

항균 고분자(Antibacterial Polymers)의 연구 동향

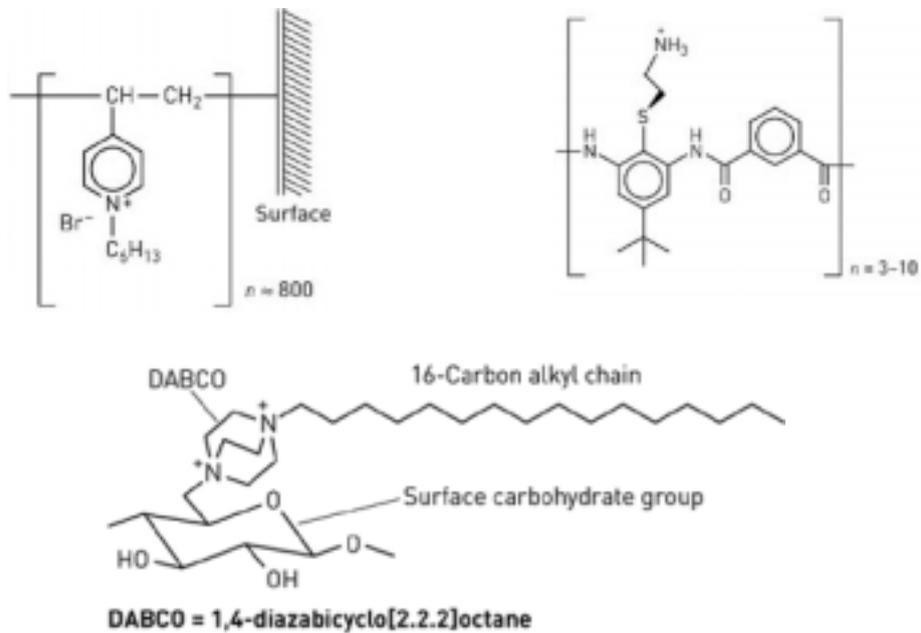
현재의 발달된 문명사회에서 보건위생 환경이 이전 보다 많이 개선되었지만, 역설적으로 인간은 환경에 대해 저항이나 면역성이 낮아지고 보다 나약해져서 더욱더 환경위생에 많은 관심을 갖게 되었다. 눈에 보이지 않는 각종 미생물인 수많은 세균, 바이러스가 우리의 생활환경에 실제로 널리 퍼져 있어 인류와 공생한다고 말할 수 있겠다 (R. C. Willis, *Today's Chemist at Work*, p. 27, March, 2003). 요사이 동남아에서 발생하여 세계적으로 큰 문제가 되고 있는 중증급성호흡기 증후군 (Severe Acute Respiratory Syndrome: SARS)도 미생물에 의해 전파되는 것으로 알려져 있어, 우리의 생활환경에서 항균성 재료에 대한 응용이 큰 관심사로 떠오르고 있다. 인간의 의식주에 관련되는 모든 일상생활 용품으로부터 다중이 함께 사용하는 공중전화, 화장실 출입문, 지하철 손잡이를 가공이 용이한 고분자 항균재료로 만들게 되면 보다 위생적이고 안전한 생활 환경이 될 것이다.

그러므로 현재 상황에서 항균성 (antibacterial, antimicrobial, biocidal, bactericidal) 고분자 재료의 연구 개발에 대한 요구가 매우 강력하다. 그간에도 많은 항균재료가 상품화 되었지만 대부분 항균제를 액상이나 고분자 물질에 첨가한 혼합형이어서 사용 중에 세척되거나 서서히 제거되므로 장기간 사용이 곤란하였다. 따라서 응용성이 크고 사용에 편리하도록 유기 고분자 사슬에 항균성이 부가된 고분자형 항균재료의 개발이 요구되고 있다. 일반적으로 항균성을 나타내는 유기 항균제로서는 quaternary ammonium salts, phosphonium salts, 피리딘 화합물, 유기 할로젠 화합물, thiazolin 화합물, 페놀류 등이 알려져 있고, 구체적으로는 이들 기능이 복합적으로 결합되어서 양이온성을 나타내는 화합물이 유효하여, 치아졸-이미다졸 염, 클로로페놀 화합물, 피리딘치올 옥사이드 염, 나이트로기 함유 몰포린 화합물, 염화 트리아진 화합물 등이 항균제로서 실용화 되어 있다. 자연에서 얻어지는 대표적 항균 고분자로는 아미노 기능을 함유한 다당류인 키토산 고분자가 잘 알려져 있고 의약 및 생체재료로서도 각광받고 있다. 다만 키토산은 용해성이 낮고, 특히 유기 용제에 난용성이라 가공성이 불량하여, 이를 극복하는 높은 항균 활성과 가공성이 우수한 항균 고분자의 개발이 요구된다.

이러한 항균성, 살균성, 항곰팡이성 작용기를 고분자 사슬에 직접 결합시켜 고분자 물질 자체가 항균성을 나타내는 항균 고분자 (antibacterial 또는 biocidal polymers)에 대한 연구가 관심을 끌고 있다 (S. D. Worley, *TRIP*, **4**, 364 (1996)). 최근에 극도로 요구되는 위생적 환경조건에 부응하여 몇 가지 흥미 있는 항균 고분자에 대한 연구가 보고되었다 (*Chem. Eng. News*, p. 13, May 28, 2001; p. 36, June 10, 2002). 미국 MIT 대학의 A. M. Klibanov 교수의 연구 결과에 의하면, 알킬기가 피리디늄 염으로서 결합된 N-alkylated poly(4-vinylpyridine) [NAPVP]을 건조한 유리 표면에 그래프트시킨 표면이 매우 효과적으로 세균을 죽이는 것으로 나타났고, 이 유리 표면은 세척되지 않고 그대로 항균 활성을 유지하였다. NAPVP 고분자에 치환된 알킬기의 사슬 길이가 항균 특성에 밀접히 관련되어 탄소의 수가 3-8인 알킬기가 항균 효과가 크고, 10 이상의 탄소수를 갖으며 항균 특성이 없는 것으로 나타났다. 이렇게 알킬화 PVP(즉 피리디늄 염 고분자)를 그래프트시킨 표면의 기질로서 PE, PP, PET, 나일론 플라스틱을 이용하여도 동일하게 항균특성이 나타난다고 보고되었다 (J. C. Tiller et al., *Proc. NAS-USA*, **98**, 5981 (2001); *Biotech. Lett.*, **24**, 801 (2002)). 이들은 유리 표면이나 자성 산화철 입자 상에 그래프트시킨 alkylated polyethyleneimines 역시 항균 특성을 갖는 것으로 보고하고 특허를 출원하였다. 이와 같이 암모늄 또는 포스포늄 같은 다중 양이온성 고분자 (polycation polymers)는 항균 활성이 우수하게 나타나는데, 이는 세균의 세포벽이 다른 생명체와 마찬가지로 음이온성의 인지질 이중층막으로 구성되어 상호작용이 쉽게 일어나 세포벽이 파괴되므로 세균이 죽는다고 설명된다. 다음에 화학구조식을 보인 바와 같이 셀룰로스의 당쇄 단위에 이중고리 아민 DABCO를 암

모뎀 염으로 결합시켜서 우수한 항균성을 보인 것으로 보고되었다. 이 때는 탄소수가 16의 긴 알킬기가 치환되어야 항균 활성이 크게 나타났다. 이런 탄소화물 표면에 결합된 항균 고분자 재료는 세탁하여도 항균성이 유지되므로 의류, 치료용 붕대 등 의료제품에 응용성이 매우 크다.

아래와 같이 다소 복잡한 화학구조를 갖는 아미노에틸설파닐 함유 올리고머형 폴리아마이드의 암모늄 염이 효과 큰 항균 고분자로서 보고되었다 (M. L. Klein *et al.*, *Proc. NAS-USA*, **99**, 5110 (2002)). 생체 펩타이드를 모방한 친수/소수성 역할이 분할된 구조로 반복 단위가 3-10일 때 항균 특성이 우수하고 고분자량일 때에는 오히려 항균 활성이 매우 낮게 보고되었다. 최근 국내 연구에서도 *m*-크레졸 함유 아크릴레이트 고분자 (김우식 등, *Polymer(Korea)*, **26**, 293 (2002)) 및 *m*-dimethylaminophenol이 암모늄 염으로 결합된 폴리스타이렌 (이연식, *Bull. Korean Chem. Soc.*, **23**, 1833 (2002))이 항균성 고분자로서 보고되었다. 이렇게 항균성 작용기가 고분자 사슬에 결합된 경우에 이들 항균성 작용기가 얼마나 쉽게 분리되어 방출되는가의 관점에서 항균특성이 평가되었다. 즉 고분자 사슬에 항균 작용기가 결합되어 있으면 항균 활성이 낮았고 항균 작용기가 유리되어 방출되면 항균 활성이 높게 나타났다. 그렇지만 항균 작용기가 고분자 사슬에서 분리되지 않고 사슬에 직접 결합되어 고정된 상태에서도 높은 항균 특성을 나타내는 항균 고분자의 개발이 요청된다. 현재까지 알려진 항균 고분자는 항균 활성이 낮고 대부분 암모늄 염 상태로 단지 수용성이거나 가교결합 형태이기 때문에 실제 사용에 곤란했는데, 높은 항균 활성과 함께 인체에 안정하고 동시에 유기용체에 가용성이어서 각종 생활용품에 표면 코팅 가능한 항균 고분자의 개발이 시급히 요구된다.



Antibacterial Polymers : *N*-alkylated poly(4-vinylpyridine) [NAPVP]; amphiphilic aminoethylsulfanyl polyarylamide; DABCO-hexadecane linked to a surface carbohydrate group.

<한국과학기술연구원 기능성고분자연구실 안광덕, e-mail:kdaahn@kist.re.kr >