곰팡이 독소의 관리 전략 : 검출과 통제를 동시에

Managin Mycotoxins : Partnering Detection with Control

저자: Ms Jennifer Smith · 번역: 이진주*

Ms Jennifer Smith, Jinjoo Lee*

Vicam, *(주)밀테크

Vicam, *Mill Tech Co., Inc.

동물 사료에 있어 곰팡이 독소에 대한 관심이 증가하고 있다. 검출과 통제를 함께 하려는 전략은 곰팡이 독소의 유해한 영향을 최소화시킬 수 있을 것이다.

전세계적으로 규제가 점점 늘어가는 것에서 알 수 있듯이, 곰팡이 독소의 오염에 관한 관심은 최근 증가하는 추세이다. 얼마 전 미국의 애완 동물 사료 리콜 사건을 계기로 원재료와 먹이 연쇄에서의 교차 오염에 대한 문제 제기도 일어나고 있다. 또한, 에탄올 원료 산업이 번창으로 옥수수 값이 상승함에 따라, 전통적으로 동물 사료에 쓰여온 원료에 대한 관심이 고농도로 농축된 곰팡이 독소의 위험성을 인식하는 방향으로 전환되고 있는 실정이다. 최초에 어떤 곰팡이 독소가 얼마나 존재했느냐에 따라 건식증류 주정박에는 일반 옥수수의 세배 정도의 곰팡이 독소가 존재할 수도 있다. 그렇다면 이 진퇴양난의 상황을 타개해 나갈 방법은 무엇일까?

미국을 기반으로 전 세계에 곰팡이 독소 검출관련 사업을 하고 있는 Vicam사의 사업개발부장 Patricia Jackson에 따르면, 곰팡이 독소는 1960년대에 처음 발견되어 지금까지 그 독성에 관한 연구 데이터가 축적되어 왔다고 한다.

다종 독소의 동시적 출현

사료에는 여러 종류의 곰팡이 독소가 동시다발적으로 존재할 수 있으며, 이는 서로 상승 작용할 수 있는 여건이 된다. 다시 말하면, 한가지의 독소만 있을 때 보다 다른 독소와 함께 존재할 때 곰팡이 독소의 독성이 더 강해질 수 있음을 의미한다고 Jackson은 시사했다. 곰팡이 독소에 대한 관심과 이해가 더 해감에 따라 식품 및 사료업계는 품질과 식품 안전에 관한 약속을 이행하기 위한 압력을 느끼며 이를 실행하고 있다.

Jackson에 의하면, Aflatoxin B1의 경우 젖소의 체내 대사과정에서 M1으로 전환되어 우유에서 검출된다. 근래 몇년간 유제품 업계에서는M1의 통제를 위해 젖소 사료와 유제품의 검사를 강화해 왔다. 동물 사료에 있어 곰팡이 독소의 영향력은 감소된 생산성, 감시, 관리 통제에 드는 비용을 감

*Corresponding author : Jinjoo Lee
Mill Tech Co., Inc., #707 Baekgung Plaza III 156-2, Jeongjadong, Bundanggu Seongnamsi, Kyunggido Korea, 463-834
Tel: +82-2-578-3077
Fax: +82-2-578-3079
E-mail: jinjoolee@hotmail.com

안해 볼 때, 경제적으로 수십에서 수백만 달러에 이른다고 Jackson은 밝혔다.

이러한 문제는 전세계의 축산업계 모두가 겪고 있다. 인도의 Biomin사의 Dr. Devendra Verma는 최근 인도의 사료 및 가금류 업계의 곰팡이 독소 문제를 연구했다. 그에 따르면, 축산 업계는 지금 Aflatoxin 이외에, Ochratoxin A, T-2 toxin, Zearalenone, Citrinin, Fumonisin 등 여러 종류의 곰팡이 독소의 오염 가능성에 대해 인식하고 있으며, 전세계적으로 가금류, 소, 돼지 등에서 곰팡이독증과 관련된 사건들이 보고되고 있다고 한다. 그러나 곰팡이 독소와 관련된 사건들은 대게 눈에 띄지 않아 포착하기 어렵기 때문에 이러한 보고는 빙산의 일각에 지나지 않을 것이라 한다.

곰팡이 독소는 동물들에게 급성 또는 만성 질환을 일으키거나 죽음에 이르게 하는 등 광범위한 문제를 일으킨다. 고농도에 의한 급성 질환 발생도 문제이긴 하지만, 적은 농도의 곰팡이 독소에 지속적으로 노출 되었을 때도 생기는 문제도 무시할 순 없다. 만성적으로 곰팡이 독소에 노출 되었을 경우 간이나 신장 손상, 구두부의 손상, 말의 뇌백질연화증 등이 발생할 수 있다. Jackson에 의하면 DON 혹은 보밋 톡신이라 알려진 Deoxynivalenol은 동물들이 사료 거부하거나 구토하게끔 만든다고 한다. 이는 주로 돼지에게 발생하는데, 돼지는 곰팡이 독소 오염에 가장 민감한 동물 중 하나로 알려져 있다. Zearalrenone은 여성 호르몬과 유사한 독소로서, 동물의 생식에 있어 유산, 수컷의 암컷화, 성기의 조기 성숙을 촉진하는 등 여러 가지 문제를 야기한다. Aflatoxin은 발암물질로 알려져 있다.

현재 식품 사료 업계는 최대 효율을 내기 위해 노력중이다. 예전엔 생산성에 영향을 크게 미치지 않는다고 여겨지던 요소들이 지금은 매우 중요한 요소로 여겨지고 있다. 예를 들면, 사료에서 곰팡이 독소를 문제 삼을 때Aflatoxin만을 관리하던 예전과는 달리, 현재는 평균 이상의 생산성을 내기 위해 모든 종류의 곰팡이 독소가 중요한 요소로 생각된다는 점이다. Verma 박사는 사료에 곰팡이가 자라거나 곰팡이 독소가 발생하는 문제는 경제적으로 심각한 손해를 끼치는 것이라 말했다.

곰팡이 독소의 검출

사료 내의 곰팡이 독소를 정확히 검출해 내는 것은 독소의 해악을 줄이기 위해 초기에 취하는 방법이다. 사료 원료나 사료 완제품을 검사하기 위한 테스트 키트는 이미 시장에 나와 있으며 많은 사료 회사들은 공장에서 사용하기 전에 그들이 사온 원재료들의 곰팡이 독소 감염 여부를 검사하고 있다. 곰팡이 독소의 오염 정도는 ppm 혹은 ppb 수준으로 매우 낮으며, 이는 immunoaffinity column을 이용하여 전처리 한 샘플을 Fluorometer를 이용하여 신속하고 정확하게 정량 검출할 수 있다고 Jackson이 밝혔다. Vicam 사는 현재 Aflatoxin, Fumonisin, Zearalenone, Ochratoxin, DON을 Fluorometer로 정량할 수 있는 제품을 선보이고 있으며, 이들은 한 실험 당 5 에서 15분 정도만 투자하면 되는 제품이다. Vicam사의 제품 이외에, 시중에는 ELISA 등도 시판되고 있는데, 이는 정성분석에 적합한 제품이다. 빠르고 정확한 결과를 내는 실험 방법을 찾아내어, 이를 사료 공장에서 생산 공정의 한 단계로 편입시키는 것도 좋은 방법일 것이다.

오염된 사료의 영향을 최소화 하기

곰팡이 독소에 이미 오염되어 있는 사료를 먹일 경우, 동물의 건강이나 활동성에 손상을 입히지 않을 가능성은 얼마나 될까?

Verma 박사는 곰팡이 독소의 부정적인 영향은 항상 존재해 왔다고 지적한다. 그러나, 분석 방법과 과학 기술의 발전으로 곰팡이 독소의 검출 분석 방법이 발달함에 따라 그 위험성에 대한 인식이 커졌다는 것이다. 오늘날 우리는 곰팡이 독소문제가 넓게 퍼져있다는 사실을 잘 알고 있다. 곰팡이의 생장과 곰팡이 독소의 생성은 여러 요소들이 복합적으로 작용하여 일어나는데, 온도, 수소이온농도, 수분활성도, 산소, 이산화탄소 농도, 기질의 구조, 경쟁 관계에 있는 미생물의 존재 여부, 곰팡이의 유포된 정도 등에 따라 영향을 받는다. 사료를 보관하는 데에 있어 이러한 생태학적인 요소들이 곰

팡이 독소 생성을 막는데 중요한 역할을 한다고 Verma 박사가 지적했다.

Verma 박사는 곰팡이 독소와 관련된 가축의 질병이나 문제들은 쉽게 진단하기 어려울 때가 많음을 지적하며 이는 곰팡이 독소증의 증상이 다른 질병의 증상과 유사하기 때문이라 밝혔다. 곰팡이 독소는 눈에 보이는 곰팡이를 제거했다 하더라도 이미 곰팡이에 오염되었던 사료나 식품에 끝까지 살아남을 수 있다고 한다. 또한 곰팡이 독소가 식물, 미생물 또는 다른 곰팡이들과 결합하여 변성하게 될 경우, 일반적인 방법으로는 검출하기 어렵다. 이렇게 변형된 독소를 masked mycotoxin이라 부르며, 이들은 소화중에 곰팡이 독소로 분리될 수 있어, 동물에게 악영향을 끼친다고 Verma 박사가 밝혔다. 그러므로, 곰팡이 독소 검출 결과를 맹신해서는 안된다고 한다.

대사 작용 방해의 원인

급성적인 곰팡이 독소증은 심각한 증상이나 종종 죽음을 야기하기도 하지만, 보통은 사료내의 곰팡이 오염 정도가 심각한 곰팡이 독소증을 유발할 정도로 높은 것은 아니다. 그렇지만, 적은 농도의 곰팡이 독소도 대사 작용을 방해하여 질병을 일으킬 가능성이 있다고 Verma 박사가 지적했다. 낮은 농도의 곰팡이 독소는 저항 작용기전이나 면역 반응체계에 손상을 입혀 질병에 쉽게 걸리도록 한다. 면역 반응체계나 저항 작용기전의 손상으로 인한 영향은 쉽게 감지하기 어려운데 이러한 손상이 곰팡이 독소 자체가 일으키는 질병보다는 다른 감염으로 인한 질병을 야기하기 때문이다. Verma 박사에 의하면, 면역체계에 손상을 주는 곰팡이 독소의 농도는 생장률이나 달걀 생산량을 감소시킬 수 있는 곰팡이 독소의 농도보다 훨씬 낮다고 한다. 또한, 독소의 소화 흡수는 백신의 효과를 감소시키기도 한다고 한다. 예를 들어, 가금류의 경우, 콕시듐, 전염성의 기관지염, 활액낭증, 살모넬라 감염, 캔디다증 등은 Aflatoxin 독소증이 있을 경우 그 정도가 더 심하게 나타난다.

곰팡이 독소 흡착제를 이용하여 사료내의 곰팡이 독소를 흡착시키는 것도 한 방법이다. 시중에는 천연 혹은 합성 성분을 이용한 제품들이 나와 있다.

Verma 박사를 포함한 몇몇 사람들은 이러한 흡착제들의 효과는 매우 제한적이라고 믿는다. 곰팡이 독소를 결합하는 능력은 많은 경우 Aflatoxin에만 국한되는데, 이는 다른 독소들이 흡착이나 결합에 필요한 극성기가 적기 때문이다.

곰팡이 독소의 불활성화

모든 곰팡이 독소가 흡착제와 결합할 수 있는 것이 아니므로, 곰팡이 독소의 통제의 방법으로 곰팡이 독소를 불활성화 시키는 것도 하나의 접근법이라 하겠다. 효소, 효모 혹은 세균을 이용하여 곰팡이 독소를 무독성 대사산물로 바꾸어 주는 것이다.

Biotransformation을 언급하자면, 미생물을 이용하여 곰팡이 독소를 분해하고 무독성화 시켜 더 안전한 물질로 바꾸어 독소를 통제할 수도 있다고 Verma 박사가 밝혔다. 안전한 세균이나 효모를 이용하여 곰팡이 독소를 무독성화 할 수 있다고 한다. 이 방법은 오랫동안 시험되어 왔으며, 수십년간 사료의 곰팡이 독소 문제를 해결하는 방안으로 쓰여 왔다고 그가 밝혔다.

곰팡이 독소를 통제하려는 노력은 독소 흡착제 생산자, 옥수수나 밀 재배자들 모두가 여러 방면으로 노력을 기울여야 할 문제라고 Jackson은 말했다.

곰팡이 독소가 작물이나 경작지에 존재할 경우 사료 공장에서의 곰팡이 독소 통제 문제는 심각해진다. 만약 고농도의 곰팡이 독소를 포함한 곡물이 사료 공장에 들어온다면, 교차오염을 막기 위해 곰팡이 독소가 없는 원료와 분리되어 저장되어야 한다. 현재 과학자들이 독소를 생산하지 않는 곰팡이를 개발해서 이를 경작지에 옮겨 놓아 독소를 생산하는 곰팡이를 없앨 계획을 하고 있으므로, 곰팡이 독소의 생물학적 통제는 미래에 쓰일 수 있는 한 방안일 것이라고 Jackson은 밝혔다.

무수암모니아는 비용이 많이 들고, 동물들에게 기호성이 떨어짐에도 불구하고 Aflatoxin에 감염된 옥수수를 무독성

화 하는데 쓰여왔다.

어떤 방법으로 곰팡이 독소를 통제하려고 하든 그 방법의 효과를 알기 위해서는 지속적인 모니터가 필수이다.

Jackson은 여러 단계의 곰팡이 독소 통제 노력을 기울여야 한다고 말하면서, 곰팡이 독소가 없을 때조차도 계속적인 관찰은 필요하다고 역설했다. 곰팡이 독소의 출현은 같은 작물이나 같은 경작지에서도 동일한 패턴으로 나타나지 않는다.

곰팡이 독소는 종종 국지적으로 발생하므로, 원료 공급자들의 지속적인 관리가 필요하다고 Jackson은 밝혔다.