

수입식품 및 국내식품중의 아플라톡신 함유량 조사연구

윤미혜 · 김국주 · 김종화 · 조규홍 · 김세진
경기도보건환경연구원

A Study on the Aflatoxin B₁ Contents in Domestic and Import Foods

M. H. Yoon · K. J. Kim · J. H. Kim · K. H. Cho · S. J. Kim
Gyeonggi-Do Institute of Health and Environment

Abstract

This study was performed to investigate the contents of aflatoxin B₁ in cereal, pulse, nuts and these products of domestic and import.

These results were as follows.

1. Average concentration(in $\mu\text{g}/\text{kg}$) of aflatoxin B₁ in domestic foods were 2.6 in cereal, 3.9 in pulse, 4.2 in nuts and 1.4 grain products. The contents of aflatoxin B₁ in pulse and nuts were much higher than those of cereal and grain products.

But their values were still within $10\mu\text{g}/\text{kg}$ the maximum residual level of aflatoxin B₁ for food of Korea.

2. Average contents of aflatoxin B₁ in import foods were 4.8, 5.4, 6.0, $3.8\mu\text{g}/\text{kg}$ for cereal, pulse, nuts and popcorn & peanuts butter, respectively. And these values were found to be below the maximum residual level($10\mu\text{g}/\text{kg}$) of aflatoxin B₁ for food of Korea.

3. The concentration of aflatoxin B₁ in 2 samples of domestic and 9 samples of import foods were over the tolerance limit for aflatoxin B₁ in food of Korea.

Therefore, the hygienic managements of the foods should be required during storage and circulation at market.

Keywords : aflatoxin, contamination in domestic and import foods, ELISA

I. 서 론

Aflatoxin은 1960년 영국에서 어린 칠면조의 참사에 대한 원인 규명 결과 발견되었으며 현재 17여종의 이성체가 조사되었다.¹⁻³⁾ 이 물질은 흙과 공기 중에 흔히 존재하는 *Aspergillus paraciticus*

와 *Aspergillus flavus*의 곰팡이 대사산물로 여러 나라에서 생산되는 곡류, 두류를 비롯한 각종 농산물과 aflatoxin에 오염된 먹이를 먹은 동물의 우유, 소변 등에서 발견된다.⁴⁻⁵⁾

대표적인 aflatoxin은 B₁, B₂, G₁, G₂ 등으로 이들의 화학구조는 7, 8-dihydrofuro-[2, 3-b]-furan

(DHFF), 또는 2, 3, 7, 8-tetrahydrofuro-[2, 3-b]-furan(THFF)의 골격을 그 분자 내에 갖고 있는 것이 특징이며 B군은 청색, G군은 녹색 형광을 나타낸다.⁵⁻⁶⁾ 이중 가장 독성이 크고 일반적인 오염물질로 알려져 있는 B₁은 Wogan 등⁷⁾에 의하면 15ppb의 aflatoxin B₁ 혼합사료로 흰쥐(Fisher rat)를 사육한 결과 수컷은 68주(사람 환산 40년) 이내, 암컷은 80주(사람 환산 45년) 이내에 간암이 100% 발생한 것으로 보고 된 바 있다.

Aflatoxin은 발암성이 강할 뿐 만 아니라 열에 대한 저항성도 커서 280~300℃에서 분해되는 등 일반 식품과 같은 가공, 처리로는 제거가 불가능하여 더욱 위생상의 문제를 크게 하고 있다.⁸⁾

우리 나라에서도 오래 전부터 곡류등 농산물과 각종 식품, 사료 등에서의 오염가능성에 대하여 우려해 왔으며⁹⁾ 1989년 4월5일에는 워싱턴포스트지가 우리 나라에 수입된 미국산 옥수수 600만톤 중 400만톤이 aflatoxin에 오염되었음을 보도하여 논란이 된 바 있다.

세계 각국에서는 일찍이 농산물, 우유, 그리고 원료사료에 대하여 aflatoxin 잔류허용기준을 설정하고 있으며 그 수준은 다양하다.¹⁰⁾ 우리 나라는 현재 잠정허용기준으로 곡류, 두류, 견과류 및 그 단순가공품에 대하여 aflatoxin B₁으로서 10µg/kg 이하로 정하고 있다.¹¹⁾ 곡류를 주식으로 하고 있으며 쌀을 제외한 대부분의 곡물을 수입에 의존하고 있는 우리 나라의 경우 유통되는 농산물의 aflatoxin 오염

상황을 파악하는 것은 오염식품의 유통방지와 더불어 수입곡물에 의한 2차 오염 예방을 위한 식품위생 측면에서 매우 중요한 과제이다.

이에 본 연구는 aflatoxin의 존재가 가장 의심 시 되는 곡류, 두류, 견과류 및 그 가공식품을 시중에서 유통되고 있는 국내품과 수입품에 대하여 aflatoxin B₁의 오염도를 조사해 보고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 재료

본 연구에서 사용한 재료는 국내에서 생산한 것과 수입한 것을 대상으로 하여 97년 2월부터 11월까지 구입하여 사용하였다. 곡류, 두류, 견과류, 가공식품을 산지와는 관계없이 국내품과 수입품으로 나누어 서울, 경기지역의 재래시장에서 묵은 것을 구입하였고 수입쌀은 시중에서 구입하는데 어려움이 있어 식품제조가공업체에서 직접 제분받아 사용하였으며 그 종류와 수량은 Table 1.과 같다.

2. 분석방법

Aflatoxin B₁의 분석은 Enzyme-Linked Immunosorbent(Agri-Screen) Screening Assay¹²⁾를 적용한 Kit(Veratox, 미국 Neogen Co.)를 사용하였으며 분석과정은 Fig. 1.과 같다.

분쇄기로 분쇄한 재료 약 50g을 취하여 70% 메탄올 용액 250µl로 약 5분간 추출하여 여과한 여

Table 1. Tested samples

Source of Sample	Domestic ¹⁾ (No. of sample)	Import ¹⁾ (No. of sample)
Cereal	Rice(10), Wheat&Wheat flour(10), Barley(10), Millet(10), Sorghum(10)	Rice(10), Wheat&Wheat flour(10), Oat(10), Millet(10), Sorghum(10)
Pulse	Soybean(10), Mungbean(10), Small red bean(10)	Soybean(10), Mungbean(10), Small red bean(10)
Nuts	Peanut(10)	Peanut(10), Almond(10), Pastachio(10)
Products	Grain products(10)	Peanut butter(10), corn(10) ²⁾
Total number	100	130

¹⁾ Commodities harvested in 1996 or earlier years.

²⁾ Corns sold for popcorn.

액을 시료용액으로 하였다. Mixing well에 AFB₁-(O-carboxymethyl)oxime-HRP conjugate 시액 100 μ l와 시료추출용액 100 μ l를 넣어 혼합하고 antibody coated well에 100 μ l 분획하여 10분간 방치한 후 well의 용액을 모두 버리고 증류수로 5회 이상 세척하였다. 여기에 4CN(4-chloro-1-napht-hol) 기질용액 100 μ l을 분주하고 10분간 방치한 다음 0.1% NaN₃ 반응정지시액을 100 μ l 주입하여 반응을 정지시킨 후 650nm에서 흡광도를 측정하였다.

3. 표준곡선 작성 및 잔류량의 계산

0.1, 1, 3, 10, 100ppb의 aflatoxin B₁의 표준액을 위의 기술된 방법에 따라 실험하여 흡광도를 측정 한 후 blank의 흡광도를 B₀, 표준액의 흡광도를 B로 하여 표준액의 각 농도별로 B/B₀%를 산출하고 표준액의 농도에 따른 이 비율의 변화를 표준곡선으로 나타내었다(Fig. 2). 시료 중의 잔류량은 blank의 흡광도를 B₀, 각시료의 흡광도를 B로 하여 B/B₀%를 계산하고 이 수치에 의해 표준곡선에서 농도를 산출하여 회석배수 5를 곱하여 계산하였다.

3. 회수율 검증

Aflatoxin에 오염되지 않은 쌀가루에 5, 15, 50ppb의 aflatoxin B₁ 표준용액을 첨가한 후 실험 재료와 동일한 방법으로 aflatoxin B₁의 함량을 측정 한 결과 Table 2와 같은 회수율을 얻었다.

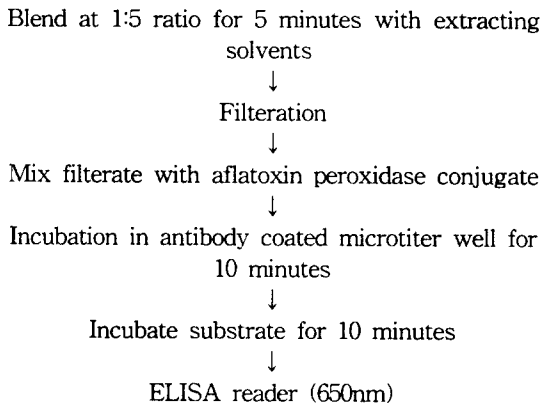


Fig. 1. Procedure for aflatoxin B₁ analysis

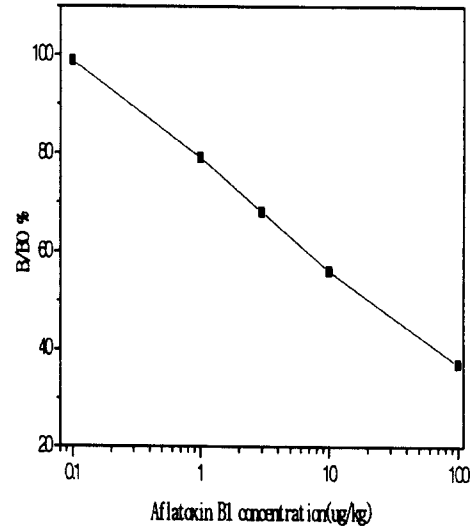


Fig. 2. Standard curve of aflatoxin B₁

Table 2. Recovery rate of aflatoxin B₁ into rice

Added concentration (μ g/kg)	Average recoveries \pm S.D.(%)
5	95.4 \pm 1.28
15	109.5 \pm 3.50
50	95.7 \pm 1.95

S.D. : Standard deviation

III. 결과 및 고찰

Table 3. 에서와 같이 국내 생산품의 aflatoxin B₁ 평균 함량은 곡류 2.6 μ g/kg, 두류 3.9 μ g/kg, 견과류 4.2 μ g/kg, 가공식품은 1.4 μ g/kg으로 곡류 및 가공식품보다는 두류, 견과류에서 높게 나타났다.

우리 나라 잠정기준치인 10 μ g/kg을 초과하는 것을 양성으로 하였을 경우 국내품 중 양성을 보인 것은 2점(2.0%)으로 콩에서 1점, 땅콩에서 1점이었으며 그 농도는 각각 13.8 μ g/kg, 10.6 μ g/kg이었다. 콩에는 대체로 aflatoxin이 잘 생성되지 않는다는 보고가 있으나¹³⁾ 본 시험에서는 견과류를 제외한 다른 제품들 보다 비교적 높은 결과를 보였다

위 결과 국내생산품 전체에 대한 평균 검출량은 $3.0\mu\text{g}/\text{kg}$ 으로, 기준치 $10\mu\text{g}/\text{kg}$ 에 비해 상당히 낮은 결과를 보여 현재까지는 국내품에 대한 aflatoxin B₁의 오염도는 우려할 정도는 아니라고 사료된다.

수입식품에서의 aflatoxin B₁ 분석 결과는 Table 4와 같이 곡류 $4.2\mu\text{g}/\text{kg}$, 두류 $5.4\mu\text{g}/\text{kg}$, 견과류 $6.0\mu\text{g}/\text{kg}$, 가공식품은 $3.8\mu\text{g}/\text{kg}$ 으로 나타나 국내품과 마찬가지로 곡류 및 가공식품보다 두류, 견과류에서 높게 나타났다. 또한 수입품 전체에 대한 평균 검출량도 $4.8\mu\text{g}/\text{kg}$ 으로 국내식품에 비하여 약 1.5 배 정도 높게 검출되었으나 우리 나라 기준치인 $10\mu\text{g}/\text{kg}$ 에는 크게 미치지 못하였다. 기준을 초과하는 양성율도 국내품보다 많은 9점(6.9%)으로 곡류, 두류, 견과류, 가공식품등 전품목에서 나타났으며 식품별로는 밀 $14.1\mu\text{g}/\text{kg}$, 조 $14.0\mu\text{g}/\text{kg}$, 수수 $10.5\mu\text{g}/\text{kg}$, 콩 $12.6\mu\text{g}/\text{kg}$, $19.5\mu\text{g}/\text{kg}$, 팥 $12.2\mu\text{g}/\text{kg}$, 땅콩 $12.2\mu\text{g}/\text{kg}$, $16.4\mu\text{g}/\text{kg}$, 땅콩버터 $12.4\mu\text{g}/\text{kg}$ 이었다.

국내품과 수입품을 비교하여 볼 때 수입품에서 aflatoxin이 높게 검출된 것은 대부분의 우리 나라 수입농산물의 원산지가 주로 미국, 중국, 동남아시아 지역을 포함한 온대 및 아열대 지역이므로 aflatoxin이 잘 발생될 수 있는 환경이고 생산에서 소비까지의 유통기간이 국내품보다는 수입품이 상대적으로 길기 때문이라 사료된다.

Aflatoxin을 생성하는 곰팡이의 발생 및 증식조건은 수분 16% 이상, 온도 25~30℃, 상대습도 80% 이상이며 주요 기질로는 땅콩뿐만 아니라 탄수화물이 풍부한 쌀, 보리, 밀 및 옥수수 등의 곡

류가 되는 것으로 알려져 있고 또한 같은 종류의 균주라 하더라도 환경조건에 따라 aflatoxin 생성능에 차이를 보이는 것으로 되어 있다.¹⁻⁶⁾

이¹⁴⁾에 의하면 저장기간이 길수록 aflatoxin의 오염이 증가되며 같은 곡물이라도 가공상태, 저장 온도, 저장시간에 따라 독소의 발생량이 달라진다고 했고 김 등¹⁵⁾의 연구에 의하면 aflatoxin의 오염은 생장기간보다는 수확 후 저장기간 중에 일어날 가능성이 더 많다고 하였다.

본 조사연구 결과 묵은 것으로 보이는 일부 국내, 수입품에서 우리 나라 허용기준치보다 높게 검출되었으나 그 검출량은 WHO $30\mu\text{g}/\text{kg}$ (total), 미국 $20\mu\text{g}/\text{kg}$ (total), 프랑스 $20\mu\text{g}/\text{kg}$ (B₁) 등 외국기준¹⁰⁾과 비교하여 볼 때 크게 우려할 정도는 아니라고 판단된다.

그러나 aflatoxin오염은 생산 및 수입 당시 뿐만 아니라 보관 및 유통과정 중에 더욱 증가될 수 있으므로 대부분의 곡물과 같이 bulk food 형태로 시판되는 제품의 경우 위생상의 문제점을 야기할 수 있고 소포장 되어 유통되는 상품의 경우도 원산지 및 수확일자, 수입일자 등이 표시되지 않은 제품이 많아 유통관리에 더욱 세심한 주의가 요구된다. 더욱이 UR, WTO 이후 수입선의 다변화와 수입량의 급증으로 안전한 식품의 섭취를 위해서는 식품 중에 쉽게 오염될 수 있는 aflatoxin에 대한 철저한 검사가 필요하며 특히 열대, 아열대지방에서 수입된 식품은 검역과정 뿐만 아니라 유통과정에서도 철저한 관리가 필요하다 하겠다.

Table 3. Aflatoxin B₁ contents in domestic foods

Item	No. of sample	No. of positive samples ¹⁾	Content of aflatoxin B ₁ ($\mu\text{g}/\text{kg}$)			Remark ²⁾
			Mean	Max.	Min.	
Cereal	50	0	2.6	6.4	N.D.	
Pulse	30	1(3.3)	3.9	13.8	N.D.	red bean 13.8
Nuts	10	1(10.0)	4.2	10.6	N.D.	peanut 10.6
Products	10	0	1.4	4.3	N.D.	
Total	100	2(2.0)	3.0	13.8	N.D.	

¹⁾ Number in parenthesis is percentage

²⁾ Samples and contents of over the tolerance limits for aflatoxin B₁ in food of Korea

N.D. : Not detected Max. : Maximum Min. : Minimum

Table 4. Aflatoxin B₁ contents in import foods

Item	No. of sample	No. of positive samples ¹⁾	Content of aflatoxin B ₁ ($\mu\text{g}/\text{kg}$)			Remark ²⁾
			Mean	Max.	Min.	
Cereal	50	3(6.0)	4.2	14.1	N.D.	wheat 14.1, millet 14.0, sorghum 10.5
Pulse	30	3(10.0)	5.4	19.5	N.D.	soybean 12.6, 19.5, red bean 12.2
Nuts	30	2(6.7)	6.0	16.4	1.2	peanut 12.2, 16.4
Products	20	1(5.0)	3.8	12.4	0.5	peanuts butter 12.4
Total	130	9(6.9)	4.8	19.5	0.5	

¹⁾ Number in parenthesis is percentage

²⁾ Samples and contents of over the tolerance limits for aflatoxin B₁ in food of Korea

N.D. : Not detected Max. : Maximum Min. : Minimum

IV. 결 론

국내에서 생산한 것과 수입된 곡류, 두류, 견과류와 그 가공식품을 대상으로 서울, 경기지역에서 수집하여 aflatoxin B₁을 분석한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 국내생산품의 aflatoxin B₁ 평균 함량은 곡류 2.6 $\mu\text{g}/\text{kg}$, 두류 3.9 $\mu\text{g}/\text{kg}$, 견과류 4.2 $\mu\text{g}/\text{kg}$, 가공식품은 1.4 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 으로 곡류 및 가공식품보다는 두류, 견과류에서 높게 나타났으며 전체 평균 검출량은 3.0 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 으로 기준치 10 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 에 비해 비교적 낮은 결과를 보였다.
2. 수입식품의 경우 aflatoxin B₁의 결과는 곡류 4.2 $\mu\text{g}/\text{kg}$, 두류 5.4 $\mu\text{g}/\text{kg}$, 견과류 6.0 $\mu\text{g}/\text{kg}$, 가공식품은 3.8 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 으로 나타나 국내품과 마찬가지로 곡류 및 가공식품보다 두류, 견과류에서 높게 나타났으며 수입품 전체 평균 검출량은 국내품보다 높은 4.8 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 이었다.
3. 국내품 2점(2.0%), 수입품 9점(6.9%)에서 우리 나라 기준치를 초과한 것으로 나타났으며 수입품의 경우 곡류, 두류, 견과류, 가공식품 등 전 품목에서 나타났다.

식품 중의 aflatoxin은 유통과정에서 오염도가 증가되므로 안전한 식품의 섭취를 위해서 식품에 대한 유통관리를 철저히 하여야 하며 특히 열대, 아열대지방에서 수입되는 식품의 경우 수입당시

뿐만 아니라 지속적인 관리가 필요하다 하겠다.

참 고 문 헌

1. Blount W. P. : Turkey X-disease Turkeys, *J. Brit. Turkey Federation* 9(2), 52, 77, 1961.
2. WHO : Nycotoxins Environmental health criteria, 11. World Health Organization Geneva, 1979.
3. Berg W. R., Shortwell O. L., Saltzmr B. E. : Measurement of airborne aflatoxins during the handling of contaminated corn. *J. Am. Ind. Hyg. Assoc.* 42, 1-11, 1981.
4. Purchase I. F. H. : Aflatoxin residues in food of animal origin, *Food Cosmet Toxicol* 10, 531, 1972.
5. Wilson, B. J. : hazards of Mycotoxins to public health, *J. Food Prot.* 41(5), 375-384, 1978.
6. Benette, G. W. and Lee, L. S. : Mycotoxins-their biosynthesis in fungi : aflatoxins and other bisfuranoids, *J. Food Prot.* 42(10), 805-809, 1979.
7. Wogan, G. N. and Newberne, P. M. : Dose-response characteristics of aflatoxin B₁ carcinogenesis In the rat, *Cancer Res.* 27,

- 2370-2376, 1967.
8. Swenson, D. H., Miller E. C., Miller J. A. : Biochem. Biophys. Res. Comm., 53, 1260, 1973.
 9. 이주식, 이배함, 유준, 김찬수 : 한국의 아플라톡신, 한국중균협회, 1971.
 10. Van Egmond H. P. : Current situation on regulations for mycotoxins-overview of tolerances and status of standard methods of sampling and analysis, Food Addit. Contam., 6, 139, 1989.
 11. 보건복지부 : 식품공전, 101, 1997.
 12. A. O. A. C. : Official Methods of Analysis, 16th ed., chapter 49. 2. 16, 1995.
 13. 채현석 : 수입곡류의 Aflatoxin 오염 및 대책, 축산진흥, 11(12), 122-129, 1989.
 14. 이종세 : 아플라톡신의 발생과 예방, 월간양계, 1989(5), 89-95, 1989.
 15. Lee, Y. W. and Kim, J. G. : Production of Polyclonal to Aflatoxin B₁ and its Application to ELISA of Aflatoxin B₁ Contamination in Rice, *J. Institute Hlth Environ. Sci.*, 2(1), 53-88, 1992.