J. Fd Hyg. Safety 18(3), 95–100 (2003)

효소면역측정법에 의한 국내산 된장과 고추장 중 Aflatoxin B_1의 오염도 조사

배수익 · 곽보연 · 박윤경 · 김영호 · 손동화†
한국식품개발연구원

Survey of Aflatoxin B_1 in Domestic *Doenjang* and *Kochujang* Determined by Enzyme Linked-Immunosorbent Assay

Soo-Ick Bae, Bo-Yeon Kwak, Yun-Kyung Park, Young-Ho Kim and Dong-Hwa Shon†
Korea Food Research Institute, Songnam-si, Kyonggi-do 463-746, Korea

ABSTRACT – Competitive direct enzyme-linked immunosorbent assay (cdELISA) of aflatoxin B_1 (AFB_1) in *deonjang* (Korean-style soybean paste) and *kochujang* (fermented hot peppersoybean paste) and the level of AFB_1 in modern or traditional style *deonjang* and *gochujang*, produced in Korea, was surveyed by cdELISA. From the standard curve of the cdELISA, the detection limit of AFB_1 was 0.2 ng/m*l*. The average recovery of AFB_1 was 71.5% in the range of 1~100 ng/g after spiking AFB_1 into *deonjang* and it means that it could be possible to detect the AFB_1 in these range by the cdELISA in *deonjang*. Among the 30 *kochujangs* tested, no AFB_1 was detected in *kochujangs*. Among the 30 *deonjangs*, AFB_1 was detected in 6 ones in the range of 1.0~6.0 ng/g. The occurrence of AFB_1 in *deonjang* and *kochujang* tested in this study was less than the Korea Standard and Specification of aflatoxin in foods (10 ppb).

Key words: Aflatoxin B_1, *deonjang*, *kochujang*, ELISA

국민들의 식생활 및 의식수준이 향상되면서 식품안전성에 대한 문제가 사회적으로 자주 대두되고 있다. 식품 중에서도 농산물과 그 가공품에 대한 중금속, 농약 및 곰팡이에 의해 생성되는 곰팡이 독소(mycotoxin)의 오염여부에 대한 관심도가 높아지고 있어 이 분야에 대한 체계적 연구가 요구되고 있다.

Aflatoxin은 *Aspergillus* 속 중에서 *A. flavus*, *A. parasiticus*[1] 및 *A. nomius* 등[2]의 곰팡이에 의하여 생성되는 2차 대사산물로서 인축에 강력한 간 독성과 발암성을 보이는 등 치명적인 위해를 줄 수 있는 것으로 평가되고 있다.[3-6] Aflatoxin에 의한 이러한 위해는 대개 이들 곰팡이 또는 aflatoxin으로 오염된 곡물과 사료를 섭취함으로부터 기인된다. 특히 aflatoxin은 전세계적으로 식품과 사료 등에 광범위하게 검출되고 있으며, 이는 건강 위해 문제 뿐 만 아니라 식량자원의 손실 등 막대한 경제적 피해를 야기하는 것으로 나타나고 있다. 또한 *Aspergillus* 속 미생물에 의한 대사결과 생성되는 독성성분 중 aflatoxin 류는 현재 약 17종이 알려져 있으며 이중에서도 B_1은 가장 강력한 발암물질로 보고되었다.[7]

따라서 미국, 영국, 캐나다, 일본 등 선진국에서는 aflatoxin을 비롯한 많은 곰팡이독소에 대한 활발한 연구가 이루어지고 있으며 특히 aflatoxin에 대하여는 농산물, 가공식품 및 사료 등에서 곰팡이 독소의 허용기준을 설정하고 이들을 규제하고 있는 데, 대체로 5~50 ppb 수준을 유지하고 있다. 우리 나라에서는 1989년부터 식품위생법상 규정에 의해 메주, 땅콩 또는 견과류 가공품, 팝콘용 옥수수 가공품 등에 대하여 aflatoxin 허용기준을 설정하였는 데, aflatoxin B_1(AFB_1)으로서 10 μg/kg(ppb) 이하로 규정하고 있다.[8]

우리 나라는 예로부터 대두를 이용하여 메주를 만들고 이를 근간으로 고추장, 된장, 간장 등의 여러 가지 장류 제품을 즐겨먹고 있다. 메주는 자연적인 미생물 집식에 의해 발효가 일어나는 데, 메주에 집식하는 곰팡이 중에는 *Aspergillus* 속의 곰팡이들이 많이 발견되고 있어 *A. flavus*나 *A. parasiticus* 등에 의한 aflatoxin의 오염 가능성이 있어 왔다. 김 등[9]은 메주, 된장 등에서 aflatoxin을 검출하였고 된장에서 최고 66 ng/g(ppb)의 AFB_1의 오염을 TLC 등으로 확인하였다. 또한 김 등[10]도 메주에서 1.2~40.7 ng/g 수준으로 약 58.3%정도의 메주에서 AFB_1의 오염을 직접경합 효소면역측정법(cdELISA)에 의해 확인하였고 같은 시료에 대해 HPLC로도 확인하였다.

지금까지의 AFB_1에 대한 연구는 주로 HPLC 또는 TLC

†Author to whom correspondence should be addressed.

와 같은 방법에 의해 주로 이루어졌다. 그러나 이러한 HPLC나 TLC 등에 의한 분석방법은 시간이 많이 소요되고 또한 비경제적이다. 최근에 손 등[11,12]은 ELISA에 의해 옥수수, 소맥, 면실박, 채종박, 쌀, 땅콩, 잣, 옥수수, 아몬드 등에 오염된 AFB_1의 함량에 대한 조사가 이루어졌다. 그러나 경제적이고 신속한 방법인 ELISA에 의하여 된장 및 고추장 중에 오염된 AFB_1에 대한 연구는 미미한 실정이다.

이에 본 연구는 시중에 유통되고 있는 된장 및 고추장 중 aflatoxin B_1의 cdELISA 분석법을 확립하고 이를 이용하여 된장 및 고추장에서 AFB_1의 오염도를 측정하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

코팅 완충액으로 TRIZMA® PRE-SET CRYSTALS [tris (hydroxymethyl)-aninomethane, 0.05 M, pH 9.0], 수세 완충액으로 phosphate buffered saline with Tween 20(PBST: 0.01 M phosphate buffer, 0.138 M NaCl, 0.0027 M KCl, 0.05% Tween 20), 기질 완충액으로 phosphate-citrate buffer tablets(0.05 M phosphate-citrate buffer, pH 5.0, 1 tablet/100 ml), 기질로 3,3',5,5'-tetramethyl benzidine dihydrochloride(TMB) 등을 Sigma사(St. Louis, MO, USA)에서 구입하여 사용하였고, 항체 정제용 Protein A column (ImmunoPure plus IgG Purification Kit(#44679))은 Pierce사(Rockford, IL, USA)에서 구입하였다. 96 well plate는 Nunc사(Roskilde, Denmark)의 것을 사용하였고, 흡광도 측정은 THERMOmax™(Molecular Devices사, Sunnyvale, CA, USA)을 사용하였다. 항 aflatoxin B_1(AFB_1) 다클론항체와 AFB_1-horseradish peroxidase(HRP) conjugate는 손 등[13]이 생산한 것을 사용하였다. 모든 시약은 GR 등급 또는 그 이상을 사용하였다.

시료

본 연구에 사용된 시료는 국내에서 유통되고 있는 된장 또는 고추장 중 총 60종의 시료(재래식 된장 14종, 개량식 된장 16종, 재래식 고추장 15종, 개량식 고추장 15종)를 상점 또는 재래식 시장에서 구입하여 사용하였다.

시료 전처리

된장 중에 함유된 AFB_1은 methanol 수용액으로 추출하여 immunoaffinity column으로 정제하였다. 간략하면, 된장 20 g에 100 ml의 추출용매(60% methanol 수용액)를 가하고 균질기(Homogenizer, Ultra-Turrax T25)에서 10,000 rpm으로 1분간 균질화 하였다. 이 균질액에 동량의 증류수를 가해서 잘 교반하였다. 이 용액을 Whatman No. 4 여과지를 통과시켜 여과액을 준비한 후 이 여과액 10 ml을 분당 2-3 ml의 유속으로 immunoaffinity column(AflaprepR, Rhone-diagnostics사, Glasgow, Scotland)을 통과 시켰다. 증류수 10 ml로 column을 2회 세척한 후, 1 ml의 methanol과 1 ml의 증류수를 가하여 AFB_1을 용출시킨 후 이를 ELISA의 시료로 이용하였다. 고추장 시료의 전처리도 된장과 동일한 방법으로 처리하였다.

직접 경합 Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (cdELISA)

손 등[13]에 의해 제조된 항 AFB_1 다클론항체를 Protein A column을 이용하여 제조자의 제시방법으로 정제하였다. 정제된 항 AFB_1 다클론항체를 코팅 완충액에 10 μg/ml로 되게 희석한 후 microplate의 well에 100 μl씩 가하고 4°C에서 하룻밤 동안 방치시켰다. 각 well 당 150 μl의 수세 완충액으로 3회 세척한 후 앞서 시료 전처리과정에 의해 제조된 된장 또는 고추장 추출물(50% methanol에 용해된 AFB_1)과 AFB_1-HRP(수세용 완충액으로 500배 희석시킨 것)의 1:1혼합액을 100 μl씩 well에 넣고 상온에서 1시간 반응시킨 다음 수세용 완충액으로 3회 세척하였다. 기질용액(1 mg의 3,3',5,5'-tetramethyl-benzidine(TMB)를 10 ml의 기질 완충액에 용해시킨 후 10 μl의 hydrogen peroxide를 가한 것) 100 μl를 각각의 microplate well에 넣고 30분간 반응한 후 50 μl의 반응정지액(2 M H_2SO_4)을 넣어 반응을 중지시킨 다음 450 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준곡선 작성 시에는 50% methanol 수용액에 AFB_1 표준액(AFB_1을 phosphate buffed saline에 용해시킨 것)을 최종 농도가 0.01-100 ng/ml이 되게 가한 것을 cdELISA의 시료로서 사용하였다. 시료는 3반복으로 cdELISA를 실시하여 흡광도를 구한 다음 그 평균치로 표준곡선 상에서 AFB_1 함량을 산출하였다. 된장 및 고추장 시료 중의 AFB_1 양은 표준곡선에서 나온 값에 희석배수 2를 곱하여 계산하였다.

회수율

Spike test를 위하여 AFB_1이 오염되지 않은 시료 20 g에 AFB_1 표준액을 최종함량이 1.0, 3.0, 10, 30, 100 ng/g이 되게 첨가하였다. 즉, AFB_1 표준액을 200 μl씩 각각의 된장 시료에 첨가하였다. 각각의 시료를 이쑤시개를 이용하여 잘 섞고 하룻밤 방치한 다음, 위에서 기술한 방법과 같은 방법으로 시료를 전처리하여 cdELISA를 수행하였다. 회수율(%)은 cdELISA에 의해 검출된 양을 spike시 첨가한 양으로 나눈 후 백분율로 표시하였다.

결 과

표준곡선

항 AFB_1 특이 항체를 이용하여 cdELISA에 의한 AFB_1 표준물질에 대한 표준 곡선을 Fig. 1에 나타내었다. Fig. 1에서 보는 바와 같이 최대 흡광도의 90% 이하 흡광도를 양성으로 판단하였을 때, 검출 한계는 0.2 ng/ml로 볼 수 있으며, 시료의 희석 배수를 감안하면 AFB_1의 함량이 0.4 ng/g 이상의 시료에서 검출이 가능한 것으로 나타났다. 표준곡선 실험시 AFB_1 표준물질을 50% methanol에 각 농도별로 희석하여 표준 곡선을 작성 하였는 데, 이는 앞서 손 등[11]이 70% methanol에 AFB_1 표준물질을 각 농도별로 희석하여 분석한 결과와 검출감도 및 검출 범위가 거의 같게 나타났다.

cdELISA에 의한 AFB_1의 분석 회수율

CdELISA를 통한 된장시료에 AFB_1 표준물질을 첨가한 후 회수율을 Table 1에 나타내었다. AFB_1의 회수율은 평균 71.5%로 나타났다. 10 ng/g의 회수율이 다른 처리구에 비해

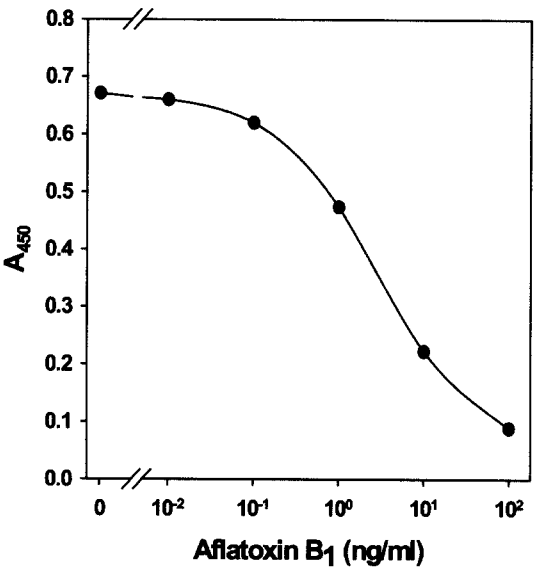

Fig. 1. Standard curve of competitive direct ELISA for AFB_1.
CdELISA was done as follow : a 1:1 mixture (AFB_1 standard : AFB_1-HRP conjugate diluted to 1/500 in the PBST buffer) was added to the anti-AFB_1 polyclonal antibody-coated plate. After 1 hr, the plate was washed with PBST, the substrate solution (H_2O_2/TMB) was added, developed for 30 min. And stopped the reaction with 2 M H_2SO_4, and finally the absorbance at 450 nm was measured. The AFB_1 concentration was determined from the standard curve.

Table 1. Recovery of AFB_1 from spiked *doenjang* samples by cdELISA[1]

AFB_1 added[2] (ng/g)	AFB_1 detected (ng/g)	Recovery (%)
1	0.8	80.0
3	1.8	60.0
10	5.6	56.0
30	21.6	72.0
100	89.4	89.4
Mean±S.D. (C.V.)		71.5±13.8 (19.3)

[1]A 1:1 mixture (AFB_1 standard or sample : AFB_1-HRP conjugate diluted to 1/500 in the PBST buffer) was added to the anti-AFB_1 polyclonal antibody-coated plate. After 1 hr, the plate was washed with PBST, the substrate solution (H_2O_2/TMB) was added, developed for 30 min. And stopped the reaction with 2 M H_2SO_4, and finally the absorbance in 450 nm was measured. The AFB_1 concentration was calculated from the standard curve.
[2]Each AFB_1 was spiked into *deonjang* which did not contain the AFB_1

약간 적게 나타나고 있으나 전체적으로 균일한 회수율을 보이고 있다. 전체적으로 분석치는 spike 치보다 약간 낮게 나타났다. 이와 같은 회수율 결과는 된장 중에 포함된 AFB_1의 함량이 1 ng/g 이상에서 안정적으로 측정 가능하다는 것을 보여주고 있다. 고추장 시료에 대한 회수율 경우도 대체로 비슷한 결과를 보였다(data 생략). 표준곡선 상에서의 검출한계는 0.2 ng/ml로서 시료의 희석배수를 감안하면 실제 시료의 검출한계가 0.4 ng/g정도로 나와야 하나, 회수율 실험시 1 ng/g 미만에서는 회수율이 불안정한 것으로 나타났다(data 생략). 이는 시료를 methanol 추출 후 immunoaffinity column으로 정제를 하였다고 하나 시료 중에 있는 방해물질에 의한 것으로 생각된다.[14]

또한 손 등[11]의 연구에서는 표준물질을 AFB_1이 없는 여러 가지 시료 추출액(옥수수, 소맥, 면실박, 채종박)을 사용하여 이를 표준곡선 제조에 사용하였다. 표준곡선의 검출 농도가 1~100 ng/g로 나타났으나 spike 실험에서의 회수율을 보면 1 ng/g에서의 회수율이 첨가량에 비해 약 2.7배 높은 것으로 나타났다. 이는 역시 matrix의 영향으로 생각된다. 이들의 실험에서는 시료를 70% methanol로 추출하여 바로 ELISA에 사용하였고 희석배율이 5배인 점을 감안하면 immunoaffinity column을 사용하여 희석배수를 2배로 하였기 때문에 손 등의 실험보다 높은 검출한계를 보이고 있어 1 ng/g의 회수율에 있어서는 더 좋은 회수율을 나타내었다.

오염조사

상기의 표준곡선을 이용하여 전국에서 수거한 된장 및 고

Table 2. Incidence and levels of aflatoxin B_1 in *Doenjang* and *Kochujang* determined by cdELISA[1]

Samples No.	AFB_1 conc. (ng/g)	
	Deonjang	Kochujang
1	N.D.[2]	N.D.
2	N.D.	N.D.
3	N.D.	N.D.
4	N.D.	N.D.
5	N.D.	N.D.
6	N.D.	N.D.
7	N.D.	N.D.
8	N.D.	N.D.
9	1.0	N.D.
10	N.D.	N.D.
11	1.0	N.D.
12	N.D.	N.D.
13	N.D.	N.D.
14	N.D.	N.D.
15	N.D.	N.D.
16	N.D.	N.D.
17	6.0	N.D.
18	N.D.	N.D.
19	N.D.	N.D.
20	1.8	N.D.
21	N.D.	N.D.
22	1.1	N.D.
23	N.D.	N.D.
24	N.D.	N.D.
25	N.D.	N.D.
26	N.D.	N.D.
27	5.1	N.D.
28	N.D.	N.D.
29	N.D.	N.D.
30	N.D.	N.D.
Incidence (Positive/Total)	6/30 (20%)	0/30 (0%)
Range (ng/g)	1.0~6.0	–

[1]A cdELISA was performed the same as in the Table 1.
[2]Not detectable; The sample which showed less than 1 ng/g (ppb) was considered as to be not detectable.

추장의 AFB_1 함량을 cdELISA로 분석한 결과를 Table 2에 나타내었다. 고추장에서 AFB_1은 검출되지 않았다. 한편 총 30종의 된장 중 6종에서 1.0~6.0 ng/g로 검출되었고 나머지 된장 시료에서는 검출되지 않았다. 이번 연구에서 cdELISA에 의한 우리 나라의 시판 된장 및 고추장 시료를 대상으로 AFB_1 함량을 측정하였을 때, 대부분에서 검출 한계 이하로 나타났고, 일부 시료에서(6/60종) 검출된 것도 우리 나라 식품위생법상[8] 규정에 의한 AFB_1 허용기준인 10 ppb(ng/g) 이하로 나타났다.

고 찰

곰팡이독소에 대한 국내외의 연구는 한국인의 암 발생이 메주 제조시 오염된 곰팡이로부터 된장, 간장 및 고추장에 aflatoxin의 존재 가능성과 연관이 있을 것이라고[15] 제시한 이래 전통식품재료나 식품으로부터 aflatoxin의 오염정도[9,10], aflatoxin 생성균의 분리[16], 가공 중의 aflatoxin 변화 등에 관한 연구[17]가 이루어져 왔다. 실제 김 등[9]과 김 등[10]은 메주에서 AFB_1의 존재를 확인하였다. 따라서 메주를 원료로 한 된장, 고추장에서 AFB_1 함유 가능성은 무척 높다고 할 수 있겠다. 하지만 이번 연구에서 AFB_1은 고추장에서 검출되지 않았고 된장의 경우 대부분은 검출되지 않았지만 검출된 된장의 경우 6 ppb 이하의 아주 낮은 함량을 보이고 있다. 이는 메주 제조 시 aflatoxin 생산 곰팡이의 오염이 없었거나, 장류의 제로시 희석 또는 발효에 의하여 aflatoxin의 함량이 저하되었으리라 생각된다.

Aflatoxin을 생성하는 곰팡이는 환경 중에서 대개 그들의 성장과 aflatoxin 생성에 영향을 미칠 수 있는 다른 미생물과 공존하며 상호작용을 갖는다. 실제로 강 등[18]은 aflatoxin 생성균인 *Aspergillus flavus*와 *Aspergillus parasiticus*에 대해 길항력이 가장 강력한 균을 분리하였으며 그 균은 *Bacillus* sp.인 것으로 판단하였다. 분리한 길항균과 aflatoxin 생성균을 처리하여 제조한 된장의 aflatoxin 함량은 각각 87.5%, 87.8% 감소하였으며 김 등[19]도 *Aspergillus parasiticus*와 *Bacillus subtilis*의 혼합 배양이 *Aspergillus parasiticus*의 단독 배양에서 *A. parasiticus*의 건조 균체량이 배양 말기에 약 85.3% 정도 감소하였고 aflatoxin 생성도 50% 이상 감소되었다는 보고를 하였다. 박 등[20]도 *A. parasiticus*를 오염시켜 메주 발효를 전통적인 방법으로 제조했을 때 aflatoxin 생성은 일어났지만, 된장, 간장, 고추장 등을 만들기 위해 발효된 메주를 소금과 물을 넣고 약 3개월 정도 숙성하였더니 약 63%의 AFB_1이 파괴되었다고 보고하고 있다. 또, 인위적으로 콩을 살균한 상태에서 *A. parasiticus* 단독 또는 *A. oryzae*, *Bacillus subtilis*와 함께 만든 메주를 소금물에 3개월 정도 숙성하였을 때에는 거의 모든 aflatoxin(90~100%) 파괴되었다고 보고하고 있다. 이러한 관점에서 이번 실험에서 검사한 대부분의 된장과 고추장에서 AFB_1 검출이 안된 것은 된장과 고추장, 그리고 그 원료인 메주 등에서 상재균으로 있는 *B. subtilis*에 의해 발효 중 혹 오염되었을 지도 모를 유해 곰팡이인 *A. parasiticus*와 *A. flavus*의 성장과 aflatoxin 생성을 억제하였다고 생각할 수 있다.

본 연구에서 국내에서 생산되는 된장 및 고추장을 대상으로 cdELISA를 이용하여 AFB_1의 오염 정도를 조사하였을

때, 대부분의 된장 및 고추장 시료에서 AFB_1은 검출되지 않았고 검출된 일부 된장 시료의 경우에도 우리 나라 식품 위생법상의 허용기준치보다 낮게 검출되었다. 그러나 전통 메주의 제조시 제조지역에 의한 개체의 차이가 크고 또한 AFB_1의 맹독성에 비추어 볼 때, 앞으로 좀 더 다양하고 많은 시료에 대한 연구가 수행되어야 할 것으로 생각된다.

감사의 말씀

본 연구는 농림부에서 시행한 2001년도 농림기술개발사업 연구 결과의 일부이며 연구비 지원에 감사드립니다.

국문요약

된장과 고추장에 대해 cdELISA에 의한 AFB_1의 분석방법을 확립하고 국내에서 생산되는 재래식 및 개량식 된장과 고추장을 수거하여 AFB_1의 오염도를 조사하였다. 표준곡선을 작성하였을 때, 이의 검출 한계는 0.2 ng/ml(ppb) 이었다. 된장의 Spike test 후 회수율은 1~100 ng/g 범위에서 평균 71.5%로 나타나 이 범위에서 cdELISA에 의한 AFB_1의 측정이 가능함을 보여주었다. 이로부터 된장 및 고추장에서 cdELISA를 통한 AFB_1의 분석 방법을 확립하였다. 된장 및 고추장 시료의 AFB_1의 오염도는 총 30종의 고추장 시료에서는 AFB_1이 검출되지 않았고 총 30종의 된장 시료 중 6종에서 1.0~6.0 ng/g 수준으로 검출되었다. 이는 우리 나라의 허용 기준인 10 ng/g(ppb) 이하였다.

참고문헌

1. Gourama, H. and Bullerman, L.B.: *Aspergillus flavus* and *Aspergillus parasiticus*; aflatoxigenic fungi of concern in foods and feeds - a review. *J. Food Protec.*, **58**, 1395-1404 (1995).
2. Kurtzman, C.D., Horn, B.W. and Hesselitine, C.W.: *Aspergillus nomius*, a new aflatoxin producing species related to *Aspergillus flavors* and *Aspergillus tamari*. *J. of Microbiol.*, **53**, 147-158 (1987)
3. Hall, A.J. and Wild, C.P.: Epidemiology of aflatoxin-related disease. In *The Toxicology of Aflatoxins: Human Health, Veterinary, and Agricultural Significance* (Eaton, D.D. and Groopman, J.D. eds) Academic Press, Inc., San Diego, pp 233-258 (1994).
4. Lillehoj, E.B.: Natural occurrence of mycotoxins in feeds: Pitfalls in determination. In *Interactions of Mycotoxins in Animal Production*, National Academy of Sciences, Washington, D.C., pp 139-156 (1979).
5. Wogan, G.N. and Newberne, P.M.: Dose-response characteristics of aflatoxin B_1 carcinogenesis in the rat. *Cancer Res.*, **27**, 2370-2376 (1967)
6. Van Rensburg, S.J., Cook-Mozuffari, P., Van Schalkwyk, D.J., Van Der Watt, J.J., Vincent, T.J. and Pruchase, I.F.: Hepatocellular carcinoma and dietary aflatoxin in Mozambique and Transkei. *Br. J. Cancer*, **51**, 713-726 (1985)
7. Patterson, D.S. P.: Aflatoxin and related compounds. In *Mycotoxigenic fungi, mycotoxins, mycotoxicoses; an encyclopediac handbook* (Wyllie, T.D. and Morehouse, L.G. eds) Marcel Dekker, New York, pp 131-233 (1977).
8. 한국식품의약품안전청: 식품공전, 서울(1999).
9. 김용화, 황보정숙, 이서래: 몇 가지 한국식품 중 Aflatoxin의 검출. 한국식품과학회지, **9**, 73-89 (1977).
10. Kim, E.K, Shon, D.H., Yoo, J.Y., Ryu, D., Lee, C. and Kim, Y. B.: Natural occurrence of aflatoxins in Korean *meju*. *Food Additives and Contaminants*, **18**, 151-156 (2001)
11. 손동화, 박애란, 이인원: 수입곡물 중의 aflatoxin B_1 검출을 위한 효소면역측정법의 평가. 한국산업미생물학회지, **20**, 355-361 (1992).
12. 손동화, 조명행, 이문한: ELISA에 의한 농산물중 Aflatoxin 잔류 조사. 한국식품위생안전성학회지, **12**, 281-287 (1997).
13. 손동화, 박애란, 서병철, 김진철, 이인원, 남영중, 허우덕: Aflatoxin B_1의 검출을 위한 효소면역측정법의 개발. 한국산업미생물학회지, **20**, 225-232 (1992).
14. Ram, B., Hart, L.P., Cole R. J. and Pestka, J. J.: Application of ELISA to retail survey of aflatoxin B_1 in peanut butter. *J. Food Prot.*, **49**, 792-795 (1986).
15. Crane, P. S., Rhee, U. and Steel, D. J.: Experiences with 1079 cases of cancer of the stomach seen in Korea from 1962 to 1968. *Amer. J. Surgery*, **120**, 747-751 (1970).
16. 이관영, 최인호, 이서래: 국내에서 분리된 *Aspergillus*에 의한 aflatoxin의 생성. 한국생화학회지, **8**, 1-9 (1975).
17. 여현종, 김종규: 쌀의 조리 및 가공 과정 중 aflatoxin 감소에 관한 연구. 한국식품위생안전성학회지, **17**, 79-86 (2002).
18. 강길진, 박종훈, 조정일: 길항 미생물에 의한 된장 중

aflatoxin 제어 및 그 품질특성. 한국식품과학회지, **32**, 1258-1265 (2000).

19. 김종규, 노우섭: 한국산 간장과 된장의 숙성 중 aflatoxin의 변화와 그 특징-제1보 경쟁 미생물(*Bacillus subtilis*)이 *Aspergillus parasiticus*의 성장과 aflatoxin 생성에 미치는 영향. 한국식품위생안전성학회지, **13**, 313-317 (1998).
20. Park, K.Y., Lee, K.B. and Bullerman, L.B.: Aflatoxin in production by *Aspergillus parasiticus* and its stability during the manufacture of Korean soy paste (*doenjang*) and soy sauce (*kanjang*) by traditional method. *J. Food Prot.*, **51**, 938-945 (1988).