

식품 중 곰팡이독소류 검사 현황

Status of the Inspection for Mycotoxins in Foods

오금순*, 최은주, 유선영, 이찬녕, 홍헌우

Keum Soon Oh*, Eun Ju Choi, Sun-Young Yoo, Chan Nyoungh Lee, Heon-Woo Hong

식품의약품안전청 식품안전국 수입식품과

Food Import Division, Food Safety Bureau, Korea Food & Drug Administration

1. 서론

전 세계적으로 자유무역협정(FTA; Free Trade Agreement)체결 확대와 물류환경 개선 등으로 무역이 활발해짐에 따라 수입량이 증가하고 있어 어떤 국가에서 발생한 위해요소는 전 세계로 확대되고 있는 것이 글로벌 시대의 현실이다. 일련의 사건을 보면, 2008년 9월에 발생한 중국 멜라민 사건, 2011년 3월에 발생한 독일 장출혈성대장균 발병으로 인한 사망자 발생, 대만에서 발생한 가소제 사건 등이 그 예이다.

따라서, 우리나라도 이러한 일련의 사건들로부터 자유롭지 않은 것은 대부분의 식품들이 수입되고 있기 때문이다. 특히, 주요 곡물 및 가공식품의 상당량은 수입에 의존하고 있으며 그 양도 매년 증가하고 있다.

수입식품의 각종 위해요소로부터 국민의 건강과 안전을 지키기 위해 과학적이고 효율적으로 관리할 필요성이 있어 식품의약품안전청은 국제적 조화를 이루기 위해 기준 및 규격을 신설하거나 강화 또는 완화하였다. 또한, 주요

수출국 제조업소 등 현지실사, 해외에서 발생하는 위해정보를 모니터링하여 수입단계에서 검사를 강화하고 있다.

위해요소는 크게 물리적, 화학적, 미생물학적으로 구분하고 있으며, 이중 화학적 요소에는 잔류농약, 독소류(곰팡이독소류, 자연독소류 등), 동물용의약품 등을 말한다. 특히 곰팡이독소류(mycotoxins)는 자연계에 400여종이 분포하고 있어 최근 기후변화와도 밀접한 관계가 있는 위해요소 중의 하나로, 식품의약품안전청은 곰팡이독소류에 대해 기준 및 규격을 설정(1)하여 검사하고 있다. 가장 대표적인 곰팡이 독소인 아플라톡신 B1을 1980년대 후반에 기준을 설정한 이후 아플라톡신 M1과 파툴린(patulin)을 설정하였고, 아플라톡신 B1의 경우, 총아플라톡신(total aflatoxins)으로 강화하였다. 오크라톡신 A(ochratoxin A, OTA)와 푸모니신(Fumonisin), 데옥시니발레놀(deoxynivalenol, DON)과 제랄레논(zearalenone, ZEN)에 대해 기준을 설정하였다(표 1).

*Corresponding author: Keum Soon Oh

Food Import Division, Food Safety Bureau, Korea Food & Drug Administration,
#187, Osongsaengmyeong2-ro, Gangseo-myeon, Cheongwon-gun, Chungcheongbuk-do, 363-951 Korea
Tel: +82-43-719-2157
Fax: +82-43-719-2150
e-mail: puregold@kfda.go.kr

표 1. 식품 중 곰팡이독소류 기준 현황(2011년 9월 기준)

곰팡이독소류	대상 식품	기준
총아플라톡신 (B1, B2, G1, G2의 합)	곡류, 두류, 땅콩, 견과류 및 그 단순가공품(분쇄, 절단 등), 곡류가공품 및 두류가공품(규격외 일반가공식품), 장류(메주 제외) 및 고춧가루 및 카레분, 육두구, 심황(강황), 건조고추, 건조파프리카 및 이를 함유한 천연향신료, 밀가루, 건조과실류	15 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 이하 (단, B1은 10 이하이어야 한다)
	영아용 조제식, 성장기용 조제식, 영·유아용 곡류조제식, 기타 영·유아식	B1은 0.10 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 이하이어야 한다
아플라톡신 M1	제조·가공직전의 원유 및 우유류	0.5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 이하
파툴린	사과주스, 사과주스농축액(원료용 포함, 농축배수로 환산하여)	50 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 이하
	영아용 조제식, 성장기용 조제식, 기타 영·유아식	10.0이하
푸모니신(B1,B2의합)	옥수수	4 mg/kg이하
	옥수수 단순가공품(분쇄, 절단 등), 옥수수 가루	2 mg/kg이하
	곡류가공품 및 시리얼류(옥수수, 옥수수단순가공품 또는 옥수수가루를 합하여 50% 이상 함유), 팝콘용옥수수가공품	1 mg/kg이하
	곡류 및 그 단순가공품(분쇄, 절단 등), 커피콩, 볶은커피 인스턴트커피	5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 이하 10 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 이하
오크라톡신 A	메주	20 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 이하
	고춧가루	7 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 이하
	포도주스, 포도주스농축액(원료용 포함, 농축배수로 환산하여), 포도주	2 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 이하
	건포도	10 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 이하
	영아용 조제식, 성장기용 조제식, 영·유아용 곡류조제식, 기타 영·유아식	0.50 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 이하
	곡류 및 그 단순가공품(옥수수 및 그 단순가공품 제외) 옥수수 및 그 단순가공품	1 mg/kg이하 2 mg/kg이하
테옥시니발레놀	시리얼류	0.5 mg/kg이하
	영아용 조제식, 성장기용 조제식, 영·유아용 곡류조제식, 기타 영·유아식	0.2 mg/kg이하
	곡류 및 그 단순가공품	200 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 이하
제랄레논	과자	50 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 이하
	영아용 조제식, 성장기용 조제식, 영·유아용 곡류조제식, 기타 영·유아식	20 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 이하

한편, Codex(국제식품규격위원회)는 식품과 사료에 대해서 곰팡이독소류 중 총아플라톡신, 파틀린, 오크라톡신 A에 대해 기준을 설정하였고, 일부 곰팡이독소류(오크라톡신, 푸모니신, 데옥시니발레놀)에 대해서는 저감화 관리 방안을 현재 검토하고 있다(2-4).

각 곰팡이독소류에 대한 특성을 살펴보면, 아플라톡신은 *Aspergillus flavus*, *A. parasiticus*, *A. nomius*에 의해 생성되는 독소로서, 덩고 습도가 높은 지역에서 많이 발생하여 땅콩, 아몬드, 피스타치오 등의 견과류와 옥수수, 쌀 등의 곡류와 그 가공품 등에서 발견되고 있다. 아플라톡신의 종류로는 B1, B2, G1, G2 및 M1이 알려져 있으며, M1은 B1의 대사산물로서 B1이 오염된 사료를 섭취한 가축의 우유에서 발견되고 있다. *Aspergillus flavus*는 단독으로 아플라톡신 B 그룹을 생성한 반면 다른 균들은 B와 G 그룹 모두를 생성하거나 한 개 그룹만 생성하기도 한다(5,6).

파틀린은 *Penicillium patulum*의 대사산물로서 *P. expansum*, *Aspergillus clavatus*, *A. terreus*, *A. claviforme* 등도 생성한다고 알려져 있다. 이 파틀린은 주로 낙과하여 부패된 사과를 원료로 하여 사과 주스 등으로 제조된 음료에서 발견된다는 보고가 있다(7).

푸모니신은 *Fusarium verticillioides* (이전에는 *Fusarium moniliforme*이라고 함) 이외에도 *F. verticillioides*, 다른 *Fusarium* 속들 즉, *F. proliferatum* 에 의해 생성되며, 주 오염은 *F. proliferatum*의 발생과 관련이 깊어 농산물 재배지역의 기후조건에 따라 크게 영향을 받을 수 있다. 푸모니신은 수용성 곰팡이 독소로 화학적 구조에 따라 15개 이상의 종류가 존재하고 이중 가장 많이 발견되는 이성체는 B1, B2 및 B3로, 이중 B1은 자연적으로 존재하는 총 푸모니신 중 70%를 차지하고, B1과 B2의 비율은 약 3:1이며, B3는 낮은 수준으로 검출되어 JECFA(2001)는 보통 B1:B2:B3의 비율을 10:3:1로 평가하고 있다(2).

오크라톡신은 *Penicillium verrucosum*, *Aspergillus*속 (*A. niger*, *A. carbonarius*) 등에 의해 생성되며, 이중 오크라톡신 A는 지역별 기온의 차이에 의해서 OTA 생성균이 상이하여 추운지역은 *P. verrucosum*, *P. nordicum*에 의해서 생성되며, 열대지역이나 아열대지역에서는 *A. ochraceus*에 의해서 생성된다. *P. verrucosum*은 곡류, *P. nordicum*은 육류제품과 치즈, *Aspergillus* 속은 곡류에

서는 자연적으로 생성된다는 연관성은 아직 없지만 커피 원두에서 발견되며, *A. ochraceus*은 견과류, 건조땅콩, 두류, 향신료, green 커피원두, 건조과일, 가공육류 등, *A. carbonarius*와 *A. niger*는 건조 포도에서 최근에 분리되었다고 보고된바 있다(8).

데 옥 시 니 발 레 놀 은 *Fusarium(F. graminearum; Gibberella zae 및 F. culmorum)*에 의해 생성되는 독소로서 vomitoxin이라고도 하며, 밀, 보리, 귀리, 옥수수 등의 곡류 등에서 발견되고 있다(9).

제랄레논은 *Fusarium(Fusarium graminearum (Gibberella zae), F. culmorum, F. cerealis, F. equiseti and F. semitectum)*에 의해 개화시 또는 부적절한 저장조건에서 독소를 생성한다. 대부분 옥수수에서 발견되며, *Fusarium* 포자는 도처에 존재하여 주로 보리, 귀리, 밀, 쌀, 수수, 두류에서 발견된다(10).

우리나라는 곰팡이독소류에 대해 수입단계에서 집중적으로 검사를 강화하였고, 기준을 초과한 제품에 대해서는 제조국으로 반송하거나 폐기 조치하여 안전기준에 미달된 수입식품은 국내에 유통되지 않게 하였다. 이에 수입단계에서 검사한 곰팡이독소류의 결과를 보고하고자 한다.

II. 곰팡이독소류 검사 현황

1. 곰팡이독소류별 검사대상식품 현황

곰팡이독소류의 기준 및 규격이 설정된 주요 식품(총 8,411건)을 대상으로 총아플라톡신(B1, B2, G1, G2의 합)은 5,088건(60.5%), 오크라톡신 A는 2,240건(26.6%), 푸모니신(B1과 B2의 합)은 683건(8.1%), 파틀린은 180건(2.1%), 제랄레논은 143건(1.7%), 데옥시니발레놀은 77건(0.9%)을 검사하였다(표 2). 중량은 총 3,514천톤으로 총아플라톡신은 1,152천톤(45.8%)로 가장 많았고, 푸모니신은 945천톤(37.6%), 오크라톡신 A는 229천톤(9.1%), 제랄레논은 177천톤(7.1%), 데옥시니발레놀은 8천톤(0.3%), 파틀린은 3천톤(0.1%)이었고, 금액은 총 1,052백만달러로 총아플라톡신은 475백만달러(45.2%), 푸모니신은 238백만달러(22.6%), 오크라톡신 A는 204백만달러(19.4%), 제랄레논은 126백만달러(12.0%), 데옥시니발레놀은 4백만달러(0.4%), 파틀린은 4백만달러(0.4%)이었다.

표 2. 검사항목별 품목별 현황

검사항목	대상 품목	건수	중량(kg)	금액(\$)
합계		8,411	2,513,219,383	1,052,149,047
총아플라톡신	곡류	268	994,758,633	273,574,745
	곡류가공품	1,164	24,497,766	22,342,949
	두류	283	77,671,972	62,158,531
	두류가공품	495	8,601,775	9,730,546
	땅콩 또는 견과류	683	13,438,068	57,662,463
	땅콩 또는 견과류가공품	1,385	16,196,583	30,063,769
	장류	316	3,485,598	3,571,044
	밀가루	185	9,003,040	4,442,870
	고추(고춧가루, 피망 포함)	96	3,073,010	8,258,844
	조미식품(고춧가루 제외)	106	273,816	680,132
	향신료	24	308,622	1,103,813
	건조과실류	58	399,368	1,585,408
	팝콘용옥수수가공품	25	78,084	176,038
소계	5,088	1,151,386,967	475,351,152	
파툴린	음료류	180	3,119,206	4,025,687
푸모니신	옥수수	171	927,035,068	224,566,586
	곡류가공품	496	18,171,501	13,673,140
	팝콘용옥수수가공품	16	49,892	106,880
	소계	683	945,256,461	238,346,606
오크라톡신 A	곡류	186	219,059,077	161,711,156
	커피	1,980	8,663,145	41,167,053
	메주	36	988,500	962,185
	고춧가루	29	111,186	357,322
	건포도	9	33,359	104,907
	소계	2,240	228,855,267	204,302,623
데옥시니발레놀	곡류	77	8,110,168	4,339,614
제랄레논	곡류	143	176,491,314	125,783,365

곰팡이독소류별 검사대상 식품(표 2)으로는, 총아플라톡신은 땅콩 또는 견과류 가공품(1,385건), 곡류가공품(1,164건), 땅콩과 호두와 아몬드와 같은 견과류(683건), 두류가공품(495건),

장류(316건), 대두, 녹두, 강남콩 등 두류(286건), 옥수수, 밀 등 곡류(268건), 밀가루(185건), 천연향신료와 향신료조제품, 카레와 같은 조미식품(106건), 고추와 고춧가루(96건), 건조과실류(58건), 팝콘용옥수수가공품(25건), 심황 등 향신료(24건)을 검사하였고, 파툴린은 음료류(180건)에 사과주스 또는 사과농축액이 함유된 과·채 가공품, 과·채주스 등을 검사하였다.

푸모니신은 옥수수(171건)와 옥수수가 함유된 곡류가공품(496건), 팝콘용옥수수가공품(16건) 등을 검사하였고, 오크라톡신 A는 커피(커피원두, 볶은커피, 인스턴트

커피포함: 1,980건) 곡류(186건), 메주(36건), 고춧가루(29건), 건포도(9건)을 검사하였으며, 데옥시니발레놀은 곡류(77건)을, 제랄레논은 곡류(143건)을 주로 검사하였다.

2. 곰팡이독소류 검출 현황

곰팡이독소류가 검출된 건수는 총 748건이며, 우리나라 기준을 초과한 건수는 30건으로 이들 수입식품은 모두 제조국으로 반송되거나 폐기조치하기 때문에 국내에 유통되지 않는다(표 3).

총아플라톡신은 384건 검출되었으며, 이중 기준을 초과한 건수는 25건이었다. 파툴린은 75건에서 검출되었으나 그 수준은 우리나라에서 관리하고 있는 기준보다 낮은 수준이었고, 푸모니신은 153건에서 검출되었으며, 이중

표 3. 곰팡이독소류 검출 현황

검사항목	식품	검출건수	부적합건수
합계		748	30
총아플라톡신(ug/kg)	곡류	19	11
	곡류가공품	47	3
	두류	5	-
	두류가공품	63	1
	땅콩 또는 견과류	34	1
	땅콩 또는 견과류가공품	133	4
	장류	12	-
	밀가루	2	-
	고추(고춧가루 포함)	23	4
	조미식품(고춧가루 제외)	38	1
	향신료	6	-
	건조과실류	2	-
	소계	384	25
파툴린(ug/kg)	음료류	75	-
푸모니신(mg/kg)	옥수수	112	-
	곡류가공품	42	1
	소계	153	1
오크라톡신 A(ug/kg)	곡류	7	-
	커피	180	-
	매주	2	-
	고춧가루	13	4
	건포도	1	-
	소계	203	4
테옥시니발레놀(mg/kg)	곡류(옥수수)	3	-
제랄레논(ug/kg)	곡류	5	-

기준 초과는 1건이었다.

오크라톡신 A는 203건에서 검출되었으나 기준 초과는 4건이었고, 테옥시니발레놀과 제랄레논은 각각 3건과 5건에서 검출되었으나 기준을 초과한 건수는 없었다.

곰팡이독소류의 기준을 초과한 품목의 경우, 총아플라톡신은 고춧가루(4건), 옥수수(11건), 곡류가공품(3건), 두류가공품(1건), 아몬드(1건)와 땅콩 또는 견과류가공품(4건)이며, 천연향신료(1건)이며, 푸모니신은 곡류가공품(1건), 오크라톡신 A는 고춧가루(4건)에서 기준을 초과하여 제조국으로 반송하거나 폐기 조치함에 따라 국내에 유통되지 않았다.

한편, 유럽은 오스트리아, 벨기에 등 31개국들이 수입 또는 유통단계에서 각각 검사하여 기준 및 규격에 위반한 제품이 발견될 경우 RASFF(Rapid Alert System for

Food and Feed, 식품 및 사료에 대한 조기경보체계)에 통보하여 해당 제품 정보를 상호 교환하고 있다. 2009년 RASFF 자료를 보면, 기준을 초과한 곰팡이독소류 중 아플라톡신은 총 600여건이 보고되었는데, 이중 곡류 및 곡류제품은 12건, 건조무화과는 60건이 보고되었고, 칠리가루, 정향가루, 육두구 등과 같은 향신료는 23건, 견과류와 종실류는 총아플라톡신이 검출이 가장 많은 품목으로 518건이 보고되었는데, 이중 땅콩과 같은 groundnuts는 218건, 피스타치오는 136건, 해즐넛은 63건, 아몬드는 55건, 살구껍질, 종실류와 같은 품목은 25건이 보고되었다.

오크라톡신 A는 허브와 향신료(파프리카 가루)에서 13건이, 건조과실류에는 4건이 보고되었다(11).

이상과 같이 우리나라나 유럽에서 검출된 식품은 주로 땅콩, 견과류, 건조 향신식물로, 이들 식품들은 대부분 열

대지역과 아열대 지역에서 생산되는 식품으로 이들 지역은 뜨겁고 습한 기후조건을 가지고 있어 생산조건이 단순, 건조시간이 길고, 부적절한 시설로 가공됨으로 위생과 품질의 문제의 원인이 된다. 이에 우리나라는 곰팡이독소류의 오염 우려 가능성이 있는 식품에 대하여 검사를 강화하고 있다.

III. 결론

2010년 우리나라의 수입량은 1995년에 비해 약 38% 증가하고 있어 그간의 부적합 이력이 있거나 해외 정보 등을 수시로 확인하여 검사를 강화할 것이며, 안전한 식품이 수입될 수 있도록 수입담당자 뿐 만 아니라 수입자들을 대상으로 정보를 제공하고, 매년 교육을 실시하여 수입자들의 교육을 강화할 것이며, 산업화에 따른 환경변화와 기후변화 등으로 인한 새로운 물질 출현 등으로 수입 식품에 대한 안전성 문제가 소비자들의 관심이 증대되고 있는 만큼 수입단계에서 사전에 차단하여 국내에 유통되지 않도록 노력할 것이다.

참고문헌

1. 식품의약품안전청, 식품공전 (2011)
2. Codex Alimentarius Commission, 제3차 Codex 오염물질분과위원회 회의결과 (2009)
3. Codex Alimentarius Commission, 제4차 Codex 오염물질분과위원회

- 회 회의결과 (2010)
4. Codex Alimentarius Commission, 제5차 Codex 오염물질분과위원회 회의결과 (2011)
5. European Food Safety Authority(EFSA), Option of the scientific panel on contaminants in the food chain on a request from the commission related to the potential increase of consumer health risk by a possible increase of the existing maximum levels for aflatoxins in almonds, hazelnuts and pistachio and derived products, *The EFSA J.*, 446, 1 - 127 (2007)
6. A. Zinedine et al., Natural occurrence of mycotoxins in cereals and spices commercialized in Morocco, *Food Control*, 17, 868-874 (2006)
7. Codex Alimentarius Commission, Code of practice for the prevention and reduction of patulin contamination in apple juice and apple juice ingredients in other beverages(CAC/RCP 50-2003) (2003)
8. EFSA, Option of the scientific panel on contaminants in the food chain on a request from the commission related to ochratoxin A in food, *The EFSA J.*, 365, 1-56 (2006)
9. EFSA, Opinion of the Scientific Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the Commission related to Deoxynivalenol(DON) as undesirable substance in animal feed, *The EFSA J.*, 73, 1-42 (2004)
10. EFSA, Opinion of the Scientific Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the Commission related to Zearalenone as undesirable substance in animal feed, *The EFSA J.*, 89, 1-35 (2004)
11. European Commission, The rapid alert system for food and feed, *Annual Report* (2009)