

기능성 항균 나노입자를 이용한 친환경성 특수지 제조에 관한 연구(II)

조준형[†] · 이용원 · 김형진*

강원대학교 제지공학과, *국민대학교 임산공학과
(2006년 6월 30일 접수, 2007년 1월 19일 채택)

Study on Preparation of Environmental-Friendly Specialty Paper Using Functional Antibiotic Nano-Particle (II)

Jun-Hyung Cho[†], Yong-Won Lee, and Hyoung-Jin Kim*

Department of Paper Science & Engineering, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

*Department of Forest Products, Kookmin University, Seoul 136-702, Korea

(Received June 30, 2006; accepted January 19, 2007)

제지용 무기안료에 항균기능과 광촉매 탈취기능을 부여하기 위해 hybridization system을 이용하여 Ag 용액과 TiO₂로 표면 개질 처리하여 기능성 무기안료를 제조하고, 이를 이용하여 항균 및 탈취 기능을 갖는 특수지를 제조한 후 내항균 특성을 평가하였다. 내항균 평가로는 균의 생장여부를 눈으로 직접 확인할 수 있는 halo test법, 균들의 생육 저하효과를 확인하는 방법인 inhibition growth test와 정균감소법을 사용하였다. 또한 제조된 항균기능성 특수지를 벽지용도로 적용하고자 하였으며, 내항균 평가 시 항균벽지 주위로 선명한 클리어 존이 형성되어 균의 성장 억제를 육안으로 확인할 수 있었다. 항균 및 탈취기능을 지니는 특수지의 휘발성 유기화합물 분해능 평가를 위한 benzene의 광촉매 분해 효율실험에서 반응시간 80 min 동안 45~50%의 제거효율을 보였으며, 반응시간 30 min 정도에서 분해효율이 90% 이상 도달함을 알 수 있었다.

For the purpose of antibacterial and photocatalytic deodorization functions, the papermaking inorganic fillers and pigments were surface-modified with Ag nano-colloidal solution and TiO₂ by using the hybridization technique. The functional specialty sheets and coating papers were produced with the surface-modified fillers and pigments, and evaluated by halo test and inhibition growth test in their antibacterial and photocatalytic characteristics. For the application of specially produced antibacterial handsheet to the wallpaper usages, the photocatalyst efficiency test of benzene in volatile organic compound dissolution experiment of antibacterial and deodorization function wallpaper showed that the efficiency was 45~50% for 80 min of reaction time and 90% of attained resolution was reached at approximately 30 min of response time.

Keywords: surface modification, hybridization, deodorization, antibacterial paper, photocatalyst efficiency

1. 서 론

최근 과학기술의 눈부신 발전에도 불구하고 식품 및 공산품의 미생물에 의한 유해 현상은 증가 추세로서, 생활건강과 위생에 대한 관심도 증대되고 있으며 이에 따른 항균 기능성 제품의 개발이 활발히 이루어지고 있다.

제지산업에서도 항균기능성 제품이 응용되고 있으며, 소비자의 다양화개성화 요구에 따라 고부가가치를 지닌 신제품 개발에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이와 같이 종이에 기능성을 부여하기 위한 제품개발은 국제 경쟁력 향상 및 기업의 안정적 매출 증대를 가져올 수 있다. 최근, 포장용지 및 인쇄용지의 경우에서도 유해물질에 의한 환경 문제가 대두되고 있으며 친환경성 제품의 사용 범위가 다변화되고 있다. 특히 합성수지계의 식품 포장용지나 위생용 일회용품들은 친환경 기능성 종이제품으로 빠르게 대체되고 있다. 따라서 항균기능

성 종이에 관한 연구는 위생과 건강을 중요시 하는 현대인들의 욕구를 충족시키기 위해 더욱 활발한 연구가 이루어질 것으로 사료된다 [1].

이에 본 연구에서는 일반 제지용 무기 안료에 Ag 나노용액 및 TiO₂를 표면 개질하여 다기능성 무기안료를 제조하였고, 이를 기능성 목적에 따라 수초지 제조에 충전제로 첨가하여 종이의 광학적 특성 개선 및 항균성, 탈취성 평가를 실시하였으며 특수 기능지 제조의 가능성을 제시하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 공시재료

기능성 항균 Ag 나노입자를 기상분사법을 이용하여 각종 제지용 무기안료 표면에 코팅한 후 표면을 다시 TiO₂로 표면 개질함으로써 각종 유해 세균과 휘발성 유기 화합물의 제거가 가능한 복합 기능성

[†] 주 저자 (e-mail: jhcho@kangwon.ac.kr)

Table 1. Material Properties of Core and Fine Particles

Type	Fillers	Particle size (μm)	Specific gravity [-]	Remarks
Core particle	Clay no.1	1.8	2.60	Ultra gloss E10 [®] (Engel Hard, U.S.A)
	Clay no.2	1.8	2.60	Ultra gloss KL [®] (Engel Hard, U.S.A)
	Talc	2.1	2.85	Hydro gloss LV [®] (Huber, U.S.A)
	PCC	1.2	2.55	HIT-1000 [®] (Baek Kwang, Korea)
Fine particle	TiO ₂	0.025	3.80	P-25 [®] (Degusa, Germany)
	Ag	0.015	-	Sarpu [™] -2KW [®] (Nano Tech, Korea)

Table 2. Properties of Chemical Additives for Handsheet-making

Item	Properties	
Aluminium sulfate	Assay	11%
	Molecular weight	342.14
	pH	2.2
	Charge	Cationic
Rosin size	Viscosity (cps)	200~800 (at 25 °C)
	Solid content	50.0 wt%
	pH	9.0~11.0
	Charge	Anionic
Cationic PAM	Solid content	13.0 wt%
	Molecular weight	9 (Million)
	pH	4.0 \pm 1.0 (at 25 °C)
	Charge density	4.3 (meq/L)

Table 3. Coating Color Formulation for Paper Coating

Components	Ingredients	Part per basis of pigment
		100
Pigment	PCC (HIT1000 [®])	95
Binder	SB Latex (KSL230 [®])	50
Additives	Dispersant (WY-117 [®])	40
	NaOH (10%)	10

무기안료를 제조하였다[2,3]. 본 실험에 사용된 Ag 나노입자의 제조방법 및 특성과 TiO₂의 표면개질 방법에 대한 것은 본 논문 제(I)보에 자세히 기술하였으므로 여기서는 생략기로 한다[4,5].

표면개질 처리를 위해 사용된 모입자와 자입자의 특성을 Table 1에 나타냈다. 표면개질 처리된 기능성 항균 무기안료를 사용하여 기능성 특수지를 제조하였다. 제조된 무기안료를 이용한 항균기능성 특수지 제조에 사용된 재료의 특성은 Table 2와 같다.

2.2. 표면개질된 무기안료를 이용한 수초지 제조

표면개질 처리된 무기안료 3종류(Clay No.1 및 2, Talc)를 첨가하여 수초지를 제조하였다. 수초지 제조 시의 지료공정 조건으로서 침엽수 펄프 100%를 사용하였고 로진 사이즈제를 고휘분 대비 2% 첨가하였다.

무기안료의 보류 향상을 목적으로 고휘분 대비 0.5%의 PAM을 첨가하였으며 지료의 pH는 알럼을 사용하여 4.5로 조절하였다. 조성된 지료는 평량 60 g/m²로 초지한 후 cylinder dryer를 이용하여 건조하였다.

2.3. 표면개질된 무기안료를 이용한 도공지 제조

도공액 제조를 위해 안료를 분산시킨 후, 바인더 및 첨가제를 투입하여 고속교반기(Kadymill, Kady International, U.S.A)로 30 min간 교

반시켜 고휘분 55%의 도공액을 제조하였으며, 배합비율을 Table 3에 나타냈다. 도공지 제조는 S사로부터 분양 받은 원지 위에 실험실용 코터(K-control, RK print coat instruments Ltd.)를 이용하여 편면 도공량 15 g²/m²을 도포하고, 105 °C에서 30 sec간 열풍건조 처리하였다.

2.4. 항균기능성 특수지의 정량분석

EDS (Energy Dispersive X-Ray Spectrometer; OXFORD, ISIS, U.K)를 사용하여 항균기능성 특수지 제조에 사용된 제지용 무기안료의 분포 및 수초지 내부의 정량 분석을 실시하였다.

2.5. 항균기능성 특수지의 광학적 특성 평가

분광광도계(光電分光光度計, Photoelectric Spectrophotometer; Dattacolor international, Elrepho 3300, U.S.A)를 이용하여 제조된 항균기능성 특수지의 광학적 특성을 분석하고자 표면개질된 제지용 무기안료의 첨가유무에 따라 백색도와 불투명도를 측정하였다.

2.6. 정균감소법

공시균을 nutrient broth로 희석하여 균수를 1~2 \times 10⁴ CFU/mL로 만든 후 각각의 항균 시편에 희석균 0.2 mL를 분주하여 18 h 동안 incubator에서 배양한 후 20 mL를 첨가하여 희석하였다. 다시 여러 번의 희석단계를 거친 후 agar 배지를 제조하고 배양시켜 생성된 colony 수를 세어 균 감소율을 측정하였다. 균수 측정에는 colony가 30~300 개 형성된 것을 사용하였다[6,7].

2.7. Halo Test

Halo test를 위해 tryptic soy agar와 tryptic soy broth를 1:2 비율로 용해시켜 121 °C의 autoclave에서 40 min간 습윤 살균시킨 후 공시균을 petri-dish에 분주하고 그 위에 tryptic soy agar와 tryptic soy broth

Table 4. Microorganism and Media used for Antibiotic Test

Microorganisms	Media
<i>Escherichia coli</i> K-12IFO3301	Tryptic soy broth and agar (Difco, USA)
<i>Listeria monocytogenes</i> ATCC 19111	
<i>Staphylococcus aureus</i> IFO 13867	

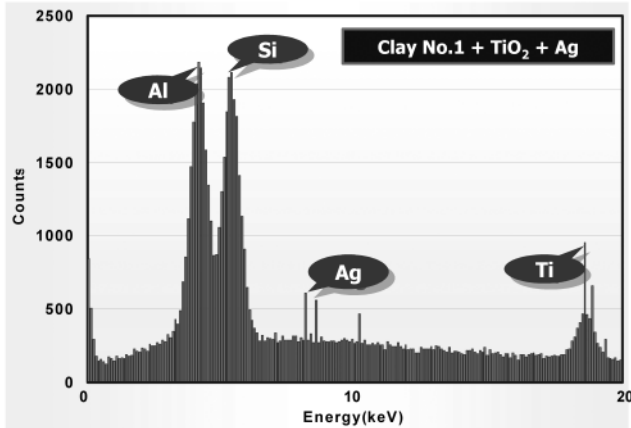


Figure 1. EDS of handsheet produced by using surface-modified Clay No. 1.

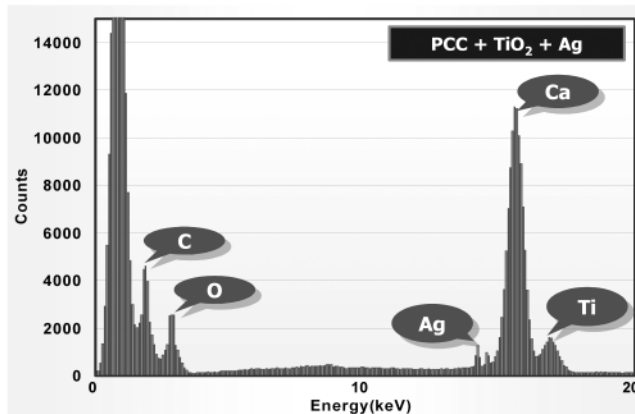


Figure 2. EDS of coated paper produced by using surface-modified PCC.

용액을 넣고 잘 혼합하여 항균 실험을 위한 배지를 제조하였다. 살균한 핀셋으로 항균 처리된 시험편을 올려놓고 37 °C의 incubator에서 24 h 배양시킨 후 시험편 주위에 형성되는 균 저지대를 관찰하여 항균성 유무를 확인하였다. 항균 활성 검색을 위해 사용된 공시균은 Table 4와 같다.

2.8. VOCs (Volatile Organic Compounds) 제거효율

제조된 항균기능성 특수지 시편에 의한 휘발성 유기화합물 분해 시 광촉매 효과를 확인하고자 ISO 14184-2에 의거하여 기상추출법으로 연속 흐름 방식의 광촉매 반응장치와 GC (Gas Chromatograph; Hewlett Packard, HP6890, U.S.A)를 사용하여 VOCs 탈취도를 측정하였다. 실험에 사용된 VOCs는 기능성 무기안료의 광분해 효율 측정과 동일한 benzene gas를 1,000 ppm으로 제조하고 air gas를 사용하여 10 ppm으로 희석한 후 광촉매와 반응시켜 광분해 효율을 측정하였다.

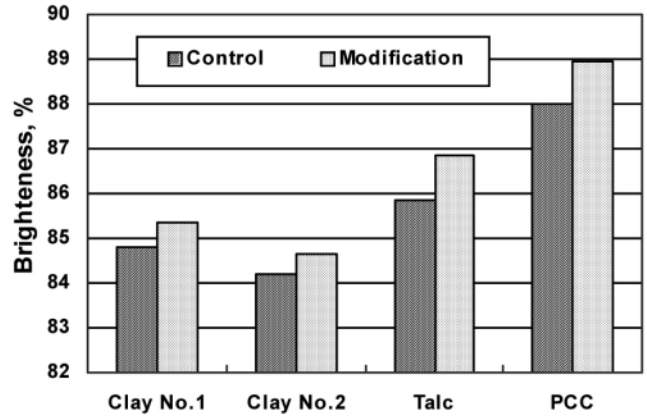


Figure 3. Brightness of handsheet produced for the antibiotic test.

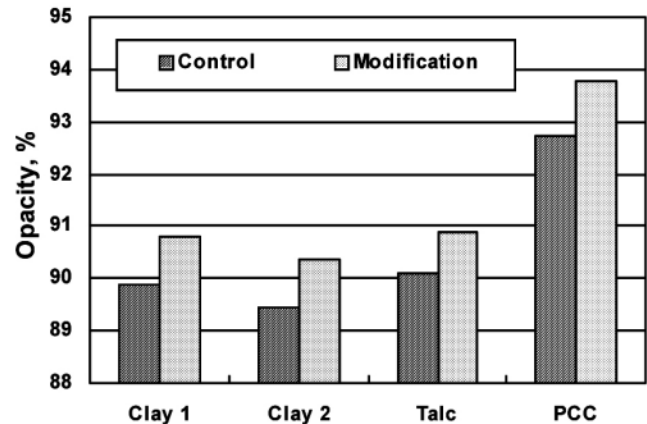


Figure 4. Opacity of handsheet produced for the antibiotic test.

3. 결과 및 고찰

3.1. 항균기능성 특수지의 정량분석

EDS를 이용하여 항균기능성 특수지 제조에 사용된 제지용 무기안료의 분포 및 수초지 내부의 정량 분석을 실시하였으며, 그 결과를 Figure 1 및 2에 나타냈다.

표면개질 처리된 무기안료를 이용하여 제조한 수초지와 도공지의 정량분석 결과 각각의 결정질에 대한 피크를 확인할 수 있었으며, Clay, Ag, TiO₂ 모두 종이 내에 고르게 분포되어 안료의 보류가 원활히 이루어졌음을 알 수 있었다.

3.2. 항균기능성 특수지의 광학적 특성 조사

분광광도계를 이용하여 제조한 항균기능성 특수지의 광학적 특성을 분석하고자 표면개질 처리된 무기안료의 첨가유무에 따라 백색도와 불투명도를 측정하였으며, 그 결과를 Figure 3 및 4에 나타냈다. 개질처리한 기능성 무기안료로 제조한 특수지의 백색도는 표면개질 처리하지 않은 무기안료를 이용하여 제조한 수초지 및 도공지에 비해 향상되는 것을 확인 할 수 있었다. 이러한 결과는 표면개질 시 사용한 항균 Ag 용액이 검은색의 현탁액으로서 무기안료 표면에 습식으로 코팅하였을 경우 백색도가 저하되는 경향을 나타내지만 TiO₂를 이용한 표면개질에 의해 수초지 제조 시 백색도가 향상된 것으로 사료된다[8]. 또한 불투명도 변화에서도 유사한 결과를 확인 할 수 있었으며, 이는 TiO₂의 높은 굴절율로 인해 안료뿐 아니라 제조된 수초지 및 도

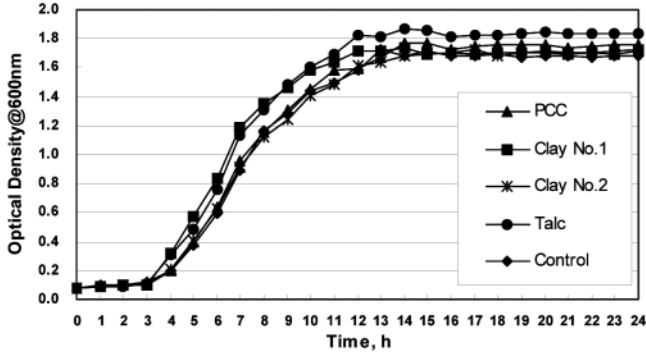


Figure 5. Antibiotic test of handsheet produced with non-modified fillers against the *Listeria*.

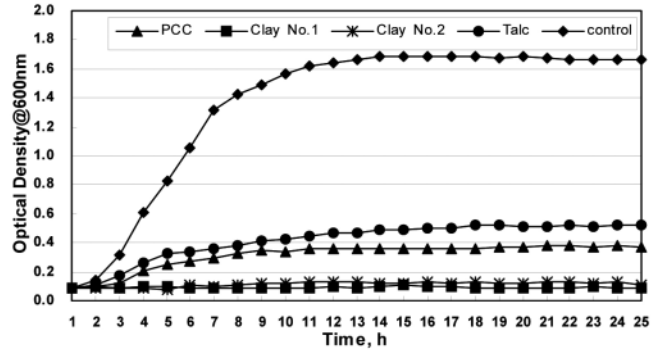


Figure 8. Antibiotic test of handsheet produced with Ag-modified fillers against the *Staphylococcus*.

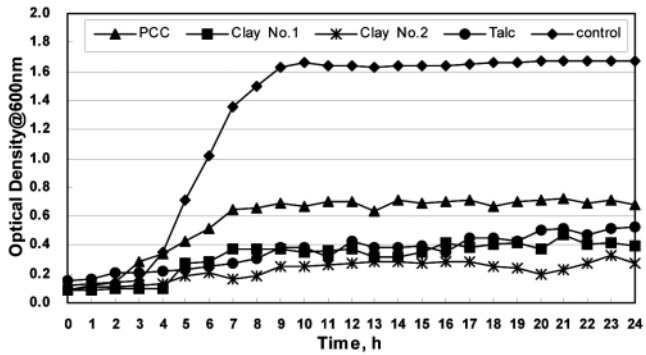


Figure 6. Antibiotic test of handsheet produced with Ag-modified fillers against the *Listeria*.

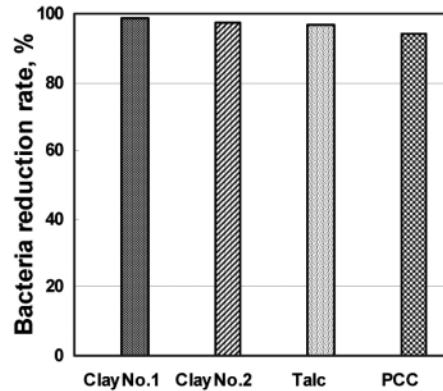


Figure 9. Bacteria reduction rate of handsheet produced with Ag-modified fillers against the *Listeria*.

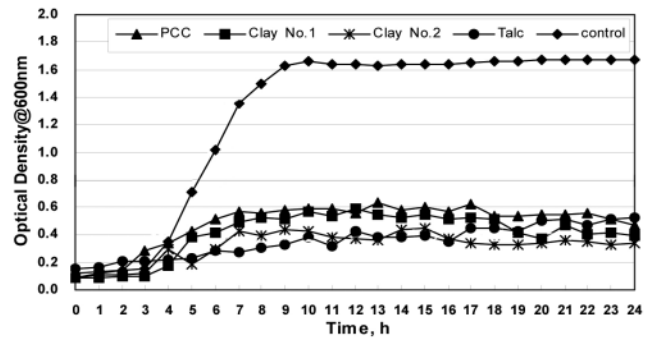


Figure 7. Antibiotic test of handsheet produced with Ag-modified fillers against the *E. Coli*.

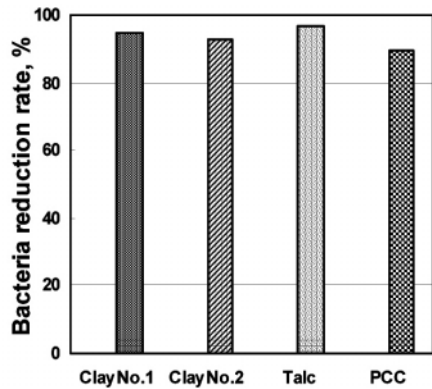


Figure 10. Bacteria reduction rate of handsheet produced with Ag-modified fillers against the *E.Coli*.

공지의 광산란 계수를 향상시킨다[9]. 표면개질 처리된 안료의 경우 모입자 표면에 자입자가 균일하게 표면 개질되어 빛의 투과 시 굴절 계수가 증가하고 굴절각이 다양해졌기 때문에 사료된다.

3.3. 항균기능성 특수지의 내항균 특성 평가

3.3.1. Inhibition Growth Test에 의한 항균특성의 평가

제조한 항균기능성 특수지의 항균성을 평가하기 위해 MIC Bioscreen C를 이용한 inhibition growth test 방법에 의거하여 해당 균주들의 생육 저해 효과를 확인하였다. 항균 기능성 특수지 시험편에 균주를 접종하고 24 h 동안 배양한 후 600 nm 파장의 빛을 조사하여 균의 생육억제 정도를 관찰하였으며 균류의 성장에 따른 빛의 흡광량을 평가하여[10], 그 결과를 Figure 5~8에 나타냈다. Figure 5는 Ag 용액을

처리하지 않은 상태에서 *Listeria* 균을 접종하고 배양하였을 때 시간에 따른 성장속도를 나타낸 것으로서 시간의 경과에 따라 모든 종류의 시험편에서 균이 증가하였다.

그러나 Ag 용액을 처리하였을 경우 Figure 6~8에 나타낸 바와 같이 각각의 해당 균주에서 시간 경과에 따라 균의 성장이 억제되는 결과를 나타냈다. 또한 항균접종 실시 후 5~7 h 내에 항균성이 발현되기 시작하였다.

3.3.2. 정균감소법에 의한 항균특성의 평가

공시균을 일정 농도의 균수로 희석시켜 항균기능성 특수지에 희석

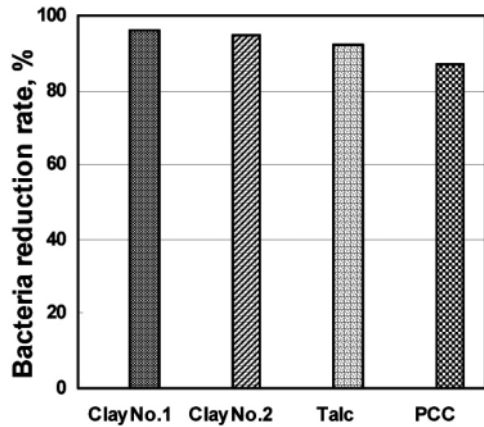


Figure 11. Bacteria reduction rate of handsheet produced with Ag-modified fillers against the *Staphylococcus*.

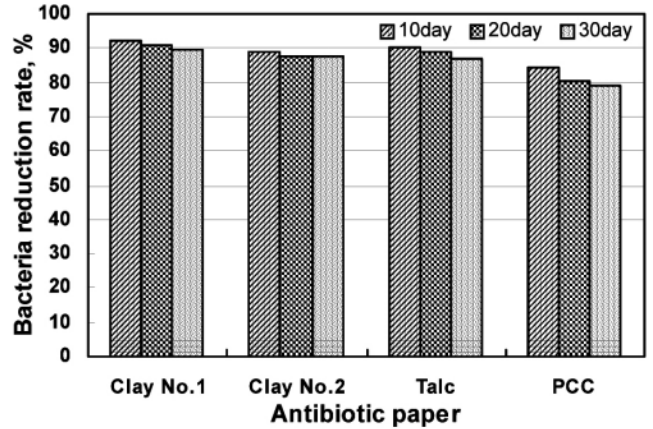


Figure 13. The durability test on the bacteria reduction rate of hand-sheet produced with Ag-modified fillers against the *E. Coli*.

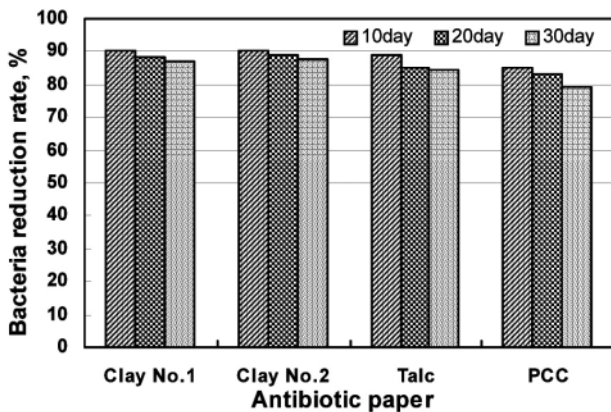


Figure 12. The durability test on the bacteria reduction rate of hand-sheet produced with Ag-modified fillers against the *Listeria*.

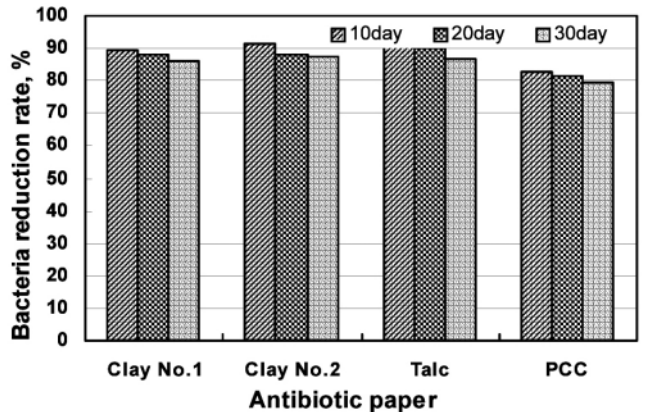


Figure 14. The durability test on the bacteria reduction rate of hand-sheet produced with Ag-modified fillers against the *Staphylococcus*.

균을 분주하여 배양한 후 일정 시간동안 배지에 생성되는 Colony 균수를 세어 균의 감소율을 측정하였으며[11], 그 결과를 Figure 9~11에 나타냈다. Figure 9는 *Listeria* 균에 의한 항균기능성 특수지의 항균 감소율을 나타낸 결과이다. Ag 용액으로 표면개질 처리된 Clay No.1으로 제조된 특수지의 경우 98% 이상의 멸균감소율을 나타냈으며 다른 표면개질 처리된 무기안료로 제조된 특수지의 경우도 95% 이상의 높은 항균 활성을 나타냈다. Figure 10 및 11의 *E. Coli*와 *Staphylococcus*에서도 유사한 경향을 나타냈으나, 대체적으로 Ag 용액으로 표면개질 처리한 Clay No.1 충전제를 이용하여 제조한 특수지가 우수한 항균활성 능력을 나타냈다.

3.3.3. 항균기능성 특수지의 항균지속성 검색

Inhibition growth test 및 정균감소법에 의한 항균특성 결과에 나타난 바와 같이 항균기능성 무기안료로 제조된 특수지의 항균 활성은 해당 균의 접촉 시 초기 항균력은 87~98%까지 매우 높은 항균 특성을 보였다. 본 실험에서는 항균기능성 특수지의 항균활성에 대한 지속 능력을 검색함으로써 무기 항균제로서의 지속성과 내구성을 검증하였다. 지속성 검증 결과, 일반 유기항균제의 경우 시간 경과에 따라 항균 지속성과 내구성이 저하되는 문제점이 있으나[12], Ag 나노콜로이드를 표면개질 처리한 경우 30일 경과 후에도 항균력이 크게 변화되지 않음을 확인할 수 있었으며, 그 결과를 Figure 12~14에 나타냈

다. 각각의 균에 대한 항균력 지속성 결과는 전반적으로 Clay를 이용하여 제조한 특수지가 가장 우수한 항균 지속성을 나타냈다. 이러한 결과는 Clay의 입자상이 판상 형태로서 균과의 접촉 면적이 넓고 Ag 나노 콜로이드 입자의 습식표면처리 과정에서 보다 효율적인 표면개질이 이루어졌기 때문으로 사료된다[13]. 이와 같이 항균력 지속성 평가는 장기간 항균특성이 요구되는 생활 용품 및 건축자재, 섬유제품 또는 의료 위생용품 등의 분야에 효과적일 것으로 사료된다.

3.4. 기능성 항균지의 VOCs (Volatile Organic Compounds) 제거 효율 평가

Figure 15에 나타난 바와 같이 항균기능성 특수지의 광촉매 효과는 휘발성 유기화합물인 benzene의 광분해 효율 평가 시 반응시간 80 min 동안 50~60%의 제거효율을 나타내었다. 또한 40 min 이후부터는 분해반응 효율 곡선이 지수곡선이 아닌 직선의 형태로 나타나고 있다.

이는 촉매로 사용된 TiO₂에 빛이 조사되면서 발생한 전자(e⁻)와 정공(h⁺)은 각각 공기 중의 O₂ 및 H₂O와 반응을 일으켜 산화탄 표면에 2종의 활성산소를 생성하여 높은 산화, 환원 전위를 나타내며 VOCs를 제거하는 것으로 사료된다[11,12]. 또한 40 min 이후부터는 분해반응 효율 곡선이 지수곡선이 아닌 직선의 형태로 나타나고 있다. 이와 같은 결과는 Langmuir-Hinshelwood kinetics를 잘 따르고 있는

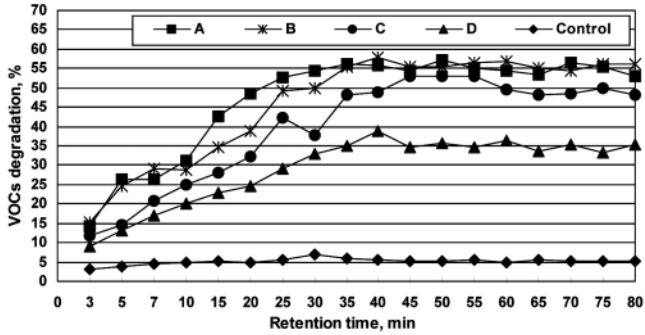


Figure 15. VOCs degradation efficiency of handsheet and coated paper produced with Ag and TiO₂-modified filler [A: handsheet (produced with Clay No.1), B: handsheet (produced with Clay No.2), C: handsheet (produced with Talc), D: Coated paper (produced with PCC), Control: handsheet (produced with non-modified Clay No.1)].

것으로 사료되는데[12], 분해효율 곡선의 후반부에서 광분해 효율곡선이 평행하게 나타나는 이유는 초기에 주입된 benzene이 CO₂와 H₂O로 분해되어 광촉매가 coating된 분체 주위에 머무름으로서 나중에 주입된 benzene이 광촉매와 접촉하여 반응하지 못하면서 발생하는 결과라 사료된다[13].

이와 같은 결과는 항균기능성 무기안료 자체의 광분해 효율에 비해서는 낮은 결과를 나타냈지만, 실제 건축물이나 각종 건축자재에서 발생하는 휘발성 유기화합물의 방산량은 1 ppm 미만의 소량이므로 본 실험에서 제조한 항균기능성 특수지를 통한 VOCs 탈취 효과는 긍정적으로 판단된다.

3.5. 항균기능성 특수지의 벽지 적용성 평가

3.5.1. Halo Test에 의한 평가

제조한 항균기능성 특수지를 벽지로 적용하기 위하여 halo test에 의한 항균성 평가를 실시하였다. Figure 16 및 17은 표면제질 처리한 제지용 무기안료로 제조한 항균기능성 특수지 위에 시판되고 있는 상

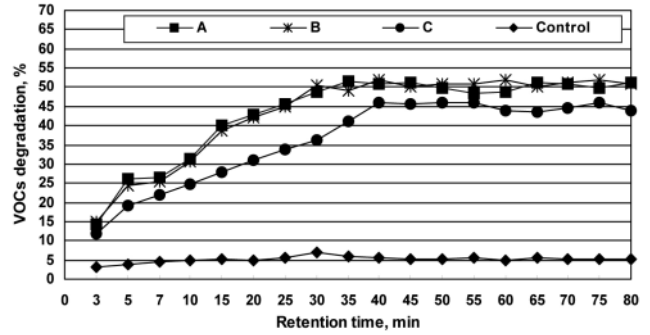


Figure 18. VOCs degradation efficiency of handsheet and coated paper produced with Ag and TiO₂-modified filler [A: commercial wall paper specimen on the handsheet (produced with Ag-modified Clay No.1), B: commercial wall paper specimen on the handsheet (produced with Ag-modified Clay No.2), C: commercial wall paper specimen on the handsheet (produced with Ag-modified Talc), Control: handsheet (produced with non-modified Clay No.1)].

업용 벽지를 부착한 후 측정된 halo test 결과이다. 해당 균주들에 대해 시험편 주위로 선명한 clear zone이 형성됨을 관찰할 수 있었다. 이와 같은 결과는 Ag 콜로이드내의 thiol (sulphydryl, -SH) 그룹[14]이 균들 내부의 세포벽과 DNA[15,16]를 손상시킴으로서 세균의 단백질 변성을 일으키고 활성화를 막아 결국 세포를 파괴하는 역할을 하는 것으로 사료된다[17,18].

3.5.2. VOCs (Volatile Organic Compounds) 제거효율 평가

Figure 18에서와 같이 benzene의 광분해 효율실험에서 반응시간 80 min 동안 45~50% 정도의 제거 효율을 나타내었다. 이러한 결과는 항균기능성 특수지뿐만 측정된 결과에 비해서는 광분해 효율이 낮은 결과를 나타냈지만, 실제 건축물 또는 건축자재에서 발생하는 휘발성 유기화합물의 양은 1 ppm 미만의 극소량이므로 본 실험에서 제조한 항균기능성 특수지를 통한 VOCs 탈취가 가능할 것으로 판단된다. 또

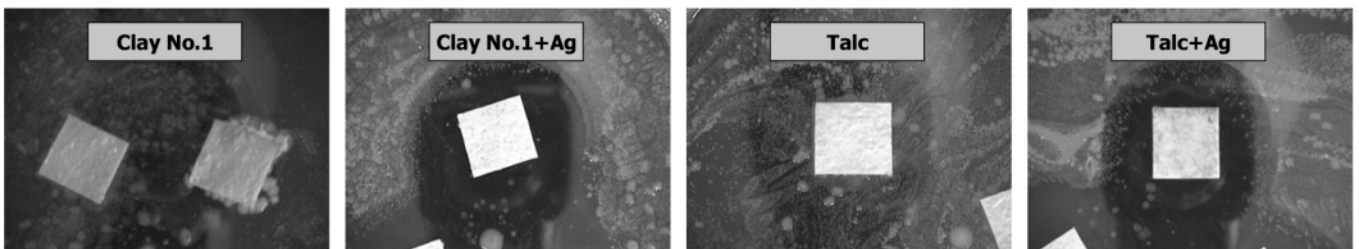


Figure 16. Halo test of commercial wall paper specimen on the handsheet produced with Ag-modified Clay and Talc against the *Listeria monocytogenes* ATCC 19116.

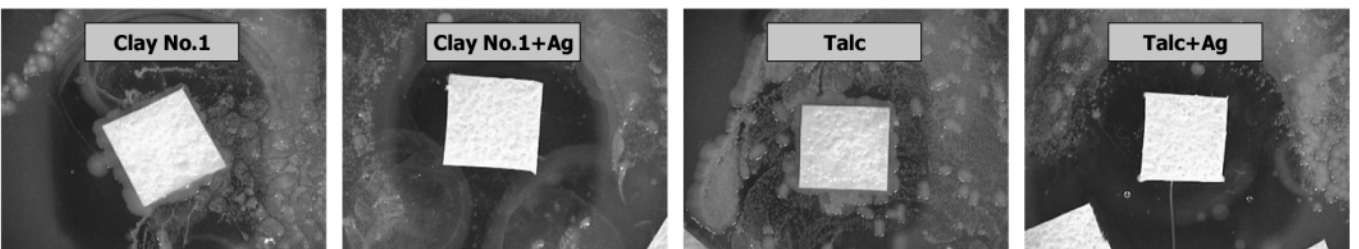


Figure 17. Halo test of commercial wall paper specimen on the handsheet produced with Ag-modified Clay and Talc against the *Escherichia Coli* KCTC 1924.

한 항균기능성 특수지만으로 측정된 결과에 비해 상업용 벽지를 제조한 특수지에 부착한 후 측정하였을 때 VOCs 제거효율이 저하되었으며, 이는 항균기능성 특수지 표면 위에 부착되어 있는 벽지가 피막층을 이루어 효과적인 광촉매 작용을 이루지 못한 결과라 사료된다.

4. 결 론

본 연구에서는 제지용 무기안료를 표면에 항균기능과 광촉매 탈취 기능을 부여하기 위해 Ag 용액과 TiO₂로 표면 개질하여 항균기능성 무기안료를 제조하고, 이를 이용하여 항균기능성 특수지를 제조 후 항균특성을 평가하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 제조한 항균기능성 특수지의 광학적 특성으로서 기능성 무기안료로 제조한 특수지가 표면개질 처리하지 않은 충전제를 이용하여 제조한 수초지 및 도공지에 비해 백색도 및 불투명도를 향상시키는 효과를 나타냈다.

2) 표면개질 제지용 무기안료로 제조된 기능성 항균지의 항균특성 평가는 halo test에서 해당 균주들에 대해 항균지 샘플 주위로 선명한 clear zone이 형성됨을 관찰할 수 있었으며, 균들의 생육 저해 효과를 확인하는 방법인 MIC bioscreen C를 이용한 inhibition growth test에서는 해당 균주에서 시간이 증가함에 따라 균의 성장이 억제되는 결과를 얻을 수 있었다.

3) 제조된 기능성 항균지의 벽지 적용시 휘발성 유기화합물의 분해에 있어 benzene의 광분해 효율실험에서 반응시간 80 min 동안 45~50% 정도의 효율을 나타내었다.

따라서 상기의 연구 결과를 바탕으로 무기안료의 표면개질법을 이용하여 항균성 및 탈취 기능을 갖는 복합 기능성 특수지의 제조가 가능함을 확인할 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(R01-2003-000-10816-0)의 지원에 의해 수행되었습니다. 연구비 지원에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. A. Fujishima and T. N. Rao, *Pure Appl. Chem.*, **70**, 2177 (1998).
2. J. H. Cho and Y. W. Lee, *Theories and Applications of Chem. Eng.*, **10**, 1502 (2004).
3. Powder surface modification. NARA MACHINERY CO., LTD.
4. J. H. Cho, Y. W. Lee, H. J. Kim, and J. M. Lee, *J of the Korean Institute of Chem. Eng.*, **16**, 385 (2005).
5. J. H. Cho and Y. W. Lee, *Proc. 43rd Intern. Symp. Powder Science Tech.*, 71 (2005).
6. K. S. Kim, K. U. Bae, and C. Y. Park, *Theories and Applications of Chem. Eng.*, **7**, 107 (1996).
7. J. H. Cho and D. J. Min, *Theories and Applications of Chem. Eng.*, **6**, 3569 (2000).
8. H. J. Kim, J. U. Un, J. H. Kim, and T. S. Sae, *Theories and Applications of Chem. Eng.*, **18**, 28 (2000).
9. R. M. Alberici and W. F. Jardin, *Appl. Catalysis B.*, **14**, 55 (1997).
10. J. H. Cho, D. J. Min, Y. Ushijima, and T. I. Yoo, *Workshop Series of Chem. Eng.*, **2**, 86 (2001).
11. J. H. Cho, D. J. Min, J. M. Lee, and K. Hamada, *Theories and Applications of Chem. Eng.*, **19**, 13 (2001).
12. J. H. Cho and D. J. Min, *J of the Korean Institute of Chem. Eng.*, **39**, 745 (2001).
13. J. Zhao and X. Yang, *Building and Environment*, **38**, 645 (2003).
14. C. A. Flemming, *Appl. Environ. Microbial.*, **56**, 3191 (1990).
15. S. Y. Liao and L. Lett, *Appl. Microbial.*, **25**, 279 (1997).
16. Q. L. Feng, *J. Biomed. Mater. Res.*, **52**, 662 (2000).
17. C. L. Fox, *Antimicro. Agents Chem.*, **5**, 528 (1974).
18. S. M. Modak, *Biochem. Pharmacol.*, **22**, 2391 (1974).