곰팡이 독소

곰팡이는 필라멘트성(실모양)의 조사료와 곡류사료를 포함하여 사료에서 일반적으로 발생하며, 진균증이라고 하는 질병을 유발한다. 진균증은 가축이 스트레스 상황이거나 면역이 저하될 때 발병하기 쉽고, 폐, 유선, 자궁, 장 등 다양한 곳에서 발생할 수 있으며, 장에서는 장출혈을 유발한다. 사료 내 곰팡이는 독소를 생성하고 오염 된 사료를 섭취함으로써 가축에게 독소중독을 유발한다. 곰팡이의 포자는 토양과 식물 내에 존재하며 언제든지 자랄 수 있기 때문에 곰팡이 독소는 사료의 수확, 저장, 가공 시 환경에 따라 발생될 수 있다. 곰팡이와 독소의 발생은 사료의 상태, 수분함량, 병충해, 저장상태, 사육환경 등 극한의 기후조건에서 발생된다. 곰팡이와 독소 감염은 생산성을 저하시키고, 가축의 질병 및 폐사를 유발한다. 사료 농작물의 관리를 통해 일부 곰팡이와 독소의 발생 및 농도를 줄일 수는 있는데, 곰팡이에 강한 품종 선택, 수확 및 보관 환경 개선, 첨가제 사용, 빠른 운송 및 급여로 발생을 감소 할 수는 있지만 발생된 곰팡이와 독소를 제거하지는 못한다. 유엔 식량 농업 기구(FAO)에 따르면 전 세계 약 25%의 농작물이 곰팡이 독소에 감염되어 있다고 추정하고 있고, 반추가축이 단위동물에 비해 저항력이 뛰어나긴 하지만 반추동물이 곰팡이 독소가 많은 조사료, 부산물 및 습사료를 주로 소비하기 때문에 건조가공 된 곡물사료를 섭취하는 동물(단위동물)에 비해 더 많이 노출되어 있다.

이 외에도 많은 곰팡이 독소가 존재하며, 직접적으로 영향을 주거나 다른 독소와 상호작용하여 영향을 주기도 한다. 여러 가지 복합된 독소에 노출된 가축은 어떤 독소에 의한 영향인지 판단 할 수 없다. 독소 함량이 높을 때는 급성 독성 중독을 일으키고, 낮은 수준에서 지속적인 섭취 또한 만성적 영향을 줄 수 있다.

독소에 의한 증상은 사료 섭취 및 영양소 이용성 감소, 반추위 이상발효, 면역 저하, 번식 장애, 염증 반응, 세포사멸 등이 발생됨으로써 가축의 생산성을 저하시킨다. 독소에 의한 증상은 특이하지 않은 경우가 많으며, 독소 검출이 용이하지 않아 면역 저하 혹은 다른 원인에 의한 증상 여부를 판단하기 쉽지 않다. 독소의 분석이 어려운 이유는 곰팡이 생육이 일정하지 않아 사료 내 균등하게 분포되지 않기 때문에 샘플의 정확도를 판단하기 어렵다. 또한 분석기술이 개선되고 있지만, 다양한 곰팡이 독소에 비해 한정된 분석 항목과 느린 분석 시간과 비싼 비용이 해결되어야 할 문제이다. 사양관리를 통해 독소에 의한 감염을 줄일 수 있는데 단백질, 에너지, 섬유소, 항산화 및 완충제를 충분히 공급하고, 영양소 변동을 최소화하여 제공하는 것이 좋다. 톡신 바인더는 독소를 부분적으로 감소하는데 효과적이지만, 완전히 제거하는 데는 한계가 있다.

1) 곰팡이 성장과 독소 형성

많은 종류의 곰팡이가 독소를 생산하며, 사료의 수확, 보관, 운반, 가공 및 급여 시 발생될 수 있다. 이러한 곰팡이 독소의 발생은 극한의 날씨, 병충해, 부적절한 저장관리, 잘못된 사양 환경 등 과 연관이 있다. 일반적으로 환경적 요인에(열, 물 및 곤충 피해) 따라 사료(식물) 스트레스를 유발하고 곰팡이 독소에 감염되기 쉽게 된다. 최근 컴퓨터를 통한 예측모델은 온도, 강우량 및 곤충을 기반으로 곰팡이 독소의 농도를 예측 할 수 있다(Dowd, 2004). 사료(곡류 및 조사료)는 수확 전 오염될 수 있고, 추가적인 증식 및 독소의 발생은 저장관리에 따라 달라진다. 곰팡이는 10°～40°C, pH 4～8, 0.7 aw (평형상대습도) 이상에서 자란다. 곰팡이는 12～15% 이상 함유된 사료에서 자라고 사일리지 같은 높은 수분함량의 사료에서는 산소를 이용할 수 있어야 곰팡이가 자랄 수 있다. 대부분의 곰팡이가 호기성이기 때문에 높은 수분 농도에서는 공기를 차단하면 곰팡이 발생을 막을 수 있다.

곰팡이의 증식이 곰팡이 독소와 반드시 일치하는 것은 아니다. 가령 Fusarium 곰팡이는 25° ～ 30°C 온도에서 빠르게 증식하지만 독소를 생성하진 않는데, 냉동에 가까운 온도에서는 독소는 대량 생성되지만 곰팡이는 증식하지 않는다(Jofe, 1986).

항곰팡이제 사용으로 곰팡이의 성장을 감소시킬 순 있지만 이것이 곰팡이 독소를 감소시킨다고 할 순 없다. (Boyacioglu, 1992; Gareis and Ceynowa, 1994; Simpson ,, 2001) 즉 곰팡이의 발생, 성장 환경과 독소 발생의 환경이 다르기 때문이다.

아스파라질러스종은 낮은 수분활력도와 높은온도에서 잘 자라고, 옥수수 내 곰팡이와 아플라톡신은 따뜻한 날씨에 열, 건조 상태에서 발생되고, 수확 전후 병충해에 의해 증가한다. 페니실리움종은 온도와 습도의 최적 값은 다르지만 수확 후 상태, 서늘한 기후, 습한 환경 및 내산성의 낮은 pH에서 더 잘 자란고, 주로 사일리지에서 발생된다.

후사리움종은 수확 전 발생도 되지만 주로 수확 후 지속적으로 증식하는 곰팡이 이다. 푸사리움 곰팡이는 옥수수에서는 병충해와 관련하여 증식하며, 밀에서는 꽃 피는 시기와 수분과 관련하여 증식한다. 일반적으로 곰팡이와 독소는 장마 후 환절기 건조 시기에 발생된다. (CAST, 2003)

전 세계적으로, 작물의 약 25%는 곰팡이 독소에 감염되고(CAST, 1989), 수십억 달러의 경제적 손실을 유발한다. 미국 내에서 매년 곰팡이 독소에 의한 소실은 1억 4천만 달러에 이른다(CAST, 2003). 표 1은 노스캐롤라이나 농부들이 9년에 걸쳐 제출한 사료 표본에 대한 곰팡이 독소 분석 결과와 옥수수 사일리지와 옥수수 곡물을 포함한 사료 내 곰팡이 독소가 부적합 농도에서 발생한단는 것을 나타낸다 (Whitlow, 1998).

표 1. 노스캐롤라이나의 옥수수 및 사일리지 내 곰팡이 독소(5개) 분석결과 (9년간)

곰팡이 독소	시료명	샘플수	초과비율, %	평균	표준편차
Aflatoxin, >10 ppb	옥수수 사일리지	461	8	28	19
	옥수수	231	9	170	606
	전체사료	1617	7	91	320
Deoxynivalenol, >50 ppb	옥수수 사일리지	778	66	1991	2878
	옥수수	362	70	1504	2550
	전체사료	2472	58	1739	10880
Zearalenone, >70 ppb	옥수수 사일리지	487	30	525	799
	옥수수	219	11	206	175
	전체사료	1769	18	445	669
T-2 toxin, >50 ppb	옥수수 사일리지	717	7	569	830
	옥수수	353	6	569	690
	전체사료	2243	7	482	898
Fumonisin, >1 ppm	옥수수 사일리지	63	37	–	–
	옥수수	37	60	–	–
	전체사료	283	28	–	–

곰팡이 독소 발생과 농도는 매년 달라지는데, 이는 기후 조건에 따른 식물 스트레스의 상황에 의한 것으로 판단된다. (Coulombe, 1993) 곰팡이 독소는 사료에서 자주 발생하며 높은 농도의 독소는 동물의 건강과 생산성에 큰 손실을 야기한다. 또한 낮은 농도의 독소에서도 스트레스 요인이 같이 발생되면 성장저하, 질병발생, 번식능력 저하를 유발한다. 이러한 낮은 곰팡이 독소로 인한 경제적 손실이 훨씬 크고, 낮은 농도의 독소 감염은 진단이 힘들어 독소의 제한적 함량을 아는 것이 중요하다.

2) 곰팡이 독소의 영향

곰팡이가 핀 곡물과 음식을 먹으면 해로운 결과를 초래하는 것은 오래 전 부터 알려져 왔지만(Matossian, 1989), 곰팡이 독소에 대한 연구는 실제 1960년 영국에서 터키-X 질병이 발생하면서 시작되었다. 이 질병은 브라질에서 수입된 땅콩과 관련이 있다(Sargant, 1961). 이 질병의 연구로 청색 형광 독소가 발견되고 A. flavus 균사체가 관찰되었다. A. flavus는 오염된 땅콩에서 발견된 것과 동일한 독성 물질을 생산하는 것으로 나타났고, 아플라톡신이라는 이름이 붙여졌다. 아플라톡신은 동물에게 매우 유독

한 발암성 물질로 젖소의 우유에서 독성 대사물을 발생시켰다(Allcroft and Carnaghan, 1962; 1963). 아플라톡신의 발견은 곰팡이와 독소에 대한 가축 건강과 생산성에 대한 연구와 발견으로 이어졌다. 반추위는 곰팡이 독소로 부터 소를 보호하는 데 도움은 되지만, 낮은 수준의 곰팡이 독소를 장기간 노출되면 질병발생 증가, 번식 저하, 유생산 저하 등 만성적인 문제의 원인이 될 수도 있다.

곰팡이 독소에 의한 주요 증상.

1. 섭취량 감소 및 거부
2. 영양 흡수 감소 및 대사장애
3. 변경된 내외분비 시스템
4. 면역기능 장애
5. 미생물 성장의 변화

곰팡이 독소가 동물에 미치는 영향을 판단하기 어려운 것은 진단이 어렵기 때문이다. 나타나는 증상과 진행이 다양하기 때문에 독소에 의한 진단이 힘들다. 다수의 곰팡이, 불규칙적인 독소발생, 다른 질병이나 요인 등과의 혼용이 발생되기 때문에 정확한 진단을 위해 원인 규명과 진단과정이 필요하다.

1. 곰팡이 독소는 생산성 및 질병발생 증가 시킨다.
2. 반추 또는 다른 축종의 문헌적 증상이 나타난다.
3. 특정 부위 뿐 아니라 가능한 모든 부위에 발생된다.
4. 사후 부검에서 장염, 부종, 전신 조직염 등의 소견이 있다.
5. 곰팡이 독소의 면역억제로 질병이나 비정형 질환 발생이 증가 한다.
6. 톡신바인더(흡착제) 첨가되거나 오염된 원료의 분석을 통해 확인한다.
7. 정확한 시료채취가 요구 된다. (다양하고 균일하게)

독소에 의한 증상은 일정하지 않고 광범위 할 수 있어 복잡한 임상 결과로 진단이 어렵거나 불가능하게 된다. 면역체계의 감소로 비유초기 젖소와 같은 스트레스를 많이 받는 소들이 가장 큰 영향을 받는다.
비유초기 독소에 의한 증상은 생산성 감소, 사료 섭취량 감소, 설사 및 혈변, 사료 섭취량 감소, 무모증, 거친 모발, 불규칙한 발정 주기, 사산, 수태율 및 분만율 감소 등이 있다. 대체적으로 전위, 케토시스, 후산증체, 유방염, 지방간과 같은 질병이 증가 할 수 있다. 독소에 의한 감염은 수의학적 치료가 잘 이루어지지 않는다.

3) 곰팡이 독소 종류

Aflatoxin

아플라톡신은 Aspergillus flavus 및 A. parasiticus. 만들어낸 극독성, 돌연변이 유발성, 발암성 화합물이다. 아플라톡신 B1은 아플라톡신 M1의 형태로 우유에 배출된다. 미국 FDA는 아플라톡신을 사료 내 20ppb 이하, 우유 내 0.5ppb로 제한하고 있다. 일반적으로 사료 내 아플라톡신 함량의 1.7%(0.8~2.0%)가 우유 내 농도로 나타난다. 30ppb의 아플라톡신이 사료는 FDA 조치 수준인 0.5ppb 이상 아플라톡신 우유를 생산할 수 있다. 아플라톡신은 우유 내 빠르게 나타나고 3~4일 내 독소가 없는 경우 정상으로 돌아간다 (Diaz, 2004 and Frobish, 1986). 급성 아플라톡신 증상은 식욕저하, 무기력증, 보행장애, 거친 모발, 지방간 등 이다. 만성적 증상은 사료효율과 유생산 감소, 황달 및 식욕 저하가 나타난다. 아플라톡신은 질병에 대한 저항성을 낮추고 백신에 의한 면역력을 방해한다(Dikman and Green, 1992).

표 2. 아플라톡신에 대한 미FDA 제한수준

항목	사료 및 원료	Aflatoxin Level
비육 후기 소	옥수수 및 땅콩 제품	300 ppb
비육소, 양돈 또는 양계	전지면실	300 ppb
100 lb 이상 후기 돼지	옥수수 및 땅콩 제품	200 ppb
번식 소, 번식돈, 성숙한 가금류	옥수수 및 땅콩 제품	100 ppb
미성숙한 동물들	사료 및 원료, 면실을 포함한	20 ppb
낙농, 그 외 동물들	사료 및 원료	20 ppb

Deoxynivalenol (DON) or Vomitoxin

디옥시니발레놀은 퓨사리움에서 생산되는 곰팡이 독소로 사료에서 흔히 검출된다. 이것은 돼지에 구토를 유발(vomiting in swine)한다고 해서 보미톡신이라 불린다. 증상은 사료거부, 설사, 구토, 번식장애와 폐사와 같은 증상을 유발하는 것으로 알려져 있다. DON이 젖소에 정확히 어떤 문제를 일으키는지 알려지지 않았지만 성적을 저하시킨다. 주로 DON (2.5ppm)에 오염된 사료를 섭취한 착유우는 톡신바인더에 긍정적 반응을 보이고, 생산성 저하를 일으킨다는 것을 보였다(Diaz 2001, 2001). DON은 반추위 발효의 변화(Seeling ,, 2006)와 십이지장 내 단백질 이용성 감소를 유발한다(Danicke don, 2005). 육우와 양은 최대 21ppm의 DON 농도의 사료에서는 문제가 없었지만(Di Costanzo 1995, 1995), 배양된 순수 DON은 자연적으로 발생된 DON만큼 독성이 높지 않기 때문에 낮은 농도에서도 더 심한 증상을 일으킬 수 있다. 또한 다른 곰팡이 독소와의 상호작용이 일어난다 더 심한 증상을 유발할 수 있다. 예를들면, 푸사르산과 DON이 함께 감염되면 구토를 일으키는 것으로 알려져 있다.

표 3. DON(vomitoxin)의 제한 수준 (Henry, 2006).

항목	사료 성분 및 비율	DON Levels (Finished Feed)
4개월 이상 된 육우 및 비육우	오염된 원료가 50%를 초과하지 않아야 함	10 ppm (5 ppm)
닭	오염된 원료가 50%를 초과하지 않아야 함	10 ppm (5 ppm)
돼지	오염된 원료가 20%를 초과하지 않아야 함	5 ppm (1 ppm)
기타	오염된 원료가 40%를 초과하지 않아야 함	5 ppm (2 ppm)

T-2 Toxin (T-2)

T-2 독소는 매우 강력한 Fusarium 생성 곰팡이 독소이며 사료 내(<10%) 낮은 비율로 발생한다. T-2의 영향은 소에서는 위장염, 장출혈을 유발하는데 뚜렷한 증상 규명이 되어있지 않다.
T-2에 감염된 소에서 혈변, 사료섭취 감소, 유생산 감소, 무발정이 관찰됐고, 송아지에서는 혈청 면역 글로불린과 단백질이 낮아지고(Mann 1983, 1983), 백혈구 및 중성구 수치 감소를 보인다. T-2 면역 감소의 주요 근거는 단백질 합성의 감소라 판단하고, 100ppb 이상의 농도는 사용하지 않는 것이 좋다. T-2 독소에 대한 FDA는 사료 내 적정 수준은 아직까지는 확립되지 않았다.

Zearalenone (ZEA)

ZEA은 에스트로겐과 유사한 화학적 구조를 가지고 있어 에스트로겐 반응을 일으킬 수 있는 퓨사리움제 곰팡이 독소이다. ZEA은 옥수수의 잎와 줄기 썩음과 밀의 껍질병과 관련이 있다. 500mg 이상 ZEA의 농도로 비착유우에 적용했을 때 난소 황체가 더 작은 것을 제외하고 뚜렷한 증상은 나타나지 않았고(Weaver, 1986b), 미경산우에서는 임신률이 약 25% 낮았다(Weaver 등, 1986a). 몇 몇의 연구에서 낙태를 포함한 질염, 질 분비물, 생식 능력 저하, 처녀우의 유선 확대 등 에스트로겐 반응과 관련이 있다고 알려져 있다. 약 660ppb ZEA와 440ppb DON을 함유한 사료는 섭취저하, 유생산 저하, 설사, 생식기 감염 증가 및 전반적인 번식 실패 초래했다. 또한 출산율이 낮은 착유군에서 혈중 제랄레논 수치가 높고, 발정징후가 없는 개체가 높았다. 약 400ppb의 ZEA 농도에서 번식문제가 발생 될 수 있다. FDA는 사

료 내 제랄레논에 관한 지침은 명확히 정립되지 않았고 사례별로 규정하고 있다(Henry, 2006).

후모니신(FB)

F. verticillioids 에서 발생되는 Fumonisin B1 독소는 1988년에 처음 발견되었다. 말에는 백혈병, 돼지는 폐부종, 쥐는 간독성을 일으킨다. 쥐에서 발암성이며, 인간의 식도암 유발물질로 알려져 있다(Rheeder ed, 1992). 돼지 보단 훨씬 덜 위협적이지만 양, 염소, 육우, 젖소에게 독성을 나타낸다. 높은 농도의 섭취 시 간병변이 발생되거나 간 손상의 징후가 나타난다. 젖소(Holsteins 및 Jerseys)는 낮은 유생산량과 사료섭취량 감소가 나타난다. 젖소가 육우보다 더 민감하며, 다행이 후모니신은 우유로 전이되지는 않는다.

표 4. 동물의 후모이신 적정 농도 (Henry, 2006).

항목	사료 및 원료 내 함량	원료 내 함량	사료 내 함량
말과 토끼	사료 원료가 20% 초과하면 안됨	5 ppm	1 ppm
돼지와 메기	사료 원료가 50% 초과하면 안됨	20 ppm	10 ppm
번식우 / 산란계	사료 원료가 50% 초과하면 안됨	30 ppm	15 ppm
육우 3개월령 내	사료 원료가 50% 초과하면 안됨	60 ppm	30 ppm
육계	사료 원료가 50% 초과하면 안됨	100 ppm	50 ppm
기타 모든 가축	사료 원료가 50% 초과하면 안됨	10 ppm	5 ppm

Ochratoxin A

오크라톡신 A(Ochratoxin A, OTA)은 페니실륨과 아스페르길루스 종에 의해 생성되며, 곰팡이 독소 돼지신증(Mycotoxin porcine nephrophysy)으로 일컬어지는 돼지의 신장 질환의 원인체다. 주요 작용은 단백질 합성의 억제이다(Crepy, 1984).
오클라톡신은 반추위에서 급격히 감소되므로 어린(반추위 형성 전) 송아지에게 급여하지 한 별로 문제되지 않는다(Sreemannarayana 등, 1988). 곡류사료에서는 오크라톡신이 비교적 낮고 반추위에서 분해될 수 있어 자체적으론 문제의 소지가 적으나, 이 독소가 있는 경우 다른 독소가 있을 수 있다(Hohler, ,, 1999).

5) 예방과 처리

일단 곰팡이 독소의 문제는 완전히 해결할 수 있는 방법은 없기 때문에 독소 형성의 예방이 필수적입니다. 가뭄과 곤충의 피해는 곰팡이 생장과 독소 형성을 부추기는 데 중요하고 이에 맞는 품종을 선택해야 곰팡이와 독소에 대한 피해가 적다.
곰팡이 독소는 수확이 늦어지고 비와 서늘한 계절에서 증가한다. 오염되거나 손상된 작물은 독소 수치를 증가시키고, 건조 된 상태를 유지관리하여 피해를 방지해야 한다. 작물은 15% 이하 수분 관리가 필요하다. 수분 15% 이하에서는 곰팡이가 거의 자라지 않지만, 14% 이하 수준으로 유지하고, 13% 수준일 때는 작물의 불균일한 수분 농도를 상호 보상하여 발생을 최소하 하는 데 도움이 된다. 고온은 작물 내 수분(물 활동)을 증가시켜 저장 시 곰팡이가 자라는 주요 원인 중 하나이고, 수분 이동, 응축 또는 누출을 방지하기 위한 충분한 저장 공간이 있어야 하며, 통기되고 시원하게 보관되어야 한다. 유기산(프로피오네이트)은 적절한 저장을 위해 수분이 너무 많은 사료에 보존제로 사용될 수 있다.
높은 습도에서 수확되는 목건초는 12~14%의 수분 함량으로 균형화되는 경향은 있지만 수분 감소률은 수확 시 수분, 공기 이동, 습도, 대기 온도, 베일 밀도, 저장시설 등에 따라 달라진다. 목건초 내 곰팡이와 다른 미생물이 자라면서 열을 만들어 열화를 일으킨다. 건초 내 자연 열화가 화재를 일으킬 수 있기 때문에 주의 해야 한다. 사일리지 내 곰팡이 독소 예방에는 주로 pH를 빠르게 낮추고 산소를 제거함으로써 자연 발화를 방지하는 것을 목표로 하는 사일리지 제조 관행이 필요하다.

사일리지 제조 시 유의사항

- **적정 수분함량에서 수확**
- **균일한 절단**
- **빠르게 저장/보관**
- **산소의 유입을 차단**

- **발효 보조제의 사용 (미생물)**
- **안정/안전 보관 및 저장**

사일리지 내 공기가 침투하면 호기성 미생물의 성장, pH 증가, 곰팡이 생장이 가능하다. 페니실륨 곰팡이는 내산성이므로 공기가 존재할 경우 성장할 수 있다. 암모니아, 프로피온산, 소르빈산, 미생물 또는 효소 사일리지 첨가제는 부분적으로 곰팡이의 성장을 억제하는 효과가 있다.
사일리지와 마찬가지로 고수분 건초나 부산물 사료는 적절한 수분 함량으로 보관하여 공기를 배제하고 잘 관리되어야 한다.
습식 원료는 개봉 후 최대한 단시일 내에 소비 될 수 있도록 적정한 중량으로 관리해야 한다. 이 경우에도 적정한 유기산을 이용하여 보관 수명을 연장할 수 있고, 외부적으로 상한 것 또는 곰팡이가 핀 사료는 버려야 한다. 상하거나 곰팡이에 오염된 사료는 사료 섭취량 및 섬유소 소화율이 감소화고 이에 따른 생산성 저하를 초래한다. 일정 부분의 독소는 희석하거나 제거하는 것이 유리하지만 완전히 제거하기는 불가능하므로 톡신 관리를 위한 화학적, 독소의 효과를 감소하기 위해 영양적 관리로 단백질, 에너지, 항산화제와 같은 영양소 수준을 높이는 것이 유리하다. 가금류에서는 수용성 비타민이나 특정 미네랄에서도 효과가 있지만 반추가축에서의 데이터는 미비한 편이다. 소에서는 적절한 섬유소와 완충제의 급여를 권장하고 사료 섭취를 올릴 수 있는 관리가 필요하다. 건유우와 송아지는 최대한 좋은 사료를 공급해야 되며 전환기 젖소의 독소 감소는 착유 시 생산성을 증가 시킬 수 있는 방안이다.
곰팡이 억제제를 전략적으로 사용하는 것이 유리하다. (장마 / 환절기 등)

톡신 바인더 Mycotoxin Binders

톡신바인더는 곰팡이 독소의 영향을 줄이기 위한 가장 유일한 방법으로 여겨져 왔다 (Galvano ,, 2001). 이것은 바인더가 독소와 결합하여 소화관을 통해 흡수되지 않도록 방지하고 배출한다는 것이다. 따라서, 이러한 방법은 치료보다는 예방으로 간주된다. 톡신바인더는 활성 탄소, 알루미늄 규산염(클레이, 벤토나이트, 몬모릴로나이트, 제올라이트, 필로실산염 등), 복합 불소화 탄수화물(효모의 세포벽에 있는 셀룰로스, 다당류와 글루코만난, 펩티도글리칸 등의 박테리아), 콜레스테롤, 폴리아민과 같은 합성 고분자가 사용된다. 곰팡이 독소 바인더 연구는 20년이 넘었지만, 아직 제품의 허가를 받진 못했고, 생산자 정보가 제한적 일 수 있다. 또한 실험실 내 평가에서 표준화 된 제품이 현장 상황에 따라 달라질 수 있다. (Bailey et al. 1998).