

섬유 제품에 사용되는 항균제

우리 주변에는 보이지 않는 전쟁이 매 순간 계속되고 있다. 파괴를 맡고 있는 것은 박테리아, 곰팡이, 균류, 바이러스 등의 미생물이다. 이들 미생물은 섬유 제품에서 악취가 나게 하고, 오염시키고, 변색시키고, 끈적하게 만들고, 지저분하게 만들어 사용 시한을 줄인다. 그 중 몇몇의 위험한 미생물들은 섬유 제품에 번식하여 사람이 그 섬유 제품을 만졌을 때 인체에 침투하여 심각한 감염을 일으키기도 한다.

이 전쟁의 반대 쪽은 항균제이다. 항균제는 마이크로 크기의 적과 싸워 소재의 외관을 보호하고, 불쾌한 냄새가 나지 않도록 하며, 소재간 교차 오염을 막는다. 항균제는 섬유 제품에 일상적으로 사용되지만 몇몇 유명 상표를 제외하고는 제품 설명에 제시되고 있지 않다. 행택 등의 방법으로 소비자의 관심을 끌기 시작한 것은 최근의 현상이다. 항균제의 존재가 알려지건 아니건, 항균제는 우리 곁에서 본연의 임무를 수행하고 있다. 미생물은 매우 다양하고 이에 따른 서로 다른 문제를 일으키기 때문에, 항균제는 다양한 최종 제품에 맞게 만들어지고 있으며, 각각에 맞는 항균 기술이 강점과 한계를 동시에 가지고 있다.

1. 항균제의 선택에 영향을 주는 요인

최근 섬유 제품용 항균제 시장의 괄목할만한 성장은 섬유에 대한 종합 기능성 향상 요구에 의한 것이다. 그러나 이러한 기능성을 얻는 일은 간단하지 않다. 최종 제품에 맞는 특정 요구 사항을 만족시킬 수 있는 항균제를 선택해야 한다.

(1) 사용량

섬유 제품에 사용하는 항균제를 결정할 때는 미생물을 죽이는 것인지, 아니면 미생물을 일정 레벨 이하로 유지하는 것인지를 결정해야 한다. 소취성을 부여하기 위해 항균제를 사용할 때는 필요한 양보다 과량을 사용하는 것을 불필요하다. 또한 항균제를 비교할 때 사용량을 함께 확인하는 것이 필요하다. 항균제의 종류에 따라서는 성능 발현을 위해 필요한 양이 다른 항균제보다 상당히 많을 수도 있다.

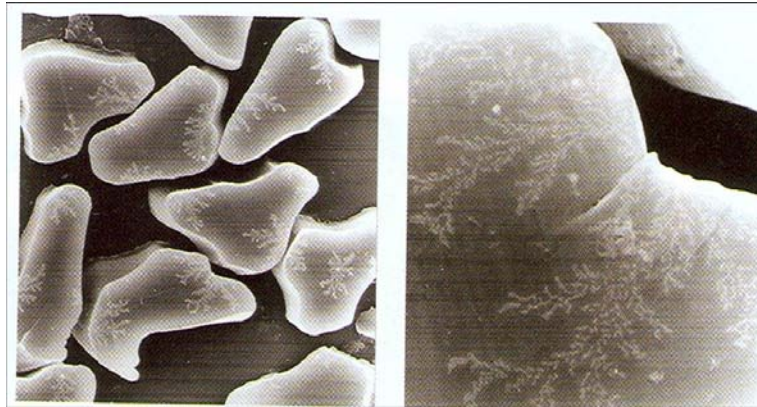
<표 1> 항균제의 활용

최종 제품	활용 예
의료용	밴드, 드레싱, 상처 치료, 탈장용 소재
군용	티셔츠, 속옷, 양말
의복용	일상복, 운동복, 양말, 셔츠, 신발
산업용	유니폼/작업복, 소취 또는 교차 감염 방지
헬스 케어용	병원내 감염 방지, 교차 감염 방지, 칸막이 커튼, 침구, 환자 가운, 유니폼

(2) 성능 발현 속도와 반응 스펙트럼

스펙트럼(spectrum)은 특정 항균제에 취약한 미생물의 종류를 말한다. 따라서 최종 목적에 따라 어떤 스펙트럼을 가진 항균제를 사용할 것인지를 결정할 수 있다. 예를 들어 넓은 스펙트럼을 가진 항균제는 곰팡이부터 바이러스까지 모든 종류의 미생물을 죽일 수 있다. 그러나 이러한 항균제를 사용하는 것은 마치 술집싸움에 핵폭탄을 사용하는 것과 같이 과한 일이다.

소취성 부여를 위해서는 천천히 작용하는 항균제가 적합한 반면, 헬스 케어 제품이나 상처 치료에 사용하는 제품에서는 항균 성능이 즉각적으로 발현할 필요가 있으며, 또한 넓은 스펙트럼을 가진 항균제가 적합하다.



<그림 1> 도레이사 Makspec 소재의 SEM 사진. Makspec 섬유는 염색과 유사한 방법으로 항균제를 적용하여 우수한 내구성을 가진다.



<그림 2> Agion사의 항균제를 사용한 실내장식용 소재

(3) 환경, 건강, 안전

항균제의 역할은 미생물을 죽이는 것이기 때문에, 항균제가 환경에 미치는 영향을 고려하는 것 또한 필요하다. 환경적 측면에서 중요하게 고려해야 할 것은 금속 방출, 생물학적 산소요구량(biological oxygen demand, BOD), 그리고 금지 혹은 규제 물질의 사용 등이다. 그러므로 섬유 제품에 항균제를 적용 시 다음의 세 단계, 약제를 생산할 때, 약제가 소재에 적용될 때, 소재가 세탁될 때 항균제가 환경에 영향을 미친다는 것을 고려해야 한다. 항균 처리된 소재를 매립하거나 소각할 때 또한 환경에 영향을 미치게 된다.

반면 항균제가 환경에 이로운 영향을 미치는 경우도 있다. 항균제의 보존

효과는 아무리 강조해도 지나치지 않다. 항균제가 소재의 사용 기한을 늘여 준다는 측면에서는 매우 환경친화적이라고 볼 수 있다. 미생물은 생산의 모든 단계에서 섬유 제품과 제품 사용자에게 문제를 일으킨다. 섬유 공장에서 섬유와 원사는 젖은 상태에서 보관되기 때문에 미생물에 취약하다. 습한 저장소에서는 곰팡이가 발생할 수 있으며, 곰팡이는 섬유 제품에 변색이나 악취를 발생시킨다. 운송 중에도 섬유 소재는 미생물에게서 안전할 수 없다. 실제로 5~7년 전, 어느 큰 부두에서 노동 파업이 일어나 수백 개의 컨테이너를 실은 배가 연안에 몇 달씩 정박한 일이 있었다. 그 배에 실린 많은 섬유 제품이 취하되어 사용할 수 없게 되었다. 항균제의 보호 없이는 섬유는 미생물에 매우 취약하다. 그러므로 항균제를 사용하여 섬유의 사용 기한을 늘이는 것은 자원을 절약할 수 있기 때문에 환경에 긍정적인 영향을 준다고 평가할 수 있다.

또한 항균제는 의복의 악취를 줄이기 때문에 세탁 회수를 줄이고, 세탁을 낮은 온도에서 가능하게 한다. 세탁 횟수가 줄고 세탁 온도가 낮을수록 물과 에너지 소비를 줄이므로 환경에 긍정적인 영향을 준다고 할 수 있다.

항균제는 환경적으로 문제가 없어야 할 뿐만 아니라 최종 사용자와 소재에 항균 처리를 하는 작업자에게도 안전해야 한다. 이러한 안전 측면에서는 피부 장애, 알레르기 유발, 생체 적합성, 혈액 흡수, 그리고 세포 독성 등을 고려해야 한다. 신체에 주입하거나 상처에 붙이는 의료용 섬유 제품은 반드시 안전해야 한다.

(4) 규정

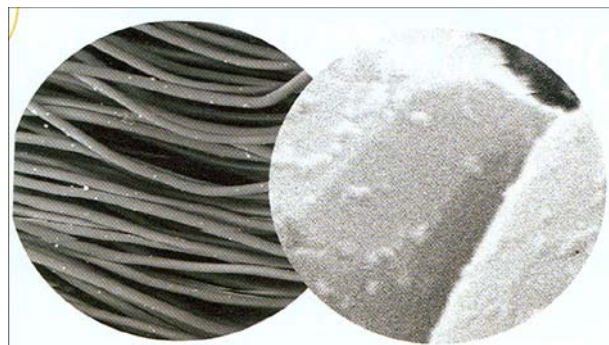
미국에서는 항균제는 미 환경보호청(the Environmental protection Agency, EPA)에 등록되어야 한다. 섬유 성분을 포함하는 의료 장비가 아닐 경우, 미 식품의약국(the US Food & Drug Administration, FDA)의 승인을 받아야 한다.

EPA 등록을 위해서는 항균제를 활용하는 최종 제품이 일반 의복, 인테리어

어용, 유니폼용, 내의용인지 등을 밝혀야 한다. 식품 용도를 포함하는 경우에는 이에 대한 특별 규정이 있다.

항균 제품은 제조될 때, 소재에 가공될 때, 최종 제품이 팔릴 때, 각 단계별로 규정을 충족해야 한다. 유럽 항균 제품 지침(Biocidal Products Directive, BPD)은 항균제에 대해 엄격한 규정을 가지고 있는 미국, 일본, 대만, 한국, 호주와 뉴질랜드 등과 같은 유사한 규정을 가지고 있다. 약제 자체를 규제하고 있을 뿐만 아니라 항균제로 인해 일어날 수 있는 문제에 대해서도 규정이 있다. EPA는 항균제가 소재를 보호하는 것과 사람을 보호하는 것을 분명하게 구분하고 있다. 예를 들어 항균제 제조사는 항균제가 박테리아로 인한 약취발생으로부터 소재를 보호할 것이라고 주장할 수 있으나 항균제가 박테리아로부터 사용자를 보호할 것이라고는 주장할 수 없다.

(5) 제조 방법



<그림 3> Agion사의 항균제를 코팅한 섬유의 SEM 사진

항균제를 결정하는 마지막 요인은 항균제를 소재에 적용하는 방법이다. 항균성 부여 방법에 따라 제조 가격이 상승할 수 있다. 항균제 적용이 어렵거나 다른 가공과 호환이 안될 경우, 항균제는 흡수성, 방염성, 내마모성에 영향을 줄 수 있다. 이로 인해 내구성이나 특정 세라믹 코팅의 효율에 영향을 줄 수 있다. 어떤 항균제는 열안정성이 부족하여 소재 가공 공정을 견뎌내지

못하기도 한다. 덧붙여 항균제는 소재의 태나 색과 같이 소재의 성능에 영향을 줄 수도 있다. 가격은 종종 가장 중요한 요인이 된다. 항균제의 성능이 아무리 효과적이라도 가격이 너무 높다면, 그 항균제의 사용은 제한적일 수 밖에 없다.

(6) 내구성

내구성은 항균제를 선택할 때 중요한 사항이다. 내구성 측면에서는 항균제가 소재 표면에 얼마나 오랫동안 붙어 있을 수 있는가와 얼마나 오랫동안 항균 성능을 유지할 수 있는가를 고려해야 한다.

내구성의 요구 수준은 최종 제품에 따라 다르다. 일반적인 의복의 경우는 가정세탁 내구성을 요구하지만, 반면에 유니폼은 상업세탁을 견뎌야 한다. 가정세탁 내구성은 쉽게 얻을 수 있지만 상업세탁 내구성은 훨씬 더 어렵다. 실내장식용 제품의 항균성은 의복보다 내구성 요구치가 낮다.

마모, 일광에 대한 내구성 요구도 크다. quaternary silanes은 양이온성 항균제인 반면 일반 세제는 음이온이다. 세제가 항균제를 떨어버릴 경우 항균성을 저해할 수 있다. 그러므로 이 경우 자주 세탁하지 않는 것이 적합하다.

2. 항균 기술

가장 널리 사용되는 항균제는 triclosan, quaternary silanes, polyneximethylene biguanides(PHMBs), 은, zinc pyrithione 등이 있다. 앞의 세 종은 가장 일반적인 섬유 항균제이다. 은은 최근 몇 년간 가장 주목을 받고 있는 항균제로 새롭게 제시된 항균 기술이다. 대체로 가장 효과적인 항균제는 장해나 알레르기 반응을 일으킬 수 있다. 이러한 경우 인간 피부에 접촉하는 제품에는 사용하지는 안 된다.

모든 항균제는 장점과 단점을 가지고 있다. 그러므로 항균제 사용 시 요구하는 성능과 성능 부여 방법에 대하여 고려해야 한다. 그러므로 항균제 선택

은 최종 제품, 사용 패턴, 가공공정, 향균제의 적용방법 등에 따라 결정된다. 향균제의 최종 목적은 외관 및 성능 면에서의 보존, 소취, 헬스 케어 면에서의 치료의 세 가지로 묶을 수 있다.

<표 2> 최종 제품별 향균제 요구 성능

최종 제품	사용 환경	요구 수준
실내 장식용 보트 커버 텐트 차양 비행기 시트 자동차 시트	세탁 횟수 적음. 미생물 노출 큼. 배양 기간 김.	물리적, 미적 성능 보존
타월 유니폼	사용에 따라 세탁 횟수 다름. 미생물 노출 적음. 배양 기간 김.	미적 성능 보존과 소취 성
속옷류	세탁 횟수 많음 미생물 노출 극히 큼 배양 기간 매우 짧음.	소취성

(1) 보 존

보존은 일반적으로 기능성이나 미적 성능을 유지하는 것을 말한다. 이 분야에서 가장 큰 적은 곰팡이와 조류이다. 야외 활동용 소재 예를 들어 텐트, 방수포, 차양 및 토목섬유와 같은 산업용 섬유는 향균제를 사용해야 한다. 이들 제품의 대부분은 피부에 접촉해도 되는 향균제를 사용할 필요는 없다.

이 분야에서 사용되는 항균제는 비소를 기반으로 하는 OBPA나 isothiazolinones(ITs)이다. 또한 zinc pyrithione, polysulfone, tri-butyltin을 기반으로 하는 약제 등이 사용된다.

(2) 소취

섬유 제품의 소취는 일반적으로 악취를 유발하는 박테리아를 조절하는 것을 의미한다. 의복으로부터 악취를 경험한 소비자를 위한 성능이므로 소비자는 항균 제품의 효과를 제대로 경험할 수 있어야 한다. 그러므로 적용 제품은 악취 문제가 발생하는 제품으로 한정된다. 소취용 항균제는 종종 ticlosan, quaternary silanes, PHMB와 은이 사용된다.

(3) 의료 및 헬스 케어용

지금까지 의료용에서 항균제는 상처 치료와 감염 예방을 위한 용도에 제한되었다. 그러나 원내 감염 및 항균제 내성을 가지는 질병의 증가로 인해 헬스 케어용 제품에 항균제가 처리된 소재를 침구, 커튼, 실내 장식용 및 유니폼에 사용하여 교차 감염을 제어하는 데 관심이 증가하고 있다.

섬유 제품은 미생물들이 서식하기 쉬우며, 섬유를 통해 미생물이 전염될 수도 있다. 그러므로 항균제를 소재에 적용하는 것은 섬유 제품에 서식하는 미생물을 줄이는 것뿐만 아니라 이들 미생물의 이동을 차단한다. 일반적으로 사람들은 박테리아를 매시간 옮기고 있다. 섬유 제품에 접촉했을 때 박테리아가 급격히 확산할 수 있다.

미국의 경우 의료 보험 회사에서는 병원내 감염에 대한 비용을 지불하는 것을 제한하고 있다. 따라서 많은 병원에서 항균 가공 소재의 활용을 증가시키고 있다. 이 분야에서 활용되는 항균제는 은과 염소(Cl)용 n-halamine 바인더이다.

3. 새로운 항균 기술

새로운 항균기술은 거의 없는 실정이다. 그 이유 중 하나는 미생물 제거와 환경에의 적합성 사이에서 안전성과 성능의 균형을 맞추기 어렵기 때문이다. 신기술 개발이 어려운 또다른 이유는 규제이다. 새로운 항균기술은 US EPA 나 유럽 BPD를 통과해야 한다. 이를 위해서 항균성의 안정성과 효율에 대한 데이터가 요구되는데 이를 위한 측정 시험 비용은 매우 높다. 또한 완전히 혁신적인 기술이 등록되기는 어렵기 때문에 종래의 제품을 약간 수정한 제품들이 등록되는 경우가 많다. 새로운 항균 기술 개발이 어려운 세 번째 이유는 제조 방법이나 최종 제품에 적합해야 한다는 것이다.

현재 개발되고 있는 새로운 항균 제품은 천연물 혹은 나노(nano)의 카테고리로 묶을 수 있다. 천연물에서 얻는 항균제에 대한 관심이 증가하고 있다. 그러나 천연물의 항균 성능은 이미 알려지거나 사용되고 있는 항균제에 미치지 못하는 경우가 대부분이다. 많은 천연 항균제는 내구성이 부족하거나 섬유제품에 적용하기에 적합하지 않다. 대나무는 최근 항균 섬유이며 재생 가능한 친환경 재료라는 점에서 각광을 받고 있지만, 대나무를 섬유로 만드는 공정은 환경적으로 매우 좋지 않다. 또한 대나무는 US EPA에 항균 물질로 등록되어 있지 않다.

그 외 천연물에서 얻는 항균제로 게나 새우 껍질에서 얻는 키토산을 들 수 있다. 키토산은 천연의 항균성을 가지고 있으며 피를 응고시키기 때문에 상처 드레싱이나 밴드에 종종 사용되고 있다. 그러나 키토산 역시 일반적인 항균 소재로서 사용되지는 못하고 있다.

나노 영역에서는 나노 은 제품이 많은 주목을 받고 있다. 나노 크기의 은의 경우 매우 우수한 항균성과 내구성을 나타내며, 소재의 태, 신축성 및 강도에 거의 영향을 미치지 않는다. 예를 들어 나노 은을 사용한 섬유 제조시 마이크로 데니어의 섬유를 방사할 수 있다. 그러나 최근 몇몇 소비자 단체에서는 나노 기술의 안전성에 대해 주의하고 있다. 앞으로 규제 위원회에서 이

러한 관점에서 나노 물질의 유해성에 대해 조사할 예정이다.

그 외 폴리에스터와 폴리아미드 섬유 및 이들 섬유의 혼방 소재를 위해 직접 염료와 같이 적용할 수 있으며 내구적 항균성을 부여할 수 있는 새로운 항균제가 개발되었다. 항균 단백질에 대한 연구도 진행하고 있다. 항균 단백질은 박테리아에 대항하는 첫 번째 방어막을 형성하는 것으로 모든 동물이 다 가지고 있다. 그 외 연구에서는 박테리아가 서로간에 커뮤니케이션하고 섬유 표면에 생물학적 막을 분비하는 등의 활동을 방해하는 방법에 주목하고 있다. 이와 같은 세포-세포 신호 방해를 통한 항균 기술은 저독성이라는 장점을 가진다.

4. 항균 시장 동향

새롭게 부상하고 있는 항균제 시장은 비행기 시트이다. 항공사에서는 비행기 내의 시트에서 박테리아 등이 서식하는 것을 막기 위해 항균 처리된 시트 커버를 사용하는데 관심을 보이고 있다. 또한 앞으로 새로 형성될 것으로 예상되는 거대 시장은 카펫 시장이다. 항균제는 이미 일반적으로 카펫에 사용되고 있으나 특별히 학교나 헬스케어 기관용으로 새로운 시장이 형성될 것으로 예상된다. 십 년 전에는 소비자가 카펫에 방오성을 부여하는 것을 고급화로 받아들여 추가 비용을 지불했으나 오늘날의 소비자는 카펫의 방오성에는 더 이상 추가 비용을 내지 않으며 카펫 제조사가 이 비용을 부담하게 되었다. 제조사측에서는 항균성에서 이와 같은 일이 반복되는 것을 원하지 않기 때문에 현재까지 이 영역이 비어 있는 상태이다. 이 시장에 누가 먼저 들어가느냐로 결정될 것이다.

스포츠웨어에 사용되는 항균제 시장도 계속해서 성장할 것이다. 앞으로 triclosan과 유기 물질은 점점 줄어들고 은의 활용이 늘어날 것이다. 이러한 동향은 최근 헬스케어 시장이 성장으로 예상할 수 있으며 헬스케어 시장은 이미 은을 사용해왔기 때문에 은을 기초로 한 항균제가 쉽게 진입할 수

있어 은을 활용한 제품이 활성화될 것으로 예상된다.

의료 분야에서는 병원내 혹은 지역 사회 내에서의 감염에 대한 인식이 빠르게 증가하고 있다. 항균 섬유에서 가장 중요한 분야가 의료 분야이다. 항균 섬유의 일반적인 목적은 원내 감염을 막고 홈케어나 간호 시설에서의 감염을 막는 것이다.

헬스 케어용 항균 제품 시장의 성장으로 인해 앞으로 항균 섬유 제품의 사용이 실험복, 작업복, 칸막이용 커튼, 침구류 및 실내 장식용 섬유 제품 등 넓은 분야로 확장될 것이다. 앞으로 기저귀, 양말, 상처 드레싱제, 상처 봉합사 등에 사용되는 기능성 소재에도 항균 가공에 적용될 것이다.

이러한 새로운 항균제 시장 형성과 발전에 따라 앞으로 더 많은 제품이 선보여질 것이다. 항균제 분야는 여러 해 동안 정체되어 있었으나 이제 많은 회사들이 차별화된 제품 개발하고 적극적으로 소비자에게 성능을 알리고자 노력하고 있다. 앞으로 섬유용 항균 시장은 더욱 성장할 것이다.

