韓藥作誌(Korean J. Medicinal Crop Sci.) 18(5) : 338 – 344 (2010)

한약재 중 아플라톡신 Monitoring

이성득*† · 김연선** · 윤용태* · 박애숙* · 신 영* · 김화순* · 김유경* · 최병현*
*서울시보건환경연구원, **한양여자대학

Monitoring of Aflatoxins in Herb Medicines

Sung Deuk Lee*†, Yeon Sun Kim, Young Tae Yoon*, Ae Sook Park*, Young Shin*, Hwa Soon Kim*, Yoo Kyung Kim* and Byung Hyun Choi***

**Seoul Metropolitan Government Research Institute of Public Health and Environment, Seoul 130-160, Korea.*
***Hanyang Women's University, Seoul 133-060, Korea.*

ABSTRACT : Our paper shows the results of 302 samples of herb medicines about fungal contamination at Yakyeang markets in Seoul. The sample medicines were treated VICAM pretreatment and analysed by post column derivatisation procedure(PHRED-HPLC) with a fluorescence detector. Aflatoxin B1 was founded from 50.3% of samples, aflatoxin B2 was 39.7%, aflatoxin G1 was 21.2% and aflatoxin G2 was 23.5%. The detected ranges of aflatoxin B1, B2, G1 and G2 were from 0.1 to 57.2 μg/kg, 0.1 to 42.6 μg/kg, 0.1 to 23.5 μg/kg and 0.1 to 9.5 μg/kg respectively. Among total samples, 26 samples contained aflatoxin B1 violated the regulation (less than 10 ug/kg) for aflatoxin B1 of KFDA. From the result, we could presumed that more than a half of samples were contaminated by aflatoxins. Therefore, it seems to be necessary that the new safety giudeline will be established aflatoxin B2, G1 and G2 from herb medicines as aflatoxin B1.

Key Words **:** Herb Medicines, Aflatoxin, HPLC

서 언

아플라톡신은 *Aspergillus flavus*와 *Aspergillus parasiticus*, *Aspergillus nominus* 등의 *Aspergillus*속에 의해 생성되는 2차 대사산물인 bisfuranocouramin 화합물로 (Saleemullah *et al*., 2006) 20여 종의 아플라톡신 독소 중 아플라톡신 G1, G2, B1 및 B2가 흔히 발견되고 있으며 (Reiter *et al*., 2009), 전형적인 *Aspergillus flavus*는 아플라톡신 B만을 생성하고, *Aspergillus parasiticus, Aspergillus nominus*는 아플라톡신 B와 G를 생성하는 것으로 알려져 있다 (Ehrlich *et al*., 2007).

아플라톡신은 강력한 자연 발암물질로 역학적 연구에 의하면 아플라톡신의 일상섭취량 및 질병 발생은 밀접한 관계가 있으며, 사람과 동물에게서 간암, 돌연변이, 기형의 원인으로 추정되며 (Groopman *et al*., 1996), 국제암연구소 (International Agency for Research on Cancer)에서는 아플라톡신 B1을 발암물질 Group 1로 규정하고 있다 (IARC, 1996). 아플라톡신의 발생은 주로 곰팡이에 오염된 땅콩, 옥수수, 목화씨, 코코넛, 건조 과일에 국한되어 있었으나 (Vardon, 2003), 최근 오염된 사료를 먹은 가축의 고기와 우유 그리고 약용식물에서 발견되고 있다 (Siu and Chun, 2006).

몇 년 전까지 약용식물은 곰팡이의 성장과 독소 생성을 억제하는 물질을 가지고 있다고 간주되어 다른 식품에 비하여 비교적 안전하다고 생각되었으나 (Ventura *et al*., 2004), 많은 식물성 원재료들이 수확 전후의 열악한 제조 방법에 의해 곰팡이에 오염될 수 있으며 (Santos *et al*., 2009), 생성된 아플라톡신 독소는 가정에서 초음파나 재래식 가열을 하여도 감소되지 않고 (Midio *et al*., 2001), 오염된 음료수를 가열 처리하여도 파괴되지 않아 (Feuell, 1996), 낮은 농도라도 오염된 식품을 자주 섭취하는 경우 만성적인 질병의 원인이 될 수 있다 (Speijer and Speijers, 2004). 그러므로 사전에 곰팡이의 오염을 방지하거나, 오염된 식품을 섭취하지 않는 것이 최선의 방법으로 고려되고 있다 (Yeo and Kim, 2003).

국제식량농업기구 (Food Agriculture Organization)에 의하면 세계 식량의 약 25% 정도가 곰팡이에 오염되어 있어 (Reiter *et al*., 2009), 곰팡이에 의한 식품과 사료의 아플라톡신 오염은 세계적인 문제가 되고 있다 (Bennet and Klich, 2003), 또한 약용식물도 식물성 원재료로서 다른 식물이 갖는 저장조건, 기질 특성 등의 유사성을 갖기 때문에 곰팡이의 오염을

†Corresponding author: (Phone) +82-2-968-5091 (E-mail) lesudu@seoul.go.kr
Received 2010 August 12 / 1st Revised 2010 October 7 / 2nd Revised 2010 October 13 / Accepted 2010 October 17

예상할 수 있다 (Cho *et al*., 2009). 이에 따라 각국에서는 식품에서는 아플라톡신의 허용기준을 설정하여 관리하고 있으나, 약용식물을 사용하는 국가의 수가 적어 약용식물에 대한 아플라톡신의 규정을 두고 있는 나라는 몇몇 국가에 불과하다. 식품에 관한 아플라톡신 허용기준은 국제식품규격위원회 (Codex Alimentarius Commission)에서는 총아플라톡신으로서 10~15 ㎍/kg 이하 (CODEX, 1995) 설정하고 있고, 유럽연합은 아플라톡신 B1 2 ㎍/kg 이하와 총아플라톡신은 4 ㎍/kg 이하로서 (EC, 1988; EC, 2001), 각국의 실정에 맞게 규격을 설정하여 관리하고 있다. 반면 식물성 원재료인 약용 식물에 대한 아플라톡신 규정은 아르헨티나, 중국 등에서만 규정을 두어 관리하고 있다 (Cho *et al*., 2009). 유럽연합은 약용식물에서는 곰팡이독소에 관한 허용 규정을 설정하지 않고 있고, 독일에서만 의약품 제조에 사용되는 원료로서만 아플라톡신 B1을 2 ㎍/kg 이하로, 총아플라톡신을 4 ㎍/kg 이하로 기준을 정하고 있고 (Cho *et al,* 2009), 이탈리아에서는 아플라톡신 B1을 5 ㎍/kg, 총아플라톡신을 10 ㎍/kg으로 권고기준을 정하고 있다 (Catalan *et al*., 2005). 현재 우리나라에서는 식품 중 장류, 과자류, 땅콩 또는 견과류가공품에서 아플라톡신 10 ㎍/kg 이하, 총 아플라톡신 15 ㎍/kg 이하로 허용기준을 정하고 있고 (KFDA, 2010), 한약재의 아플라톡신 허용기준은 2008년 1월에 감초 등 9품목에 대하여 아플라톡신 B1을 10 ㎍/kg 이하로 기준을 설정하였으며 (KFDA, 2008), 2009년 6월에 연자육 등 10품목을 추가하여 (KFDA, 2009) 한약재 19품목에 대한 허용기준을 설정하였다.

세계보건기구 (World Health Organization)에 의하면 유럽에서 인구의 50% 이상이 한약재를 대체 의약품으로 한번 이상 사용한 경험이 있으며 (WHO, 2004), 최근 서양의 국가들도 질병 예방 및 치료의 목적으로 한약재에 대한 관심과 소비 증가에 따라 약용 식물에서 아플라톡신의 오염과 관련하여 많은 연구를 진행하고 있다 (Romagnoli *et al*., 2007). 이에 본 연구에서는 서울시내에서 유통 중인 한약재 중 곰팡이독소 허용기준이 설정된 품목의 아플라톡신의 오염실태를 조사하였다.

재료 및 방법

1. 재료

2009년 1월부터 12월까지 한약재 중 아플라톡신 B1 허용기준이 설정된 감초, 결명자, 괄루인, 귀판, 도인, 목과, 반하, 백자인, 백편두, 빈랑자, 산조인, 연자육, 울금, 원지, 육두구, 지구자, 행인, 홍화를 구입하여 총 18품목 302건을 시료로 사용하였으며, 각 시료는 믹서 (대성아트론 DA338, 한국)로 분쇄하여 체 (850 ㎛, No 20)로 여과한 후 분말로 하여 사용하였다.

2. 시약 및 정제용 칼럼

표준품으로 아플라톡신 Mix kit-M (B1, B2, G1, G2) (Supelco, USA)를 사용하였으며, 시약은 methanol (Fisher, USA), 이동상의 조제에는 acetonitrile (Merck, Germany)를 사용하였다. 시료의 여과와 정제에는 유리섬유여과지 (Whatman 1.6 ㎛, England)와 아플라톡신용 면역친화성 칼럼 (Aflaochra, Vicam, USA)을 각각 사용하였다.

3. 표준용액 및 시험용액의 조제

표준용액은 표준품으로 구입한 아플라톡신 Mix kit-M (B1, B2, G1, G2)을 희석하여 아플라톡신 B1, B2, G1, G2를 각각 100 ㎍/㎖, 30 ㎍/㎖, 100 ㎍/㎖, 30 ㎍/㎖으로 조제하였으며, 아플라톡신을 정량하기 위한 시험용액은 공정시험법인 생약 등의 잔류오염물질 시험방법 (KFDA Notification No 2009-104, 2009)에 따라 시료를 균질화한 후 70% 메탄올로 추출하고 아플라톡신용 면역친화성칼럼을 사용하였으며, 형광검출기와 후컬럼 유도화장치 (광화학 반응장치)가 부착된 액

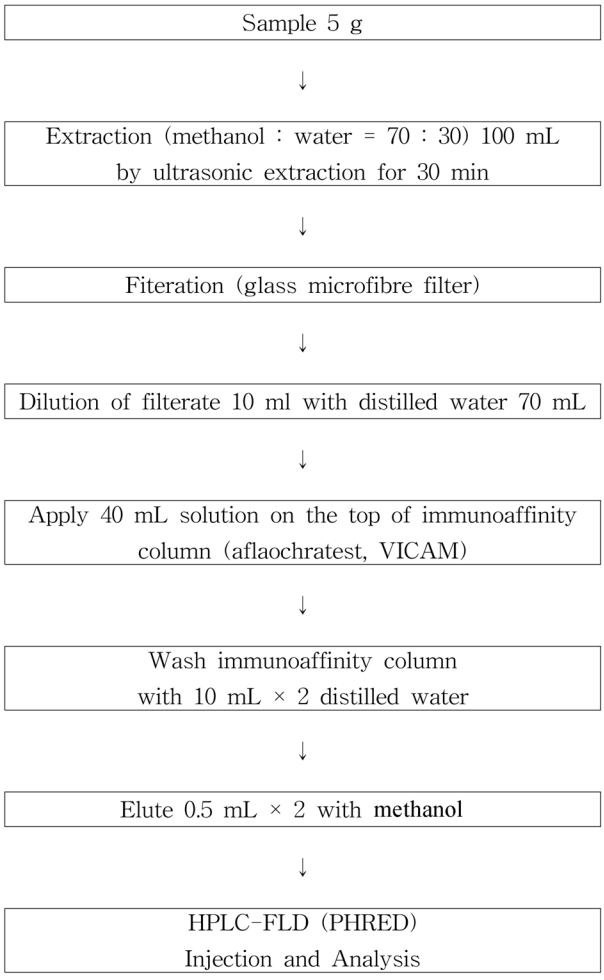

Fig. 1. Analytical procedure of aflatoxins.

체크로마토그래프를 이용하여 아플라톡신 독소 4종 (B1, B2, G1, G2)을 분석하였다 (Fig. 1).

4. 분석 방법

조제된 표준용액과 시험용액을 형광검출기와 칼럼유도화장치 (광화학 반응장치)가 부착된 HPLC (Waters e2695, USA)에 주입하여 표준용액과 시험용액의 머무름시간과 면적을 비교하여 분석하였으며, 기기의 분석조건은 Table 1과 같다.

결과 및 고찰

1. 생약 중 아플라톡신의 회수율

아플라톡신 B1, B2, G1 및 G2에 대한 검출한계 (limit of detection, LOD)와 정량한계 (limit of quantification, LOQ)는 HPLC 기기 자체의 프로그램을 이용하여 구하였으며, 아플라톡신의 검출한계는 B1 0.03 ㎍/㎖, B2 0.01 ㎍/㎖, G1 0.06 ㎍/㎖ 및 G2 0.03 ㎍/㎖이었으며, 아플라톡신의 정량한계는 B1 0.09 ㎍/㎖, B2 0.04 ㎍/㎖, G1 0.20 ㎍/㎖ 및 G2 0.09 ㎍/㎖으로 나타났다. 생약 중 아플라톡신의 회수율은 예비실험 결과 아플라톡신이 전혀 검출되지 않은 산조인, 도인, 반하를 선정하여, 아플라톡신 B1, B2, G1 및 G2의 최종농도를 각각 B1, G1 10 ㎍/㎖, B2, G2 3 ㎍/㎖이 되도록 첨가하여, 시료 분석방법과 동일하게 3회 반복 처리하여 회수율을 측정하였다. 생약의 시료별 회수율은 Table 2와 같으며, 산조인을 제외한 도인, 반하의 회수율은 72~100%의 범위로 비교적 양호하게 나타났다. Romagnoli (2007) 등은 약용나무에서 76.1~78.1%, Arranz (2006)등은 약초에서 98~103%, Zhang (2005) 등은 약초에서 93~97%의 회수율을 보고하였는데, 각 연구별로 회수율의 차이가 있는 것은 회수율에 사용된 시료의 종류와 분석방법에 따른 차이로 추측되며, Reiter (2009) 등은 아플라톡신의 회수율은 기질의 종류, 정제방법, 사용된 유도화장치의 종류에 따라 차이가 있는 것으로 보고하고 있다. 특히 정제에 사용된 면역친화성칼럼의 아플라톡신 독소 결합친화력은 용액의 pH와 염의 농도 및 경쟁적 리간드에 의한 영향을 받아 회수율의 차이가 발생하며 (Siu and Chun, 2006), 아플라톡신 독소 중 아플라톡신 G2의 회수율이 다른 아플라톡신 독소에 비하여 낮게 나타난 것은 시료 수용액의 pH에 따라 많은 영향을 받는 것으로 보고되어 있다. 수용액의 pH 값이 4 이하 이거나 8 이상이면 친화력이 감소되어 회수율이 낮게 나타나며, 일부 약용식물 중 수용액이 강산성을 띠는 것은 염이 없는 0.1 M 인산용액으로 처리해야 하는 것으로 되어 있다 (Siu and Chun, 2006).

Table 1. The analytical conditions of HPLC for aflatoxins.

Instrument	HPLC(Water e2695, USA)
Column	μ-Bondapak C18
Injection volumn	10 ㎕
Flow rate	1.0 mL/min
Florescene detector	Excitation 365 ㎚ Emission 435 ㎚
Mobile phase	Acetonitrile : Methanol : water = 15 : 25 : 60
Postcolumn derivatives	PHRED

2. 생약 중 아플라톡신의 오염도

본 조사는 2009년 1~12월 동안 서울약령시에서 유통 중인 생약 중 곰팡이독소 (아플라톡신 B1)의 허용기준이 설정된 18품목 302건을 구입하여 생약 등의 잔류오염물질 시험방법 (아플라톡신)에 따라 immunoaffinity column과 FLD-HPLC를 이용하여 곰팡이독소인 아플라톡신의 오염실태를 조사하였다.

Table 3과 같이 유통 생약 18품목 302건을 조사한 결과 아플라톡신 B1은 152건 (50.3%), 아플라톡신 B2는 120건 (39.7%), 아플라톡신 G1은 65건 (21.2%), 아플라톡신 G2는 71건 (23.5%)이 검출되어, 조사된 시료의 50% 정도가 아플라톡신에 오염되어 있음을 알 수 있었으며, 오염된 대부분의 시료는 아플라톡신 독소 4종 중 2종 이상의 독소에 동시 오염되어 있었다.

아플라톡신 독소 4종의 오염 발생 건수는 B1 > B2 > G2 > G1의 순으로 나타났으며 아플라톡신 독소의 발생 비율은 아플라톡신 B1과 아플라톡신 B2 + G1 + G2의 발생 비율 1 : 2와 아플라톡신 B1과 아플라톡신 B2의 발생 비율 1 : 0.8로 나타나서, FAO (Food Agriculture Organization)에서 조사한 식품 및 사료에서 아플라톡신 B1과 아플라톡신 B2 + G1 + G2의 발생 비율인 1 : 0.8의 비율 및 아플라톡신 B1과 아플라톡신 B2의 발생 비율인 4 : 1의 비율과는 차이가 있었다 (FAO, 2004). 이러한 발생 비율의 차이는 식품재료 및 사료와 약용식물이 재배된 대기질의 종류와 재배지역에 등에 따른 차이로 추측된다.

최근 일부 국가에서 실시한 약용식물의 곰팡이오염과 관련

Table 2. Recoveries of added aflatoxins in herb medicines (%).

	AFB1*	AFB2**	AFG1***	AFG2****
Zizyphi semen	66.5 ~ 76.6	69.3 ~ 81.3	61.2 ~ 64.8	60.0 ~ 67.3
Persicae Semen	76.7 ~ 87.6	78.9 ~ 84.7	78.5 ~ 79.8	72.9 ~ 84.0
Pinelliae Tuber	87.5 ~ 100.8	97.0 ~ 103.3	82.6 ~ 100.8	78.0 ~ 83.3

*AFB1; aflatoxinB1, **AFB2; aflatoxinB2, ***AFG1; aflatoxinG1, ****AFG2; aflatoxinG2.

Table 3. Incidence of aflatoxins in herb medicines (case).

Type of Medicines	Total Number	Detected Number			
		AFB1*	AFB2**	AFG1***	AFG2****
Glycyrrhizae Radix et Rhizoma	36	18	11	11	13
Cassiae Semen	15	6	4	7	7
Trichosanthis Semen	8	6	4	4	2
Testudinis plastrum	2	1	0	0	0
Persicae Semen	25	13	8	1	9
Chaenomelis fructus	21	7	8	2	5
Pinelliae Tuber	10	2	0	0	0
Thujae Semen	14	9	10	5	2
Dollichoris Semen	6	1	1	2	0
Arecae Semen	44	31	26	18	11
Zizyphi Semen	17	6	6	0	1
Nulumbinis Semen	17	10	8	1	2
Curcumae Radix	11	10	4	3	3
Polygalae Radix	23	13	13	8	9
Myristicae Semen	10	5	3	1	3
Armeniacae Semen	29	12	11	1	1
Carthamiflos	9	2	1	0	3
Hoveniae Semen Cum Fructus	4	0	2	0	0
Total	302	152	120	64	71

*AFB1; aflatoxinB1, **AFB2; aflatoxinB2, ***AFG1; aflatoxinG1, ****AFG2; aflatoxinG2.

하여 아플라톡신 오염실태 조사가 있었다. 스페인에서는 Santos (2009)등이 허브식물 및 약용식물인 머쉬맬로우 뿌리 등에서 84건을 조사한 결과 53건 (63.1%)이 오염되어 있으며, 아르헨티아에서는 Rizzo (2004) 등은 창포 등의 약용식물 152건을 조사한 결과 41건 (27.0%)이 오염되었고, 또한 이탈리아에서는 Romagnoli (2007)등이 산사나무 등의 27건의 약용식물을 조사한 결과 아플라톡신이 검출되지 않았다고 보고하여 각 연구자별로 차이가 있었다. 이러한 차이는 약용식물의 종류와 제조 원산지에 따라 차이가 있는 것으로 보이며 (Santos *et al*., 2009), 독소를 생성하는 곰팡이 종류와 수 그리고 수분함량은 상호 관계가 없으나, 독소를 생성하는 곰팡이는 환경적, 지리적 상태와 각 식물의 구성성분에 따라 밀접한 관계가 있어, 같은 종류의 식물이라도 다른 지역에서 성장한 식물은 균상의 종류가 다른 것으로 알려져 있다 (Rizzo *et al*., 2004).

Romagnoli (2007) 등의 조사 결과에서는 모든 시료에서 아플라톡신이 검출되지 않았는데, 이는 일부 약용식물들은 *Aspergillus*에 오염되더라도 기질의 종류에 따라 곰팡이의 아플라톡신 생성 기전을 저해하는 필수 오일을 포함하고 있기 때문에 아플라톡신의 생성이 저해되는 것으로 추측되고 있다. 또한 곰팡이의 성장은 다른 식물 원료에 비하여 향신식물이나 약용식물에서 늦게 성장하고, *Aspergillus flavus*가 향신식물에서 잘 번식해도, 아플라톡신 독소는 곡류보다 적게 생성되며, 이런 종류의 기질에서는 독소를 적게 생성하는 것으로 보고되어 있다 (Rizzo *et al*., 2004).

생약별 아플라톡신의 오염 정도는 Table 3과 같다.

18품목 중 아플라톡신 G2의 검출율이 가장 높았던 생약으로 결명자는 15건 중 7건 (46.7%)이 검출되었으며, 아플라톡신 B1, B2 및 G1의 검출율이 높았던 생약은 원지로서 B1과 B2는 각각 13건 (61.9%), G1은 21건 중 8건 (38.1%)이 검출되었다. 또한 한 종류의 아플라톡신 독소가 검출된 시료의 대부분이 동시에 다른 종류의 아플라톡신 독소도 검출되어, 여러 종류의 곰팡이에 동시 오염된 것으로 추측되며, Santos 등의 조사 결과에서도 약용식물에 2가지 이상의 곰팡이가 동시에 오염되어 있으며, 이중 약 87%가 3~4종의 곰팡이에 동시에 오염된 것으로 보고된 바 있다 (Santos *et al*., 2009).

또한 아플라톡신 독소 4가지 중 동시에 3가지 이상 검출된 생약인 감초, 도인, 백자인, 빈랑자, 원지의 경우 다른 약용식물보다 곰팡이에 의한 오염 및 아플라톡신 독소의 생성이 많이 되는 것으로 추측된다. 여러 곰팡이 독소에 의한 교차오염은 독소의 상승 효과를 일으켜, 곰팡이독소의 섭취로 인한 건강의 위해성이 증가될 수 있어 많은 주의를 필요로 하며 (Speijer and Speijers, 2004), 현재 한약재 중의 곰팡이독소 허용기준은 아플라톡신 B1으로만 설정되어 있는데, 향후 곰팡이독소 기준 설정시 다른 곰팡이독소의 허용기준도 고려되어야 할 것으로 생각된다.

Table 4. Detection range of aflatoxins in herb medicines (㎍/kg).

Type of Medicines	AFB1*	AFB2**	AFG1***	AFG2****
Glycyrrhizae Radix et Rhizoma	0.1~5.2	0.1~2.3	0.2~3.5	0.1~0.7
Cassiae Semen	0.1~2.3	0.3~42.6	1.8~5.4	0.2~0.7
Trichosanthis Semen	0.2~1.6	0.1~1.9	0.2~1.5	0.2~3.0
Testudinis plastrum	0.2	–	–	–
Chaenomelis fructus	0.1~0.9	0.1~1.6	0.2~0.2	0.1~0.2
Persicae Semen	0.1~0.9	0.1~0.3	0.4	0.1~9.5
Pinelliae Tuber	0.1~0.3	–	–	–
Thujae Semen	1.9~48.5	0.1~8.0	0.2~1.9	0.4
Dollichoris Semen	0.2	0.1	0.2~0.2	–
Arecae Semen	0.6~34.8	0.1~4.0	1.0~12.7	1.5~2.0
Zizyphi Semen	0.2~57.2	0.3~16.8	–	0.3
Nulumbinis Semen	0.1~10.6	0.1~0.3	–	0.1
Curcumae Radix	0.1~7.3	0.1~1.2	0.2~1.5	0.1~0.2
Polygalae Radix	0.2~21.1	0.1~0.8	0.2~23.5	0.1~2.8
Myristicae Semen	0.3~16.3	0.1~1.1	4.0	0.1~3.3
Armeniacae Semen	0.1~34.2	0.1~18.8	0.2	0.1
Carthamiflos	0.1~2.9	1.3	–	0.1
Hoveniae Semen Cum Fructus	–	0.1~0.6	–	–

*AFB1; aflatoxinB1, **AFB2; aflatoxinB2, ***AFG1; aflatoxinG1, ****AFG2; aflatoxinG2.

Table 5. Imported countries of herb medicines (case).

Type of Medicines	China	Indonesia	South Africa	Vetnam	Korea	Others	Total
Glycyrrhizae Radix et Rhizoma	34					2	36
Cassiae Semen				1	12	2	15
Trichosanthis Semen	8						8
Testudinis plastrum		2					2
Chaenomelis fructus	2		22			1	25
Persicae Semen					21		21
Pinelliae Tuber	10						10
Thujae Semen	14						14
Dollichoris Semen	6						6
Arecae Semen	11	33					44
Zizyphi Semen	9					8	17
Nulumbinis Semen	2			15			17
Curcumae Radix	5				1	5	11
Polygalae Radix	23						23
Myristicae Semen	2	7				1	10
Armeniacae Semen	24		4			1	29
Carthamiflos	9						9
Hoveniae Semen Cum Fructus	4					1	5
Total	163	42	26	16	34	21	302

생약 중 아플라톡신의 오염 수준은 Table 4와 같으며, 대상 시료의 오염 수준은 아플라톡신 B1은 0.1~57.2 ㎍/kg, B2는 0.1~42.6 ㎍/kg, 아플라톡신 G1은 0.1~23.5 ㎍/kg, 아플라톡신 G2는 0.1~9.5 ㎍/kg으로 아플라톡신 독소의 검출양은 B1 > B2 > G1 > G2의 순으로 나타났다.

현재 우리나라의 생약 중 곰팡이독소 (아플라톡신 B1) 기준 10 ㎍/kg을 초과한 품목은 26건 (8.6%)이었으며, 기준을 초과한 품목은 백자인 12건 중 6건 (50.0%), 빈랑자 42건 중 11건 (26.2%), 행인 25건 중 4건 (16.0%), 산조인 17건 중 2건 (11.8%), 육두구 10건 1건 (10.0%), 연자육 18건 중 1건

(5.6%), 원지 21건 중 1건 (4.8%)이었다.

조사된 생약의 원산지는 Table 5와 같으며, 국내산 생약이 35건, 수입산 생약은 267건이었다. 수입된 생약 267건 중 중국에서 수입된 생약이 163건 (61.0%)으로 과반수 이상이었고, 인도네시아가 42건 (15.7%), 남아프리카가 26건 (9.8%)이었다. 수입된 생약의 과반수는 중국에서 수입되었으나, 목과는 남아프리카, 빈랑자는 인도네시아, 연자육은 베트남에서 주로 수입되었다. 특히 남아프리카, 인도네시아, 베트남 등에서 생산된 생약들은 저장기간 동안 높은 상대 습도와 높은 온도 및 부적절한 공기 순환, 좁은 저장 공간 등에 의하여 곰팡이의 오염이 용이할 것으로 추측된다 (Peterson *et al*., 2001; Hell *et al*., 2003; Fandohan *et al*., 2006).

대부분의 유통 약용식물은 식물성 원료를 채취하여 건조하는 과정을 거치는데, 저장기간 동안 곰팡이의 오염은 포자가 포함된 먼지에 의하여 자연적으로 오염되며, 저장방법에 따라 곰팡이의 오염과 침습에 영향을 주며 (Hell *et al*., 2009), 유통되는 동안 곤충에 의한 가능성도 있어 (Chourasia, 1995; Lamboni and Hell, 2009), 이들의 보관 및 유통에 더 많은 주의가 필요하다.

또한 대부분의 곰팡이독소를 생산하는 곰팡이들은 12~13%의 낮은 수분 함량에서도 성장할 수 있어, 약용식물의 보관에 많은 주의를 필요로 하며 (Aziz *et al*., 1998), 가급적 장기보관을 피해야 하며, 불가피한 경우는 MAP (modified atmosphere packaging)이나 저온에서 진공 포장하여 보관해야 될 것이다 (Saleemullah *et al*., 2006). 따라서 약용식물들은 재배에서 소비될 때까지 곰팡이의 오염이 최소화되도록 철저한 관리가 필요할 것으로 사료된다.

또한 조사된 결과 생약 중 아플라톡신 B1 이외의 독소도 동시에 검출되어 현재 아플라톡신 허용기준을 아플라톡신 B1에서 아플라톡신 B2, G1 및 G2로의 확대 설정 및 총아플라톡신의 허용기준이 설정되어야 하며, 허용기준이 설정된 생약 19품목 외의 다른 다소비 생약들도 아플라톡신 오염의 추가 조사를 통하여 새로운 허용기준이 설정되어야 될 것으로 생각된다.

LITERATURE CITED

Arranz I, Sizoo E, Van Egmond H and Kroeger K. (2006). Determination of aflatoxin B1 in medical herbs : Interlaboratory study. The Journal of AOAC International. 89:595-605.

Aziz NK, Youssef YA, El-Fouly MZ and Moussa LA. (1998). Contamination of some common medicinal plant samples and spices by fungi and their mycotoxins. Botany Bulletin Academic Sinica. 39:279-285.

Bennet JW and Klich M. (2003). Mycotoxin. Clinical Microbiol Reviews. 16:497-516.

Catalan JG, Pique E, Falco G, Borrego N, Rodamilans M and Llobet JM. (2005). Determination of aflatoxins in medical herbs by HPLC. An Efficient method for routine analysis. Phytochemical Analysis. 16:196-204.

Cho SY, Kang SJ, Jung JH, Jeong BO and Jeong CS. (2009). Co-contamination of aflatoxins with Ochratoxin A and zearalenone in *Thuja orientalis* Semen. Toxicological Research. 25:125-131.

Chourasia HK. (1995). Mycobiota and mycotoxin in herbal drugs of Indian pharmaceutical industries. Mycological Research. 99:697-703.

Codex Alimentarius Commission. (1995). Codex General Standard for contaminants and toxins in food and feed. CODEX STAN 193.

European Commission. (1988). Commission Directive 98/53/EC of 16 July 1988 laying down the sampling methods and the methods of analysis for the official control of the levels for certain contaminants. Official Journal of the European Communities, L201/93, Luxembourg.

European Commission. (2001). Commission Regulation No 466/2001 of 8 March 2001 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. Official Journal of the European Communities, L77/1, Luxembourg.

Ehrlich KC, Kobbeman K, Montalbano BG and Cotty PJ. (2007). Aflatoxin-producing *Aspergillus* species from Thailand. International Journal of Food Microbiology. 114:153-159.

Fandohan P, Gnonlonfin B, Hell K, Marasas WFO and Wingfield MJ. (2006). Impact of indigenous storage systems and insect infestation on the contamination of maize with fumonisins. African Journal of Biotechnology. 5:546-552.

Food and Agriculture Organization. (2004). Worldwide regulations for mycotoxins in food and feed in 2003.

Feuell Aj. (1996). Aflatoxin in groundnuts Part 9 : Problems of detoxification. Tropical Science. 8:61-70.

Groopman JD and Kensler W. (1996). Temporal patterns of aflatoxin- albumin adducts in hepatitis B surface antigen-positive and antigen- negative residents of Daxin, Qidong County. People's Republic of China, Cancer Epidemiology Biomarkers and Prevention. 5:253-261.

Hell K, Cardwell FK and Poehling HM. (2003). Relationship between management practices, fungal infection and aflatoxin for stored maize in Benin. Journal of Phytopathology. 151:690-698.

Hell K, Gnonlonfin BGJ, Kodjogbe G, Lamboni Y and Abdourhamane IK. (2009). Mycoflora and occurrence of aflatoxin in dried vegetables in Benin, Mali and Togo, West Africa. International Journal of food Microbiology. 135:99-104.

International Agency for Research on Cancer(IARC). (2002). Monographs on the evaluation of the carcinogenic risk to Human(Lyon: IARC). 82:171.

Lamboni Y and Hell K. (2009). Propagation of mycotoxigenic fungei in maize stores by postharvest insect. International Journal of Tropical Insect Science. 29:31-39.

Midio AF, Campos RR and Sabino M. (2001). Occurrence of aflatoxins B1, B2, G1 and G2 in cooked in fast food outlets of the city of Sao Paulo, SP, Brazil. Food Additives and Contaminations. 18:445-448.

Korea Food & Drug Administration. (2010). Notification No

2010-2.

Korea Food & Drug Administration. (2009). Notification No 2009-104.

Korea Food & Drug Administration. (2008). Notification No 2008-4.

Peterson SW, Ito Y, Horn BW and Goto T. (2001). *Aspergillus bombycis*, a new aflatoxigenic species and genetic variation in its sibling species, *A. nomius*. Mycologia. 93:689-703.

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.

Reiter E, Zentek J and Razzazi E. (2009). Review on sample preparation strategies and methods used for the analysis of aflatoxins in food and feed. Molecular Nutrition & Food Research. 53:508-524.

Rizzo I, Vedoya G, Maurutto S, Haidukowski M and Varsavsky E. (2004). Assesment of toxigenic fungi on Argentinean medicinal herbs. Microbiological Research. 159:113-120.

Saleemullah, Iqbal A, Khalil IA and Shah H. (2006). Aflatoxin contents of stored and artificially inoculated cereals and nuts. Food Chemistry. 98:699-703.

Santos L, Marin S, Sanchis V and Romos AJ. (2009). Screening of mycotoxin muticontamination in medicinal and aromatic herbs sampled in Spain. Journal of the Science of Food and Agriculture. 89:1802-1807.

Siu PI and Chun TC. (2006). Determination of aflatoxins in Chinese medicinal herbs by high-performance liquid chromatography using immunoaffinity column cleanup improvement of recovery. Journal of Chromatography A. 1135:241-244.

Speijer GJA and Speijers MH. (2004). Combined toxic effects of mycotoxins. Toxicology Letter. 153:91-98.

Vardon PJ. (2003). Mycotoxin ; risk in plants, animals and human systems, potential economic cost of mycotoxins in the United State. Report 139 Cast Task Force. 136-142.

Ventura M, Gomez A, Anaya I, Diaz J, Broto F, Agut M and Comellas L. (2004). Determination of aflatoxins B1, G1, B2 and G2 in medicinal herbs by liquid chromatography-tandem mass spectrometry. Journal of Chromatography A. 1048:25-29.

World Health Organization(WHO). (2004). WHO issues guidelines for herbal medicines. Bulletin WHO. 82:238.

Yeo HJ and Kim JG. (2003). Effect of cooking and processing on the reduction of aflatoxin content in corn. Journal of Food Hygiene and Safety. 18:87-93.

Zhang X, Liu H and Chen J. (2005). Immunoaffinity column cleanup with liquid chromatography using post-column bromination for aflatoxins in medicinal herbs and plant extracts. Journal of Chromatogrphic Science. 43:47-51.