알려져 있다(1). 이들은 무색에서 연노랑색의 결정체로 자외선 하에서 나타내는 형광의 색에 따라 B(blue)균, G(green)균으로 구분되며 동물의 소변과 우유에서 발견되는 M(metabolized)균은 대사물질로서 청자색(blue-violet) 형광을 나타낸다(2,3).

세계 각국에서는 가장 독성이 강한 것으로 알려진 아플라톡신 B<sub>1</sub>에 대해서는 0-30 ppb, 총 아플라톡신에 대해서는 0-50 ppb로 규제하고 있는 것으로 밝히고 있다(3). 우리나라에서는 아플라톡신 B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>의 총합으로서 15 ppb 이하 특히 B<sub>1</sub>은 10 ppb이하로 규제하고 있다. 한편 우리나라의 기후 조건은 아플라톡신 생성에 최적이라고 할 수는 없으나, 외국으로부터의 농산물과 사료용 곡물의 수입량이 증가하고, 국민의 대부분이 곡류 및 곡류 가공식품을 주식으로 하기 때문에 aflatoxin에 노출될 가능성이 높을 것으로 예상된다.

생약의 경우 유럽연합에서는 아플라톡신 B<sub>1</sub> 5 ppb, 총 아플라

\*Corresponding author: Yong-Hoon Kim, Seoul Regional Korea Food and Drug Administration, Seoul 158-050, Korea  
Tel: 82-2-2640-1463  
Fax: 82-2-2640-1364  
E-mail: washout71@kfda.go.kr

Received September 14, 2009; accepted October 24, 2009

특신 10 ppb를 기준으로 정하여 관리하고 있으며, 국내에서는 지난 2009년 6월 생약 등의 잔류오염물질 기준 및 시험방법이 개정되어 감초, 결명자, 도인, 반하, 백자인, 빈랑, 산조인, 원지, 홍화 등 19품목에 대하여 아플라톡신 B<sub>1</sub> 10 ppb 이하의 규격을 적용하여 시행하고 있다. 생약(한약)재의 종류가 500종 이상임을 감안할 때 점차 지속적인 모니터링을 통하여 아플라톡신 오염 우려가 있는 생약 품목을 확대하고 현 고시의 시험법에 관한 보다 과학적인 검증자료를 확보하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 실험재료

서울, 대전, 대구, 광주, 부산 5개 지역에서, 상반기(1차, 3-6월)와 하반기(2차, 7-9월) 두 번에 나누어 구입하였다. 각 지역별로 강활, 개자, 괴각, 금앵자, 내복자, 대풍자, 동과자, 동규자, 만형자, 면실자 등 40종으로 총 400건에 대하여 분석하였다. 다빈도 한약 100종 중 Chung 등(2), Shim 등(3)의 연구에서 조사한 품목

**Table 1. List of herbal medicines for the monitoring of aflatoxins**

Scientific name	No. of samples										Total
	Seoul		Daejeon		Gwangju		Daegu		Busan		
	1 <sup>st</sup>	2 <sup>nd</sup>	1 <sup>st</sup>	2 <sup>nd</sup>	1 <sup>st</sup>	2 <sup>nd</sup>	1 <sup>st</sup>	2 <sup>nd</sup>	1 <sup>st</sup>	2 <sup>nd</sup>	
<i>Osterici radix</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
<i>Brassicae semen</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
<i>Sophorae fructus</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
<i>Rosae laevigatae fructus</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
<i>Raphani semen</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
<i>Hydnocarpus semen</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
<i>Benincasae semen</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
<i>Malvae semen</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
<i>Cannabis semen</i>	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	9
<i>Vitidis fructus</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
<i>Gossypii semen</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
<i>Cynanchi wilfordii radix</i>	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	11
<i>Quisqualis fructus</i>	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	11
<i>Cnidi fructus</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
<i>Zanthoxyli fructus</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
<i>Sparganii rhizoma</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
<i>Acori graminei rhizoma</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
<i>Anethi fructus</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
<i>Kaki calyx</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
<i>Mume fructus</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
<i>Evodiae fructus</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
<i>Linderae radix</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
<i>Arctii semen</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
<i>Achyranthis radix</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
<i>Clematidis radix</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
<i>Cinnamomi cortex spissus</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
<i>Fritillariae thunbergii bulbus</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
<i>Anemarrhenae rhizoma</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
<i>Xanthii fructus</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
<i>Citrii unshiu immaturi pericarpium</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
<i>Gardeniae fructus</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
<i>Alismatis rhizoma</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
<i>Ricini semen</i>	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	9
<i>Coptidis rhizoma</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
<i>Piperis nigri fructus</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
<i>Remotiflori radix</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
<i>Bletillae rhizoma</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
<i>Ampelopsis radix</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
<i>Stemona radix</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
<i>Ginseng radix palva</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
Total											400

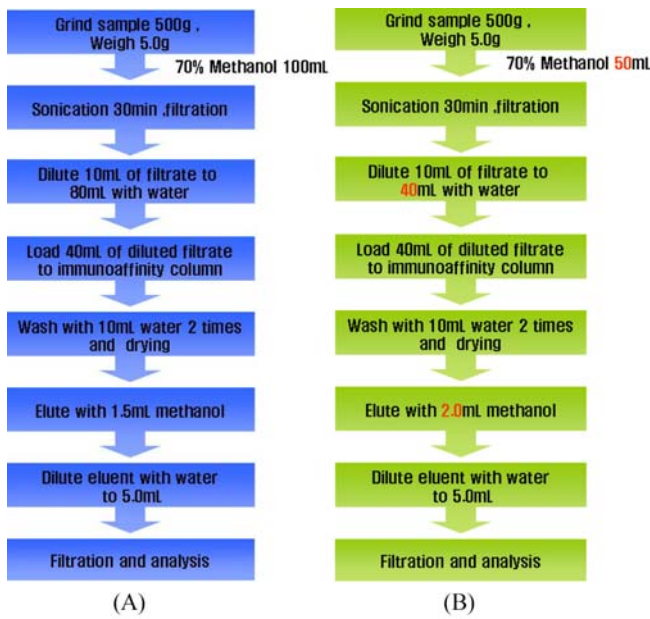


Fig. 1. Aflatoxin sample preparation method using immunoaffinity column. A: Original method from the notification of KFDA. B: The modified method

을 제외하고, 동남아 수입여부, 생약 형태 등을 고려하여 미생물 및 아플라톡신 오염 우려가 높은 종자 생약을 우선 선정하였다. 대상 검체의 목록은 Table 1과 같다. 구입한 검체 중 관능검사를 통과한 진품에 대해서만 실험을 수행하였다.

**표준품 및 시약**

아플라톡신 표준품은 B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>의 혼합표준품(Supelco, Bellefonte, PA, USA)을 사용하였으며, 아세토니트릴(Burdick & Jackson, Muskegon, MI, USA), 메탄올(Burdick & Jackson)은 HPLC grade급을 사용하였다. 시료 정제에는 Afla Test WB (VICAM, Milford, MA, USA)를 사용하였다.

**시료 전처리**

면역친화성 정제칼럼을 사용하는 식품의약품안전청에서 고시한 방법(식품의약품안전청 고시 제2008-4호)된 시험법을 기초로 시험법을 확립하였다. 전처리 방법을 Fig. 1에 도시하였다. 아플라톡신 추출용매량, 전처리시 희석배율과 정제과정 중 용출용매의 양을 변경하여 전처리에 의해 과도하게 희석되는 점을 개선하였다(2-10).

**분석조건**

전처리된 시료를 액체크로마토그래프법으로 분석하였다. 분석조건은 식품의약품안전청에서 고시한 방법을 그대로 사용하였다. Agilent 1100 HPLC(Palo Alto, CA, USA)를 사용하였으며, 검출기는 형광검출기(여기파장: 365 nm, 형광파장: 435 nm)를 사용하였다. 후칼럼 유도체화 장치는 광화학 반응장치 PHRED(AURA industries, New York, NY, USA)를 사용하였다. 칼럼은 Capcell pak C<sub>18</sub> UG120(4.6×250 mm, 5 μm, Shiseido, Tokyo, Japan)를 사용하고 이동상은 아세토니트릴:메탄올:물(2:3:6)을 0.9 mL/분의 유속으로 분석하였으며 주입량은 50 μL였다. Mass spectrometer(MS)를 사용한 분석조건은 HPLC는 Nanospace SI-2(Shiseido)를 MS/MS 검출기는 TSQ Quantum Discovery Max(Thermo

Table 2. HPLC-MS/MS parameters for analysis of aflatoxins

Compound	Q1 mass (amu)	Q3 mass (amu)	Collision energy (eV)
Aflatoxin B <sub>1</sub>	313	241.1	35
		269	35
Aflatoxin B <sub>2</sub>	315	259	25
		287.1	25
Aflatoxin G <sub>1</sub>	329	242.9	25
		310.8	25
Aflatoxin G <sub>2</sub>	331.1	245	30
		313.1	30

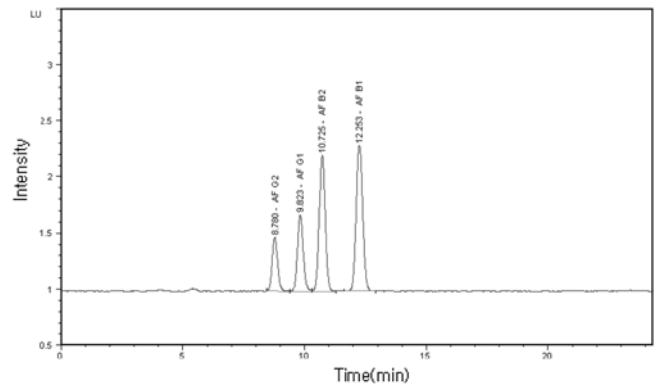


Fig. 2. Chromatogram of aflatoxin standard using HPLC-FLD detector.

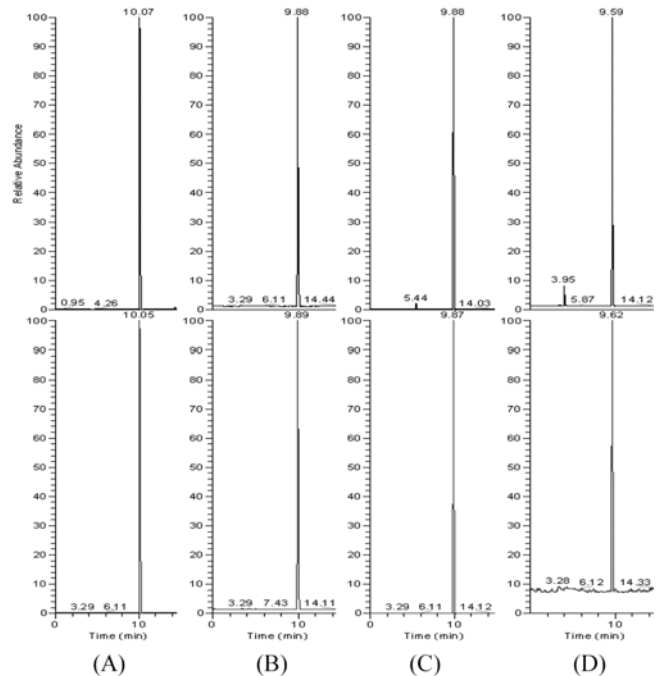


Fig. 3. LC/MS/MS chromatogram of aflatoxin standards. A, aflatoxin B<sub>1</sub>; B, aflatoxin B<sub>2</sub>; C, aflatoxin G<sub>1</sub>; D, aflatoxin G<sub>2</sub>

Electron Co., Waltham, MA, USA)을 이용하였다. Column은 Cadenza 5CD-C<sub>18</sub>(150×2 mm, 5 μm, Imtakt, Kyoto, Japan)를 사용하였으며 이동상은 0.1% formic acid(A)와 formic acid를 아세토

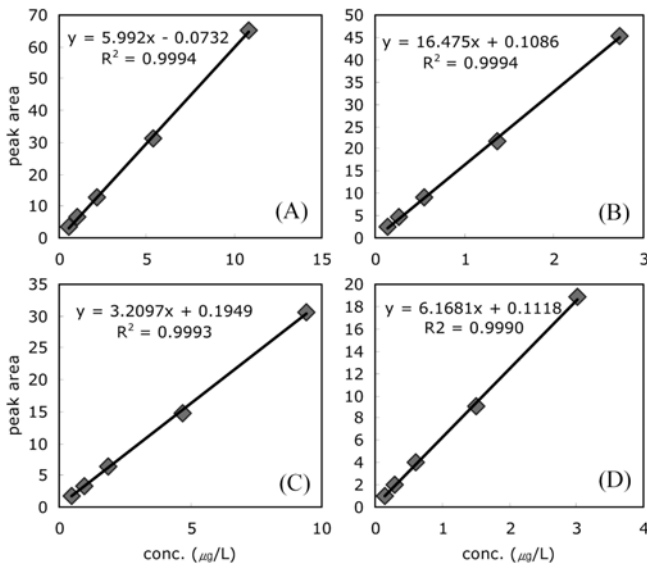


Fig. 4. Standard curves for aflatoxins. A, aflatoxin B<sub>1</sub>; B, aflatoxin B<sub>2</sub>; C, aflatoxin G<sub>1</sub>; D, aflatoxin G<sub>2</sub>

니트릴에 0.1% 되도록 녹인 이동상(B)을 gradient로 분석하였다. gradient 조건은 초기 %B 20%, 4분 %B 60%, 8분 %B 90%, 12분 %B 90%, 15분 %B 20%로 하였으며 유속은 0.3 mL/min 이었다. 주입량은 10 µL였다. MS/MS 조건은 Table 2와 같다(11-13). 형광검출기와 MS/MS 검출기를 사용한 표준품 분석 크로마토그램은 Fig. 2 및 Fig. 3과 같다.

#### 탕제로의 이행률

생약 섭취 모델 중 탕제를 통한 아플라톡신의 이행률을 알아보기 위한 실험을 수행하였다. 실험에 사용하기에 적합한 농도로 아플라톡신이 검출된 검체가 없어 사근자(*Quisqualis fructus*), 제니(*Remotiflori radix*) 및 시라자(*Anethi fructus*)의 음성시료에 아플라톡신을 첨가하여 실험을 수행하였다. 각 생약 약 300 g씩을 분쇄하여 100 g을 비커에 칭량하였다. 아플라톡신 B<sub>1</sub> 기준으로 10 µg/kg가 되도록 spiking한 뒤 냉암소에서 1시간 동안 방치하여 아플라톡신이 조직 내부에 침투하도록 하였다. 증류수 1000 mL을 첨가한 후 엑스제의 제법에 따라 약탕기를 사용하여 80-100°C (평균 95°C)에서 2시간 30분 동안 추출하였다. 추출이 끝난 후 추출액을 1000 mL로 정용한 후 그 중 10 mL을 면역친화성 칼럼에 loading 한 후 동일한 조작으로 정제 후 분석하였다. 각 실험은 2 반복으로 수행하였으며 회수를 보정을 위해 각 sample 마다 70% 메탄올로 추출한 회수를 실험구를 하나씩 병행하여 실험하였다.

## 결과 및 고찰

#### 시험법 유효화

식품의약품안전청에서 고시한 시험법을 기초로 변경한 시험법의 유효화를 실시하였다. 아플라톡신 혼합 표준품을 50% 메탄올로 희석하여 아플라톡신 B<sub>1</sub> 기준으로 0.51, 1.02, 2.04, 5.1, 10.2 µg/L의 농도가 되도록 희석하여 분석용 표준용액으로 사용하여 직선성을 확인하였다(Fig. 4). 실험은 3 반복을 실시하였다. 검출한계와 정량한계는 signal-to-noise 비율을 이용하여 검출한계와 정량한계를 계산하였다(Table 2). 아플라톡신 B<sub>1</sub>의 경우 정량한계가 0.35 µg/L로 전처리로 인해 5배 희석되는 것을 감안하면 약 1.8 µg/

Table 3. Limit of detection (LOD) and limit of quantification (LOQ) of aflatoxins

Compound	Concentration of aflatoxin used (µg/L)	Signal/Noise	LOD (µg/kg)	LOQ (µg/kg)
Aflatoxin B <sub>1</sub>	0.510	14.5	0.53	1.76
Aflatoxin B <sub>2</sub>	0.166	13.6	0.18	0.61
Aflatoxin G <sub>1</sub>	0.505	7.4	1.02	3.41
Aflatoxin G <sub>2</sub>	0.138	5.5	0.38	1.25

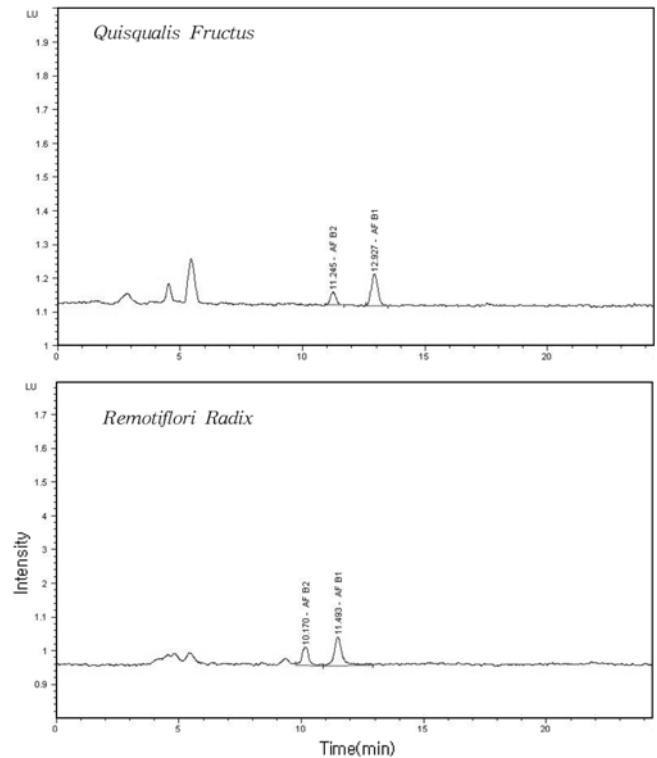


Fig. 5. Chromatograms of aflatoxins detected using fluorescence detector.

kg 수준의 아플라톡신 B<sub>1</sub>을 정량할 수 있는 것으로 나타났다. 아플라톡신 분석에 선택성이 뛰어난 형광검출기를 사용하였을 뿐만 아니라 정제과정에서도 아플라톡신에 특이적으로 반응하는 면역친화성 칼럼을 사용하여 특이성 및 선택성은 매우 우수하였다. 다만 강황의 경우 시료 자체에 의한 간섭으로 분석에 어려움이 있어 LC/MS/MS를 이용하여 분석하는 것이 적합하였다.

정확성 및 정밀성 실험을 위해 개자(*Brassicae semen*), 마인(*Cammabis semen*), 청피(*Citrii unshiu immaturi pericarpium*)에 아플라톡신을 첨가한 후 전처리를 거쳐 분석하였다. 각 실험구는 3 반복으로 실험하였다. 각각의 검체 약 5 g에 아플라톡신 B<sub>1</sub> 기준으로 100 µg/L 농도의 표준품을 0.25, 0.50, 1.0 mL 첨가하여 아플라톡신 B<sub>1</sub> 기준으로 5, 10, 20 µg/kg가 되도록 첨가하였다(아플라톡신 B<sub>1</sub>:B<sub>2</sub>:G<sub>1</sub>:G<sub>2</sub> 농도비=1:0.28:0.88:0.25). 아플라톡신 첨가 후 냉암소에서 1시간 동안 방치하여 첨가한 아플라톡신이 조직 내부로 침투하도록 하였다. 그 후 전술한 전처리방법과 분석법으로 아플라톡신을 분석하였다(Table 3). 아플라톡신 B<sub>1</sub>에 대해서는 각 첨가농도에서 83.2%에서 101.8%의 회수율을 보였다. 최소 80% 이상의 회수율을 보여 data의 신뢰도가 높았으며, data 간의 편차(relative standard deviation, RSD) 또한 3.4% 이하로 정밀성 또한

**Table 4. Recovery of aflatoxins in various herbal medicines**

Herbal medicine	Concentration of aflatoxin added (as aflatoxin B <sub>1</sub> ) <sup>1)</sup>	Recovery (RSD)			
		Aflatoxin B <sub>1</sub>	Aflatoxin B <sub>2</sub>	Aflatoxin G <sub>1</sub>	Aflatoxin G <sub>2</sub>
<i>Brassicae Semen</i>	5 µg/kg	94.3%(1.5%)	105.2%(6.6%)	113.2%(6.4%)	50.6%(3.3%)
	10 µg/kg	91.9%(1.4%)	104.4%(2.9%)	108.6%(3.7%)	55.6%(4.9%)
	20 µg/kg	88.3%(2.4%)	95.5%(5.5%)	105.8%(9.7%)	58.3%(23.4%)
	average	91.5%(3.3%)	101.7%(6.5%)	109.2%(6.8%)	54.8%(14.2%)
<i>Cannabis Semen</i>	5 µg/kg	85.1%(4.0%)	90.8%(2.4%)	95.2%(2.9%)	64.5%(14.1%)
	10 µg/kg	85.8%(3.6%)	91.2%(1.9%)	96.6%(2.3%)	67.9%(9.8%)
	20 µg/kg	83.2%(3.2%)	94.6%(7.5%)	115.4%(14.2%)	85.3%(16.6%)
	average	84.7%(3.4%)	92.2%(4.6%)	102.4%(12.6%)	72.6%(18.2%)
<i>Citrii Unshiu Immaturi Pericarpium</i>	5 µg/kg	101.2%(4.2%)	83.9%(19.5%)	98.7%(2.7%)	ND <sup>2)</sup>
	10 µg/kg	101.8%(2.1%)	83.0%(3.2%)	93.1%(7.0%)	14.2%(22.2%)
	20 µg/kg	99.0%(2.4%)	73.8%(2.1%)	94.6%(4.5%)	12.1%(8.4%)
	average	100.7%(2.9%)	80.2%(12.0%)	95.5%(4.5%)	8.8%(78.0%)

<sup>1)</sup>The concentration ratio of aflatoxins was B<sub>1</sub>:B<sub>2</sub>:G<sub>1</sub>:G<sub>2</sub>=1:0.28:0.88:0.25

<sup>2)</sup>ND: Not detected

**Table 5. List of the samples that contained aflatoxins**

Herbal medicine	Type and concentration of aflatoxin detected (µg/kg)	Acquired region/periode
<i>Quisqualis Fructus</i>	B <sub>1</sub> (1.5) <sup>1)</sup>	Seoul/1st half
<i>Quisqualis Fructus</i>	B <sub>1</sub> 2.3	Kwangju/1st half
	B <sub>2</sub> (0.4)	
<i>Remotiflori Radix</i>	B <sub>1</sub> 2.3	Kwangju/2nd half
	B <sub>2</sub> (0.6)	
<i>Hydnocarpi Semen</i>	B <sub>1</sub> (1.4)	Pusan/2nd half

<sup>1)</sup>The concentrations in the parenthesis mean below the limit of quantification

만족하여 분석에 적합한 것으로 나타났다. 아플라톡신 B<sub>2</sub>와 G<sub>1</sub>의 경우에도 높은 회수율을 보였으며 정밀성 또한 만족할 만한 수준이었다. 하지만 아플라톡신 G<sub>2</sub>의 경우 회수율도 낮을 뿐 아니라 정밀성도 매우 떨어지는 결과를 보였다. 정제에 사용된 면역친화성 칼럼이 아플라톡신 B<sub>1</sub>에 맞춰 설계되어 다른 종류의 아플라톡신, 특히 G<sub>2</sub>에 대해서는 특이적으로 결합하지 못해 이러한 결과를 보인 것으로 사료된다(14,15).

**아플라톡신 모니터링 결과**

구입한 400건의 검체를 유효화 과정을 거친 개선된 방법으로 아플라톡신을 검사하였다. 대부분의 검체에서 아플라톡신이 검출되지 않아 검출된 검체만을 Table 5에 나열하였다. 종자생약인 대풍자(*Hydnocarpi semen*)와 열매생약인 사군자(*Quisqualis fructus*)에서 각각 1건과 2건이 검출되었으며 제니(*Remotiflori radix*)에서 1건 검출되었다. 검출된 양은 모두 2.5 µg/kg 이하의 극미량이었다. 사군자 1건과 제니 1건에서 각각 아플라톡신 B<sub>1</sub>이 2.3 µg/kg가 검출되었으며(Fig. 5) 사군자 1건과 대풍자에서는 정량한계 미만의 아플라톡신이 검출되었다. 정량한계 이상으로 아플라톡신이 검출된 경우가 2건 밖에 없어 지역별, 시기별 차이에 대한 자료를 얻을 수 없었다. 아플라톡신 관리기준이 10 µg/kg인 것에 비해할 때 검출된 사례의 수와 농도가 매우 낮아 생약은 아플라톡신으로 부터 안전하다고 판단되었다. 하지만 아플라톡신이 강한 독성을 갖고 있으므로 지속적인 관리가 필요할 것으로 사료된다.

**Table 6. Carry over of aflatoxins through hot water extraction in various medicinal herbs**

Compound	<i>Quisqualis Fructus</i>	<i>Anethi Fructus</i>	<i>Remotiflori Radix</i>
Aflatoxin B <sub>1</sub>	16.8%	26.5%	17.1%
Aflatoxin B <sub>2</sub>	26.4%	29.3%	21.0%
Aflatoxin G <sub>1</sub>	9.1%	ND <sup>1)</sup>	17.5%
Aflatoxin G <sub>2</sub>	ND	ND	ND

<sup>1)</sup>ND: Not detected

**아플라톡신 이행률 결과**

70% 메탄올로 추출한 실험구에 대한 상대적인 아플라톡신 검출량은 Table 6와 같다. 아플라톡신 B<sub>1</sub>의 경우 약 20% 정도의 이행률을 나타냈다. 생약은 주로 탕제의 형식으로 섭취하므로 아플라톡신에 오염된 생약이라도 일부만이 이행되어 직접 섭취하는 경우에 비해 안전할 것으로 생각된다. 하지만 탕제로 섭취하는 경우에도 이행이 전혀 되지 않는 것이 아니며 아플라톡신의 강한 독성을 감안한다면 안전하다고 할 수 없어 생약의 안전관리에 반드시 고려해야할 사항이다.

**요 약**

고시된 아플라톡신 시험법의 정량한계, 검출한계를 개선한 분석법을 유효화하였으며, 개선한 분석법으로 강활, 개자 등의 생약 400개의 시료를 분석하였다. 사군자와 제니 각 1건에서 아플라톡신 B<sub>1</sub>이 각 2.3 µg/kg 검출되었으며, 사군자와 대풍자 1건에서 정량한계 미만의 아플라톡신이 검출되었다. 탕제로의 이행률은 아플라톡신 B<sub>1</sub>의 경우 약 20% 정도의 이행률을 나타냈다. 아플라톡신 B<sub>1</sub> 기준치보다 낮게 검출되어 현재까지는 아플라톡신으로부터 안전한 것으로 판단되었다.

**문 헌**

1. Bacaloni A, Cavaliere C, Cucci F, Foglia P, Samperi R, Lagana A. Determination of aflatoxins in hazelnuts by various sample preparation methods and liquid chromatography-tandem mass

- spectrometry. *J. Chromatogr. A.* 1179: 182-189 (2008)
2. Chung DH, Park SJ, Shim WB, Yang ZY, Kim JY, Thoungrussamee T, Jiratpong T, Choi JG, Je JH, Gang YF, Jeon YG, Yu SH, Kim KY. Study on the establishment of mycotoxin standard in herbal medicine. *The Annual Report of KFDA, Korea.* 10: 589-590 (2006)
  3. Shim WB, Park SJ, Seo JA, Chung DH. Study of mycotoxin in herbal medicine. *The Annual Report of KFDA, Korea.* 11: 775-776 (2007)
  4. Autrup JL, Schmidt J, Autrup H. Exposure to aflatoxin B<sub>1</sub> in animal-feed production plant workers. *Environ. Health Persp.* 99: 195-197 (1993)
  5. Papadopoulou-Bouraoui A, Stroka J, Anklam E. Comparison of two post-column derivatization systems, ultraviolet irradiation, and electrochemical determination, for the liquid chromatographic determination of aflatoxins in food. *J. AOAC Int.* 83: 411-416 (2002)
  6. Waltring AE, Wilson D. Liquid chromatographic analysis of aflatoxin using post-column photochemical derivatization: Collaborative study. *J. AOAC Int.* 89: 678-692 (2006)
  7. Trucksess M, Weaver C, Oles C, D'ovidio K, Rader J. Determination of aflatoxins and ochratoxin A in ginseng and other botanical roots by immunoaffinity column cleanup and liquid chromatography with fluorescence detection. *J. AOAC Int.* 89: 624-630 (2006)
  8. Tavacar-Kalcher G, Vrtac K, Pestevsšk U, Vengušt A. Validation of procedure for the determination of aflatoxin B<sub>1</sub> in animal liver using immunoaffinity columns and liquid chromatography with postcolumn derivatation and fluorescence detection. *Food Control* 18: 333-337 (2007)
  9. Wang Y, Chai T, Lu G, Quan C, Duan H, Yao M, Zucker BA, Schlenker G. Simultaneous detection of airborne aflatoxin, ochratoxin and zearlalenone in a poultry house by immunoaffinity clean-up and high-performance liquid chromatography. *Environ. Res.* 107: 139-144 (2008)
  10. Nilüfer D, Boyacıoğlu D. Comparative study of three different methods for the determination of aflatoxins in tahini. *J. Agr. Food Chem.* 50: 3375-3379 (2002)
  11. Cho SH, Lee CH, Jang MR, Son YW, Lee SM, Choi IS, Kim SH, Kim DB. Aflatoxins contamination in spices and processed spice products commercialized in Korea. *Food Chem.* 107: 1283-1288 (2008)
  12. Edinboro LE, Karnes HT. Determination of aflatoxin B<sub>1</sub> in sidestream cigarette smoke by immunoaffinity column extraction coupled with liquid chromatography/mass spectrometry. *J. Chromatogr. A* 1083: 127-132 (2005)
  13. Ventura M, Gomez A, Anaya I, Diaz J, Broto F, Agut M, Comellas L. Determination of aflatoxins B<sub>1</sub>, G<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, and G<sub>2</sub> in medical herbs by liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *J. Chromatogr. A* 1048: 25-29 (2004)
  14. Gobel R, Rusky K. Simultaneous determination of aflatoxins, ochratoxin A, and zearlalenone in grains by new immunoaffinity column/liquid chromatography. *J. AOAC Int.* 87: 411-416 (2004)
  15. Devi KT, Mayo MA, Reddy KL, Delfosse P, Reddy G, Reddy SV, Reddy DV. Production and characterization of monoclonal antibodies for aflatoxin B<sub>1</sub>. *Lett. Appl. Microbiol.* 29: 284-288 (1999)