

중점관리기준에 기초한 국내생산 당귀의 산지 수확 후 아플라톡신의 안전성 평가 연구

최혜진*¹ · 안태진**¹ · 안영섭** · 박충범** · 김주일* · 박성환* · 양 현* · 도기현* · 문유석*[†]

*부산대학교 의학전문대학원 의과학과 및 의학연구소, **농촌진흥청 국립원예특작과학원 인삼특작부

Safety Evaluation from Aflatoxin risk of Korean *Angelicae Gigantis Radix* Based on Critical Control Points

Hye Jin Choi*¹, Tae Jin An**¹, Young Sup Ahn**, Chung Berm Park**, Ju il Kim*, Hyun Yang*, Seong Hwan Park*, Kee Hun Do* and Yuseok Moon*[†]

*Department of Microbiology and Immunology and Medical Research Institute, Pusan National University School of medicine, Yangsan 626-813, Korea.

**Department of Herbal Crop Research, NIHHS, RDA, Eumseong 369-873, Korea.

ABSTRACT : HACCP methodology was applied in the post-harvest processing and storage of domestic medicinal produces. Particularly in terms of mold and mycotoxin contamination, candidate critical control points (CCP) in the conventional practice in Korean farms were selected and monitored by comparing with on the standard guided processing and storage. When each processing of *Angelicae Gigantis Radix* were assessed for their safety, the drying steps such as the sun drying or the thermal drying depending on each farm made differences in mold contamination. Moreover, the storage conditions before or after the processing were another critical determinant in the fungal contamination. In other words, storage under 4°C rather than at room temperature was favorable for reducing mold growth in the harvested crops. Occurrence rate of Aflatoxin B₁ (AFB₁) in *Angelicae Gigantis Radix* were 12.8%, but amount of AFB₁ in all the collected samples were below 10 ppb regulatory limit allowed in Korea. However, for a few samples of *Angelicae Gigantis Radix*, still relatively high levels of total amount of the major aflatoxins (aflatoxin B₁ + B₂ + G₁ + G₂) were observed around 0.18~49.94 ppb, which is not regulated presently in Korea. It thus can be suggested that post-harvest processing and storage of Korean medicinal crops need further investigation and monitoring to establish the Good Agricultural Practice (GAP), particularly to minimize microbial risk including mold and mycotoxin contamination under the changing climate. Additionally, it is also warranted for new enacting of regulatory limits for total aflatoxins in the medicinal crops.

Key Words : Critical Control Points, Domestic Medicinal Produces, Aflatoxin

서 언

자연계에 존재하는 곰팡이 이차대사체 산물 중 인체 및 동물에 유해한 작용을 하는 저분자 유기화합물을 곰팡이독소라 하며 현재 350여종의 진균류에서 400종류 이상의 곰팡이독소가 동정 되고 있으며, 실제 1,000개 이상의 독성대사체가 알려져 있다 (Brase *et al.*, 2009). 이 중 주로 *Aspergillus flavus*나 *Aspergillus parasiticus*등에 의해 생산되는 아플라톡신(aflatoxin) 중 아플라톡신 B₁ (AFB₁)은 강력한 발암물질로서 알려져 있으며 (Wogan *et al.*, 1967), 특히 가축 등 동물에서 면역억제 작용과 간암유발 (Marin *et al.*, 2002) 특성이 보고

되고 있다. 따라서 북미, 유럽, 일본 등 세계 각국은 아플라톡신 B₁에 대하여 농식품에서의 엄격한 허용기준치를 마련하고 있으며, 주로 아플라톡신 B₁에 대하여 0.1~10 ppb 정도로 규제하고 더불어 총 아플라톡신 (아플라톡신 B₁, B₂, G₁, G₂의 총 합량)의 경우 4~15 ppb 정도로서 규제하고 있다 (FAO/WHO, 1997; European Commission, 2001). 아플라톡신은 특히 농산물의 생육기간뿐 만 아니라 저장, 유통 중에도 습도 및 온도가 높은 환경 하에서 장기간 저장되었을 때 더욱 잘 생성된다 (Pozzi *et al.*, 1995; Turner *et al.*, 2005; Wild, 2007). 최근 연구에 따르면 열대 및 아열대 지방을 중심으로 생산되는 일부 생약에서 아플라톡신 오염 사례가 보고된 바 있어 건

¹These two authors are equally contributed as the first author.

[†]Corresponding author: (Phone) +82-51-510-8094 (E-mail) moon@pnu.edu

Received 2011 January 18 / 1st Revised 2011 February 14 / 2nd Revised 2011 February 16 / Accepted 2011 February 17

조와 저장에 불량하면 아플라톡신에 더욱 노출이 잘 된다는 것을 시사한다 (Ip and Che, 2006; Katerere *et al.*, 2008).

현재 천연물 소재 및 기존 한약재의 국내생산 약용작물에 대하여 곰팡이 독소를 포함한 천연독소와 작물 안전성에 대한 국민적인 관심이 매우 높으며, 특히 약용작물 소재는 면역기능이 저하된 환자와 노약자들이 다수 섭취하는 식품으로써 노령화 사회가 도래함에 따라 그 사용량이 급속히 증가하고 있으며 이에 따른 관리가 시급한 실정이다. 최근 국내유통 한약재에 대한 국가 곰팡이독소 모니터링 사업의 일환으로 수행된 연구에서 한약재 70품목 700여개의 시료에 대한 모니터링을 실시한 결과 “팔루인” 등 10품목에서 곰팡이독소가 검출되었으며 유통 한약재의 안전성 및 품질관리에 대한 문제점이 대두되었다. 이를 통해 식품의약품안전청은 생약의 곰팡이독소 허용기준 적용 대상을 확대하여 많은 수의 한약재 (감초, 결명자, 팔루인, 귀판, 도인, 목과, 반하, 백자인, 백편두, 빈랑자, 산조인, 연자육, 울금, 원지, 육두구, 지구자, 파두, 행인, 홍화)에 대하여 허용기준을 마련하고 있다.

농식품의 소비 및 공장 가공 전 작물생산 전후에서의 농산물 유래 유해인자의 모니터링은 매우 중요한 리스크 평가의 기초가 되는 연구부분이다. 특히, 곰팡이독소 모니터링의 경우, 최종산물에서의 독소의 규제뿐만 아니라 유럽연합의 경우, “농장에서 식탁으로 (Farm to fork)”라는 개념을 도입하여 수확 전후의 생산 및 저장 각 단계에서의 유해인자의 중점관리기준 (Critical Control Points)을 설정하여 단계별 독소량의 허용치를 매우 정밀하게 적용하기 시작하였다. 약용작물의 경우 특성상, 수확 후 유통 전 장기간 농가에서의 가공 저장과정에서 유해인자 노출 정도가 타 작물에 비해 상대적으로 매우 높으며, 이와 같은 수확 후 과정에서의 유해인자를 억제하고, 현재 국내산 약용작물의 국제적인 농식품 안전성의 확보를 위하여 국가에서는 표준 제조가공공정을 제정하여 농가에 권고하고 있다. 하지만, 실제 국내생산 농가에서는 관행적으로 실시해온 저장, 가공공정이 이루어지고 있기에 현장에서의 조사를 통하여, 표준가공공정과 비교 분석하여 수확 후 과정의 위해성이 인지되는 지점의 잠정적 중점관리기준 (provisional Critical Control Points, pCCP)을 설정하여 독소분석 및 곰팡이균 분석을 통하여 잠재적인 단계적 위해성 분석의 모델로서 제시하고자 한다. 본 연구에서는 국내생산 주요산지에서의 당귀 수확 후 관리과정을 중점적으로 분석하여 아플라톡신에 대한 농산물의 안전성을 확보하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 재료

국내산 뿌리이용 약용작물 중 아플라톡신 오염도 조사에 사용한 재료는 당귀를 대상으로 2009년과 2010년에 걸쳐 국내

최대 생산지인 강원도 평창군에서 건조와 저장방법별로 구분하여 샘플링 작업을 수행하였다. 각 농가별로 관행적 제조공정상의 잠정적 중점관리기준에서 각기 다른 방법을 사용하는 농가에 대해서 그룹별로 시료를 수집하였는데 양건 후 상온저장 시료 12점, 화건 후 상온저장 시료 12점, 화건 후 저온냉장저장 시료 15점, 총 39점의 시료를 각각 500 g 씩 수집하여 분석하였다.

2. 표준품 및 시약

실험에서 사용한 아플라톡신 B₁ 표준품은 Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA)사에서 구입하여 사용하였으며 추출과 분석에 사용된 acetonitrile, methanol, water (J.T. Baker Phillipsburg, NJ, USA)는 HPLC용으로 사용하였다. 기타 실험에 사용된 화합물은 Sigma사에서 구입하였다.

3. 정제용 칼럼 및 분석 장비

아플라톡신의 분석은 기존에 발표된 면역친화컬럼 IAC (Immunoaffinity column) (AflaTest, Vicam Co., Watertown, MA, USA)을 이용한 곰팡이독소 분석법을 이용하였다. 분석 장비는 fluorescence detector가 부착된 HPLC (Shimadzu, Kyoto, Japan)를 사용하였다.

4. 시료 전처리 방법

한약재 중 아플라톡신 분석을 위하여 균질화한 시료 20 g에 1% NaCl이 포함된 70% methanol 용액 100 ml를 첨가하여 10분간 진탕한 후 여과하고 이 여액 7 ml에 희석 용액 (20 mM Tris, 1% TritonX-100, 2 mM EDTA, 150 mM NaCl) 28 ml를 넣어 1/4배 희석한 후 시험액으로 하였다. 시험액이 혼탁할 시 Clean-up column (Romer Labs, Inc., Washington, MO, USA)을 이용하여 여과하고 공기 중에 노출되지 않도록 시험액 10 ml을 취하여 immune affinity column에 통과한 후 아플라톡신의 검출감도를 높이기 위하여 postcolumn derivatization system (Romer Labs, Inc., Washington, MO, USA)으로 유도체화 시킨 후 분석하였다.

5. HPLC에 의한 정량

아플라톡신은 Methanol : Acetonitrile : Water (V/V 3 : 2 : 6)를 제조하여 이동상으로 사용하였고 유속은 0.7 ml/min로 설정하였으며 35°C에서 20분간 분석하였다. 주입량은 20 µl이었으며, 형광 검출기의 검출 파장을 Excitation wavelength 360 nm, Emission wavelength 430 nm로 설정하였다. column은 ACE5C18 (2504.6mm id, 5µm, ACE)을 사용하였다.

6. 수집 시료별 총 진균수 조사

당귀 건조시료의 총 진균수를 조사하기 위하여 대한약전의

‘미생물한도 시험법’을 적용하였다. 시료를 될 수 있는 한 곱게 갈아 1g을 pH 7.0의 펩톤식염완충액에 분산시켜 50 ml의 검액을 조제하였다 (0.1%의 tween 80을 첨가 균일하게 고형물을 분산). 미리 제작한 1/10 PDA (0.5 mg/ml, 클로람페니콜 첨가) 배지에 10⁻⁴까지 희석시킨 검액 100 µl를 배지중앙에 분주 후 유리막대로 잘 도말하고 20°C 배양기에서 5일 이상 배양한 후 100 CFU 이하의 진균이 나타나는 희석단계에서 총 균수를 조사하였다.

7. 오염 진균의 분리 및 동정

현미경검경을 통해 1/10 PDA 배지에 나타난 균을 분생포자, 균사의 모양 등을 고려하여 1차적으로 분리하고 PDA 배지에 접종하여 7일간 25°C에서 배양한 후 18S rDNA의 ITS 영역의 염기서열 분석을 통해 속 (genus)까지의 동정을 실시하였다. 이후 *Aspergillus* 속으로 동정된 균주를 대상으로 DNA를 CTAB으로 추출한 후 3개의 종 특이적 프라이머 (ITS, β -tubulin, calmodulin)로 PCR 증폭을 하고 Sequencing 후 얻어진 염기서열은 NCBI의 BLAST을 이용하여 DNA 데이터베이스와 유사한 염기서열을 비교하여 종 (species) 동정을 하였다.

8. *Aspergillus*속 균주의 아플라톡신 생성능 검정

분리 동정된 *Aspergillus* 속 균주의 아플라톡신 B₁, B₂, G₁ 생성능을 조사하였다. PDA에서 7일간 25°C에서 배양하여 포자를 생성시킨 Plate에서 멸균한 백묵이로 소량의 포자를 SLS 배지로 옮겨 10일간 30°C로 정치 배양하였다. 생성된 균체만 Filter paper로 거르고 남은 배양액을 Chloroform과 1:1(v/v)로 잘 섞은 후 분획 깔때기로 Chloroform 층을 분리하였다. 이후 전개용매 Benzene: Methanol: Acetic acid (80:15:5, v/v)에서 TLC에서의 R_f 값과 발색반응을 Sigma에서 구입한 표준독소 3종 (B₁, B₂, G₁)과 비교하였다.

9. DNA 추출

건조질량 1g의 균사체에 1g의 멸균한 glass bead (mesh 15-20, seoul, Korea)와 PBS 완충용액 1 ml을 함께 넣고 분쇄기를 이용하여 실온에서 5분간 곱게 간 다음, 30분간 원심분리하여 상등액을 취하였다. 이 상등액을 멸균된 e-tube에 500 µl를 옮기고 isopropanol을 동량 첨가한 후 잘 섞고 -70°C에서 1시간 반응시킨 뒤 원심분리하고 가라앉은 펠릿을 70% Ethyl alcohol로 세척하였다. 잘 말린 뒤 3차 증류수 50 µl에 펠릿을 녹여 유전자 증폭 반응의 주형으로 사용하였다.

10. 유전자 증폭

유전자 증폭은 아스퍼질러스 속 곰팡이의 genomic DNA로부터 아플라톡신 독소생성 과정에 중요하게 관여하는 효소를

발현하는 2개의 유전자를 증폭하기 위해 사용되었다. 프라이머 VER-496 (5'-ATGTCGGATAATCACCGTTTAGATGGC-3', forward strand)과 VER-1391 (5'-CGAAAAGCGCCACC ATCCAAATG-3', reverse strand)을 이용하여 *ver-1* 유전자를 증폭하여 895bp의 절편을 만들었고, 프라이머 OMT-208 (5'-GGCCCGGTTTCCTTGCTCCTAAGC-3', forward strand)과 OMT-1232 (5'-CGCCCCAGTGAGACCCTTCCTCG-3', reverse strand)를 이용하여 *omt-1* 유전자를 증폭하여 1209 bp의 절편을 만들었다. 유전자 증폭은 G-Taq DNA Polymerase (cosmogenetech., seoul, Korea)을 이용하여 Mycycler Thermal Cycler (Bio-Rad Laboratories Inc., Hercules, CA, USA)에서 아래의 조건에서 시행하였다. 즉, 94도에서 2분 및 denaturation (98도, 10초), annealing (59도, 30초), elongation (72도, 45초)에서 35회를 실시하였다. PCR product는 1.0% (w/v) agarose 겔에서 확인하였다.

11. 통계처리

데이터는 SigmaStat for windows (Jandel Scientific, San Rafael, CA, USA)를 이용해서 분석하였다. 두 그룹의 데이터 비교는 Student's *t*-test를 하였고, multiple groups 비교는 ANOVA로 하였다.

결과 및 고찰

1. 당귀의 표준제조 공정과 관행적 방법의 비교를 통한 잠재적 중점관리기준점의 설정

대한민국 식품의약품안전청 (Korean Food Drug Administration)에 의해 권장되는 한약재 표준제조공정 지침과 관행적으로 산지 농가에서 실시되는 가공공정을 일차적으로 비교하였다 (Fig. 1). 가장 큰 차이는 첫째, 표준제조공정에는 제시되어 있지 않았지만 실제 농가에서는 관행적으로 수확 후 일정기간 덕장에서 흙을 털고 말리는 노지 건조과정을 거친다. 이 과정은 수확 전 과정과 수확 후 관리 과정의 중간적 과정으로서 노지상태에서 기후 인자의 영향을 직접적으로 받기에 수확 후 관리과정에서의 평가에서는 제외 하였다. 이후 산물을 농가로 이송 후 일차건조과정에서 농가 별로 큰 차이를 보이는 태양건조 (양건) 방식과 열풍건조 (화건) 방식으로 대별된다. 육안으로 관찰 시에도 양건의 경우 불규칙한 기후 인자에 영향을 많이 받는 것으로 사료되며, 표면의 위생도 및 횡단면 당귀 조직의 치밀도가 떨어졌으며 조직의 산화도 등의 갈변화가 현저히 관찰 되었다 (Fig. 2). 기후인자 노출에 의한 섬진 조직과 절단면 표면의 수분 침착의 반복은 균의 침투를 더욱 용이하게 할 가능성이 크며, 이 건조 단계 즉 덕장 건조 후, 세척 없이 순차적인 1차 건조 방법에 대해서 잠재적 중점관리기준 1 (pCCP₁)로 설정하였다. 둘째, 표준제조공정에서는

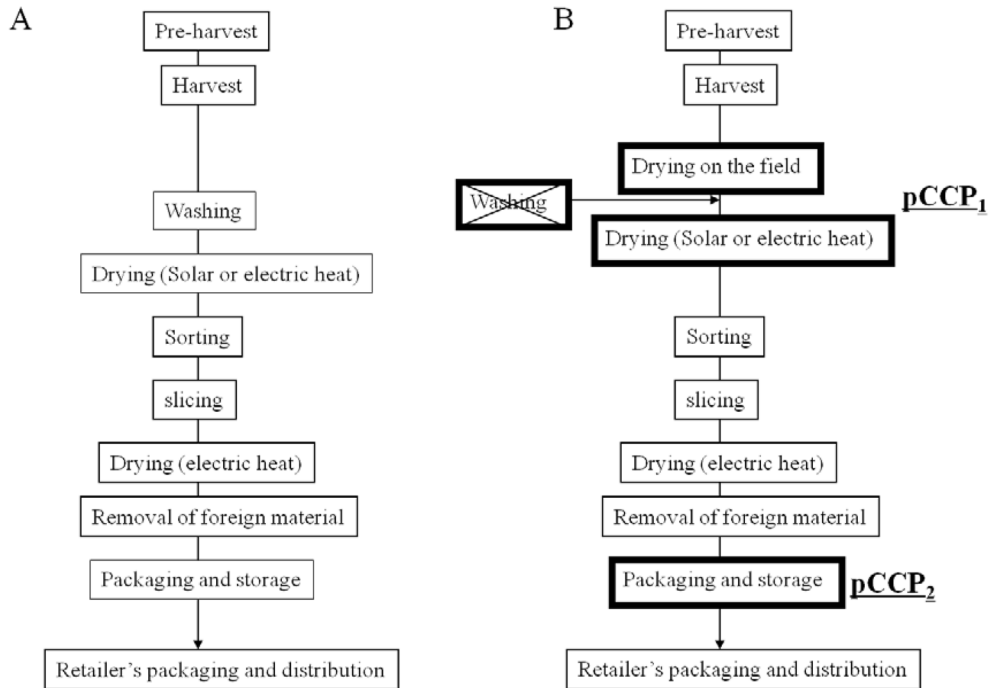


Fig. 1. Schematic illustration of the post-harvest processing at Korean farms (A) and the critical control points-based post-harvest processing (B).

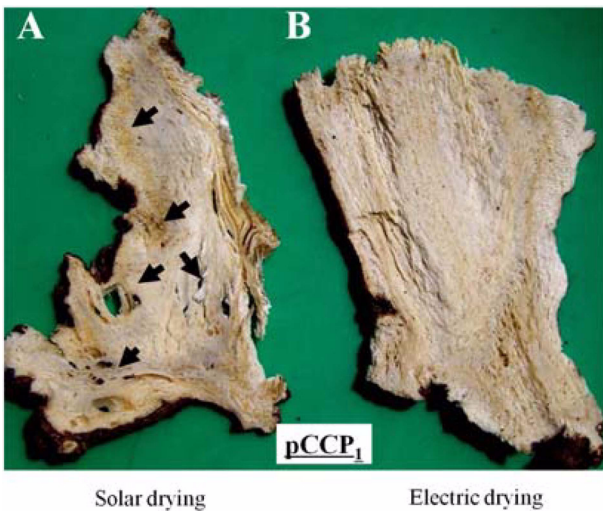


Fig. 2. The visible comparison on the morphology of sliced *Angelicae gigantis* Radix after solar drying (A) and electric drying (B).

1차 건조 이전에 수확 후 세척을 권장하였으나 실제농가에서는 1차 건조 이후에 세척과정 대신 통돌이 원심분리과정의 표면 이물제거 과정을 수행하였다. 이 과정을 통해서도 대부분의 토양성분이 제거되며 특히 세척과정으로 인한 decursin과 같은 유효약리성분의 유실을 막을 수 있는 장점이 있다. 하지만 세척과정을 거치지 않기에 토양성분 및 토양유래 곰팡이균

의 오염을 막을 수는 없을 것으로 사료되어 잠재적 중점관리 기준점 1 (pCCP₁)로 설정하였지만 유효성분의 유지라는 품질 관리 입장에서 관행적인 방법이 대부분의 농가에서 이루어지고 세척과정을 거친 상품의 경우 오히려 시장 유통 시 낮은 단가 때문에 농가에서는 꺼려하고 있다. 따라서, 향후 리스크와 경제성의 상충적 입장에서 농민, 소비자, 정책입안자의 심각한 risk communication 과정이 요구 되는 중점관리기준이다.

이후 이차 건조 후 저장 단계를 거치는데 일반적으로 폴리비닐 포장에 보관하게 되며 산지의 상황에 따라 섭씨 4도 이하의 저온저장에서 하거나 상온에서 저장하는 등 일률적으로 운영되지 않았으며, 농가에 따라 유통 전까지 적게는 3개월에서 6개월 이상까지 균 및 독소발생 최적온도에서 저장이 진행되었기에 이 지점에서의 곰팡이독소 발생측면의 위생학적 관리가능 지점으로서 잠재적 중점관리기준 2 (pCCP₂)로 설정하였다.

2. 관행적 당귀 가공공정상 잠재적 중점관리기준에서의 곰팡이 오염도 평가

일차적으로 가공공정의 비교를 통한 잠재적 관리기준점 중 세척과정 없이 덩장의 건조 과정 후 pCCP₁의 일차건조과정의 종류에 따라 샘플링을 차별 수행하였고, 이와 더불어 건조 후 저장 조건에 따라 곰팡이 위해성이 예상되기에 pCCP₂의 저장 조건에 따라 샘플링을 수행하였다. 크게 3가지 그룹 (A, B,

중점관리기준에 기초한 당귀의 수확 후 안전성 평가

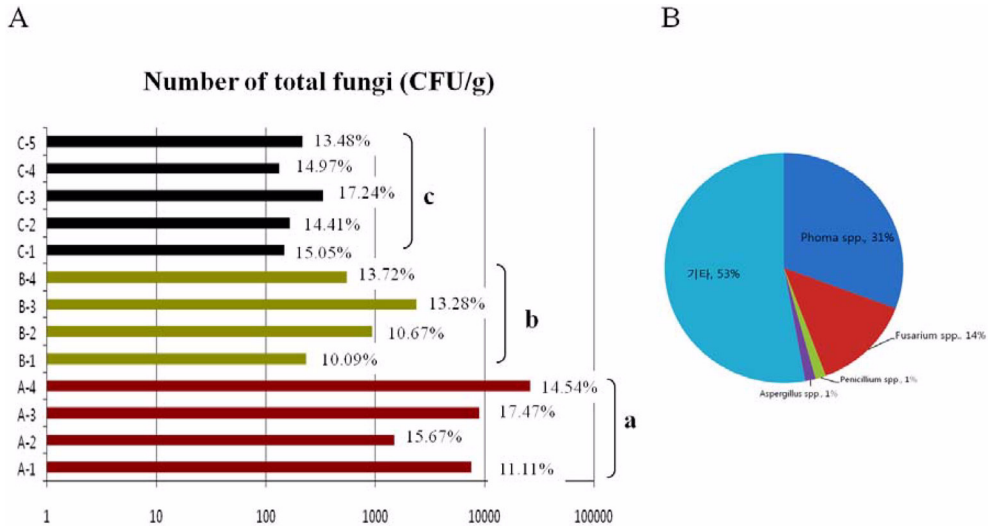


Fig. 3. Population densities of fungus group isolated from *Angelicae gigantis Radix* in each group based on CCP (A) and population percentages for all the samples (B). Numbers % right side of the horizontal bar represent water contents of each sample.

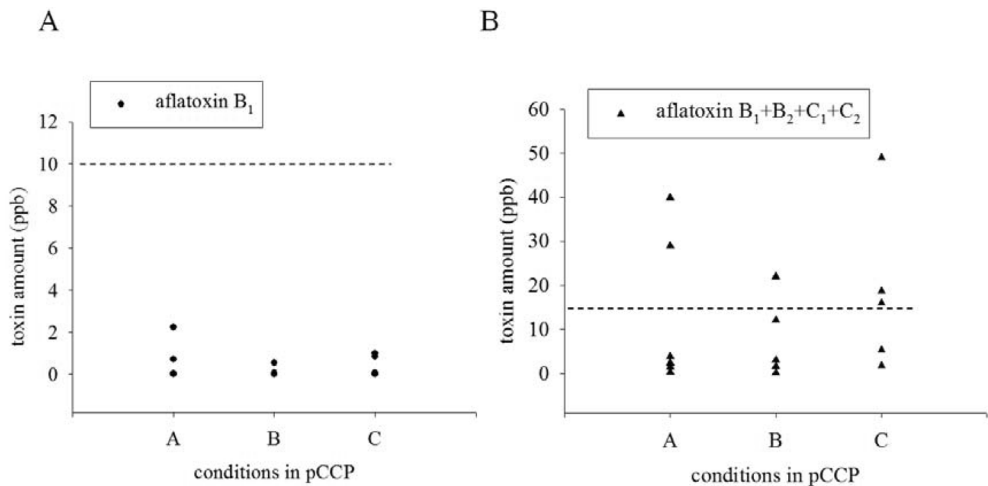


Fig. 4. Analysis of aflatoxins produced in samples of *Angelicae gigantis Radix*. Occurrence rate of Aflatoxin B₁ (A) and total amount of the major aflatoxins (aflatoxin B₁ + B₂ + C₁ + C₂) (B) were observed by liquid chromatography after immunoaffinity column cleanup.

C)으로 나누어 균의 조사와 독소의 평가를 실행하였다. 그룹 A는 양건 후 상온저장, 그룹 B는 화건 후 상온저장, 그룹 C는 화건 후 저온냉장저장으로 설정하였으며 예상되는 곰팡이 균류 및 독소생성의 위해성 정도를 A > B > C의 순서로 예측하고 일차적으로 균류의 분석을 수행하였다. 분석 결과 예상대로 A > B > C의 순서로 유의성 있게 총 곰팡이 균수의 차이를 나타내었으며 (Fig. 3A), 이는 건조방법 및 저장온도가 매우 중요한 균 오염 결정인자라는 것을 나타낸다. 하지만, 건물중의 수분함량은 총 곰팡이 균수에 영향을 미치지 않았다. 균을 중 수준 까지 동정한 결과 직접적으로 아플라톡신을 분비하는 균은 발견되지 않았으며, 특히 분리된 *Aspergillus* 속

균주들에 있어 아플라톡신 생성능을 검사한 결과 모두 음성으로 나타났다 (data not shown). 이는 허용기준치 이하로 미량이지만 아플라톡신이 모든 샘플에서 검출된 결과를 볼 때 (Fig. 4) 본 실험에서 검출할 수 있는 곰팡이의 검출한계는 1.6×10^2 CFU/g 이하로 아플라톡신 생성균으로 알려져 있는 *Aspergillus flavus*, *Aspergillus parasiticus* 등의 곰팡이가 검출한계 이하로 오염되어 있거나 수확 후 저장단계까지의 한약재 제조과정상에서 균 생존에 불리한 조건에서 독소를 생성 후 사멸하였을 것으로 사료된다. 또한 당귀에서 발견된 총 균을 종류별로 분석한 결과 *Phoma*, *Fusarium*이 우점하는 것으로 나타났으며 (Fig. 3B), 특히 모든 조별에서 토양관련

Table 1. Analysis of fungus from *Angelicae gigantis* Radix of sampling based on critical control points.

Group A	Group B	Group C
<i>Chaetomium globosum</i>	<i>Aspergillus lentulus</i>	<i>Aspergillus lentulus</i>
<i>Cladosporium cladosporioides</i>	<i>Aspergillus viridinutans</i>	<i>Fusarium</i> sp.
<i>Fusarium oxysporum</i>	Capnodiales	<i>Fusarium oxysporum</i>
<i>Fusarium solani</i>	<i>Cladosporium</i> sp.	<i>Fusarium solani</i>
<i>Penicillium sumatrense</i>	<i>Fusarium oxysporum</i>	
<i>Sphingomonas</i> sp.	<i>Fusarium solani</i>	
	<i>Penicillium pinophilum</i>	

Fusarium 균이 검출되어 세척과정이 수행되지 않는 대신 통들이 원심분리 과정으로는 토양균의 오염 제거가 어렵다는 것을 알 수 있었다 (Table 1).

3. 관행적 당귀 가공공정상 잠재적 중점관리기준에서의 아플라톡신 평가

오염균의 분석에 이어 독소의 분석도 각 조별로 아플라톡신 독소량을 조사하였다. 아플라톡신 B₁의 경우 모든 샘플에서 현재 국내 한약재에 대한 허용 기준치 (10 ppb) 이하로 매우 낮게 검출되었으며, 건조방법 및 저장온도와 독소의 생성과는 유의적 상관성을 나타내지 않았다 (Fig. 4A). 총 아플라톡신량에 있어 국내 허용 기준치가 설정되어 있지 않지만, 세계 주요 국가들에서 일반적으로 시행되는 총 아플라톡신 허용기준치는 15 ppb 미만으로 이 기준치를 초과하는 샘플 6점이 검출되었다. 하지만 수확 후 중점관리지점별 가공 저장조건과 총 아플라톡신 함량과는 유의성 있는 관련성을 나타내지는 않았다. 향후 위해성 관리 측면에서 약용작물에 대한 총 아플라톡신의 허용 기준치 마련이 요구되며, 수확 전 과정에서도 잠재적인 중점관리기준 설정 및 아플라톡신 생성 균의 검출, 독소생성에 대한 원인적인 규명이 이뤄져야 하며, 특히 생산 과정상의 중점관리기준의 모니터링과 위해도 분석이 요구 된다.

약용작물에 대한 아플라톡신의 검출에 대한 연구는 1993년 인도의 간기능성 약용작물의 분석에서 50% 정도의 검출률로서 *Asparagus racemosus*에서 최대 아플라톡신 B₁이 2230 ppb로 검출되었으며 (Trucksess and Scott, 2008), 스리랑카, 태국, 말레이시아 및 인도네시아 등에서도 아플라톡신이 각 지역의 특수한 약용작물에서 검출되었다 (Abeywickrama and Bean, 1991; Ali *et al.*, 2005; Tassaneeyakul *et al.*, 2004). 국내에서도 최근 아플라톡신 허용기준치의 설정에 따라 국내 유통 한약재 중 아플라톡신 검출에 관한 연구가 수행되어지고 있다 (Lee *et al.*, 2010). 이런 약용작물에서의 일반적인 독소 오염의 원인으로 수확 후의 비위생적인 관리가 주원인으로 제시되고 있다. 특히, 고온 다습한 지역에서의 세척, 건조, 포장의 GAP의 준수가 중점 관리 지점의 관리에서 매우 중요하다 (Reddy *et al.*, 2001; Trucksess and Scott, 2008). 국내 산지 현장 조사 실태에서 분석 되었듯이 관행적인 가공공정에서의

세척, 건조법 및 저장온도가 곰팡이 균수의 변화에 매우 중요하게 작용하였으며 본 연구에서 곰팡이 독소 생성 균은 검출되지 않았지만, 독소생성균이 중점제어지점의 관리의 문제로 인해서 오염되고 증식될 경우 우려할 수준의 독소생성 가능성은 매우 높게 될 것이 분명하다. 따라서 표준 제조 공정과 비교된 관행적인 방법의 수정과 아울러 독소 및 균류에 대한 위해성의 지속적인 모니터링이 요구된다.

감사의 글

본 논문은 부산대학교 자유과제 학술연구비(2년)에 의하여 연구되었음.

LITERATURE CITED

Abeywickrama K and Bean GA. (1991). Toxigenic *Aspergillus flavus* and aflatoxins in Sri Lankan medicinal plant material. *Mycopathologia*. 113:187-190.

Ali N, Hashim NH, Saad B, Safan K, Nakajima M and Yoshizawa T. (2005). Evaluation of a method to determine the natural occurrence of aflatoxins in commercial traditional herbal medicines from Malaysia and Indonesia. *Food and Chemical Toxicology*. 43:1763-1772.

Brase S, Encinas A, Keck J and Nising CF. (2009). Chemistry and biology of mycotoxins and related fungal metabolites. *Chemical Reviews*. 109:3903-3990.

D. E. Marin, I. Taranu, R. P. Bunaciu, F. Pascale, D. S. Tudor, N. Avram, M. Sarca, I. Cureu, R. D. Criste, V. Suta and I. P. Oswald. (2002). Changes in performance, blood parameters, humoral and cellular immune responses in weanling piglets exposed to low doses of aflatoxin. *Journal of Animal Science*. 5:1250-1257

European Commission. (2001). Setting maximum levels for certain contaminants in food stuffs (Commission Regulation (EC) No. 466/2001. 8 March 2001). *Official Journal of The European Communities*. L077, 16/03/2001:1-13.

Food and Agriculture Organization and World Health Organization. (1997). Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. June 17-26, 1997.

Ip SP and Che CT. (2006). Determination of aflatoxins in Chinese medicinal herbs by high-performance liquid chromatography using immunoaffinity column cleanup improvement of recovery.

- Journal of Chromatography. 1135:241-244.
- Katerere DR, Stockenstrom S, Thembo KM, Rheeder JP, Shephard GS and Vismer HF.** (2008). A preliminary survey of mycological and fumonisin and aflatoxin contamination of African traditional herbal medicines sold in South Africa. *Human Experimental Toxicology*. 27:793-798.
- Lee SD, Kim YS, Yoon YT, Park AS, Shin Y, Kim HS, Kim YK and Choi BH.** (2010). Monitoring of aflatoxins in herb medicines. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 18:338-344.
- Pozzi CR, Correa B, Gambale W, Paula CR, Chacon-Reche NO and Meirelles MC.** (1995). Postharvest and stored corn in Brazil: mycoflora interaction, abiotic factors and mycotoxin occurrence. *Food Additives and Contaminants*. 12:313-319.
- Reddy SV, Mayi DK, Reddy MU, Thirumala-Devi K and Reddy DV.** (2001). Aflatoxins B1 in different grades of chillies (*Capsicum annum* L.) in India as determined by indirect competitive-ELISA. *Food Additives and Contaminants*. 18:553-558.
- Tassaneeyakul W, Razzazi-Fazeli E, Porasuphatana S and Bohm J.** (2004). Contamination of aflatoxins in herbal medicinal products in Thailand. *Mycopathologia*. 158:239-244.
- Trucksess MW and Scott PM.** (2008). Mycotoxins in botanicals and dried fruits: a review. *Food Additives and Contaminants*. 25:181-192.
- Turner PC, Sylla A, Gong YY, Diallo MS, Sutcliffe AE and Hall AJ.** (2005). Reduction in exposure to carcinogenic aflatoxins by postharvest intervention measures in west Africa: a community-based intervention study. *The Lancet*. 365:1950-1956.
- Wild CP.** (2007). Aflatoxin exposure in developing countries: the critical interface of agriculture and health. *Food and Nutrition Bulletin*. 28:S372-380.
- Wogan. G. N. and Newberne. P. M.** (1967). Dose-response characteristics of Aflatoxin B₁ carcinogenesis in the rat. *Cancer Research*. 27:2370-2376.