

한국산 옥수수의 Fumonisin B₁과 B₂ 오염현황

유춘철 · 오덕환* · 박부길*

국립농산물검사소, *강원대학교 농업생명과학대학 식품·생명공학부

Natural Occurrence of Fumonisin B₁ and B₂ in Korean Corns

Chun-Cheol Yu, Deog-Hwan Oh* and Boo-Kil Park*

National Agricultural Products Inspection Office

*Division of Food and Biotechnology, Kangwon National University

Abstract

One hundred and ninety seven corn samples, which collected from each local province in Korea between 1995 and 1996, were analyzed for fumonisin B₁ (FB₁) and B₂ (FB₂) contamination using fluometric HPLC. FB₁ and FB₂ were detected in 143 (72.6%) and 128 (62.4%) samples from 197 samples at the concentrations ranging from 0 to 224.2 µg/g for FB₁ and from 0 to 60.0 µg/g for FB₂, respectively. The total fumonisin levels analyzed from 143 samples were 15.4, 37.5 and 14% for concentrations below 10 µg/g, above 10 µg/g and above 30 µg/g, respectively. The total fumonisin levels containing above 10 µg/g were detected the highest concentration with 53.2% in samples collected from Kangwon, and followed by Kyeongki (45.0%), Cheonbuk (40.0%), Chungbuk (26.9%) and Kyeongbuk (11.1%). The total fumonisin level containing above 10 µg/g in samples collected in 1996 was higher than that in 1995. Both fumonisin B₁ and B₂ from samples collected in 1995 were detected higher than that in 1996 and FB₁ was detected the highest level in samples collected from Kyeongki province and followed by Kangwon, Cheonbuk, Chungbuk and Kyeongbuk (11.1%). Also, similar results were observed in FB₂.

Key words: fumonisin B₁, B₂, Korean corn, HPLC

서 론

*Fusarium*속이 생산하는 곰팡이독소는 trichothecenes, zearalenone, fusarochromanone 및 fusarin C등이 알려져 있으며 최근에 Gelderblom 등⁽¹⁾에 의해 새로운 곰팡이독소인 fumonisin이 밝혀짐으로써 이에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이 독소는 *Fusarium moniliforme*균의 옥수수 배양물에서 최초로 분리되었으며 6종류의 동족체(B₁, B₂, B₃, B₄, A₁, A₂)가 존재하는 것으로 알려져 있다⁽²⁾. 그 중에서 fumonisin B₁ (FB₁), FB₂ 및 FB₃는 자연발생 또는 옥수수 배양액으로부터 분리되었으며 FB₄, FA₁ 및 FA₂는 옥수수 배양액에서 검출되었는데 매우 소량이 존재하는 것으로 나타났다⁽³⁾.

Fumonisin은 주로 *fusarium moniliforme*에 의하여 생성되는 곰팡이 독소이며 *F. proliferatum* 및 *F. nygamai*도 FB₁을 생산할 수 있는 것으로 밝혀졌다^(4,5).

이 fumonisin독소는 전세계적으로 곡류(옥수수, 조, 보리, 벼 등)에서 흔히 자연적으로 발생하며 이들을 원료로한 가공식품에서도 검출된다고 보고가 되고 있다^(6,8). 그 중에서도 특히 식용 또는 사료용 옥수수에서 가장 많이 검출되고 있으며 이 독소에 감염되면 말의 뇌백질연화증(equine leukoencephalomalacia, ELEM), 돼지의 폐수종(porcine pulmonary edema, PPE), 쥐의 간세포에서 종양유발(tumor initiating), 종양촉진(tumor promoting) 활성과 cytotoxic activity도 나타내는 것으로 알려져 있다^(9,12). 또한 fumonisin은 사람의 식도암 유발과 높은 상관관계가 있는 것으로 알려져 있으며 식도암 다발지역인 남아프리카 transkei에서 수집한 옥수수와 오염빈도가 낮은 다른 지역에서 수집한 옥수수의 FB₁함량을 비교 분석한 결과 식도암 발생이 높은 지역에서 재배된 옥수수에서 훨씬 높은 농도의 fumonisin이 검출되었다⁽¹³⁾.

최근 중국에서 수입된 사료용 옥수수에서 *fusarium* 균에 의한 fumonisin 독소가 검출되었으며⁽¹⁴⁾ 남아프리카, 코스타리카 및 아르헨티나에서 재배된 사료용 옥

Corresponding author: Boo-Kil Park, Division of Food and Biotechnology, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

수수에서 다량의 fumonisin 독소가 검출되었다^(15,17). 또한 미국, 캐나다, 페루, 이집트 및 남아프리카에서 수입된 식용 옥수수에서도 fusarium 균에 의한 fumonisin이 검출되었다⁽¹⁸⁾. 한편, 국내에서도 옥수수를 주재료로 한 한국산 사료에서 fumonisin B₁이 검출되었다고 보고되었으나⁽¹⁹⁾ 아직까지 국내에서 생산 및 재배된 사료용 옥수수에 대한 fumonisin의 오염현황에 대한 보고가 거의 전무한 상태이다. 그러므로 본 연구에서는 전국에서 옥수수를 재배하고 있는 지역에서 사료용으로 이용되고 있는 옥수수에 대하여 fumonisin B₁ 및 B₂의 오염현황을 조사하고자 본 실험을 수행하였다.

재료 및 방법

옥수수 시료

95년 11월부터 97년 1월까지 국립농산물검사소의 협조로 각도별 생산단지에서 재배된 197개 시료를 500 g씩 분양 받아 -40°C의 초저온냉장고에 보관하여 본 실험에 사용하였다.

표준독소 및 시약

표준독소인 fumonisin B₁ 및 B₂는 미국 Sigma Chemical사로부터 구입하였으며 독소의 추출을 위해 사용된 유기용매인 acetonitrile, methanol, acetic acid는 GR급을 구입하여 본 실험에 사용하였다.

Fumonisin 추출 및 정제

옥수수 시료로부터 fumonisin 독소를 추출하기 위하여 Thakur 등⁽²⁰⁾의 방법을 부분적으로 수정하여 사용하였다. 즉 Waring blender로 곱게 마쇄한 시료 25 g을 acetonitrile-water (1:1, v/v) 100 mL와 함께 250 mL Erlenmeyer flask에 넣고 1시간동안 진탕한 후 3,000 × g로 25분간 원심분리(Bechman 90, U.S.A)하여 상등액 20 mL를 취한 후 추출물로 사용하였다. 이 추출물을 strong anion exchange cartridge (Merck)를 사용하여 추출물을 흡착시키고 methanol로 세척한 다음 methanol-water (3:1, v/v)로 유속 2 mL/min 속도로 용출시킨 후 methanol-water (3:1, v/v)과 methanol로 연속적으로 세척한 다음 fumonisin B₁과 B₂를 5% acetic acid 함유 methanol로 용출시켰다. 용출된 용액을 rotary evaporator로(Eyela, Rikakikai Co. Japan) 60°C에서 진공 농축시켰으며 남아있는 잔사물을 5 mL의 methanol에 녹여 acetic acid가 없어질 때까지 약 7~8회 반복하여 농축 건조시킨 후 일정량의 acetonitrile-water (2:3, v/v)로 용해시킨 다음 0.45 μm membrane filter (Millipore Co.,

Table 1. HPLC conditions for analysis of fumonisin B₁, B₂ in the corn extract

| | |
|------------|--|
| instrument | TSP |
| column | C ₁₈ (250×4.6 mm 5 μm alltima: Allech Co.) |
| eluent | A solution (acetonitrile/H ₂ O/acetic acid: 40/59/1) B solution (acetonitrile/H ₂ O/acetic acid: 60/39/1) C solution (acetonitrile: 100) |
| detector | fluorescence (Ex: 230 nm Em: 442 nm) |
| flow rate | 1 mL/min |

U.S.A)로 여과시킨 후 -4°C에 보관하여 사용하였다.

Fumonisin B₁ 및 B₂ 분석

Fumonisin 분석은 fumonisin B₁, B₂ 표준물질을 10 mL 메스플라스크에 5 mL의 FB₁을 칭량하여 넣고 acetonitrile/H₂O (20/80, v/v)로 정용하여 500 μg/mL의 stock solution을 만들고 FB₂ 표준용액도 FB₁과 같이 만든 후 정량분석을 위해 acetonitrile/H₂O (20/80, v/v)로 10, 5, 3, 1, 0.5, 0.3 μg/mL 수준으로 희석하여 표준곡선을 작성한 후 Thakur 등⁽²⁰⁾의 방법을 사용하였다. 즉 시료 추출물 50 μL에 OPA시약(o-phthalaldehyde: Pierce chemical Co.) 100 μL를 첨가 혼합한 다음 유도체화 하여 1분후 injection하고 형광검출기(Thermal Separation Products Co. FL 3000) 이용, 외부표준법, 피크높이(peak height)로 data system (TSP Co, PC1000)을 이용하여 정량분석 하였으며 분석조건은 Table 1에 나타났다.

이동상은 A용액, B용액 및 C용액을 사용하고 A용액 100%에서 B용액 100%까지 9분, B용액 100%에서 C용액 100%까지 17분동안 gradient로 용매를 변환시켰으며 분석중의 column은 40°C로 유지하였다.

결과 및 고찰

전국적으로 1995년-1996년에 걸쳐 옥수수주요 재배단지에서 생산된 옥수수로부터 fumonisin 독소 B₁과 B₂의 오염현황을 조사한 결과를 Table 2에 나타내었다. 조사된 총옥수수로부터 fumonisin 독소의 오염범위와 평균치는 FB₁이 197개 시료 중에서 72.59%인 143개의 시료가 오염되었고 FB₂는 62.44%인 128개 오염되었으며 그 범위는 각각 0~224.2 μg/g과 0~56.98 μg/g을 나타내었다. 예상했던대로 fumonisin B₁이 B₂보다 많이 오염되었음을 알 수 있었고 이러한 결과는 다른 나라에서 보고된 옥수수시료나 옥수수를 재료로 한 식품뿐만 아니라 말에서 뇌백질연화증을 일으켰던 시료에서도 비슷한 경향을 나타내었다^(4,5). 한편, 각도별

Table 2. Contamination levels of fumonisin B₁ and B₂ found maize for animal feeding grown at local province of Korea

| Origin | Size | contamination levels | | | | | |
|-----------|------|--------------------------|--------------|-----------------------------------|--------------------------|--------------|-----------------------------------|
| | | fumonisin B ₁ | | | fumonisin B ₂ | | |
| | | Range μg/g | Mean μg/g | incidence (%) (positive/total) | Range μg/g | Mean μg/g | incidence (%) (positive/total) |
| Kangwon | 91 | 0~224.2 | 12.4 | 71.4 (65/91) | 0~39.6 | 3.4 | 61.5 (56/91) |
| Kyeonggi | 25 | 0~143.9 | 14.3 | 80.0 (20/25) | 0~57.0 | 4.6 | 68 (18/25) |
| Kyeongbuk | 43 | 0~103.4 | 3.9 | 62.8 (27/43) | 0~31.2 | 1.2 | 51.2 (22/43) |
| Cheonbuk | 5 | 1.6~20.9 | 10.5 | 100.0 (5/5) | 0.5~7.6 | 3.7 | 100.0 (5/5) |
| Chungbuk | 33 | 0~15.5 | 3.5 | 78.8 (26/33) | 0~6.0 | 1.1 | 66.7 (22/33) |
| Total | 197 | 0~224.2 | 8.9 | 72.6 (143/197) | 0~57.0 | 2.8 | 62.4 (128/197) |

fumonisin 오염현황을 보면 B₁의 경우 오염범위가 가장 큰 도는 강원도로써 0~224.8 μg/g을 나타내었고 오염평균치는 경기도가 14.32 μg/g으로서 가장 많이 오염되었으며 fumonisin 발생률(오염시료수/총시료수)은 전북, 경기, 충북, 강원 및 경북순으로 나타났으나 전북의 경우는 시료량이 5개로 다른 도에 비해 시료수가 극히 적어서 유의성이 없을 것으로 사료된다. Fumonisin B₂의 경우는 경기도가 강원도보다 오염범위가 크게 나타난 것을 제외하고는 B₁의 경우와 같은 경향을 나타내었다. 국내에서 생산되는 옥수수의 재배면적은 1995년도를 기준으로 할 때 강원도가 46.5%로서 주재배단지이며, 충북(14.5%), 전남(0.9%), 경북(0.8%), 경남 및 경기(각 0.7%)의 순으로 나타났다.

Table 3은 각도별로 생산되는 옥수수의 총 fumonisin 오염상황을 농도별로 나누어 분석한 결과를 나타내었다. 조사된 총옥수수시료 143점중 1 μg/g 이하의 오염은 15.4%, 10 μg/g 이상의 오염은 37.5% 그리고 30 μg/g 이상의 오염은 14%를 각각 나타내었다. 각도별 10 μg/g 이상의 오염율을 살펴보면 강원도가 52.3%로 가장 높았으며 경기(45.0%), 전북(40.0%), 충북(26.9%) 및 경북(11.1)의 순으로 나타났다. 반면에 10 μg/g 이상 오염된 fumonisin 발생률(오염시료수/총시료수)은 시료수가 가장 적은 전북을 제외하고는 강원(37.3%), 경기(36.0%), 충북(21.2%) 및 경북(7.0%)의 순으로 나타났다. 지금까지 보고된 외국의 사료용 옥수수에 대한 fumonisin독소의 오염도를 비교해볼 때 본 연구의 결과에서 나타난 오염도는 상당히 높은 것으로 나타났다. 아직까지는 국제적으로 fumonisin독소에 대한 위해평가기준이 설정이 되어있지 않기 때문에 객관적으로 위해평가를 설정하는 것이 어렵지만 지금까지 보고된 자료중 가축에 문제가 되었던 독성을 기준으로 하여 분석해보면 말의 뇌백질변화증의 원인시료에

서는 1.0~126 μg/g범위의 fumonisin B₁이 검출되었고 이중 대부분의 농도가 10 μg/g을 초과하였으며 다른 보고에서도 평균범위가 7.7 μg/g (1.3~27 μg/g)으로 검출되었다고 보고되었다^(21,22). 따라서 10 μg/g이상의 검출량을 기준으로 볼 때 본 연구에서 나타난 결과는 국내에서 재배되는 사료용 옥수수가 상당히 높은 수준의 fumonisin독소에 오염되어 있는 것으로 나타났다.

Fig. 1은 각도에서 수집한 옥수수로부터 연도별로 총 fumonisin독소의 농도별 오염현황을 조사하였다. 1996년산이 1995년산에 비하여 10.0 μg/g이하 검출된 시료가 많았으며 10.0 μg/g이상의 농도에서는 95년산 시료가 96년산보다 더 많은 것으로 나타났다. 또한 연도별 평균 fumonisin B₁과 B₂의 오염현황을 Table 4에 나타내었다. FB₁의 경우, 각도별로 1995년산이 1996년산에 비하여 현저히 높게 나타났으며 1995년도에 분석한 시료에서는 평균 오염수준이 경기, 강원, 전북, 충북 및 경북의 순으로 높게 나타났으며 1996년산은 평균 오염수준이 강원, 경북, 전북 및 경기의 순으로 나타났다. FB₂의 경우도 1995년산이 1996년산에 비하여 약간 높게 검출되었으며 1995년산은 평균 오염수준이 경기, 강원, 전북, 경북 및 충북순으로 1996년산은 강원, 전북, 경기 및 경북의 순으로 나타났다.

이상의 결과에서 보는바와같이 1995년과 1996년에 재배한 옥수수의 fumonisin B₁과 B₂의 오염도차이는 옥수수 재배기간 동안의 기후조건과 작물의 생육상태를 비교실험을 못하였을 뿐만 아니라 연도별 분석시료량의 차이가 있기 때문에 그 원인을 정확히 알 수 없으나 *Fusarium* 균의 발육이 양호한 서늘하고 습도가 높은 조건이라도 옥수수 재배기간동안 고온 또는 수분부족 등 stress를 받지 않으면 fumonisin생성이 잘 되지 않고 *Fusarium* 균수와 fumonisin 생성량의 상관관계는 없다고 보고된 것으로 보아⁽²³⁾작물체에 대한

Table 3. Distribution levels of total fumonisin found in maize grown at local province of Korea

| Province | Total fumonisin levels $\mu\text{g/g}$ | Total number of sample | Incidence (positive/total) % of sample |
|-----------|--|------------------------|--|
| Kangwon | < 1.0 | 10 | 11.0 |
| | 1.1~5.0 | 9 | 9.9 |
| | 5.1~10.0 | 12 | 13.2 |
| | 10.1~15.0 | 11 | 12.1 |
| | 15.1~20.0 | 6 | 6.6 |
| | 20.1~25.0 | 3 | 3.3 |
| | 25.1~30.0 | 1 | 1.1 |
| | 30.1~40.0 | 3 | 3.3 |
| | 40.1~50.0 | 3 | 3.3 |
| | > 50.0 | 7 | 7.7 |
| subtotal | | 65 | 71.43 (65/91) |
| Kyeonggi | < 1.0 | 1 | 4 |
| | 1.1~5.0 | 7 | 28 |
| | 5.1~10.0 | 3 | 12 |
| | 10.1~15.0 | 0 | 0 |
| | 15.1~20.0 | 2 | 8 |
| | 20.1~25.0 | 0 | 0 |
| | 25.1~30.0 | 2 | 8 |
| > 30.0 | 5 | 20 | |
| subtotal | | 20 | 80.0 (20/25) |
| Kyeongbuk | < 1.0 | 6 | 14.0 |
| | 1.1~5.0 | 15 | 34.9 |
| | 5.1~10.0 | 3 | 7.0 |
| | 10.1~15.0 | 1 | 2.3 |
| | 15.1~20.0 | 1 | 2.3 |
| | 20.1~25.0 | 0 | 0 |
| | 25.1~30.0 | 0 | 0 |
| > 30.0 | 1 | 2.3 | |
| subtotal | | 27 | 62.8 (27/43) |
| Cheonbuk | < 1.0 | 0 | 0 |
| | 1.1~5.0 | 1 | 20 |
| | 5.1~10.0 | 2 | 40 |
| | 10.1~15.0 | 0 | 0 |
| | 15.1~20.0 | 0 | 0 |
| | 20.1~25.0 | 1 | 20 |
| | 25.1~30.0 | 1 | 20 |
| > 30.0 | | | |
| subtotal | | 5 | 100 (5/5) |
| Chungbuk | < 1.0 | 5 | 15.2 |
| | 1.1~5.0 | 10 | 30.3 |
| | 5.1~10.0 | 4 | 12.1 |
| | 10.1~15.0 | 1 | 3.0 |
| | 15.1~20.0 | 2 | 6.1 |
| | 20.1~25.0 | 3 | 9.1 |
| | 25.1~30.0 | 0 | 0 |
| > 30.0 | 1 | 3.0 | |
| subtotal | | 26 | 78.8 (26/33) |
| Total | | 143 | 72.6 (143/197) |

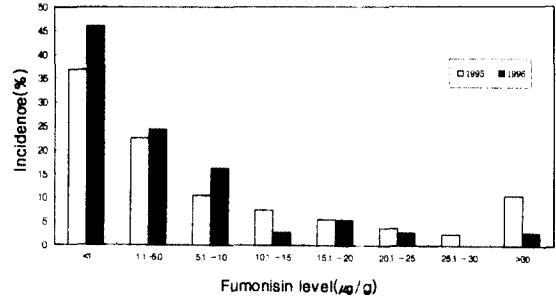


Fig. 1. Distribution levels of total fumonisin found maize grown at local province during 1995 and 1996 year in Korea.

stress 영향이 fumonisin 생성에 주요한 요인으로 작용하는 것으로 사료된다. 본 연구의 결과 국내에서 재배되고있는 사료용 옥수수에는 기존의 보고된 국외의 사료용 옥수수에 비하여 현저히 높은 농도로 fumonisin 독소에 오염된 것으로 비록 국제적으로 fumonisin 독소에 대한 위해평가기준이 설정되지 않다 할지라도 남아프리카나 중국의 경우 역학적 조사에서 사람의 식도암유발과 높은 상관관계가 있다는 보고로 보아 fumonisin 독소의 검출은 가축뿐만 아니라 사람에게도 심각한 안전성의 위협이될 수 있다. 따라서 현재 본 연구팀은 오염된 옥수수를 농도별로 구분하여 fumonisin 독소를 분리한 후 독성의 안전성검사를 진행중에 있으며 *Fusarium* 균수와 fumonisin 생성량과의 상관관계도 조사중에 있다.

요 약

한국산 사료용 옥수수로부터 fumonisin B₁과 B₂ 오염 분포 현황을 조사하기 위하여 여러 지역에서 시료를 채취한 후 HPLC의 형광검출기를 이용하여 분석하였다. 분석된 197개 시료 중에서 fumonisin 독소의 오염범위와 평균치는 FB₁이 72.6%인 143개, FB₂는 62.4%인 128개가 오염되었으며 그 범위는 각각 0~224.2 $\mu\text{g/g}$ 과 0~56.98 $\mu\text{g/g}$ 을 나타내었다. 각도별로 생산되는 옥수수의 총 fumonisin 오염상황은 143개 시료중 1 $\mu\text{g/g}$ 이하의 오염은 15.4%, 10 $\mu\text{g/g}$ 이상의 오염은 37.5% 그리고 30 $\mu\text{g/g}$ 이상의 오염은 14%를 각각 나타내었으며 각도별 10 $\mu\text{g/g}$ 이상의 오염율을 살펴보면 강원도가 52.3%로 가장 높았고 경기(45.0%), 전북(40.0%), 충북(26.9%) 및 경북(11.1)의 순으로 나타났다. 또한 각도에서 수집한 옥수수로부터 연도별로 총 fumonisin 독소의 농도별 오염현황을 조사한 결과 1996년산이 1995년산에 비하여 10 $\mu\text{g/g}$ 이상 검출된 시료가 더많은 것으로 나타

Table 4. Distribution levels of fumonisin B₁ and B₂ found maize grown at local province during 1995 and 1996 year in Korea

| Province | Year | Toxin | Positive-mean (µg/g) | Range (µg/g) | Incidence (%) (positive/total) |
|-----------|------|-------|----------------------|--------------|--------------------------------|
| Kangwon | '95 | F B1 | 13.3 | 0-224.2 | 76.0 (57/75) |
| | | F B2 | 3.9 | 0-39.6 | 65.3 (49/75) |
| | '96 | F B1 | 6.2 | 0-40.7 | 50.0 (8/16) |
| | | F B2 | 1.5 | 0-8.8 | 43.8 (7/16) |
| Kyeonggi | '95 | F B1 | 15.9 | 0-43.9 | 81.8 (18/22) |
| | | F B2 | 5.1 | 0-57.0 | 72.7 (16/22) |
| | '96 | F B1 | 2.8 | 0-5.5 | 66.7 (2/3) |
| | | F B2 | 0.8 | 0-1.9 | 66.7 (2/3) |
| Kyeongbuk | '95 | F B1 | 4.6 | 0-103.4 | 63.6 (21/33) |
| | | F B2 | 1.4 | 0-31.2 | 51.5 (17/33) |
| | '96 | F B1 | 1.6 | 0-5.9 | 50.0 (5/10) |
| | | F B2 | 0.4 | 0-1.8 | 50.0 (5/10) |
| Cheonbuk | '95 | F B1 | 10.6 | 1.6-20.9 | 100.0 (5/5) |
| | | F B2 | 3.7 | 0.5-7.6 | 100.0 (5/5) |
| | '96 | NDa | ND | ND | ND |
| Chungbuk | '95 | F B1 | 5.3 | 0-26.6 | 76.0 (19/25) |
| | | F B2 | 2.0 | 0-13.6 | 64.0 (16/25) |
| | '96 | F B1 | 3.6 | 0-10.0 | 87.5 (7/8) |
| | | F B2 | 1.2 | 0- 3.5 | 75.0 (6/8) |

*Not detected

났으며 연도별 평균 fumonisin B₁과 B₂의 오염현황은 모두 1995년산이 1996년산에 비하여 현저히 높게 나타났으며 FB₁은 1995년도에 분석한 시료에서는 평균 오염수준이 경기, 강원, 전북, 충북 및 경북의 순으로 높게 나타났고 1996년산은 평균 오염수준이 강원, 경북, 전북 및 경기의 순으로 나타났으며 FB₂의 경우도 비슷한 경향을 나타내었다.

문헌

- Gederblom, W.C.A., Jaskiewicz, K., Marasas, W.F.O., Thiel, P.G., Horak, R.M., Vleggaar, R. and Kriek, N.P. J.; Fumonisin-novel mycotoxins with cancer-promoting activity produced by *Fusarium moniliforme*. *Appl. Environmental Microbiol.*, **54**, 1806-1811 (1988)
- Cawood, M.E., Gelderblom, W.C.A., Vleggaar, R., Behrend, Y., Thiel, P.G. and Marasas, W.F.O.: Isolation of the fumonisin mycotoxins: A quantitative approach. *J. Agric. Food Chem.*, **39**, 1958-1962 (1991)
- Sydenham, E.W., Shephard, G.S. and Thiel, P.G.: Liquid chromatographic determination of Fumonisin B₁, B₂ and B₃ in foods and feeds. *J. AOAC International*, **75**, 313-318 (1992)
- Sydenham, E.C., Shephard, G.S., Thiel, P.G., Marasas, W.F.O., Rheeder, J.P., Peralta Sanhueza, C.E., Gonzalez, H.H.L. and Resnick, S.L.: Fumonisin in Argentinian field-trial corn. *J. Agric. Food Chem.*, **41**, 891-895 (1993)
- Thiel, P.G., Marasdas, W.F.O., Sydenham, E.W., Shephard, G.S., Gelderblom, W.C.A and Nieuwenhuis, J.J.: Survey of fumonisin production by *Fusarium* species. *Appl. Environ. Microbiol.*, **57**, 1089-1093 (1991)
- Sydenham, E.W., Shephard, G.S., Thiel, P.G., Marasas, W.F.O. and Sonja stockenstion : Fumonisin contamination of commercial corn-based Ruman foodstuffs. *J. Agric. Food Chem.*, **39**, 2014-2018 (1991)
- Pineiso, M.S., Silva, G.E., Scott, P.M., Lawrence, G.A. and Stack, M.E.: Fumonisin levels in Uruguayan corn products. *J. Assoc. Off. Anal. Chem. International*, **80**, 825-828 (1997)
- Ueno, Y., Aoyama, S., Sulglura, Y., Wang, D .S., Lee, U.S., Hisooka, E.Y., Hara, S., Kark, T., Chen, G. and Yu, S. Z.: A limited survey of Fumonisin in corn and corn-based products in Asian countries. *Mycotoxin Research*, **9**, 27-34 (1993)
- Ross, P.F., Ledet, A.E., Owens, D.L., Rice, L.G., Nelson, H.A., Osweiler, G.D. and Wilson, T.M.: Experimental equine leukoencephalomalacia, toxic hepatitis and encephalopathy caused by corn naturally contaminated with fumonisin. *J. Vet. Diagn Invest.*, **5**, 69-74 (1993)
- Haschek, W.M., Motelin, G., Ness, D.K., Harlin, K.S., Hall, W.F., Vesonder, R.F., Peterson, R.E. and Beasley, V.R.: Characterization of fumonisin toxicity in orally and intravenously dosed swine. *Mycopathologia*, **117**, 83-96 (1992)
- Gelderblom, W.C.A., Kriek, N.P.J., Marasas, W.F.O. and Thiel, P.G.: Toxicity and carcinogenicity of the *Fusarium moniliforme* metabolite, fumonisin B₁, in rats. *Carcinogenesis*, **12**, 1247-1251 (1991)
- Ledoux, D.R., Brown, T.P., Weibking, T.S. and

- Rottinghaus, G.E.: Fumonisin toxicity in broiler chicks. *J. Vet. Diagn. Invest.*, **4**, 330-333 (1992)
13. Yoshizawa, T., Yamashita, A. and Luo, Y.: Fumonisin occurrence in corn from high-and-low-risk areas for human esophageal cancer in China. *Appl. Environ Microbiol.*, **60**, 1626-1629 (1994)
 14. Lee, Y.W. and Kang, H.J.: Toxicity and fumonisin B₁ production by *Fusarium* isolates from Chinese corn samples. *Korean J. Plant Pathol.*, **10**, 129-135 (1994)
 15. Doko, M.B., Canet, C., Brown, N., Sydenham, E.W., Mpuchane, S. and Siame, B.A.: Natural co-occurrence of fumonisins and zearalenone in cereals and cereal-based foods from eastern and southern africa. *J. Agric. Food Chem.*, **44**, 3240-3243 (1996)
 16. Chulze, S.N., Ramirez, M.L., Farnochi, M.C., Pascale, M., Visconti, A. and March, G. *Fusarium* and fumonisin occurrence in Argentinian corn at different ear maturity stages. *J. Agric. Food Chem.*, **44**, 2797-2801 (1996)
 17. Viquez, O.M., Castell-Perez, M.E. and Shelby, R.A.: Occurrence of fumonisin B₁ in maize grown in Costa Rica. *J. Agric. Food Chem.*, **44**, 2789-2791 (1996)
 18. Bacon, C.W. and Nelson, P.: Fumonisin production in corn by toxigenic strains of *Fusarium moniliforme* and *Fusarium proliferatum*. *J. Food Prot.*, **57**, 514-521 (1994)
 19. Lee, T.S., Chung, S.H. and Kim, Y.B.: Contamination of fumonisin B₁ in corn-based feed products in Korea (in Korean). *Korean J. Food Sci. Technol.*, **27**, 221-224(1995)
 20. Thakur, R.A. and Scott Smith, J.: Determination of fumonisin B₁ and B₂ and their major hydrolysis products in corn, feed and meat using HPLC. *J. Agric. Food Chem.*, **44**, 1047-1052(1996)
 21. Ross, P.F., Rice, L.G., Reagor, J.C., Osweiler, G.D., Wilson, T.M., Nelson, H.A., Owens, D.L., Plattner, R.D., Harlin, K.A. Richard, J.L., Colvin, B.M. and Banton, M.I.: Fumonisin B₁ concentrations in feeds from 45 confirmed equine leukoencephalomalacia cases. *J. Vet. Diagn. Invest.*, **3**, 238-242 (1991)
 22. Thiel, P.G., Shephard, G.S., Sydenham, E.W., Marasas, W.F.O., Nelson, P.E. and Wilson, T.M.: Levels of fumonisins B₁ and B₂ in feeds associated with confirmed cases of equine leukoencephalomalacia. *J. Agric. Food Chem.*, **39**, 109-111 (1991)
 23. Rice, L.G. and Frank Ross, P.: Methods of detection and quantitation of fumonisins in corn, cereal products and animal excreta. *J. Food Prot.*, **57**, 536-540 (1994)

(1998년 7월 30일 접수)