

푸모니신 (Fumonisin)

바실러스 세레우스 (Bacillus cereus)

푸모니신이란?

■ 곰팡이가 만드는 유해물질, 푸모니신

옥수수나 밀, 보리, 콩과 같은 각종 곡류들은 오래전부터 가축의 사료로 널리 사용되어 왔으며 이러한 사료는 생산이나 보관 과정 중 부적절한 관리로 인한 곰팡이나 세균 등의 유해 미생물에 의해 오염이 일어날 수 있습니다.

미생물에 오염된 사료는 사료를 섭취한 가축에게 체중 감소와 같은 건강상의 영향을 나타내거나 가축의 집단 폐사와 같은 질병을 일으켜 축산농가에 큰 피해를 입히기도 합니다.

예를 들어 1960년대 영국에서 곰팡이에 오염된 땅콩 사료를 먹고 칠면조가 집단 폐사한 사건은 이러한 피해의 대표적인 사례로 이 사건은 곰팡이가 만든 독소(mycotoxin)인 아플라톡신(Aflatoxin)이라는 물질에 의해 발생하였습니다.

이 사건은 아플라톡신과 같은 곰팡이 독소에 대해 많은 연구가 이루어지게 되는 계기가 되었습니다. 1980년대 말부터 돼지, 말, 닭 등에서 아플라톡신과 유사한 피해 사례가 발생하여 원인을 연구하였는데, 토양에 서식하는 곰팡이 종류인 푸사리움(Fusarium)속 곰팡이(Fusarium. moniliforme)에서 새로운 곰팡이 독소가 발견되었습니다. 겔더블롬(Gelderblom) 등의 연구자들이 1998년 처음으로 원인물질 2종을 분리하였는데, 이 새로운 곰팡이 독소는 곰팡이의 이름을 줄여 푸모니신 B1, 푸모니신 B2라고 부르고 있습니다. 그 후 1991년 카우드(Cawood) 등이 6종, 1997년 시든햄(Sydenham) 등이 10종 이상의 동족물질

을 발견하였고, 현재에는 28종의 푸모니신 보고되었는데 이들 가운데 발생빈도가 가장 높고 유해성이 가장 큰 물질은 푸모니신 B1으로 알려지고 있습니다.

■ 푸모니신 B1은 어떤 유해성을 가지고 있나요?

푸모니신 B1은 돼지에서 폐수종, 말에서 뇌백질연화증을 일으키는 원인 물질로 알려져 있습니다. 그리고 여러 실험동물에서 급성 또는 만성 독성이 보고되었는데 병아리에서 간회저증, 쥐의 간세포에서 종양유발과 세포독성 등이 보고되었습니다.

사람에 대해서는 역학조사 결과 암을 발생시킬 가능성이 있어 국제암연구소(IARC)에서 인체 발암가능 물질(Group 2B)로 분류하고 있습니다.

■ 푸모니신은 어떤 환경에서 생성되며, 어떤 식품이 오염되기 쉬울까요?

푸모니신은 여러 가지 푸사리움속 곰팡이들이 생성할 수 있지만 주로 *Fusarium, moniliforme*나 *Fusarium, proliferatum*이 생성합니다. 이들 곰팡이의 최적 성장 온도는 20~25℃이지만 성장온도 범위가 넓어 전 세계적으로 온대지역에서 생산되는 곡류에서 발견되고 있습니다. 특히 옥수수를 썩게 하는 주요 곰팡이로 옥수수에서 많이 발견되고 있습니다.

옥수수에서 푸모니신의 생성 정도는 수확전과 수확기간 중의 환경적인 요인 온도, 습도와 강수량에 의해 영향을 받으며, 벌레 먹은 생옥수수와 부적절한 저장상태는 오염 정도를 높이는 것으로 알려져 있습니다.

푸모니신은 옥수수와 그 가공 식품에서 많이 발견되지만 밀, 보리, 쌀, 수수류 등의 곡류와 그 가공품, 두류 및 그 가공품, 땅콩 가공품(peanut meal), 홍차, 한약재, 맥주 등에서도 검출된 사례가 보고되고 있습니다.

■ 외국과 우리나라에서는 식품의 푸모니신 오염을 어떻게 관리하고 있나요?

국제식품규격위원회(Codex)를 포함한 많은 나라는 아직 푸모니신의 함량(오염정도)에 대해 따로 식품 오염기준을 정하지 않고 있습니다. 그러나 미국은 권장 규격(Guidance Level)으로 옥수수 및 관련 식품에 대해 1kg당 4.0~2.0mg 이하(B1, B2, B3 합), 유럽연합은 옥수수제품(유아용 식품 포함)에 대해 1kg당 2.0~0.2mg 이하(B1, B2 합)로 함유하도록 정하고 있습니다.

우리나라는 옥수수에 대해서 1kg당 4mg 이하(B1, B2 합), 옥수수 단순가공품 및 가루에 대해서 1kg당 2mg 이하(B1, B2 합), 50% 이상 옥수수를 함유한 곡류가공품, 시리얼류 및 과자류, 팝콘용 옥수수 가공품에 대해서 1kg당 1mg 이하(B1, B2 합)로 함유하도록 기준을 정하고 있습니다.

그리고 식품의약품안전청에서 2008년도에 서울 및 6대 광역시와 인접지역, 강원도의 할인마트 및 소매점에서 구입한 545건의 식품에 대하여 총 푸모니신(B1, B2, B3의 합) 오염도를 조사한 결과 246건(45.1%)에서 푸모니신이 검출되었습니다. 푸모니신이 검출된 정도는 옥수수, 옥수수 과자, 옥수수 차, 차초, 혼합 곡류 순으로 나타났습니다.

이들 식품에서 확인된 푸모니신의 평균 검출량과 우리나라민의 각 식품의 1인1일평균섭취량으로 추정된

한국인의 푸모니신 1일섭취추정량(PDI, Probable Daily Intake)은 일반성인에 대해 $0.03\mu\text{g}/\text{kg b.w./day}$ 였습니다. 이것을 세계보건기구(WHO)에서 정한 푸모니신 잠정1일최대섭취허용량(PMTDI, Provisional Maximum Tolerable Daily Intake)인 $2\mu\text{g}/\text{kg b.w./day}$ (B1, B2, B3의 합)와 비교한 결과 PMTDI의 1.5%로 안전한 수준이었습니다.

■ 어떻게 하면 푸모니신의 섭취를 줄일 수 있나요?

푸모니신이 오염된 식품에서 푸모니신을 완전히 제거할 수 있는 방법이 아직까지는 알려져 있지 않습니다. 따라서 농작물의 종자를 개량하거나 경작·저장 기술을 향상시켜 원천적으로 농작물의 푸모니신의 오염을 최소화 것이 가장 바람직합니다.

그리고 푸모니신은 열처리(150°C)나 발효 과정에 안정하기 때문에 곰팡이에 오염된 식품은 가열·조리하여 곰팡이가 완전히 사멸된 후에도 식품 중에 푸모니신이 그대로 남아있을 수 있습니다. 따라서 일반 가정에서는 곰팡이가 피었거나 의심이 가는 식품은 섭취하지 않는 것이 좋습니다.

또한 식품 구매 시에는 가급적 신선한 제품을 구매하도록 하고, 특히 장마철이나 여름철과 같이 곰팡이 발생이 쉬운 계절에는 식품에 곰팡이가 피지 않도록 보관에 주의하고 곰팡이 오염이 의심되는 식품은 즉시 폐기하는 것이 바람직합니다.

바실러스 세레우스(Bacillus cereus)란?

■ 막대 모양의 식중독 균

세균들도 다른 생물들과 같이 종류에 따라 원, 막대, 나선 모양 등 여러 가지 다양한 외형을 가지고 있는데 막대형(bar)으로 생긴 세균 부류를 총칭하여 바실러스(Bacillus) 속 또는 우리나라 말로는 간균(桿菌)이라고 부르고 있습니다. 바실러스 속 세균으로 가장 유명한 종류는 제1차 세계대전 때 생물학전 무기로 개발되어 사용된 탄저균(Bacillus anthracis)입니다. 탄저균은 2001년 미국에서 9.11 테러 이후에 발생한 우편물을 이용한 테러에 사용되어 5명을 사망케 함으로서 공포의 백색 가루로 전 세계적으로 이슈가 되었습니다.

바실러스 속의 세균들은 사람들의 생활환경이나 토양 등 다양한 자연환경에 서식하는데 현재는 약 148여종이 알려져 있으며, 대표적인 종류로는 바실러스 서브틸러스(Bacillus subtilis)와 바실러스 세레우스(Bacillus cereus) 종이 있습니다.

바실러스 서브틸러스(B. subtilis)는 간장이나 된장의 제조 시 콩을 발효시키는 발효균으로 사용되고 있으며, 바시트라신(bacitracin) 등과 같은 많은 항생제를 생산하는데도 사용되는 유익한 세균인 반면 바실러스 세레우스(B. cereus)는 식품을 부패시키거나 변패시키고 식중독을 일으키는 유해한 균입니다.

바실러스 세레우스를 현미경을 사용하여 관찰해보면 세균들이 손가락 선인장(cereus) 모양의 사슬형태로 배열하고 있으며, 편모가 있어 운동성이 있는 특징이 있습니다. 산소가 많은 조건에서 잘 성장하는 호기

성(aerobic) 세균으로 7~49℃의 비교적 넓은 온도범위에서 증식이 가능하지만, 최적 생장온도는 28~35℃입니다. 또 포자(孢子, spore)를 형성할 수 있는데 포자는 135℃에서 4시간 동안 견딜 수 있어 내열성이 강한 것으로 알려져 있습니다.

■ 바실러스 세레우스에 오염된 식품을 섭취하면 어떤 증상이 나타날까요?

바실러스 세레우스 균에 조금 오염된 식품은 인체의 건강에 해를 나타내지 않지만 식품 중에 균체나 포자가 105개/g 이상 존재할 경우에는 식중독이 일어날 수 있습니다. 이 균은 두 종류의 식중독을 일으킬 수 있는데 하나는 식품에 오염된 바실러스 세레우스 균이 증식하여 생산한 독소(cereulide)를 섭취하여 발생하는 구토형 식중독이고 다른 하나는 이 균이 인체의 장내에서 생산한 장독소(enterotoxins)에 의해 발생하는 설사형 식중독입니다.

구토형 식중독은 1~5시간의 잠복기가 있으며 메스꺼움과 구토가 일어납니다. 가끔 심한 복통 및 설사가 일어나기도 하지만 증상은 24시간 내에 가라앉습니다. 설사형 식중독은 8~15시간의 잠복기가 있으며 설사, 어지러움, 복통 등이 일어납니다. 또한 메스꺼움이 설사와 동반하기도 하지만 대부분 구토는 없으며 이 증상들이 24시간 정도 지속되다가 회복됩니다. 이 균에 의한 식중독 환자는 증상이 심각하지 않은 경우가 대부분이고 하루 이내에 회복하기 때문에 다른 세균성 식중독의 경우와 같이 일반적인 치료를 하고 있습니다.

이 균에 의한 식중독은 나라에 따라 다른 패턴을 나타내는데 일본에서는 구토형이 설사형보다 10배 이상 많이 발생하지만 유럽과 북아메리카에서는 설사형이 구토형보다 많이 발생하는 것으로 보고되고 있습니다.

■ 어떤 식품들에 이 세균이 많이 오염될까요?

바실러스 세레우스는 자연계에 널리 분포하고 있어 농작물을 비롯한 대부분의 식품에 오염될 수 있습니다. 이 균과 관련이 높은 원인식품은 설사형의 경우 향신료를 사용한 요리, 육류, 채소의 수프, 푸딩, 바닐라 소스, 소시지, 크림 등의 여러 가지 식품이 있고, 구토형은 주로 쌀밥이나 그 요리식품인 볶음밥 등으로 탄수화물 식품이 주요 원인 식품입니다.

쌀밥류에서 식중독이 많은 원인으로는 전날 소비되고 남은 쌀밥을 실온에서 보관하고 이것을 사용하여 볶음밥 등을 조리하는 일이 많기 때문입니다. 보관 중에 바실러스 세레우스 균이 증식하여 독소를 생산하면 조리하여도 독소는 식품 중에 여전히 남아 있어, 이것을 사람이 먹고 식중독이 일어나는 것으로 추정되고 있습니다.

■ 이 균에 의한 식중독 사건은 얼마나 많이 발생했나요?

우리나라에서 이 균에 의해 발생한 식중독 발생건수를 살펴보면 2009년 0건, 2002~2007년 0~5건으로 병원성 대장균과 같은 다른 식중독 균에 비해서는 상대적으로 식중독 발생 사례가 많지 않았습니다. 그러나 2008년의 경우 한해에 총 14건(총 환자수 376명)의 식중독이 이 균에 의한 발생한 사례가 있어 단체 급식소나 대규모 식품 제조업소에서는 이 균에 의한 식중독을 방지할 수 있도록 관심을 가지고 철저한 위

생관리가 필요합니다.

■ 우리나라에서는 바실러스 세레우스를 어떻게 관리하고 있나요?

우리나라 식품공전에는 더 이상의 가열, 조리과정 없이 그대로 섭취 할 수 있는 김밥, 햄버거, 선식 등의 '즉석섭취식품', 단순가열 등의 조리과정을 거치거나 이와 동등한 방법을 거쳐 섭취 할 수 있는 국, 탕, 스프 등의 '즉석조리식품', 그대로 섭취할 수 있는 샐러드, 새싹채소 등의 '신선편의식품'에 대하여 식품 1g 당 바실러스 세레우스를 1,000개 이하, 동·식물성 원료를 가공 처리하여 분말, 과립, 바, 페이스트, 젤상, 액상 등으로 제조한 생식류와 영·유아 조제식, 성장기용 조제식, 영유아용 곡류조제식, 특수의료용도 등에 대해서는 식품 1g 당 바실러스 세레우스를 100개 이하로 정하여 관리하고 있습니다.

■ 어떻게 하면 이 세균에 의한 식중독을 예방할 수 있나요?

바실러스 세레우스는 자연 환경에 일상적으로 존재하는 세균 중의 하나이므로 이 균을 완전히 차단하거나 이 균에 의한 식품오염을 근본적으로 방지한다는 것은 현실적으로 어려움이 많습니다.

미생물	오염원	증상	예방법
<p>바실러스</p> <ul style="list-style-type: none"> 포자를 형성하는 균으로 가열하여도 생존 가능 구토형과 설사형이 있음 	<ul style="list-style-type: none"> 자연계에 널리 분포하여 토양, 곡류, 채소류에 존재 구토형 : 볶음밥, 파스타류 등 설사형 : 식육, 스프 등 	<p>발병시기</p> <ul style="list-style-type: none"> 구토형 : 1~5시간 설사형 : 8~15시간 <p>증상</p> <ul style="list-style-type: none"> 구토형은 황색묘도상구균 식중독과 유사 설사형은 플로스트리디움 식중독과 유사 	<ul style="list-style-type: none"> 곡류, 채소류는 세척하여 사용 조리된 음식은 장시간 실온방치 금지 냉장보관 음식물이 남지 않도록 적정량만 조리 금지 

식품을 가열하거나 조리하는 과정을 통해 세균 자체는 사멸 시킬 수 있지만 열에 강한 포자와 독소는 사멸되지 않고 잔존할 수 있으며 적당한 조건이 유지되면 발아·증식하여 부패·변패를 일으킬 뿐만 아니라 식중독을 유발할 수 있습니다. 따라서 바실러스 세레우스에 의한 식중독을 방지하기 위해서는 한 번에 많은 양의 식품을 조리하여 상온에서 2시간 이상 방치하지 않도록 하고, 식품 원재료부터 조리 완료까지의 시간을 가능한 단축하도록 합니다. 조리 후에는 곧바로 섭취하지 않는 식품은 50℃ 정도의 고온이나 5℃ 이하로 냉각시켜 저온 보존하는 것이 좋으며, 저온보존 등이 현실적으로 어려운 김밥 같은 식품은 조리 후 곧바로 섭취하는 것이 바람직합니다.

* 본 내용은 식약청에서 발간한 '위해물질총서' 및 '식중독예방 대국민 홍보사이트' 등의 내용을 기초로 작성하였습니다. 좀 더 구체적인 내용을 확인하고 싶으시면 위해 예방정책국 홈페이지(www.foodwindow.go.kr)의 전문정보 및 식중독예방 대국민 홍보사이트(<http://fm.kfda.go.kr>)에서 관련 자료를 내려 받으실 수 있습니다.