

항균가공기술의 기술동향



김병용 | 사단법인 한국원적외선협회 기술평가팀장

1. 서론

미생물은 현미경적 미소생물의 총칭으로 개체가 미소하고, 육안으로 식별할 수 없는 생물을 의미한다. 이러한 미생물은 항생제의 원료, 유산균에 의한 식품의 발효, 동식물 사체 등의 분해 등 우리에게 유익한 활동을 하는 종류도 있는 반면에 인간에게 직접적으로 병을 유발하거나 식생활, 주거생활, 의복 공업 등 다양한 산업분야에 이르기까지 피해를 입히는 등 유해한 종도 있다. 세균이나 곰팡이 등의 미생물은 그 종류 및 분포지역이 매우 광범위하여 토양, 대기, 물, 해수 등 자연계에 어디서든 분포하고 있으며 생육조건이 맞으면 언제든 장소에 불문하고 성장 번식이 가능하다.

WHO의 보고서에 의하면, 전세계 사망자의 약 30% 정도가 미생물균에 감염되어 사망한다고 한다. 특히, 최근에는 MRSA, VRSE, VRE, SARS 등 각종 내성균에 의한 병원 내 감염문제, 항생물질에 대한 내성 녹농균 감염, 병원성 대장균 O-157, 비브리오, 살모넬라, 칸피로박타 및 황색포도구균에 의한 식중독, 대형 냉각탑내의 냉각수에 존재하는 레지오넬라균, 주택 내의 곰팡이 포자가 원인이 되는 유아 천식, 각종 식품 및 의약품에 대한 미생물 오염, 공업제품, 목재, 화장품 등에서의 미생물 오염 등 유해 미생물이 원인이 되는 문제가 끊임없이 발생하고 있는 실정이다.

이렇듯 우리의 일상 생활 환경에서 다양한 미생물이 존재하고 있으며 이들은 인체와 의복 등에 부착하여 번식한다. 이러한 미생물 중에는 섬유 등에 기생하면서 섬유를 분해하거나 인체가 배출하는 땀이나 오염물을 분해하면서 악취를 유발하거나 인체에 해로운 물질을 배출하는 등 위생과 건강에 커다란 해를 끼치기도 한다.

이들의 대책으로서, 생활환경 중의 유해 미생물의 효과적 제어가 적극적으로 이루어져야 하며 이러한 제어가 사전에 행해짐으로써 미생물에 의한 피해 예방이 이루어지게 될 것이다.

이러한 배경으로 '항균'이라는 말이 일반화 되었으며, 침구류 및 실내인테리어 장식품, 문구류, 생활용품, 위생용품부터 공업제품에 이르기까지 폭넓은 분야에서 항균제품들이 시장에 출시되어 있다. 최근에는 국제적 적합성을 고려해, 사용목적 및 조건을 충족하는 우수한 평가방법이 개발되어 과학적으로 검증된 우수한 항균 제품들이 선보이고 있다. 여기서는 이러한 항균제품을 가공하는 기술동향에 대하여 살펴보기로 한다.

2. 항균이란?

항균에 대한 명확한 정의는 현재 정해져 있지 않고, 학문적으로 통일되어 있지 않다. '항균'에 관련된 용어로 미생물학 분야에서는 살균, 멸균, 정균, 소독 등의 용어가 자주 사용된다.

표 1. 항균과 관련한 미생물학적 용어 정의

용어	정의
살균	미생물에 물리적·화학적 자극을 가하여 이를 단시간 내에 멸살(滅殺)시키는 일
멸균	대상을 완전히 무균상태로 하는 것
정균	균의 성장이나 활동을 저해시키는 것
소독	전염병의 전염을 방지할 목적으로 병원균을 멸살하는 것

3. 항균의 메카니즘

항균제의 화학작용은 주로 미생물의 세포막합성저해, DNA, RNA 및 기타 대사물질 합성저해, 호흡기능저해 등을 들 수 있다. 화학항균제가 미생물 세포를 사멸시키는 것은 먼저 항균제가 미생물에 접촉하고 세포표층에 흡착해 세포벽과 세포막의 물리적 변화와 생리기능 저해를 일으킨다. 이 작용을 일으키는 대표적인 항균제는 제4급 암모늄염과 비구아니드(biguanide)이다. 미생물이 항균제와 접촉되면 단시간에 세포표층 구조가 파괴된다. 그리하여 세포 내에 유입된 항균제는 세포조직을 물리적으로 파괴시키고 기능저해 등을 유발하고 미생물의 재생 능력을 소실시켜 미생물을 사멸시키는 것으로 알려져 있다.

최근 웰빙과 관련하여 나노 실버가 항균제로서 부각되고 있다. 나노 실버의 항균작용 메카니즘은 아직까지 정확하게 규명되지 못하고 있으나 현재까지 추정되고 있는 기작으로는 첫째, 은의 양이온(Ag^+)이 세균의 -SH기, -COOH기, -OH기 등과 강하게 결합하여 세균의 세포막을 파괴 또는 세포의 기능을 교란시키는 것, 둘째, 콜로이드 은이 촉매작용을 하여 산소가 활성산소로 전환되어 살균작용을 발휘하는 것, 셋째로는 금속으로서의 은의 항균 작용으로, 100nm~200nm 정도 크기의 미생물이 이를 섭취하여 호흡기 장애 및

대사장애로 균이 사멸하는 것으로 추정되고 있다. 표 2는 일반적으로 항균제로 사용하는 화학 약제의 항균작용기작을 나타낸 것이다.

표 2. 항균제의 항균작용기작

항균 약제	항균 작용 기작
고농도의 염류	탈수작용, 효소단백질 변성
알콜류	단백질 변성 및 용해, 대사기능 저해
페놀류	세포막 파괴, 단백질 반응 및 변성
할로겐류	효소단백질 및 핵단백질 산화 파괴
포르말린	효소단백질 활성기와 반응 변성
클루타 알데히드	세포벽 및 아미노기 반응 핵합성 저해, 단백질합성 저해, 세포막 손상
고급 지방산류	자기용해효소 유발
저급 지방산류	세포벽 파괴, 효소저해
제4급 암모늄	세포막및세포벽 손상, 효소단백질변성
비구아니드	효소저해, 세포막손상, 단백질 변성
양성 계면활성제	세포막 및 세포벽 손상
은, 동	전자전달계저해, 세포막손상, DNA반응
은담지 세라믹류	활성산소에 의한 효소단백질 변성

4. 항균 가공에 사용되는 약제

항균 가공에 사용되고 있는 약제는 크게 무기계와 유기계, 그리고 천연에서 얻을 수 있는 천연계 항균제로 구분 할 수 있다.

1) 유기계 항균제

유기계 항균제는 유기물을 화학적으로 합성하여 항균력을 나타내는 제제로 유효성은 우수하지만 지속성이 약하고 인체나 기타 환경에 대한 안정성이 미흡한 것이 단점이다.

유기계 항균제는 제4급 암모늄화합물 등의 계면활성제, 비구아니드계나 알콜계의 화합물, 페놀계, 아니리도계, 요소계, 치아졸계, 이메다졸계, 니트릴계 등 많은 유기화합물이 대표적이다. 이런

약제는 침지에 의해 흡착, 화학결합, 혼합, 표면 코팅 또는 분무 등의 방법으로 제품소재에 입히는 방식으로 항균 가공을 한다.

이러한 유기계 항균제는 대부분이 안정성이나 환경오염의 문제 때문에 그 사용이 제한되어지고, 항균의 필수적인 요소인 내구성이 다소 떨어지는 것으로 알려져 있다. 일부는 열에 의해 분해되어버리기도 한다.

① 요소계

요소를 함유한 약제는 3-요오드-2-프로피닐기를 가지고 있는 포비돈요도 등이 있으며 단백질의 산화에 의한 세포파괴의 반응기작을 가지고 있다. 진균에 대한 살균효과가 높은 것으로 알려져 있으나 자극성 및 부식성 등이 문제가 되고 있다.

② 트리아진계

금속가공유, 압연유, 에멀전도로 등에 사용되던 약제로 높은 수용성을 나타내며 알칼리성에서 중성 영역까지 안정하다. 세균, 효모, 곰팡이 등의 넓은 범위에 대해 생육억제 작용을 가지고 있으며 MIC(Minimal Inhibitory Concentration ; 최저저해농도)가 비교적 높고, 경구 LD50 (Median Lethal Dose; LD50 ; 50%의 동물을 죽이는 용량)은 940mg/kg으로 독성이 약간 높다.

③ 알데히드계

포르말린 글루타알데히드가 주를 이루며 핵산 및 단백질 합성을 저해하고, 세포막 손상등의 항균기작을 하며 단점으로는 과민증, 점막 등의 자극 증상, 불쾌감 등이 있다.

④ 제4급 암모늄계

염화벤잘코늄과 염화벤젠토늄이 주를 이루며 세포막 기능저해, 효소단백질 변성 등 알데히드계와 비슷한 반응기작을 보이며 과민증, 흡착성,

피부트러블 등이 문제점으로 제시되고 있다.

⑤ 이소치아졸논계

용수, 발수계, 도료, 금속가공유, 종이 펄프용으로 항균방미용도로 개발된 것으로 세균, 곰팡이, 효모에 대하여 매우 높은 세균 저해성을 보인다. 단백질합성 및 세포막 합성 저해 등으로 항균작용을 하며 단점으로는 피부 자극성, 눈에 대한 자극성, 알레르기성 등이 강하여 실용용도가 떨어진다.

2) 무기계 항균제

무기계 항균제는 1937년 대만 주둔 일본군이 은-활성탄을 항균제로 사용하였으며, 1983년 일본동북대의 하기와 교수가 은-제올라이트의 항균효과를 발견하면서부터 본격적으로 응용되었다.

무기계 항균제의 구성은 무기담체와 항균물질로 이루어져 있다. 현재의 무기계 항균제는 구성에 따라서 크게 3가지로 나눌 수 있다. 우선 은 등의 항균성금속이온을 무기담체인 아파타이트, 실리카겔, 저분자글라스, 인산칼슘, 제올라이트, 인산지르코늄 등에 담지시킨 무기금속 항균제와 유기-무기 Hybrid 항균제, 광촉매 항균제로 분류될 수 있다.

① 무기금속 항균제

무기 항균제 중 가장 처음으로 등장한 형태로 항균 작용을 하는 금속 이온을 무기 담체에 담지시켜 서서히 용출하는 원리로 항균 기능을 한다. 여기서 무기 담체는 이온교환 혹은 기타의 방법으로 금속이온을 담지하고 시간이 흐름에 따라 서서히 금속이온을 용출시킬 수 있는 재료이며, 항균 금속이온으로는 대부분 Ag⁺, Zn²⁺, Cu²⁺ 등의 양이온들이 사용된다.

표 3. 무기항균제의 특성 비교

구분 \ 종류	제올라이트	인산칼슘	인산지르코늄	실리카겔
화합물	Alumino-Silicate	Hydroxyapatite	Zirconium Phosphate	Silica-ge
입도(μm)	0.6~3	0.1~10	0.1~1.5	3~30
내열성(°C)	550~850	1200	1200	120
pH	중성	중성	중성	중성
최대흡착률(%)	12	3	3	3
담지금속이온	Ag, Zn	Ag	Ag	Ag
담지형태	이온교환	금속흡착	이온교환	은착염
형태	백색분말	백색분말	백색분말	백색분말
용해성	물에 불용	물에 불용	물에 불용	수용성
인체안정성	안정	안정	안정	안정
항균력	높음	낮음	보통	보통

② 유기-무기 Hybrid 항균제

무기금속 항균제의 성능을 보완시키기 위해 개발된 형태로 변색에 강하며, 항균력을 향상시켰다. 무기 담체에 항균금속의 착화합물이나 유기 항균제를 담지하여 서서히 용출하는 원리로 항균 작용을 한다. 무기 담체는 층상구조 및 큰 공극을 갖는 재료가 이용되며 항균 물질로는 항균활성이 우수한 Ag+, Cu2+의 착화합물 이온성 유기항균제가 사용된다.

③ 광촉매 항균제

TiO2를 주로 이용하는 산화물 광촉매계로서 대상물질에 코팅가공 등을 실시하고 400nm 전후의 빛을 조사하여 살균하는 방식으로 빛을 조사함에 따라 TiO2의 전자가 여기되고, 이 여기전자(e-)에 의하여 산소 분자가 환원되어 슈퍼옥사이드애이온이 생성된다. 한편 전자가 빠져 가전자대에서 생성된 정공은 물분자를 하이드록시라디칼이란 활성산소로 이 활성산소종이 산화제로서 살균작용을 한다.

광촉매 반응은 상온 및 상압에서 반응진행이 가능하며, 주거 환경에 존재하는 적은 양의 빛으로도

항균 작용이 가능하다. 주로 물의 분해에 의한 수소 및 산소 발생, 대기 오염물질 산화 제거, 수중 오염물질 분해 제거 등에 응용되고 있다.

3) 천연계 항균제

항균제 중에서 천연물로부터 얻어진 천연계 항균제는 크게 분류하여 보면 동물 및 어류로부터 얻어진 것, 미생물로부터 얻어진 것, 효소, 식물, 천연 유황, 천연 광물 등으로부터 얻어진 것 등으로 나눌 수 있다.

① 키친, 키토산

키친, 키토산은 주로 게나 가재 등의 갑각류 껍질에서 채취한 키친을 원료로 만들었지만 곤충의 껍질, 조개, 오징어의 경골, 크릴, 버섯과 효모 등 균류의 세포벽 등에 주로 함유되어 있다. 항균, 방미효과가 있으며 보습성, 저자극성, pH 조절 등의 기능이 있으며 섬유가공용 항균방취제, 섬유 내첨용 기능제, 식품 및 화장품 첨가제, 건강보조식품 등 여러 분야에서 이용된다.

② 아미노 배당체 화합물

방선균을 이용하여 발효법으로 제조된 항생물질로 곰팡이와 동식물 세포의 발육을 억제하지 않고, 세균에 대해서만 기질 특이성을 발휘하는 선택성이 있다. 넓은 항균 스펙트럼을 가지며, 주로 섬유가공용 항균방취제 등에 이용되고 있다.

③ 리소짐

리소짐은 세균의 세포벽을 구성하는 무코다당질을 가수분해하여 세균의 증식을 억제하는 효소로 내열균, 고초균 등의 그람양성세균에 효과과 있고, 대장균에도 효과가 있는 것으로 알려져 있다.

④ 삼백초 추출물

민간약으로서 효능 및 효과가 약리적으로 증명되어 있으며, 삼백초의 데카노일알데히드는 포도상구균과 사상균에 강한 항균작용을 한다.

⑤ 천연 유황

유황의 콜로이드 입자를 방사시 섬유에 내첨하여 이용하며 항균 스펙트럼이 매우 넓으며, 보습성이 있고, 저자극적이다. 또한 여드름의 원인이 되는

균에도 항균성을 가지고 있어 화장품 원료로 이용되고 있다.

⑥ 히노키치올

노송나무잎에 함유된 대표적인 항균성분으로 항균 스펙트럼이 매우 넓고, 세균, 진균, 시로헤타, 식물의 병원균 등에도 항균 효과가 있는 것으로 알려져 있으며 주로 항균방취용 가공제, 목욕제, 화장품, 식품첨가물 등에 적용된다.

⑦ 쑥엑기스

쑥은 항아토피, 항알레르기 작용이 있는 것으로 알려져 있다. 이러한 쑥은 의류, 화장품 등에 응용되며 소취, 탈취, 제균 작용이 있고 안정성이 매우 높다. 용도는 섬유용 항균방취 가공제, 한방약, 화장품, 식품첨가물, 건강식품, 기능성 의료 제품 등 여러 분야에서 고루 응용되고 있다.

⑧ 알로에 엑기스

알로에친에는 항균 및 방미 작용이 있으며 용도는 섬유용 기능가공제, 화장품, 의약품, 건강식품, 보습제 등에 응용되고 있다.

⑨ 감초

감초의 주 성분인 Glycyrrhizin Acid Dicalcium에 항염증 및 항알레르기 작용이 있으며 MRSA 대응의 항균 방취효과가 우수하고 안정성이 높아 섬유용 항균방취 가공제, 한방약, 식품첨가제 등에 이용된다.

⑩ 녹차 추출물

녹차의 폴리페놀류는 항균, 항바이러스 효과가 있으며 정균, 소취, 탈취 효과가 있고, 항산화 및 항알레르기 기능이 있다고 알려져 있다. 안정성이 매우 높은 편이며 음료, 섬유가공제, 한방약, 식품첨가제 등에 이용된다.

⑪ 천연광석 및 세라믹, 천연방사형 희귀 광물

천연광석, 미네랄 광석, 세라믹 등을 미세하게 분쇄하여, 섬유 등에 내침 또는 후가공으로 적용한다. 원적외선 및 음이온 효과 등에 의해 생리작용 활성이 촉진되며 항균, 방미 등의 효과가 있고, 섬유용 내침가공제, 섬유용 후가공제, 원적외선 기능성 부여 첨가제 등으로 이용된다.

표 4. 유기항균제와 무기항균제의 특성 비교

구분	유기	항균제	무기항균제
적용범위		주로 액상에만 적용	대부분 적용 가능
상태		액상(일부 고상)	고상
인체안정성		낮음	높음
주요 효과대상		곰팡이	세균
화학적 상태		승화성	비휘발성
항균력 즉효성		높음	낮음
항균력 지속성		일시적	반영구적
열안정성		낮음(200℃이하)	높음(500℃이상)
항균 기작		관능기에 의한 세포파괴	금속이온에 의한 신진대사 방해
내성균		일부에서 나타남	나타나지 않음

5. 항균제품, 항균가공의 향후 전망

현재는 기술정보화의 사회이다. 최근 10년간 세계는 국제화, 고도 기술화, 정보화, 물질의 광역 유통화 등 상상 이상의 속도로 진행되고 있다. 이러한 급속한 발전의 사회에서 항균 시장은 아직 발전이 부진하다. 소비자들은 아직 항균 제품 및 항균 가공에 대해 인식이 부족하다. 기존의 제품에서 항균 가공 등의 기능성을 부여하였을 때 이러한 새로운 가공에 대해 일반 소비자들에게 그 효과를 설명하고 이해시킬 필요가 있다. 그러기 위해서는 항균제의 안정성이나 효과에 대하여 연구하여야 과학적으로 입증하여야 한다. 항균 시장은 그 응용분야가 광범위하고 시장 규모도 매우 큰 것으로 보여진다. 안정하고 효과가 뛰어난 항균 가공 기술을 산업 분야에 골고루 적용함으로써 시장개척과 더불어 시장 확보에 주력을 가한다면 앞으로도 항균 가공 기술은 더욱 발전할 것으로 보여진다.

참고문헌

- Raina M. Maie 환경미생물학 (2004), 동화기술
- 윤형석 생활속의과학-나노실버 (2004), 한국특허정보원
- 여생규외5인 녹차, 오롱차및홍차추출물의항균효과 (1995), 한국영양식량학회지(24-2)
- 조성환외2인 항균포장지 제조용 식물성 항균소재의 안전성 검사 (2004), 농업생명과학연구(38-3)
- FITI소비과학과 항균가공에 대해서 (2000), 섬유정보지(28-1)