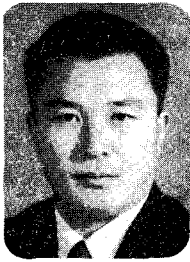




사료위생과 아프라톡신 (Aflatoxin)



윤 화 중
(건국대학교 축산대학교수)

놀라울 정도로 진전 되어 가는 과학의 발달 중에서도 특히 의학 및 약품 개발은 제일 뚜렷하여 항생제와 쉐파제가 인류와 가축에 공헌해 오고 있는 점은 이루 헤아릴 수 없을 정도로 지대하다. 질병을 야기 시키는 생물학적 원인 중에서도 제일 피해가 크고 병원인자의 주종을 이루는 것은 역시 세균 인바, 그러한 세균을 전멸 시킬 수 있는 항생제란 약품이 개발 이용 되어 세균성 질병을 근절 할 수 있는 기반이 마련 된 것은 참으로 다행스러운 일이라 할 수 있다. 이렇게 세균성 질병이 전멸 되어 감에 따라 우리의 두통거리로 등장하게 된 것이 암이오, 이러한 암을 유발 시킬 수 있는 원인으로는 여러가지를 들 수 있으나 그 중에서도 특히 각종 독소들을 빼놓을 수 없다. 생물체에 피해를 일으키는 독소는 여러 가지 종류가 있으나, 미생물들에 의하여 생성되는 경우가 대단히 많다. 과거에 제일 문제가 되었던 세균의 내외 독소는 세균성 질병이 줄어 들면서 큰 문제가 되지 않고 있으나

일반 항생제에는 별로 감수성이 없는 곰팡이가 생산하는 독소들이 최근 크게 문제시 되어 오고 있다. 여러 종류의 독소들을 생산 하여 생물체들에 많은 손상을 일으키고 있다. 그 중에서도 *Aspergillus Flavus* 라는 곰팡이가 생산 해 내는 Aflatoxin 이란 독소는 사료에서 뿐만 아니라 식품위생적인면에서도 큰 문제가 되어 오늘날 지대한 관심사로 되었다.

이십여년 동안 외국에서는 Aflatoxin 이 사료내에 내포 되어 가축에게 지대한 손상을 초래하게 됨을 감안 하여 그 함량을 제 한하여 법제화 하고 있으나 우리 나라에서는 오늘날 까지 Aflatoxin 의 내포로 인한 사료가 큰 문제로 제기 되지 않았던 점은 다행이라 아니 할 수 없다. 그러나 필자의 예상과 기대했던 바와는 달리 우리 나라에서도 사료내에 포함된 Aflatoxin 이 관련자들에게 인식 되어야겠다는 원고 청탁을 받고 좁은 지면을 통하여 제한 된 지식을 소개코져 하는 바 독자 여러분에게 도움이 되기를 고대 하는 바이다.

1. Aflatoxin의 내력

1960년 영국의 동남쪽에 있는 농장에서 수 개월내에 100,000 수 이상의 칠면조 뿐만 아니라 오리나 꿩과 같은 새끼들에게도 감염되어 많은 손해를 갖어 왔다. 그후 이와 유사한 질병은 “케냐”와 “우간다”와 같은 나라에서도 발생되었으며, 같은 원인 물질이 미국의 캐리포니아에서는 송어와 같은 물고기에서 간암을 일으킨다는 사실도 후에 알게 되었다.

2. 병인체의 발견

칠면조의 경우 이 질병이 발생되면 식욕이 감퇴되고 활기 없이 날개를 내려뜨리는 증상이 일반적으로 가끔에서 볼 수 있는 특징이다. 이러한 증상이 나타나면 일주일내에 폐사하게 되는데, 죽을 때에는 목을 꼬아 등 뒤로 틀고, 다리도 완전히 등 뒤로 돌려 후궁반장의 자세를 나타내는 것이 또한 특징이라 할 수 있다. 사후 병리해부소견으로는 간실질세포의 변성과 담즙관 상피세포의 증식이 광범위하게 나타났다. 이러한 증상의 질병에서 병원성 세균의 분리나, 동물검종 시험 등은 모두 허사였다. 그리하여 독성에 의한 것이라 생각하고 독소의 분리를 시도했으나 역시 실패했다.

다방면으로 병인체의 규명을 시도했으나 실패하자, 영국의 동남부지역에만 국한되고, 두개의 사료 공장에서 공급되는 농장에서만 본 질병이 발생되는 것을 알고 면밀히 조사하였다더니 브라질에서 도입한 땅콩사료에 독성 성분이 내포되었음을 알게 되었다. 그 땅콩사료에 관하여 집중적 연구를 수행한 바, 그 사료로 사육된 조류들은 특징적인 간의 병변이 발생됨을 알게 되었다. 그리하여 그 사료를 의심하고 연구한 결과 독소인 병인물을 추출해 내는데 성공하였다. 즉 의심되었던 땅콩은 40년 이상 묵은 것으로 일종의 곰팡이인

Aspergillus flavus 가 발육하여 생산된 Aflatoxin 이란 독소가 잔류되어 있었음이 밝혀지게 되었다.

3. Aflatoxin의 종류

1) Aflatoxin B₁, B₂, G₁ 및 G₂

Aflatoxin 은 곰팡이가 생산하는 독소로 색층 분석법에 의하여 증명되고 얻어 지는 바 청색형광물질인 Aflatoxin B와 녹색형광물질인 Aflatoxin G로 대별하며, 다시 Aflatoxin B는 색층의 상하에 의하여 위에 위치하는 것이 Aflatoxin B₁이며 아래에 위치하는 것이 Aflatoxin B₂이다. Aflatoxin G의 경우에도 같은 모형으로 위에 위치하는 것이 Aflatoxin G₁이고 아래에 위치하는 것이 Aflatoxin G₂이다. 이러한 독소 물질이 발견되자 같은 화학물질이 합성되는 등 최근 천연산물의 화학분야에서 각광을 받게 되었다.

2) Aflatoxin M₁과 M₂

Aflatoxin이 함유된 사료를 급여 하였을 경우에 우유의 젖이나 체조직에도 존재 한다는 사실이 발견되자 우유내 독소 함유가 큰 문제로 등장하게 되었다. 즉 우유 내의 독소를 “Milk toxin”이라 하고 청자색을 띠며 색층의 위치는 Aflatoxin보다 낮은 곳에 위치 하였으나, 오염된 땅콩에서 추출해낸 독소와 동일한 것을 알게 되었다. Aflatoxin B, B₁, G₁ 및 G₂를 혼합해서 면양에게 일회 투여한 결과 그 면양은 폐사 되었고, 미량이지만 그 독소가 젖에도 배설 되었으므로 이 독소를 Aflatoxin M (milk)라 칭하게 되고, 일반적인 응용면에서 이 독소는 대단히 중요시 되었다. 거듭 되는 연구 결과로 Aflatoxin M₁은 청색으로 색층의 위에 위치하고 Aflatoxin M₂는 아래쪽에 위치하며 자색이라는 사실을 알게

되었다.

3) Aflatoxin B_{2a} 와 G_{2a}

계속적인 연구에서 Aflatoxin B₂ 와 G₂ 의 유도체로 선택적인 화학반응을 나타내는 물질들로 Aflatoxin B_{2a} 와 G_{2a} 라는 독소가 분리되었다. 이 독소들은 제일 민감한 오리병아리에 대해서도 거의 무독 함이 입증 되었다. 즉 이러한 독소들은 Aflatoxin B₁ 의 60~100 배 양으로도 하등의 뚜렷한 성장 장애를 가져오지 않았으며, 특이한 병변도 나타내지 않았으나, Aflatoxin B₁ 의 독성을 더욱 강하게 도와주는 보조적인 역할을 한다는 사실이 확인 되었다.

4. Aflatoxin 의 각종 동물에 대한 독성

1) 급성적 독성

Aflatoxin 의 급성 및 만성 독성에 관해서는 랫트, 마우스, 모르모트와 같은 실험 동물과 개, 고양이, 토끼, 돼지, 면양, 양 및 소와 같은 가축 그리고 닭, 칠면조 및 오리와 같은 가금을 이용하여 많은 연구를 수행 하였다. 그 중에서도 오리 병아리는 감수성이 제일 높아서 Aflatoxin 검정용의 실험 동물로 이용 되었다. 가축이 Aflatoxin M 의 대사 연구를 위해서는 면양과 유우도 중요한 실험 동물로 이용 되었다. 가축이 Aflatoxin 으로 오염 된 사료로 사육 되었을 경우 가축 자체의 피해는 말할 것도 없고, 가식부분인 근육이나 장기, 그리고 유즙이나 제란등에 Aflatoxin 이 이행 될 위험성을 생각하지 않을 수 없다.

각종 동물에 나타나는 공통적인 장애는 간장의 병변이며, 연령, 성별, 및 영양 조건등에 따라 그 감수성이 다르고, 일반적으로 저 단백질 사료와 같이 영양 조건이 나쁜 경우에 폐사율이 더욱 높은 경향을 나타낸다. 유약한 동물들은 성숙 동물보다 감수성이 더 높았다. 그러나 임신 말기의 암퇘지는 오히려 감

수성이 높은 것으로 알려졌다. 간장에서의 병변은 조건에 따라 다르나, 기본적인 소견은 간피사와 담관 상피 세포의 과형성이었으며, 때로는 신장의 장애를 수반하는 경우도 있었다.

(1) 오리 병아리의 병변

Aflatoxin 의 실험 동물로 제일 많이 사용 되는 것은 하루 된 오리 병아리인데, 그 이유는 최초 영국에서 이 독소에 의한 오리의 피해가 컸기 때문에 착안된 것이다. 또 하나의 장점은 치사 독소의 양이 미량일 뿐만 아니라 간장의 특징적 변화가 나타나기 때문에 선택 된 것이다.

오리 병아리에서 이러한 병변을 일으키는데 필요한 Aflatoxin B₁ 의 최소량은 0.04mg/kg (약 2 μ g/1마리·체중 50g)이다. 한번 투여된 양으로 담관의 과형성이 최고에 달하게 되며, 투여 후 삼일이 지나게 되면 간실질세포의 재생에 의하여 병변은 없어지게 된다.

오리 병아리에 대한 급성치사 효과의 판정은 독소 투여 후 72시간 이내에 시작 되어서 6~7 일 까지 관찰을 요하게 된다.

(2) 소

사료중에 2 ppm 의 Aflatoxin 이 함유된 사료로 소를 사육하면서 매월 1 회씩 간장에 관한 생체조직 검사를 시행하여 4 개월 후에도 살 부검한 소견에서, 담관 세포의 증식, 및 소엽 중심부의 퇴행성 변화 등이 관찰 되었다. 11주 후에 도살 된 소의 간에서는 간소엽의 모양이 완전히 변화되고, 결합조직이 소엽 전체에 증가 되었으며, 많은 중심정맥이 부분적 또는 완전 섬유 조직으로 대체되어 기능을 발휘하지 못할 정도로 간실질 세포가 괴사 되어 있었다. 또한 작은 유사 담관이 분포 되었으며, 문정맥 주위의 간 실질세포가 분리 되어 이상 현상을 나타 냈다. 특히 주목 되는 점은 유우 및 유우에 다량의 Aflatoxin

을 투여 했을 때 독소가 그들의 생산물로 이행 된다는 점이 정밀한 시험 결과로 입증 되었다는 것이다.

(3) 돼 지

8 마리의 3 개월령 어린 돼지에 1 일 0.9mg의 Aflatoxin B₁을 투여 하면서 사육하다가 얼마 후 1 일 1.75mg씩 3 년간 투여 하고, 그 후 1 일 1.0mg씩 2 년간 사육하여 총계 5 년간의 사육 시험을 했다. 그 결과 3 년 반의 시험에서 간암 1 두가 발생하고, 4 년과 5 년의 돼지에서 코에 종양이 각각 1 두씩 발생 되었다.

(4) 원숭이

사람과 가장 유사한 원숭이에게 1 일 500 μ 씩 18 일간 투여하고, 그 후 부터 1 mg씩 연속 투여한 경우 32-34 일 후에 폐사하여 부검한 결과 지방간의 증상을 나타내고, 담관세포의 증식 및 간장의 문맥에 있는 섬유조직이 증식 되었음을 확인하게 되었다. 사료중에 5ppm 농도의 Aflatoxin을 첨가해서 사육했더니 간세포의 장애가 나타났으나, 1.8ppm을 투여한 군에서는 3 년 이상 생존 했다고 보고 되었다. 이 원숭이 중에서 한 마리는 간경 변증이 나타나고, 다른 한 마리에서는 간실질세포핵의 크기에 변화가 나타난 것을 관찰 할 수 있었다.

2) Aflatoxin의 발암성

각종 동물의 간장, 신장, 폐장, 악하선, 뇌, 임파결절, 피부, 뇌하수체, 부신피질, 유선, 고환 및 자궁등에서 Aflatoxin이 암을 발생 시킬 수 있다고 보고 되었다.

특히 랫트의 실험동물에서 암을 일으키는 Aflatoxin의 양은 0.015ppm (15 μ g/kg 사료)으로 1 일 평균 사료섭취량 10g에 0.15 μ g / 1 일이고, 큰놈의 경우 20g의 사료를 섭취한

다면 0.3 μ g / 1 일의 양으로 10 % 암을 발생시킨 점으로 미루워 보아 발암물질의 투여 량에 비해서 수천분의 1에 해당하는 극미량으로 암을 이끈다는 것이다.

최근의 연구 보고에 의하면 물에 Aflatoxin을 1 μ g/ml ~ 3 μ g/ml의 농도로 각기 투여한 결과 Aflatoxin B₁의 투여군에서는 20 주일 후에 약 90% 이상의 실험동물이 암의 발생을 일으켰으며, Aflatoxin G₁과 B₂를 투여한 실험군에서는 10 주일 후에 약 50%가 암이 발생 되었다. 간장의 암은 자궁 구별 없이 발생 되었으나, 신장의 종양은 숫놈에서만 발생 되었다. 그러나 Aflatoxin B₂는 20 μ / 1 일로 10 주일간(총독량 1 mg) 투여된 후에도 간장과 신장에서 전혀 종양의 발생을 발견 할 수 없었다.

Aflatoxin이 첨가된 사료로 2-3년의 장기간 사육된 동물에서 간암발생이 명확 하다는 결과를 얻게 되었다.

5. Aflatoxin의 대사

경구적으로 투여된 Aflatoxin은 육용가축의 가식부에는 Aflatoxin의 이행이나 잔유는 명확하지 않으나, Aflatoxin B₁ 투여량의 2~3% 정도가 Aflatoxin M₁으로 전환되고, 0.3% 정도가 우유내에 직접 이행된다는 사실은 주목 되는 바이며, 실제적으로 위생상 중요시 되는 요점이라 할 수 있다.

Aflatoxin B₁을 쥐의 복강내에 1 회 투여 하여 24 시간 후에 관찰 해 본 결과 호기가스로 20~33%, 오줌에 26-14%, 분변에 약 14~34%로 합계 68~73%가 체외로 배출되는 물질중에 함유되어 있음이 입증되었으며, 위장과 그 내용물에 12~15%, 간장에 6~9%, 그리고 신장에 0.2-0.4%가 잔유된다는 사실을 알게 되었다.

6. 사료의 Aflatoxin오염 문제와 Aflatoxin의 파괴

자연조건하의 오염이 인위적으로 방지 한다는 것은 쉬운 일이 아니다. 가능하다면, 농산물의 수확 직후 건조하여 창고에 저장 할 때, 습도와 온도 조절에 유의 함으로써 곰팡이 발육증식의 방지와 그에 따른 Aflatoxin 생산오염을 피할 수 있을 것이다. 곰팡이가 이러한 독소를 생산 하는데는 25-28°C의 온도에 20~25%이상의 수분과 85%이상의 상대습도가 갖추어져야 좋은 조건이라 할 수 있다. 그럼으로 10°C이하의 온도와 80%이하의 상대습도 그리고 15%이하의 수분함량만 유지 할 수 있다면 Aflatoxin의 생산오염은 거의 방지 될수 있을 것이다. 그러나 현실적으로 대량의 농산물 및 사료의 저장에 있어서 위와 같은 조건을 만족스럽게 보장 할 수 있는 시설을 갖추어 놓는다는 것은 매우 어려운 문제라고 생각 되며, 특히 우리나라와 같이 외국으로 부터 대부분의 사료를 도입하는 경우에는 또한 그 운반과정의 위생시설이 큰 문제로 등장하게 되는 것이다.

사료용으로 농산물이 적당한가의 여부를 판단 할 경우에는 등급제가 많이 이용되지만, 물량이 대규모일때는 육안적으로 보아, 미생물의 오염이 인정 되는 것, 미숙한 것, 파손된 것, 변색된 것, 및 넓은 의미로 상한 것 등이 혼합되어 있으면 사료용 농산물로 부적합하며 저등급에 속하게 된다. 즉 등급이하의 사료에서는 곰팡이 독소가 많이 발견 되고, 상 등품의 사료에서는 독소오염이 나타나지 않았다.

가장 좋은 물리적 방법은 곰팡이가 오염된 부분을 제거하는 것이나, 전체적으로 혼합 되었을 경우에는 불가능 하다. 제2의 물리적 방법은 가열로 280°C 이상으로 볶는 것인데 그다지 바람직하지 못하며, 볶을 경우 30분이면 80% 가까이 독소가 감소되고, 오토 크레이브로 가열할 때 독소는 2시간에 약 1/3

4 시간에는 약 1/10로 감소되어 별로 좋은 효과를 거두지 못했다.

화학약품의 파괴로는 암모니아, 메치라민, 가성소다, 과산화수소, 염소가스 및 여러산화제가 시험 되었으나 습식가열처리가 병용 되었으므로 대량의 사료를 처리하는데는 곤란한 것으로 되어 있다.

자외선과 γ 선의 조사도 큰 효과를 거두지 못 하는 것으로 되어 있어서, 결국 Aflatoxin을 파괴 할 수 있는 좋은 방법은 없으므로, Aflatoxin의 생산오염이 되지 않는 조건에서 사료용 농산물이 보관되는 것 만이 Aflatoxin의 위험으로부터 가축의 건강을 보호유지되고, 나가서 사람의 식품이 안전하게 섭취 될 것이다.

7. 유의점

기후조건, 사료의 관리 및 외국으로부터도 입되는 사료의 운반과정등의 여러가지 조건들이 우리나라에서는 곰팡이의 발생과 Aflatoxin의 생산에 좋은 조건이 구비 되어 있는 실정이다. 특히 부업 또는 소규모의 양축가 들이 한번 개방된 사료포를 수일간 이용하는 경우 고온다습한 여름철에는 곰팡이의 증식을 피치 못하게 되고, 독소가 생산되어 급여된 가축에 큰 피해를 입히게 된다.

또한 수입되는 사료의 경우에도 출하지 운반과정, 하선지 및 보관에 이르는 전 과정이 위생적으로 완벽히 이루어져야 이러한 피해를 예방 할 것이다.

이제 우리 모든 관계자들은 주위에서 무수히 발육증식 되어 가는 곰팡이와 Aflatoxin의 생산에 제일 적합한 고온다습의 하절기를 맞이 하여, 본 질병과 병 인체에 관하여 새로운 인식과 각성이 이루어 짐으로서 철저한 예방책을 강구하여 축산업의 발전에 기여토록 다 같이 노력 할 것을 기대하며 당부하는 바이다.