

## 효소면역측정법에 의한 국내산 된장과 고추장 중 Aflatoxin B<sub>1</sub>의 오염도 조사

배수익 · 곽보연 · 박윤경 · 김영호 · 손동화<sup>†</sup>  
한국식품개발연구원

### Survey of Aflatoxin B<sub>1</sub> 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<sup>†</sup>  
Korea Food Research Institute, Songnam-si, Kyonggi-do 463-746, Korea

**ABSTRACT** – Competitive direct enzyme-linked immunosorbent assay (cdELISA) of aflatoxin B<sub>1</sub> (AFB<sub>1</sub>) in *deonjang* (Korean-style soybean paste) and *kochujang* (fermented hot peppersoybean paste) and the level of AFB<sub>1</sub> 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<sub>1</sub> was 0.2 ng/ml. The average recovery of AFB<sub>1</sub> was 71.5% in the range of 1~100 ng/g after spiking AFB<sub>1</sub> into *deonjang* and it means that it could be possible to detect the AFB<sub>1</sub> in these range by the cdELISA in *deonjang*. Among the 30 *kochujangs* tested, no AFB<sub>1</sub> was detected in *kochujangs*. Among the 30 *deonjangs*, AFB<sub>1</sub> was detected in 6 ones in the range of 1.0~6.0 ng/g. The occurrence of AFB<sub>1</sub> 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<sub>1</sub>, *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 관심이 높아지고 있어 이 분야에 대한 체계적 연구가 요구되고 있다.

Aflatoxin은 *Aspergillus* 속 중에서 *A. flavus*, *A. parasiticus*<sup>1)</sup> 및 *A. nomius* 등<sup>2)</sup>의 곰팡이에 의하여 생성되는 2차 대사산물로서 인체에 강력한 간 독성과 발암성을 보이는 등 치명적인 위해를 줄 수 있는 것으로 평가되고 있다.<sup>3-6)</sup> Aflatoxin에 의한 이러한 위해는 대개 이들 곰팡이 또는 aflatoxin으로 오염된 곡물과 사료를 섭취함으로써 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<sub>1</sub>은 가장 강력한 발암물질로 보고되었다.<sup>7)</sup>

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, 팥콩용 옥수수 가공품 등에 대하여 aflatoxin 허용기준을 설정하였는 데, aflatoxin B<sub>1</sub>(AFB<sub>1</sub>)으로서 10 µg/kg(ppb) 이하로 규정하고 있다.<sup>8)</sup>

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<sup>9)</sup>은 메주, 된장 등에서 aflatoxin을 검출하였고 된장에서 최고 66 ng/g(ppb)의 AFB<sub>1</sub>의 오염을 TLC 등으로 확인하였다. 또한 김 등<sup>10)</sup>도 메주에서 1.2~40.7 ng/g 수준으로 약 58.3%정도의 메주에서 AFB<sub>1</sub>의 오염을 직접경합 효소면역측정법(cdELISA)에 의해 확인하였고 같은 시료에 대해 HPLC로도 확인하였다.

지금까지의 AFB<sub>1</sub>에 대한 연구는 주로 HPLC 또는 TLC

<sup>†</sup>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<sup>11,12)</sup>은 ELISA에 의해 옥수수, 소맥, 면실박, 채종박, 쌀, 땅콩, 잣, 옥수수, 아몬드 등에 오염된 AFB<sub>1</sub>의 함량에 대한 조사가 이루어졌다. 그러나 경제적이고 신속한 방법인 ELISA에 의하여 된장 및 고추장 중에 오염된 AFB<sub>1</sub>에 대한 연구는 미미한 실정이다.

이에 본 연구는 시중에 유통되고 있는 된장 및 고추장 중 aflatoxin B<sub>1</sub>의 cdELISA 분석법을 확립하고 이를 이용하여 된장 및 고추장에서 AFB<sub>1</sub>의 오염도를 측정하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

코팅 완충액으로 TRIZMA<sup>®</sup> PRE-SET CRYSTALS [tris (hydroxymethyl)-aminomethane, 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 Pierce 사(Rockford, IL, USA)에서 구입하였다. 96 well plate는 Nunc사(Roskilde, Denmark)의 것을 사용하였고, 흡광도 측정기는 THERMOMax<sup>™</sup>(Molecular Devices사, Sunnyvale, CA, USA)을 사용하였다. 항 aflatoxin B<sub>1</sub>(AFB<sub>1</sub>) 다클론항체와 AFB<sub>1</sub>-horseradish peroxidase(HRP) conjugate는 손 등<sup>13)</sup>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<sub>1</sub>은 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<sub>1</sub>을 용출시킨 후 이를 ELISA의 시료로 이용하였다. 고추장 시료의 전처리도 된장과 동일한 방법으로 처리하였다.

### 직접 결합 Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (cdELISA)

손 등<sup>13)</sup>에 의해 제조된 항 AFB<sub>1</sub> 다클론항체를 Protein A column을 이용하여 제조자의 제시방법으로 정제하였다. 정제된 항 AFB<sub>1</sub> 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<sub>1</sub>)과 AFB<sub>1</sub>-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<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)을 넣어 반응을 중지시킨 다음 450 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준곡선 작성 시에는 50% methanol 수용액에 AFB<sub>1</sub> 표준액(AFB<sub>1</sub>을 phosphate buffered 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<sub>1</sub> 함량을 산출하였다. 된장 및 고추장 시료 중의 AFB<sub>1</sub> 양은 표준곡선에서 나온 값에 희석배수 2를 곱하여 계산하였다.

### 회수율

Spike test를 위하여 AFB<sub>1</sub>이 오염되지 않은 시료 20 g에 AFB<sub>1</sub> 표준액을 최종함량이 1.0, 3.0, 10, 30, 100 ng/g이 되게 첨가하였다. 즉, AFB<sub>1</sub> 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<sub>1</sub> 특이 항체를 이용하여 cdELISA에 의한 AFB<sub>1</sub> 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 회석 배수를 감안하면 AFB<sub>1</sub>의 함량이 0.4 ng/g 이상의 시료에서 검출이 가능한 것으로 나타났다. 표준 곡선 실험시 AFB<sub>1</sub> 표준물질을 50% methanol에 각 농도별로 희석하여 표준 곡선을 작성 하였는데, 이는 앞서 손 등<sup>11)</sup>이 70% methanol에 AFB<sub>1</sub> 표준물질을 각 농도별로 희석하여 분석한 결과와 검출감도 및 검출 범위가 거의 같게 나타났다.

### cdELISA에 의한 AFB<sub>1</sub>의 분석 회수율

CdELISA를 통한 된장시료에 AFB<sub>1</sub> 표준물질을 첨가한 후 회수율을 Table 1에 나타내었다. AFB<sub>1</sub>의 회수율은 평균 71.5%로 나타났다. 10 ng/g의 회수율이 다른 처리구에 비해

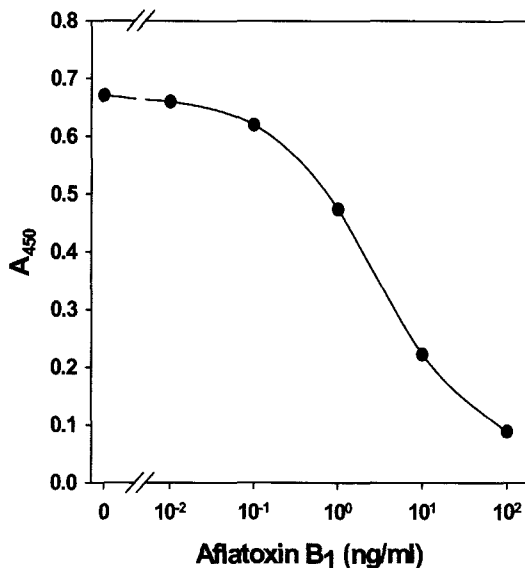


Fig. 1. Standard curve of competitive direct ELISA for AFB<sub>1</sub>.

CdELISA was done as follow : a 1:1 mixture (AFB<sub>1</sub> standard : AFB<sub>1</sub>-HRP conjugate diluted to 1/500 in the PBST buffer) was added to the anti-AFB<sub>1</sub> polyclonal antibody-coated plate. After 1 hr, the plate was washed with PBST, the substrate solution (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/TMB) was added, developed for 30 min. And stopped the reaction with 2 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, and finally the absorbance at 450 nm was measured. The AFB<sub>1</sub> concentration was determined from the standard curve.

Table 1. Recovery of AFB<sub>1</sub> from spiked doenjang samples by cdELISA<sup>1</sup>

AFB <sub>1</sub> added <sup>2</sup> (ng/g)	AFB <sub>1</sub> 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)

<sup>1</sup>A 1:1 mixture (AFB<sub>1</sub> standard or sample : AFB<sub>1</sub>-HRP conjugate diluted to 1/500 in the PBST buffer) was added to the anti-AFB<sub>1</sub> polyclonal antibody-coated plate. After 1 hr, the plate was washed with PBST, the substrate solution (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/TMB) was added, developed for 30 min. And stopped the reaction with 2 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, and finally the absorbance in 450 nm was measured. The AFB<sub>1</sub> concentration was calculated from the standard curve.

<sup>2</sup>Each AFB<sub>1</sub> was spiked into doenjang which did not contain the AFB<sub>1</sub>.

약간 적게 나타나고 있으나 전체적으로 균일한 회수율을 보이고 있다. 전체적으로 분석치는 spike 치보다 약간 낮게 나타났다. 이와 같은 회수율 결과는 된장 중에 포함된 AFB<sub>1</sub>의 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 회석배수를 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.<sup>14)</sup>

또한 손 등<sup>11)</sup>의 연구에서는 표준물질을 AFB<sub>1</sub>이 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 회석배율이 5배인 점을 감안하면 immunoaffinity column을 사용하여 회석배수를 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<sub>1</sub> in Doenjang and Kochujang determined by cdELISA<sup>1</sup>**

Samples No.	AFB <sub>1</sub> conc. (ng/g)	
	Doenjang	Kochujang
1	N.D. <sup>2</sup>	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	-

<sup>1</sup>A cdELISA was performed the same as in the Table 1.

<sup>2</sup>Not detectable; The sample which showed less than 1 ng/g (ppb) was considered as to be not detectable.

추장의 AFB<sub>1</sub> 함량을 cdELISA로 분석한 결과를 Table 2에 나타내었다. 고추장에서 AFB<sub>1</sub>은 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<sub>1</sub> 함량을 측정하였을 때, 대부분에서 검출 한계 이하로 나타났고, 일부 시료에서(6/60종) 검출된 것도 우리 나라 식품위생법상<sup>8)</sup> 규정에 의한 AFB<sub>1</sub> 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<sup>15)</sup> 제시한 이래 전통식품재료나 식품으로부터 aflatoxin의 오염정도<sup>9,10)</sup>, aflatoxin 생성균의 분리<sup>16)</sup>, 가공 중의 aflatoxin 변화 등에 관한 연구<sup>17)</sup>가 이루어져 왔다. 실제 김 등<sup>9)</sup>과 김 등<sup>10)</sup>은 메주에서 AFB<sub>1</sub>의 존재를 확인하였다. 따라서 메주를 원료로 한 된장, 고추장에서 AFB<sub>1</sub> 함유 가능성은 무척 높다고 할 수 있겠다. 하지만 이번 연구에서 AFB<sub>1</sub>은 고추장에서 검출되지 않았고 된장의 경우 대부분은 검출되지 않았지만 검출된 된장의 경우 6 ppb 이하의 아주 낮은 함량을 보이고 있다. 이는 메주 제조시 aflatoxin 생산 곰팡이의 오염이 없었거나, 장류의 제조시 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<sup>18)</sup>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<sup>19)</sup>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<sup>20)</sup>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<sub>1</sub>이 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<sub>1</sub> 검출이 안된 것은 된장과 고추장, 그리고 그 원료인 메주 등에서 상재균으로 있는 *B. subtilis*에 의해 발효 중 혹은 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<sub>1</sub>의 오염 정도를 조사하였을

때, 대부분의 된장 및 고추장 시료에서 AFB<sub>1</sub>은 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<sub>1</sub>의 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<sub>1</sub>의 분석방법을 확립하고 국내에서 생산되는 재래식 및 개량식 된장과 고추장을 수거하여 AFB<sub>1</sub>의 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<sub>1</sub>의 측정이 가능함을 보여주었다. 이로부터 된장 및 고추장에서 cdELISA를 통한 AFB<sub>1</sub>의 분석 방법을 확립하였다. 된장 및 고추장 시료의 AFB<sub>1</sub>의 오염도는 총 30종의 고추장 시료에서는 AFB<sub>1</sub>이 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

- 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).
- Kurtzman, C.D., Horn, B.W. and Hesselatine, C.W.: *Aspergillus nomius*, a new aflatoxin producing species related to *Aspergillus flavus* and *Aspergillus tamari*. *J. of Microbiol.*, **53**, 147-158 (1987)
- 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).
- 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).
- Wogan, G.N. and Newberne, P.M.: Dose-response characteristics of aflatoxin B<sub>1</sub> carcinogenesis in the rat. *Cancer Res.*, **27**, 2370-2376 (1967)
- Van Rensburg, S.J., Cook-Mozuffari, P., Van Schalkwyk, D.J., Van Der Watt, J.J., Vincent, T.J. and Prurchase, I.F.: Hepatocellular carcinoma and dietary aflatoxin in Mozambique and Transkei. *Br. J. Cancer*, **51**, 713-726 (1985)
- 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).
- 한국식품의약품안전청: 식품공전, 서울(1999).
- 김용화, 황보정숙, 이서래: 몇 가지 한국식품 중 Aflatoxin의 검출. *한국식품과학회지*, **9**, 73-89 (1977).
- 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)
- 손동화, 박애란, 이인원: 수입곡물 중의 aflatoxin B<sub>1</sub> 검출을 위한 효소면역측정법의 평가. *한국산업미생물학회지*, **20**, 355-361 (1992).
- 손동화, 조명행, 이문찬: ELISA에 의한 농산물중 Aflatoxin 잔류 조사. *한국식품위생안전성학회지*, **12**, 281-287 (1997).
- 손동화, 박애란, 서병철, 김진철, 이인원, 남영중, 허우덕: Aflatoxin B<sub>1</sub>의 검출을 위한 효소면역측정법의 개발. *한국산업미생물학회지*, **20**, 225-232 (1992).
- Ram, B., Hart, L.P., Cole R. J. and Pestka, J. J.: Application of ELISA to retail survey of aflatoxin B<sub>1</sub> in peanut butter. *J. Food Prot.*, **49**, 792-795 (1986).
- 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).
- 이관영, 최인호, 이서래: 국내에서 분리된 *Aspergillus*에 의한 aflatoxin의 생성. *한국생화학회지*, **8**, 1-9 (1975).
- 여현종, 김종규: 쌀의 조리 및 가공 과정 중 aflatoxin 감소에 관한 연구. *한국식품위생안전성학회지*, **17**, 79-86 (2002).
- 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).