J. Fd Hyg. Safety
Vol. 26, No. 4, pp. 315~321 (2011)

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

유통생약의 아플라톡신 모니터링

박승영 · 문현주 · 조수열 · 이준구 · 이화미 · 송지영 · 조옥선 · 조대현*
경인지방식품의약품안전청 유해물질분석과

Monitoring of Aflatoxins on Commercial Herbal Medicines

Seung Young Park, Hyun Ju Moon, Soo Yeul Cho, Jun Gu Lee, Hwa Mi Lee,
Ji Young Song, Ok Sun Cho, and Dae Hyun Cho*
Hazard Substances Analysis Division, Gyeongin Regional Korea Food & Drug Administration
(Received October 29, 2010/Revised March 14, 2011/Accepted October 5, 2011)

ABSTRACT - This study was performed to investigate contamination levels of aflatoxins, the secondary metabolites produced by fungi *Aspergillus flavus* and *A. parasiticus*, in herbal medicine. Herbs is susceptible to these fungi infections through its growth harvest, transport and storage. This study determine the aflatoxin B_1, B_2, G_1 and G_2 levels by HPLC-florescence detector coupled with photochemical enhancement in 558 samples herbal medicine distributed in Korea and China. Also, We checked a transfer ratio of aflatoxins from raw herbal medicines to herbal medicine extract. Hot water extraction of herbal medicines was prepared by air pressure and high pressure condition. The analytical method for aflatoxins was validated in this method. In results recoveries of the analytical method were ranged from 67.4% to 96.2% and, limits of detection and quantitation for aflatoxins were 0.015~0.138 μg/kg and 0.046~0.418 μg/kg, respectively. According to the results of monitoring on aflatoxins in herbal medicine, aflatoxins 1.7 ug/kg B_1 and 0.9 ug/kg G_1 were detected in only one sample of *Strychni Ignatii* Semen, and 0.8 ug/kg G_1 in *Strychni* Semen. About 13.6~51.3% of aflatoxins were transferred to hot water extract. Although the detected levels are under the permitted levels for aflatoxins in herbal medicine, these amounts should be considered in regard to overall daily exposure to mycotoxins.

Key words: mycotoxin, aflatoxin, herbal medicines, monitoring, HPLC

곰팡이독소(mycotoxin)는 곰팡이가 생성하는 2차 대사산물로 현재까지 구조가 밝혀진 것은 300~400여 종으로, 식품 및 그 원료에서 문제가 되는 것은 aflatoxin, ochratoxin, patulin, fumonisin, deoxynivalenol, nivalenol, zearalenone 등이 있다. 곰팡이 독소는 독성을 나타내는 기관에 따라 간세포독소(hepatotoxin), 신장독소(nephrotoxin), 신경독소(neurotoxin) 및 면역독소(immunotoxin)로 나누어 진다. 이 중, 아플라톡신(Aflatoxin)은 간에 직접적인 영향을 미쳐 간암을 일으키는 간세포독소로 국제암연구소(International Agency for Research on Cancer, IARC)에서 인체발암물질 group 1로 분류하고 있다. 식품 및 농산물과 관련하여 인간과 가축에게 가장 치명적인 독성을 나타내는 독소로 *Aspergillus. flavus* 및 *Aspergillus. parasiticus* 등의 진균류에 의해 생성된다. 주로 온도 28~30ºC, 상대습도 80~85% 조건의 고온다습한 열대나 아열대지방에서 잘 생성되며 수확에서 건조까지 저장기간이 길고 환기가 불충분할수록 잘 생성된다. 땅콩, 쌀, 보리, 밀, 옥수수 등 탄수화물 함량이 높은 기질에서 잘 생성되는 것으로 알려져 있다[1-4].

아플라톡신은 75개국 이상에서 규제되고 있으며, 식품에서는 일반적으로 아플라톡신 B_1 및 총 아플라톡신에 대하여 각각 5 ppb, 10 ppb가 설정 되어있고, EU는 2 ppb, 4 ppb로 규제하고 있다[5]. 우리나라는 아플라톡신 B_1에 대해서만 식품 및 농산물은 10 ppb, 사료에 대해서는 50 ppb 이하로 규정하고 있었으나, 2009년 3월부터 식품 중 총 아플라톡신을 15 ppb 이하로 규격을 강화하였다[6].

생약은 식물, 동물, 광물의 천연산물을 그대로 또는 가공하여 질병 치료에 사용하고 있으며, 건강기능식품의 원료로 이용되기도 한다. 이들 생약으로 가공된 건강기능식품은 세계적으로 인기가 높아 기하급수적으로 판매되고 있으며 특히, 우리나라 한약 소비자의 대다수는 한약에 대해 매우 긍정적으로 인식하고 있다[7-8]. 한약에 대한 수요

*Correspondence to: Dae Hyun Cho, Hazard Substances Analysis Division, Gyeongin Regional Korea Food & Drug Administration, 217 Juanyeok-Gil, Nam-Gu, Incheon 402-835, Korea
Tel: 82-32-450-3251, Fax: 82-32-429-3388
E-mail: dhcho05@korea.kr

가 증가함에 따라, 값이 싸고 비교적 규제와 감시가 용이한 수입 생약이 국내 유통의 70~80%를 차지하고 있다.

탄수화물이나 섬유소 성분은 유통・저장 중에 곰팡이 오염의 원인이 되어, 아플라톡신을 비롯한 각종 곰팡이 독소의 관리가 중요한 문제로 대두되고 있다. EU에서는 생약에 대하여 아플라톡신 B_1은 5 ppb, 총 아플라톡신은 10 ppb 이하로 관리하고 있다. 현재 국내에서는 생약의 아플라톡신 기준 규격 설정을 위해 163 품목에 대한 모니터링 연구를 진행하여 왔다[9,10]. 우선 2006년과 2007년의 연구에서 113 품목을 모니터링한 결과를 바탕으로 19품목(감초, 결명자, 도인, 반하, 백자인, 빈랑자, 산조인, 원지, 홍화, 괄루인, 귀판, 목과, 백편두, 연자육, 울금, 육두구, 지구자, 파두, 행인)의 생약에 대하여 아플라톡신 B_1을 10 μg/kg이하로 설정되었다[11,12]. 그러나 대한 약전 및 대한약전외 생약규격집에 등록되어 있는 생약의 종류가 500 품목 이상임을 고려 할 때, 지속적인 모니터링을 통해 새로운 품목에 대한 기준 설정을 할 필요성가 있다. 따라서 본 연구에서는 아플라톡신 오염 우려가 있는 생약의 곰팡이독소 허용기준 설정을 위하여 모니터링을 실시하였다.

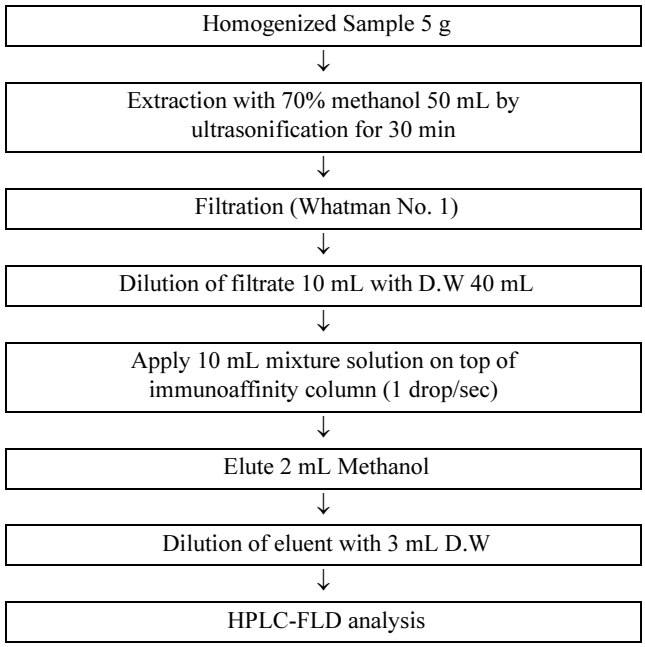

Fig. 1. Scheme of sample preparation for analysis of total aflatoxin in herbal medicine.

재료 및 방법

시료 채취

국내에서는 서울, 충청, 대구, 광주, 부산에서 한약재 도・소매점을 중심으로 상반기(3~6월)와 하반기(7~9월)로 나누어 구입하였고, 중국에서는 세계 최대 약제시장이 있는 베이징과 시안에서 구입하였다. 분석에 사용된 생약은 이전[9,10]의 연구에서 조사한 품목을 제외하고 종자, 뿌리, 열매, 기타로 구분하였으며 대상 시료는 Table 1과 같다. 대상 시료는 관능검사를 거쳐 진품으로 확인된 것만 실험에 사용하였다.

시약 및 재료

시험에 사용한 표준품은 아플라톡신혼합액(Aflatoxin Mix varied in benzene: acetonitrile(98:2), Supelco)으로 B_1, B_2, G_1, G_2가 포함된 것을 사용하였으며 용매로서 메탄올(HPLC grade, Burdick & Jackson, Seoul, Korea), 아세토니트릴(acetonitrile, HPLC grade, Burdic & Jackson)이 사용되었고, 시료 전처리와 이동상에 사용되는 물은 초순수를 사용하였다. 아플라톡신 면역친화성칼럼(Immuno affinity column)은 Afla Test™ WB (VICAM)를 사용하였다.

실험방법

시료전처리

검체 500~600 g을 균질화 한 후 약 5.0 g을 정밀하게 달아 70% 메탄올 50 mL를 넣고 30 분간 초음파 추출한 다음 여과지(Whatman No.1)로 여과하였다. 이 여액에 70% 메탄올로 50 mL가 되게 정용하고, 이 액 10 mL를 정확하게 취한 후, 40 mL가 되게 물로 희석하여 추출액으로 사용하였다. 추출액 40 mL 전량을 아플라톡신용 면역친화성 컬럼에 흡착시키고, 물 10 mL를 분당 3 mL의 유속으로 2회 세척 후 메탄올 2 mL로 용출하였다. 이 용출액은 물로 5 mL가 되도록 정용한 후 0.45 μm 필터로 여과하여 HPLC-FLD(PHRED)로 분석하였다(Fig. 1).

기기분석조건

아플라톡신은 정량분석하기 위해 컬럼 후 유도체화 장치(PHRED: 광화학반응장치. Aura Industries, Inc., Nwe yock, USA)가 장착된 HPLC-FLD (Shiseido, Japan)를 사용하여 정량하였고 사용된 용매 및 기기조건은 Table 2와 같다. 또한 HPLC-FLD로 아플라톡신이 검출된 시료는 LC/MS/MS로 [API 4000 Qtrap mass spectrometer (Applied Biosystems, USA)]로 확인하였다. 아플라톡신 표준액 20 ppb를 먼저 질량분석기에 주입하여 scan 모드에서 각 표준성분에 적합한 이온화 모드와 분자이온을 찾은 후 그 모드에서 정량 충돌에너지를 가하여 분자이온을 딸이온(쪼개짐이온)으로 쪼개고 에너지별 쪼개짐과 딸이온의 세기를 비교하여 최적의 딸이온이 생성하는 충돌에너지 및 기타 파라미터를 저장하여 MRM(Multiple reaction Monitoring) 조건을 확립하였다. 이상과 같이 확립한 MRM 조건과 HPLC-FLD의 분리조건을 조합하여 분석하였으며, 이때의 기기 조건은 Table 2에 나타내었다.

Table 1. The regional list of collecting samples used for analysis

	Scientific Name	Korea				China			Total
		S.(1)	C.(2)	G.(3)	D.(4)	B.(5)	C.B.(6)	C.X.(7)	
Seed	*Euryale Seed*	2	2	2	2	2	1	1	12
	Pharbitis Seed	2	2	2	2	2	1	1	12
	Allituberosi Semen	2	3	2	2	2	1	1	13
	Citriunshiu Semen	3	1	2	2	1	1	1	11
	Impatientis	2	1	2	1	2	1	1	10
	Momordicae Semen	3	1	1	2	1	1	1	10
	Strychni Ignatii Semen	2	1	2	2	1	0	0	8
	Torreyae Semen	3	1	2	2	3	1	1	13
	Astragali Semen	3	1	2	1	2	1	1	11
	Euphorbiae Lathyridis Semen	3	1	2	2	2	1	0	11
	Lini Semen	3	2	2	0	2	1	1	11
	Perillae Semen	2	3	1	2	2	1	1	12
	Phaseoli Angularis Semen	3	2	2	2	2	1	1	13
	Drabae Semen	3	1	2	1	2	1	1	11
	Celosiae Semen	3	1	2	2	2	1	1	12
	Leonuri Semen	3	1	1	2	2	1	1	11
	Pini Koraiensis	2	1	1	2	2	1	0	9
	Trigonellae Semen	3	1	2	2	2	1	1	12
	Strychni Semen	3	0	2	2	1	1	1	10
Root	*Euphorbia kansui*	2	1	2	2	3	1	1	12
	Sophora Root	2	3	3	2	2	1	1	14
	Sinomenium Stem and Rhizom	2	3	2	2	2	0	0	11
	Kaempferiae Rhizoma	0	1	3	1	1	1	1	8
	Cremastrae Tuber	2	1	1	2	2	0	0	8
	Phytolaccae Radix	3	1	1	3	2	1	1	12
	Mulberry Root Bark	2	3	2	3	2	1	1	14
	Curcumae Rhizoma	2	2	2	2	2	1	1	12
	Polygonatiodorati Rhizoma	2	3	2	2	2	1	1	13
	Gypsophilae	2	1	2	2	2	1	1	11
	Lithospermum Root	2	3	2	2	2	1	1	13
	Rhei Undulatai Rhizoma	2	3	2	2	1	0	0	10
	Lycium Root Bark	2	2	2	2	2	1	1	12
	Isatidis Radix	3	1	2	2	2	1	1	12
Fruit	*Liquidambaris Fructus*	3	1	2	1	2	1	1	11
	Luffae Fructus Retinervus	3	1	2	2	2	1	1	12
	Mori Fructus	2	1	2	2	2	1	0	10
	Ligustri Fructus	2	2	2	2	2	1	1	12
	Rosae Fructus	3	1	2	2	2	0	0	10
	Akebiae Fructus	3	1	1	1	1	1	1	9
	Broussonetiae Fructus	4	1	2	2	2	1	1	13
	Gleditsiae Fructus	3	1	0	2	2	1	1	10
	Meliae Fructus	2	2	2	2	2	1	1	12
	Cubebae Fructus	2	1	2	0	2	1	1	9
	Carpesii Fructus	1	1	1	2	1	0	0	6
Other	*Melonis Pedicellus*	3	1	2	2	2	0	1	11
	Akebiae Caulis	2	1	2	2	2	0	0	9
	Viscum album L	2	2	2	3	2	1	1	13
	Cynomorii Herba	2	2	2	2	2	1	1	12
	Ganoderma	3	1	2	2	3	1	1	13
	Leonurus Herb	2	2	2	2	2	1	1	12
Total									558

(1) Seoul, (2) Chungcheong (Geumsan, Jecheon), (3) Gwangju, (4) Daegu, (5) Busan, (6) Beijing, (7) Xi-an

Table 2. HPLC operating conditions for analysis of aflatoxins

Parameters	Conditions
Instrument	Nanospace I System (Shiseido, Japan)
Detector	FLD (Em : 345, Ex: 456)
Column	Capcell pak-C_{18} (5 μm, 4.5 mm × 250 mm)
Mobile phase	ACN : MeOH : D.W = 2 : 3 : 6
Flow rate	1.0 ml/min
Injection volume	20 μl
Column oven temperate	40°C

탕제 조제 시 아플라톡신 이행률

생약을 탕액으로 조제 시 아플라톡신이 탕액으로 이행되는 정도를 알아보고자 대상 생약으로 모니터링 결과를 고려하여 보두로 선정하였다. 모니터링 결과 아플라톡신이 검출되지 않은 보두를 대상으로 탕액 조제시 곰팡이독소 이행률을 다음과 같은 방법[13]으로 확인하였다. 먼저 시료 10 g 을 칭량하여 아플라톡신 혼합액(B_1: B_2: G_1: G_2 = 1: 0.28: 0.94: 0.28)을 아플라톡신 B_1기준으로 저농도와 고농도로 각각 2, 10 μg/kg으로 오염시킨 뒤 24시간 동안 암소에 방치시켰다. 그 후 3차 증류수 100 mL를 가하여 무압력(1기압, 100°C)과 압력(1.2기압, 121°C)조건에서 각각 2시간 30분과 1시간동안 가열하여 탕액을 조제하였다[13]. 조제된 탕액은 Watman No.1으로 여과하여 감압농축 후 아플라톡신 전처리 과정을 거쳐 HPLC-FLD로 분석하였다.

결과 및 고찰

검출한계, 정량한계 및 회수율

검출한계와 정량한계는 signal/noise 비율을 각각 3과 10으로 하여 산출하였고 그 결과는 Table 4와 같다. 아플라톡신 분석법에 대한 회수율을 측정하기 위해 종자(검인),

Table 4. Limit of detection (LOD) and Limit of quantification (LOQ) of aflatoxins

	LOD(μg/kg)	LOQ(μg/kg)
Aflatoxin B_1	0.138	0.418
Aflatoxin B_2	0.015	0.046
Aflatoxin G_1	0.033	0.100
Aflatoxin G_2	0.043	0.133

Table 3. LC/MS/MS operating conditions for analysis of aflatoxins

Instrument	Parameters	Conditions		
HPLC	Column	Shiseido Capcell pak-C18 (5 um, 4.5 mm × 150 mm)		
	mobile phase	A:10mM ammonium formate 0.1% formic acid		
		B: ACN		
		Gradient condition		
		time (min)	A(%)	B(%)
		0	80	20
		2	80	20
		3	30	70
		6	0	100
		7.5	0	100
		8	80	20
		10	80	20
	Flow rate	0.2 mL/min		
	Injection volumn	2.0 ul		
LC/MS/MS	Ionization mode	ESI, positive mode		
	Detection	Q1	Q3	DP[1]
	Aflatoxin B1	313.0	285.1 269.1 287.1	100
	Aflatoxin B2	315.10	287.2 259.2 243.1	100
	Aflatoxin G1	329.1	200.1 243.2	100
	Aflatoxin G2	331.13	245.2 257.10	100
Ion spray voltage		4500 eV		

[1]Declustering potential

Table 5. Recoveries of aflatoxins in various herbal medicines

	Seed (*Euryale Seed*)	Root (*Sophora Root*)	Fruit (*Ligustri Fructus*)	Etc. (*Visci Herba*)
Aflatoxin B_1	79.8 ± 8.1	82.7 ± 3.0	72.3 ± 5.4	67.4 ± 1.9
Aflatoxin B_2	90.2 ± 4.6	96.2 ± 2.9	76.9 ± 6.3	74.2 ± 3.2
Aflatoxin G_1	87.5 ± 6.3	85.0 ± 4.0	70.3 ± 0.8	74.9 ± 6.3
Aflatoxin G_2	76.7 ± 3.7	81.9 ± 1.6	71.3 ± 5.2	72.7 ± 4.1

뿌리(감수), 열매(여정실), 기타(곡기생) 생약으로 구분하여 측정하였다. 각 시료 5 g에 아플라톡신 B_1을 기준으로 10 μg/kg이 되도록 혼합표준용액(아플라톡신 B_1: B_2: G_1: G_2 농도비 = 1: 0.28: 0.94: 0.28)을 가하여 1시간 방치한 후 시험방법에 따라 3회 반복 실험하였으며 그 결과는 Table 5와 같다. 아플라톡신의 회수율은 종자생약인 감수에서 76.8~90.2%, 뿌리 생약인 감수에서 81.9~96.2%, 열매생약인 여정실은 70.3~76.9%, 기타생약인 곡기생에서 67.4~74.9%의 회수율을 보였다.

아플라톡신 모니터링 결과

국내 유통생약 474 시료와 중국 유통생약 83 시료에서는 아플라톡신이 검출되지 않았고 국내 유통생약 2 시료에서 아플라톡신이 검출되었다. 아플라톡신이 검출된 시료는 모두 종자생약이었으며, 보두(*Strychni Ignatii* Semen)에서는 아플라톡신 B_1, G_1이 각각 1.7 μg/kg, 0.9 μg/kg, 호미카(*Strychni* Semen)에서는 아플라톡신 G_1이 0.8 μg/kg 검출되었다(Table 6). 생약에서 검출된 아플라톡신의 확인시험은 LC/MS/MS로 재확인 하였으며 그 결과는 Fig. 2와 3에 나타냈다. 현재 생약의 곰팡이독소 허용기준이 아플라톡신 B_1 10.0 μg/kg 이하임을 고려 할 때 기준 이하의 결과이다. 검출된 시료의 수와 검출량이 적어 구입 시기 및 지역별 차이에 대한 자료를 얻을 수는 없었다.

Table 6. Levels of aflatoxins herbal medicine detected in sample

	Strychni Ignatii Semen(보두)	*Strychni* Semen(호미카)
Aflatoxin B_1	1.7	*N.D.
Aflatoxin B_2	*N.D.	*N.D.
Aflatoxin G_1	0.9	0.8
Aflatoxin G_2	*N.D.	*N.D.

*N.D.(Not detected)

아플라톡신이 검출된 생약은 모두 종자생약 이었으며, 이는 아플라톡신이 주로 종자류 생약에서 검출된다는 이전 연구 결과와 유사하다[14-16].

아플라톡신 이행률 결과

보두에 아플라톡신을 저농도로 첨가하여 이행률을 조사한 결과 압력조건에 관계없이 아플라톡신(B_1, B_2, G_1, G_2)은 검출되지 않았고, 고농도로 첨가한 탕액에서 아플라톡신 이행률은 Table 7과 같다. 무압력 상태에서 아플라톡신 B_1, B_2가 각각 44.8, 51.3%가 이행이 되었고, G_1, G_2는 각각 15.7, 13.6%가 이행되어 아플라톡신 B 그룹이 G 그룹보다 더 높은 이행률을 보였다. 압력을 가한 경우에는 B_1, B_2가 각각 22.5, 30.6%가 이행이 되었고, G_1, G_2는 각각 약 16, 14%가 이행되어 무압력 조건과 같이 아플라톡신

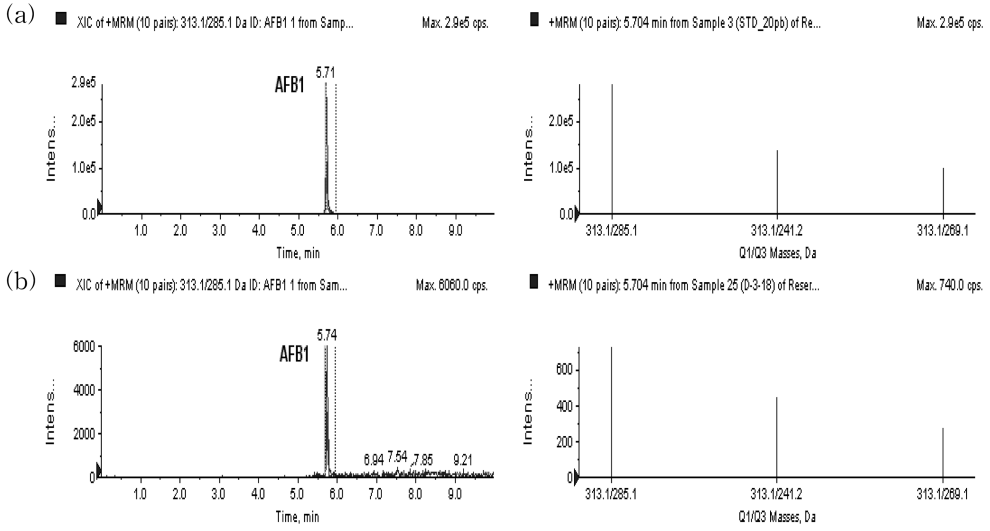

Fig. 2. MS spectra of (a) aflatoxin B_1 standard and (b) *Strychni Ignatii* Semen by LC/MS/MS.

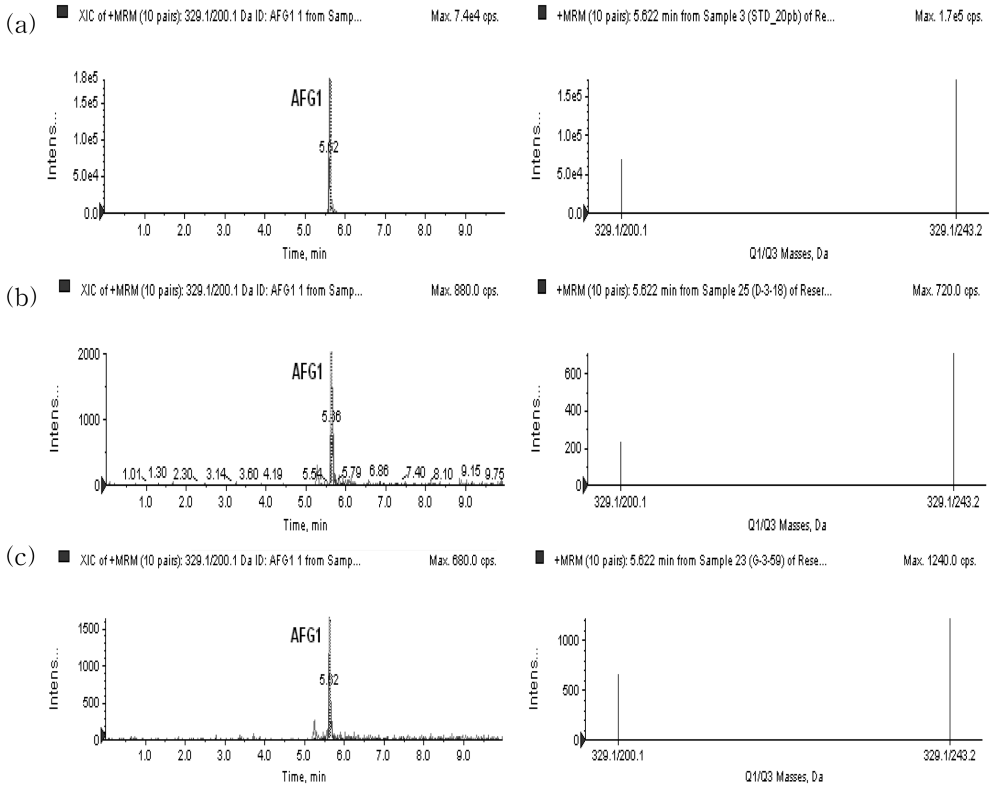

Fig. 3. MS spectra of (a) aflatoxin G_1 standard, (b) *Strychni Ignatii* Semen and (c) *Strychni* Semen by LC/MS/MS.

Table 7. Extraction ratio of aflatoxins from *Strychni Ignatii* Semen spiked aflatoxins

Pressure	Aflatoxin B_1		Aflatoxin B_2		Aflatoxin G_1		Aflatoxin G_2	
	μg/kg	%	μg/kg	%	μg/kg	%	μg/kgg	%
Air	4.3 ± 0.3	44.8 ± 7.6	1.6 ± 0.2	51.3 ± 6.4	1.6 ± 0.5	15.7 ± 5.3	0.4 ± 0.1	13.6 ± 4.3
High	2.2 ± 0.2	23.3 ± 1.6	0.6 ± 0.0	19.4 ± 1.0	N.D.	-	N.D.	-

B그룹이 G그룹 보다 이행률이 높은 경향을 보였다.

2006년 한국인의 한약재 복용실태조사 연구에 따르면 한의원에서 처방해주는 한약 형태의 약 82%가 탕약이었다. 따라서 본 연구에서는 생약의 탕액 조제 과정에서 압력조건과 아플라톡신의 양을 달리하여 탕액으로 추출했을 때 탕액으로 아플라톡신이 이행되는 정도를 알아보고자 하였다. 아플라톡신 2 μg/kg로 오염시켰을 때 압력조건의 차이 없이 아플라톡신이 이행되지 않았지만, 아플라톡신 10 μg/kg로 오염시켰을 때, 무압력 조건에서 아플라톡신이 13.6~51.3%가 이행되었다. 비록, 아플라톡신이 물에 거의 녹지 않지만, 용해되지 않은 상태로도 탕액으로 이행이 가능한 것으로 생각된다.

무압력과 압력 조건에서 탕액 조제 시 무압력 상태에서 상대적으로 아플라톡신의 이행률이 낮은 경향을 보였는데, 이는 압력 조건에서 탕액 조제 시 오클라톡신과 제랄레논의 이행도가 감소하는 결과[13]와 일치한다. 또한 아플라톡신으로 오염시킨 쌀에서 압력을 가해 튀기기를 하였을 시 아플라톡신을 파괴시킨다는 의견[17]이 있기는 하나, 압력조건에서 탕액 조제 시 압력 증가에 따른 온도 상승 및 기체운동성의 증가와 아플라톡신의 파괴와 관련해서 더 많은 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

요 약

아플라톡신은 *Aspergillus flavus* 와 *A. parasiticus.*에 의해 생성되는 독소대사산물로 강력한 발암성물질로서 땅콩, 옥수수, 쌀, 보리 등 탄수화물이 주성분인 곡류가 그 기질로 알려져 있으며 생약에서도 검출된 보고가 있다. 본 연구는 아플라톡신(B_1, B_2, G_1, G_2) 모니터링을 통해 생약의 곰팡이 독소 허용 기준 마련을 위한 기초 자료로 활용하고자 한다. 모니터링을 위해 국내(5개 지역)와 중국(2개 지역)에서 유통 중인 생약 50품목의 558시료를 수거하였다. 수거한 시료는 관능검사를 거쳐 적합한 시료를 선정하여 실험에 사용하였다. 아플라톡신 분석은 시료를 70% 메탄

올로 추출하여 면역친화성 칼럼으로 정제한 후, 칼럼 후 유도체화 장치(PHRED)가 장착된 HPLC-FLD로 분석하였다. 아플라톡신 분석을 위해 시험법을 검증하였다. 그 결과 검출한계와 정량한계는 각각 0.015~0.138 μg/kg, 0.046~0.418 μg/kg였으며 회수율은 67.4~96.2%로 나타났다. 검증된 시험법으로 국내와 중국에서 유통 중인 생약을 대상으로 모니터링 한 결과, 생약 2건(보두, 호미카)에서 아플라톡신(B_1, G_1)이 검출되었다. 보두에서는 아플라톡신 B_1이 1.7 μg/kg, G_1이 0.9 μg/kg이 검출되었고, 호미카에서는 G_1이 0.8 μg/kg 검출되었다. 또한 생약의 주 복용 형태인 탕액으로 조제 하였을 때, 아플라톡신의 이행정도를 알아보고자 생약에 아플라톡신을 오염시키고 무 압력과 압력 조건에서 열수 추출 하였다. 탕액 조제 시 아플라톡신의 이행률은 무압력 조건에서 13.6~51.3%였다.

참고문헌

1. Jaimez J., Fente C.A., B.I. Vazquez, Franco C.M., Cepeda A., Mahuzier G., Prognon P.: Application of the assay of aflatoxins by liquid chromatography with flouresence detection in food analysis., *J. chromatogr. A*, **882**, 1-10 (2000).
2. Smith J. E. and Moss M. O.: Mycotoxins, formation, analysis and significance. John Wiley & Sons, New York, 133-137 (1985).
3. Martins, M., Tins, H. I. & Bernardo, f.,: Aflatoxins in marketed spices in Portugal., *Food Addit. Contam.*, **1**, 63-67 (2001).
4. Reddy, S.V., Kiran, Mayi D., Uma, Reddy M., Thrumala-Devi, K., Reedy, D. V. R.,: Aflatoxins B1 in different grades of chillies (*capsicum annum L.*) in India as determined by indirect competive-ELISA., *Food Addit. Contam.*, **18**, 55-558 (2001).
5. Van Egmond, H.P., Jonker, M.A.,: Current situation on regulation for mycotoxins. In Yoshizawa, T., Kumagai, S., Goto, T. (Eds), New Horizon of Mycotoxicology for Assuring Food Safety., *Japaneses Association of Mycotoxicol. Tokyo*, 1-15 (2004).
6. 식품의약품안전청: 식품공전 (2009).
7. Joshi, B.S., Kaul, P.N.,: Alternative medicine: Herbal drug and their critical appraisal part 1., *Prog. Drug res.* **56**, (2001).
8. 이종태 등: 한국인의 한약재 복용실태 조사연구., 식품의약품안전청 연구보고서, (2006).
9. 정덕화 등: 생약의 유해물질 기준 제・개정을 위한 연구 (II) - 생약의 곰팡이 독소 기준 설정 연구., 식품의약품안전청 연구보고서, (2006).
10. 정덕화 등: 생약의 곰팡이 독소에 관한 연구 - 유통 생약의 진균/곰팡이독소 모니터링., 식품의약품안전청 연구보고서, (2007).
11. 식품의약품안전청: 식품의약품안전청고시 제2008-4호 (2008).
12. 식품의약품안전청: 식품의약품안전고시 제 2009-35호 (2009).
13. 정덕화 등: 생약(한약) 유해물질 연구 - 기기분석을 이용한 생약 중 곰팡이독소 분석법 확립., 식품의약품안전청 연구보고서, (2008).
14. Rief, K., Metxger, W.,: Determination of aflatoxins in medical herbs and plant extracts., *J. Chromatogr. A,* **692**, 131-136 (1995).
15. Ventra, M., Gomez, A., Anaya, I., Diaz, J., Broto, F., Agut, M., Comellas, L., Determination of aflatoxins B1, B2, G1 and G2 in medical herbs by liquid-chromatography-tandem mess spectrometry., *J. chromatogr. A,* 1048, 25-29 (2004).
16. N. Ali, N.H. Hashim, D. Saad, K. Safan, M. Nakajima, T. Yoshizawa,: Evaluation of a method to determine the natural occurrence of aflatoxins in commercial traditional herbal medicines from Malaysia and Indonesia., *Food chem. Toxicol.* **43**, 1763-1772 (2005).
17. 여현종, 김종규: 쌀의 조리 및 가공과정 중 Aflatoxin 감소에 관한 연구., *J. Fd. Hyg. Safety.*, **17**(2), 79-86 (2002).