

영양적 방법에 의한 곰팡이 독소의 피해 저감



이왕식 농학박사(농촌진흥청 축산연구소)

I. 서론

사료 중에 존재하는 위해요소로서, 곰팡이 독소는 아스퍼질러스, 페니실리움, 푸사리움속에 속하는 곰팡이의 2차 대사산물이며, 사람과 가축에 잠재적 독성이 있는 300여 가지의 곰팡이 대사산물이 발견되어지고 있다.

주요한 곰팡이 독소는 아플라톡신B₁, 오크라톡신A, 푸모니신B₁, 제아랄레논, 디옥시니발레놀과 T-2 독신 등이며, 최근에 시트리닌, 스테리그마토시스틴과 디아세톡시스커페놀과 같은 곰팡이 독소 등에 대한 관심이 증가되고 있다. 곰팡이 독소는 화학적, 생물학적, 독성학적 성질이 다양하여, 독성에 의한 가축의 영향은 매우 변이가 있으며, 이러한 변이는 독소 섭취량, 노출 기간, 축종, 연령, 성별, 생리적 상태와 함께 존재하는 곰팡이 독소들 사이의 상호작용 등에 의존하고, 주요한 독성효과는 발암성, 유전독성, 기형유발성, 신독성, 간독성, 생식장애, 면역억제 등으로 나타난다.

곰팡이 독소에 의한 경제적 손실을 예방하기 위

해서는 곰팡이 독소의 오염 제거와 제독이 중요하다. 이를 위하여 다양한 화학적, 물리적, 생물학적 방법이 개발되어 왔으며, 몇가지 화학적 해독방법이 효과적이지만, 처리된 사료중의 반응산물의 안전성과 영양적 특성의 보존과 같은 점을 충족시키지는 못하였다.

II. 본론

1. 항산화 물질의 이용

가. 셀레늄

가축의 배 연골세포의 in vitro 배양 연구에서 셀레늄이 T-2 독신의 독성을 감소시키며, 아플라톡신B₁-DNA 결합을 억제하고, 셀레늄 첨가제와 셀레늄이 많이 함유된 효모 추출물이 아플라톡신에 의한 세포독성으로부터 가축의 난소세포를 보호하였으며, 셀레늄, 비타민E와 C가 T-2 독신과 디옥시니발레놀에 의한 세포손상을 방어하는 항산화제로서의 역할을 하며, 유리라디칼 제거 시스

템으로 작용한다.

나. 비타민

비타민A, C와 E가 오크라톡신과 제아랄레논에 노출된 가축의 신장과 간에서 DNA 부가물을 70%에서 90%까지 감소시키고, 비타민C는 간독소인 아플라톡신B₁으로부터 가축을 보호하고, 오크라톡신에 노출된 가축에서 비정상적인 염색체의 형성과 정자 두부의 변형을 감소시켰다. 비타민E와 A도 오크라톡신과 아플라톡신B₁에 노출되었을때 유사한 방어 작용을 나타내었다.

오크라톡신과 T-2 독신에 노출된 가축의 간에서 지방 과산화물이 형성되었으나, 비타민 보충에 의하여 곰팡이 독소에 의한 영향을 감소시킬 수 있었다. 그리고 비타민C와 A도 아플라톡신B₁-DNA 결합을 감소시키는데 효과적이었으며, 민물고기에 존재하는 비타민A₂ 화합물(3-dehydroretinol과 3-dehydroretinyl palmitate)이 DNA-아플라톡신B₁ 부가물이 형성되는 것을 억제하였고, 비타민E도 제아랄레논에 의한 유전독성을 예방할 수 있었다.

카로티노이드는 가축에서 아플라톡신B₁에 의해 발생하는 간 DNA 피해를 억제하였으며, 크산토피의 항돌연변이성이 확인되고 있다.

2. 항산화 성질을 갖는 사료나 식품 성분의 이용

가. 아스파탐

아스파탐(L-aspartyl-L-phenylalanine methyl ester)이 오크라톡신에 의해 나타나는 독성증상을

줄일 수 있다고 보고되고 있는데, 신장세포에서 단백질 합성, 지방 과산화의 억제와 특정효소(lactate dehydrogenase, gamma-glutamyl transferase와 alkaline phosphatase)의 누출과 같은 오크라톡신의 전형적인 세포독성 효과를 예방하거나 보호하고, 혈장 단백질과 결합하는 것을 막아 유전독성과 신독성을 예방하고, 독소의 효율적인 배출에 기여하였다.

나. 피페린

후추에 있는 주요한 알칼로이드 성분인 피페린(1-piperoylpiperidine)이 아플라톡신B₁의 발암효과에 대한 보호제로서 작용하는데, 배양된 세포에서 피페린이 아플라톡신B₁의 역작용을 상당히 감소시켜, 발암 전구체에 대한 화학적 예방효과를 나타내었다.

다. 쿠마린

두과작물인 잠두에 자연적으로 존재하는 식품성분인 쿠마린(1,2-benzopyrone)은 아플라톡신B₁에 대한 화학적 보호작용을 갖고 있으며, 간세포 연구에서 쿠마린은 아플라톡신B₁의 세포독성, 돌연변이성을 감소시켰으나, 구조적으로 유사한 비타민K 흡수에는 역작용이 있었다고 보고되었다.

라. 클로로필과 그 유도체

녹색식물 색소 클로로필의 유도체인 클로로필린은 아플라톡신B₁ 등과 같은 돌연변이원에 대한 화학적 보호성질이 있으며, 클로로필린이 아플라톡신B₁과 강한 비공유 복합물을 형성하여, 간에

서 아플라톡신_{B1}-DNA 부가물의 형성과 간종양을 감소시킨다고 보고되었다.

마. 사이클로 헵타딘

식욕촉진 성질을 갖는 세로토닌 길항제인 사이클로헵타딘은 사료내에 포함된 디옥시니발레놀에 의한 사료섭취저부 반응을 줄일 수 있었다.

3. 무기 흡착제의 이용

가. HSCAS

자연적인 제올라이트로부터 유도된 필로실리케이트(phyllsilicate)인 HSCAS는 가장 많이 연구된 흡착제이며, 아플라톡신_{B1}에 대하여 높은 친화도를 나타내며, 오크라톡신과 제아랄레논에 대한 결합능력이 낮고, 트리코테센에서 대한 흡착능력은 거의 없다.

나. 제올라이트

제올라이트는 아플라톡신_{B1}과 제아랄레논과 결합할 수 있으나, 제올라이트는 종류에 따라 흡착능력이 상당한 차이가 있고, 자연적인 제올라이트는 공극의 크기가 다양하나, 합성품은 공극 크기 분포가 거의 일정하게 구성되어 있다.

흡착능력은 곰팡이 독소분자와 일치하는 공극 크기라면 흡착능력이 클 수 있으나, 중간 크기의 공극이 없으면 아주 낮을 수 있다. 가축이 아플라톡신_{B1}에 노출되었을 때에 제올라이트, 클리놉틸로라이트(clinoptilolite)의 사용에 의하여 간에 축적되는 것을 감소시킬 수 있다.

다. 벤토나이트

벤토나이트는 조성과 흡착성질이 다양하고, 상호 교환할 수 있는 양이온(Na^+ , K^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2})에 의존하여 결합능력의 변이가 크다.

벤토나이트는 아플라톡신_{B1}나 T-2 독신과 결합하여 독성효과를 감소시킬 수 있으며, 벤토나이트 나트륨염과 합성 제올라이트의 혼합물(80:20 비율)이 양의 사료섭취량이나 영양소의 소화율을 감소시키지 않고 간에서 아플라톡신의 축적되는 것을 막을 수 있었는데, 이 결과는 벤토나이트의 독성 저감 효과가 위장관에서 사료의 소화시간을 감소시켜 분으로 독소를 많이 배출시키는 것에 의한다는 것을 나타낸다.

라. 점토

다른 점토광물인 카올린(kaolin), 세피올라이트(sepiolite)와 몬트모릴로나이트(montmorillonite)와 같은 점토는 아플라톡신_{B1}의 독성효과를 감소시키는 능력에 상당한 차이가 있으며, HSCAS와 벤토나이트보다는 결합능력이 낮다.

마. 활성탄

활성탄은 몇 가지 유기화합물의 열분해에 의해 얻어지며, 많은 공극구조를 갖도록 할 목적으로 활성화 과정에 의해 가공된 탄소성 물질이다.

활성탄의 흡착성질은 공급물질, 표면적과 공극 크기 분포와 같은 물리화학적 특성에 의존한다.

다른 공급원으로부터 다양한 시험용 활성탄의 흡착능력이 조사되었는데, 아플라톡신_{B1}과 오크라톡신에서 높은 결합능력을 나타내었으며, 디옥

시니발레놀에서 가장 낮았다. HSCAS와 비교하여 활성탄이 다양한 곰팡이 독소에 훨씬 높은 흡착능력을 보여주었는데, 젓소 시험에서 활성탄과 HSCAS의 결합능력이 비교되었을 때, 활성탄은 독소의 우유로의 전이를 50% 이상 감소시켰으나, HACAS는 36% 정도 감소시켰다.

바. 폴리비닐폴리피롤리디옥시니발레놀

PVPP(polyvinylpolypyrrolidoxynivalenole)는 합성수지인데, 0.4g/kg의 PVPP가 사료중의 아플라톡신과 50 μ g/kg 이상 결합할 수 있음을 보여주었다.

4. 유기 흡착제 이용

가. 글루코만난

무기흡착제의 결점을 극복하기 위하여 생물학적 방법의 사용에 관심이 집중되었고, 반추위 발효를 돕기 위하여 사용되어지는 *Saccharomyces cerevisiae*가 아플라톡신B₁에 노출된 가축에서 증체와 면역반응에 이로운 효과가 있으며, *Saccharomyces cerevisiae*와 아플라톡신과의 결합능력이 77% 이상이었으며, *Saccharomyces cerevisiae*의 세포벽으로부터 유도된 변형된 만난올리고사카라이드가 높은 결합능력(아플라톡신과 95%, 제아랄레논과 80%, 푸모니신과 59% 이상, 디옥시니발레놀과 12% 이상)을 갖는다고 보고되었다.

나. 소 혈청 알부민

소 혈청 알부민이 아플라톡신B₁의 독성 효과에

대한 보호제로 작용할 수 있으며, 아플라톡신B₁에 노출되었을 때의 조직학적, 생화학적 증상을 상당히 감소시켰고, 이 효과는 소 혈청 알부민이 장관에서 아플라톡신B₁과 결합하여 체외로 배설시키는 것에 기인한다.

다. 콜레스티라민

담즙산 결합 수지인 콜레스티라민은 오크라톡신에 의해 유도된 신장독성에 대한 보호제로서 작용하는데, 혈장내 오크라톡신의 농도를 감소시키고, 분으로의 배설을 증가시켜, 오크라톡신의 생체이용성과 장간순환에 의하여 유도된 신장독성을 감소시키는데 공헌하였다. 또한 콜레스티라민은 제아랄레논과도 결합하는 능력이 있으나, 높은 가격이 사용을 제한하는 요인이다.

5. 미생물에 의한 처리

발효에 의하여 곰팡이 독소를 변형시키기 위한 연구에서, 가축의 소화관의 하부에 존재하는 장내 정상세균총이 디옥시리바레놀과 제아랄레논을 분해할 수 있으며, *Flavobacterium aurantiacum*이 독성 물질의 생산 없이 액체배지와 식품으로부터 유의있게 아플라톡신을 제거하였다고 보고되었다. 그리고 젓산균이 액체배지로부터 아플라톡신B₁을 대략 80% 이상 제거할 수 있으며, 세균 혼합배양에 의한 제아랄레논 제거 시험에서 *Pseudomonas aeruginosa*가 *Penicillium*의 성장과 시트리닌의 생산을 억제할 수 있음이 보고되었다. ㉞