

플라스틱제품의 미생물 영향평가 방법에 관한 연구

Studies on the Testing Methods for Antimicrobial Activity of Plastic Products

정밀화학과 공업연구사 명영찬

02) 509-7228 yomyoung@ats.go.kr

The quantitative antibacterial activities of plastic products treated with antimicrobial materials like as scrubber, rubber glove, wallpaper, and floor sheets were estimated by shake flask method or film attachment method. Used bacteria were *Escherichia coli* ATCC 25922, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, *Staphylococcus aureus* ATCC 6538, and *Bacillus subtilis* ATCC 6633 for industrial materials, and *Escherichia coli* O157 ATCC 43895, *Klebsiella pneumoniae* ATCC 4352, *Salmonella typhimurium* KCTC 1925, and Methicillin Resistance *Staphylococcus aureus*(MRSA) ATCC 33592 for living goods. Antifungal activities were determined by the test of fungus resistance based on international standards. The removal rates of test microorganisms on the surface of living goods were over 99 % however the rates on industrial materials were varied with

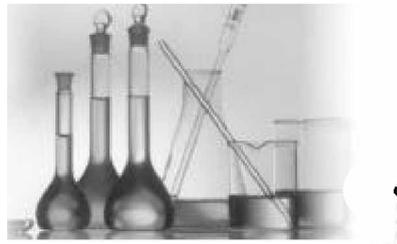
bacteria used. As the specimens were treated with durability (or leaching), the survival rate of microorganisms was generally reduced, particularly to the industrial materials. The fungal resistant activities of plastics were similar to the results of bacterial tests.

Key words : Antibacterial activity, Antifungal activity, Standards

■ 서론

플라스틱 원료나 이들로 제조된 제품에 대한 미생물의 영향을 평가하는 것은 인체에 유해한 미생물의 영향이나 제어의 특성을 평가하기 위한 중요한 기반기술이다.

플라스틱이나 플라스틱 제품들은 박테리아나 곰팡이 등의 미생물과 접촉하기 쉬우며 이러한 미생물들이 성장하기 적합한 온도, 습도 등의 환경조건에 노출되어 이로 인하여 플라스틱 원료나 제품들의 외형의 변화, 오염, 열화, 약취 등을 발생하며 알러르기 등 인체에 유해한 영향을 미치는 등 2차



연구보고

오염을 유발시킬 수 있다[8]. 이러한 문제를 방지하기 위하여 항균성이 부여된 원료나 제품들이 개발되고 있다.

일반적으로 사용되고 있는 항균제는 무기계와 유기계로 나눌 수 있다. 무기 항균제는 무기계 담체에 항균효과를 지닌 은, 구리, 아연 등의 금속을 담지시키는 것으로 제올라이트 (zeolite), 실리카 (silica), 인산칼슘, 인산 지르코늄 (zirconium), 산화 아연 등을 주로 모체로 사용한다[17]. 유기계는 질소나 유황 등을 함유한 복소환계, 할로겐함유계 등 다양한 종류가 개발·사용되고 있으며[17], 최근에는 유기계와 무기계 항균제를 결합한 hybrid 항균제를 사용하는 경우도 있으며 키토산 등 천연 항균제도 개발되고 있다.

무기 항균제는 내열성이 우수하여 플라스틱의 가공 온도에서도 분해되지 않으며 안정성이 높다는 장점이 있으나 유기계에 비하여 효과가 떨어지며 첨가량이 많아 경제성이 적다. 또한 은계의 경우 플라스틱 첨가제와 상호작용으로 변색되는 경우가 있다. 유기 항균제는 다양한 종류가 있으며 소량 첨가에도 높은 효과를 나타내고 경제성이 우수하지만 내열성이 떨어지는 것이 많아 가공시 열변색, 승화·기화 등에 의한 환경오염을 유발할 수도 있다.

항균제를 실용화하기 위해서는 새로운 항균물질의 개발, 물질의 특성, 사용용도 및 환경조건에 적합한 항균제종을 개발하여야 하며 항균제와 항균제 종의 항균성, 안정성 및 환경에 미치는 영향을 평가하기 위한 실험방법이 정립되어야 한다. 현재 국제적인 항균성 평가 시험규격 (ISO (International

Organization for Standardization), ASTM (American Society for Testing and Material), BS (British Standard), SN (Schweizer Norm), JIS (Japanese Industrial Standard) 등)이 제정되어 있으나 우리나라에서는 아직 항균·항곰팡이성 실험방법에 관한 규격이 거의 없는 실정으로 본 연구에서는 우리나라의 실정에 적합한 항균·항곰팡이성 평가 시험규격을 제정하기 위하여 기존의 실험방법과 외국의 규격을 토대로 한 실험을 실시하고 그 초안을 제시하고자 한다.

■ 재료 및 방법

실험에 사용된 박테리아와 곰팡이 균 (Used bacterial strains and fungi) 본 실험에서 사용된 미생물은 생명공학연구소 내 유전자은행 (Korean Collection for Type Cultures, KCTC)에서 구입하였으며, 산업자재에 대한 실험에는 *Escherichia coli* ATCC 25922, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, *Staphylococcus aureus* ATCC 6538, *Bacillus subtilis* ATCC 6633, 생활용품의 경우 *Escherichia coli* O157 ATCC 43895, *Klebsiella pneumoniae* ATCC 4352, *Salmonella typhimurium* KCTC 1925, MRSA ATCC 33592 를 사용하였다. 곰팡이 실험에서는 *Aspergillus niger*, *Penicillium funiculosum*, *Paecilomyces variotii*, *Trichoderma viride*, *Chaetomium globosum*, *Penicillium pinophilum*, *Gliocladium virens*, *Aureobasidium pullulans* 등의 포자 현탁액을 접종원으로 사용하였다.

시험시료 (Used specimen) 서울 근교 백화점

이나 대형 할인매장에서 쉽게 구입할 수 있는 평균 처리된 계몽 중 산업자재로는 3 개사의 4 종류의 벽지, 2 개사의 4 종류의 바닥장식제, 5 개사의 6 종류의 필터를 선별하여 총 14 개 품목을 실험하였으며, 생활용품으로는 고무장갑 6 종류, 수세미 4 종류, 도마 4 종류와 랩 3 종류 총 17 개 품목을 대상으로 실험하였다.

Shake flask method 각 균주를 3ml의 Nutrient broth (bacto peptone 5.0g, beef extract 3.0g, water up to 100ml, Difco Co., USA)에 접종한 다음 37°C에서 24 시간 동안 배양한 후 미생물의 수가 약 10^8 CFU per ml이 되도록 희석한다. 70% 에탄올로 세척한 시험시료를 10mm X 10mm 크기로 잘라 UV로 멸균시킨 다음 70ml의 phosphate buffer (pH 7.0)가 들어있는 250ml 삼각 플라스크에 넣고 희석액을 계접종한 다음 37°C에서 150 rpm으로 24 시간 동안 배양한 다음 1ml을 취하여 Nutrient 한천배지에서 37°C에서 24 시간 동안 배양한 후 colony counter(Suntext, Taiwan)를 이용하여 균수를 측정한다. 정량적인 평가를 하기 위하여 대조시료와의 감소율을 계산한다.

필름 부착법 (Film attachment method) 시험시료를 50 ± 2 mm 정도 (두께 10mm 내외) 크기로 잘라 표면을 70% 에탄올로 씻어낸 후 미생물 배양액 0.5ml을 취하여 시험시료 표면에 접종한 다음 피복필름 (Stomacher)을 밀착시킨 다음 페트리 디쉬 (petri dish)에 담아서 37°C, 상대습도 90% 이상 조건에서 24 시간 동안 배양한다. 대조시료도 동일한 방법으로 준비한다. 배양 후 20ml

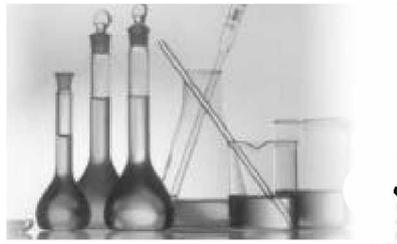
의 phosphate buffer solution을 시험시료가 담겨 있는 페트리 디쉬에 넣어 시험시료로부터 균액을 추출한 다음 serial dilution 한다. 각각 1ml씩을 채취하여 melting nutrient agar medium 약 15ml과 혼합하여 응고시킨 다음 37°C에서 24 시간 동안 배양시킨 후 다음 식을 이용하여 생균수를 계산한다.

$$M = Z \times R$$

여기서, M은 생균수, Z는 세균의 집락수, R은 희석배율이다.

곰팡이에 대한 저항성 실험방법 ASTM G21[10]에서는 시험시료를 50mm X 50mm 크기로 잘라 Nutrient 한천배지 위에 올려놓고 위의 5 종류 곰팡이의 포자 혼합현탁액을 atomizer를 이용하여 시험시료와 대조시료 위에 살포한 후 30°C, 상대습도 85%에서 일정기간 이상(최소 21일) 배양하면서 매주 생육상태를 육안으로 확인하여 시험시료 표면 위에 전혀 균이 성장하지 않은 경우, 0, 시료 전체면적의 10% 미만으로 균이 성장한 경우, 1, 10-30% 정도 성장한 경우, 2, 30-60% 정도 성장한 경우, 3, 시료 전체면적의 60% 이상 성장하였거나 완전하게 배지를 덮을 정도로 성장한 경우, 4로 등급을 정한다.

ISO 846[7]은 방법 A와 B로 나누어지는데 방법 A의 경우 탄소원이 없는 불완전 영양배지 (incomplete medium) 위에 50mm X 50mm 크기의 시험시료를 올려 놓고 곰팡이 포자 혼합현탁액을 살포한다. 30°C에서 4주 동안 배양하면서 곰팡이의 성장을 육안과 현미경으로 확인하고 평가



한다. 방법 B에서는 방법 A와 달리 완전 영양배지 (complete medium)에서 실험을 실시한다. 실험 결과는 시험시료 표면 위에 곰팡이 균이 전혀 균이 성장하지 않았을 경우, 0, 육안으로는 확인되지 않으나 현미경으로는 균의 성장이 관찰되는 경우, 1, 시료 전체 면적의 25% 미만을 덮는 정도로 곰팡이 균이 성장한 경우, 2, 50% 미만 성장한 경우, 3, 50% 이상 성장한 경우, 4, 곰팡이 균이 성장하여 시료를 완전하게 덮은 상태를 5로 등급을 정한다.

내구성 (durableness) 평가 내구성 (또는 지속성)을 평가하기 위하여 각각의 시험시료를 다음과 같이 전처리한 다음 내구성 처리하지 않은 시료와 동일한 방법으로 실험한다. 벽지의 경우 Weather O-mether (Ci 35) carbon lamp에 168 시간 동안 노출시키며 바닥장식재의 경우에는 Weather O-mether (Ci 35) xenon lamp와 강수에 168 시간 동안 노출시키며, 수세미는 손세탁 10 회를 실시하고 고무장갑은 168 시간 동안 유수처리 한다.

■ 결과 및 고찰

Antibacterial activity 일반적으로 사용되고 있는 항균성 측정방법 중 하나인 Halo test는 시험대상 박테리아를 Nutrient broth에서 37°C, 24 시간 동안 배양시킨 다음 10mm X 10mm 크기의 시험시료를 올려놓은 Nutrient 한천 배지 위에 도말한 다음 37°C 에서 24 시간 동안 배양하여 생육 저해지대 (zone of inhibition)의 크기를 측정하여 시험시료의 항균성을 평가하는 방법으로서 본 연구에서 사용되는 모든 시험시료 총 17 종류에 대하여 Halo test를 실시한 결과 (data not shown)

도마, 랩, 그리고 filter 시료의 실험에서는 전혀 생육저해지대가 형성되지 않아 항균성이 없는 것으로 판단되었으며, Halo test 실험만으로는 플라스틱 제품의 항균성에 관한 정량적인 평가가 어렵다는 사실을 알게 되었다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 본 연구에서는 시험시료의 형태에 따라 Shake flask 방법과 표면에 film을 부착시킬 수 있는 시료인 바닥장식재에 대해서 필름일착법 (Film attachment)을 실시하였다.

생활용품 플라스틱 제품에 대한 박테리아의 영향평가 실험에서의 초기 균수는 평균 1.9×10^4 CFU per ml (*E. coli* $0-157$ 3.5×10^0 CFU per ml, *K. pneumoniae* 9.6×10^0 CFU per ml, *S. typhimurium* 2.4×10^4 CFU per ml, MRSA 3.9×10^4 CFU per ml), 산업자재 실험에서는 2.6×10^8 CFU per ml (*E. coli* 1.4×10^8 CFU per ml, *P. aeruginosa* 5.1×10^8 CFU per ml, *B. subtilis* 8.6×10^8 CFU per ml, *S. aureus* 3.1×10^8 CFU per ml) 이다.

생활용품 시험시료인 고무장갑 2종류의 실험결과 실험대상 박테리아의 종류에 관계없이 모두 대조시료 ($2-4 \times 10^8$ CFU per ml) 대비 99% 이상의 미생물 제거율을 나타냈다(시료 C: 99.35 - 99.99%, 시료 M: 99.57 - 99.98%, Fig. 1). 다른 생활용품 시료인 수세미의 실험결과에서도 시험시료의 표면에서 균이 거의 자라지 않는 것을 확인할 수 있었다 (시료 T의 표면에서의 박테리아 제거율: 98.99 - 99.97%, 시료 L: 99.33 - 99.97%, Fig. 1).

산업자재중 하나인 벽지에 대한 Shake flask 실험결과를 살펴보면 시험시료 S의 경우 생활용품

실험결과와 마찬가지로 실험대상 박테리아와 상관 없이 대조시료 대비 ($8 \times 10^5 - 3 \times 10^7$ CFU per ml) 99% 이상의 박테리아 제거율을 나타내었으나 시험시료 SA는 실험대상 박테리아중 *S. aureus*에 대한 실험에서만 99% 이상의 미생물 제거율을 보였으며, *P. aeruginosa* 실험에서는 30% 미만, *E. coli*와 *B. subtilis*의 실험에서는 아무런 균의 감소가 나타나지 않았다(Fig. 2). 필름막착법으로 실험한 바닥장식계의 실험결과 또한 벽지와 마찬가지로 실험대상 미생물에 따라 큰 차이를 나타내는데 시험시료 L의 실험에서는 *P. aeruginosa*와 *S. aureus*에 대한 실험에서만 대조시료 대비 ($2 \times 10^4 - 8 \times 10^6$ CFU per ml) 약 99% 정도의 미생물 제거율을 나타냈으며 *E. coli* (50%)와 *B. subtilis* (23%)의 실험에서는 현저하게 낮은 미생물 제거율을 나타내었다. 시험시료 H의 실험에서는 *E. coli*와 *S. aureus*에 대한 실험에서만 대조시료 대비 99% 이상의 미생물 제거율을 얻을 수 있었으며 *P. aeruginosa*의 실험에서는 비교적 낮은 미생물 제거율 (85%)을 보이며, *B. subtilis*의 실험에서는 어떠한 균의 감소도 나타나지 않았다(Fig. 3).

항균성이 얼마나 지속되는가를 알아보기 위하여 실시한 내구성 처리된 시험시료와 처리하기 이전의 시험시료에 대한 실험결과를 비교해 보면 생활용품의 경우에는 내구성 처리 전·후의 미생물 제거율이 거의 유사하게 99% 이상을 유지하였으며(Fig. 1), 내구성 처리된 산업자재의 항균성은 전체적으로 내구성 처리 이전보다 낮은 것으로 판명되었다(Fig. 2, Fig. 3).

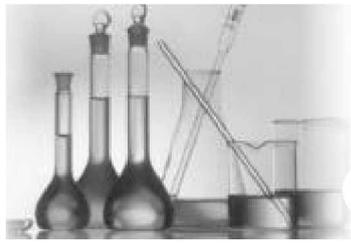
Antifungal activity 우리나라의 항곰팡이성 시험방법으로는 곰팡이의 저항성 시험방법(KS A 0702)이 제정되어 있으나 제정된 이후 많은 시간이 지남에 따라 상당부분 실험에 적합하지 않은 현실이다. 이러한 문제점을 보완하기 위하여 본 연구에서는 ASTM G21, ISO 846 등 국제규격에 근거한 방법으로 실험을 실시하였다.

ASTM과 ISO A 실험에서와 같이 영양분이 없는 불완전 한천배지 뿐만 아니라 영양 한천배지를 사용(ISO B) 하여 곰팡이에 대한 영향 평가 실험을 실시하여 플라스틱 제품들이 곰팡이의 영양원으로 이용되는가 또는 곰팡이의 대사물질에 의하여 플라스틱 제품들이 손상되는가를 확인할 수 있다.

생활용품의 실험결과를 우선 살펴보면 영양분이 없는 한천배지에서 3주 동안 배양한 ASTM 실험에서는 곰팡이 균이 전혀 성장하지 않았다(Fig. 4). 또한 ISO A 실험에서도 곰팡이균의 성장은 거의 나타나지 않았다(고무장갑 시료 C의 윗표면의 4주후 결과 제외, Fig. 5). 그러나 ISO B 실험에서는 실험 실시후 2주가 지나면서부터 곰팡이균의 성장을 확인할 수 있었다(Fig. 6).

내구성 처리 전·후의 시험시료에 대한 항곰팡이성 실험을 실시한 결과 실험 초기에는 내구성 처리에 의한 아무런 영향이 나타나지 않았으나 실험기간이 길어질수록(3-4주 실험결과) 항곰팡이성 약간 떨어지는 것으로 나타났다.

항균성 실험에서도 나타난 바와 같이 항곰팡이성 실험에서도 생활용품에 비하여 산업자재의 항균력이 낮은 것으로 평가된다. 본 연구에서 항균력이 가장 낮은 것으로 평가되는 벽지 시료 SA의 항



곰팡이성 실험결과 ASTM (Fig 7), ISO A (Fig 8)와 B (Fig 9) 실험 모두 실험을 시작하고 1주 이내에 시험시료 표면에서 곰팡이균이 성장하는 것을 확인할 수 있었으며 완전하게 표면을 덮을 정도로 성장하였으며 내구성 처리한 시료에서는 보다 빠른 곰팡이균의 성장이 나타났다. 벽지 시료 S의 실험에서는 실험 초기에는 곰팡이균의 성장을 육안으로 확인할 수 없었으나 배양시간이 2주 이상 길어지면서 곰팡이균의 성장을 육안으로 확인할 수 있었다. 내구성 처리한 시료에서는 항균력이 현저하게 낮아져서 실험 초기부터 시험시료 표면에서 곰팡이균의 성장을 확인할 수 있었다. 바닥장식재 시료 L과 H의 곰팡이에 대한 저항성 평가 실험 중 ASTM (Fig 7) 실험에서는 곰팡이균이 거의 성장하지 않았으며, ISO A (Fig 8) 실험 실시 결과 시료 L의 표면에서는 곰팡이균이 전혀 성장하지 않았으나 시료 H에서는 실험 실시 후 2주부터 조금씩 곰팡이균의 성장을 확인할 수 있었으며, ISO B (Fig 9) 실험 실시 후 시료 L과 H의 표면에서 곰팡이균의 성장을 육안으로 확인할 수 있었다.

현재 시판되고 있는 항균제품들은 항균제의 종류, 대상 미생물, 항균제의 안정성 및 내구성 (또는 지속성)에 관한 정확한 표기가 미흡하며, 플라스틱 원료나 제품들에 대한 적합한 평가방법이 규격화 되어있지 않아서 정당한 평가를 받지 못하고 있는 실정이다. 앞으로 본 연구결과를 토대로 하여 플라스틱에 대한 박테리아 및 곰팡이에 대한 최적의 영향평가 방법을 규격화하여 활용하고자 한다.

■ 요약

항균처리된 수세미, 고무장갑 등의 생활용품의 항균성 (antibacterial activities)을 측정하기 위하여 균주 *Escherichia coli* O157 ATCC 43895, *Klebsiella pneumoniae* ATCC 4352, *Salmonella typhimurium* KCTC 1925와 Methicillin Resistance *Staphylococcus aureus* (MRSA) ATCC 33592를 사용하여 Shake flask 방법으로 실험하였으며, 벽지, 바닥장식재 등 산업자재의 경우 *Escherichia coli* ATCC 25922, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, *Staphylococcus aureus* ATCC 6538와 *Bacillus subtilis* ATCC 6633을 사용하여 Film 밀착법으로 항균성을 평가하였다. 곰팡이에 대한 저항성을 평가하기 위해서 5 가지 곰팡이의 포자 현탁액을 사용하였으며 국제 규격을 토대로 하여 실험하였다. 생활용품의 항균성 실험결과 시료 표면에서의 미생물 제거율은 균의 종류에 관계없이 99 % 이상이었으나 산업자재의 경우에는 시험에 사용된 미생물 종류에 따라 큰 차이를 나타내었다. 내구성 처리를 실시한 시료는 내구성 처리 이전의 시료와 비교할 때 일반적으로 항균성이 떨어지는 것으로 나타났으며 특히 산업자재에서 이러한 경향이 뚜렷하게 나타났다. 곰팡이에 대한 저항성 실험결과는 항균성 실험과 유사한 경향을 나타냈다.

감사의 말 (Acknowledgement) 본 연구는 산업자원부 산업기반기술 표준화 과제외 연구비 지원에 의하여 수행되었습니다.

〈참고문헌〉

1. Adams, A. P., E. M. Santschi, and M. A. Mellencamp. 1999. Antibacterial properties of a silver chloride-coated nylon wound dressing. *Vet Surg*, 28: 219 - 225
2. An assessment of the efficacy of fungistatic compounds in plastic formulations, ISO/DIS 1686
3. Antimicrobial products - Test for antimicrobial activity and efficacy, JIS Z 2801-2000
4. Hernandez-Alles, S., M. del C. Conejo, A. Pascual, J. M. Tomas, V. J. Benedi, and L. Martinez-Martinez. 2000. Relationship between outer membrane alterations and susceptibility to antimicrobial agents in isogenic strains of *Klebsiella pneumoniae*. *J. Antimicrobial Chemotherapy*, 46: 273 - 277
5. Method for Determination of the resistance of textiles to microbiological deterioration, BS 6085: 1992
6. Methods of test for fungus resistance, JIS Z 2911-1992
7. Plastics - Evaluation of the action of microorganisms, ISO 846: 1997(E)
8. Ochs, D., Antimicrobials, *Plastics additives handbook*, pp. 647-680, 5th ed Hanser
9. Sakaguchi T., and S. Sakaguchi. 2000. Availability of antibacterial towels and fabrics against enterohemorrhagic *Escherichia coli*. *Nippon Koshu Eisei Zasshi*, 47:404-410
10. Standard practice for determining resistance of synthetic polymeric materials to fungi, ASTM designation: G21-90
11. Standard test method for determining the antimicrobial activity of immobilized antimicrobial agents under dynamic contact conditions, ASTM designation: E2149-01
12. Textile fabrics determination of the antimycotic activity: Agar diffusion plate test, SN 195921
13. Zhao, Z. H., K. Hasebe, Y. Sakagami, and T. Osaka. 1997. The inhibitory capability of decorative plated coating for the growth of bacteria. *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, 70:1631-1637
14. 곰팡이저항성 시험방법, KS A 0702
15. 직물의 곰팡이 저항도 시험방법: 군사상 침해법 (펄트리 접시법), KS K 0691-1997
16. 직물의 향균도 시험방법, KS K 06932001
17. 한국 플라스틱기술 정보센터, 2001, 알기쉬운 플라스틱 배합제 pp. 152-164 한국 플라스틱기술 정보센터

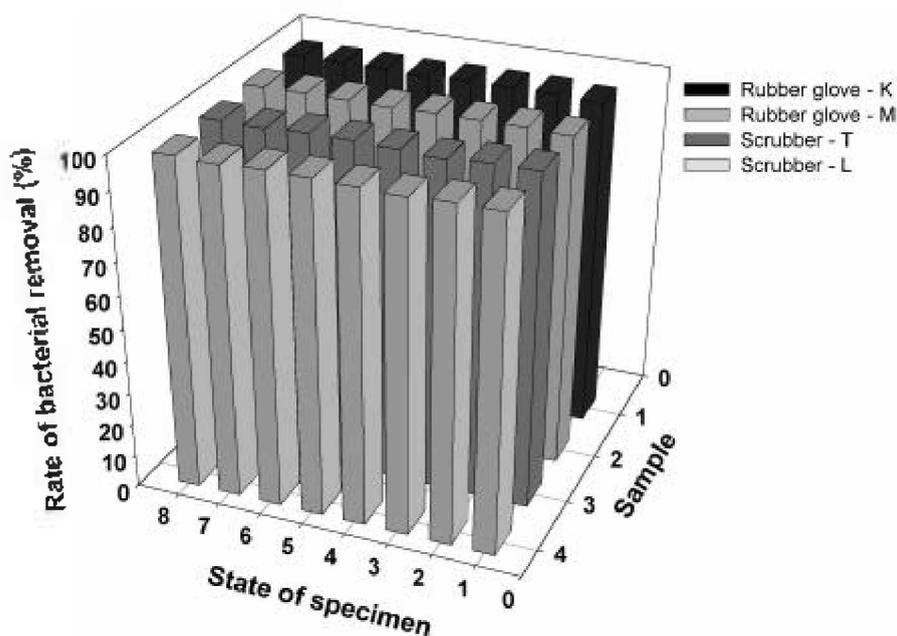
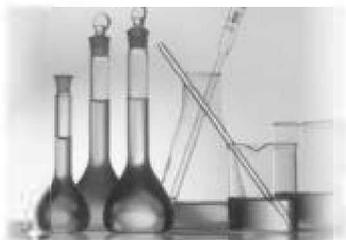


Fig. 1. Shake flask method for living goods State of specimen 1(estimated *Escherichia coli* O-157), 2(estimated by *Klebsiella pneumoniae*), 3(estimated by *Salmonella typhimurium*), and 4(estimated by Methicillin Resistance *Staphylococcus aureus*) are the same as received. Specimen 5(estimated by *Escherichia coli* O-157), 6(estimated by *Klebsiella pneumoniae*), 7(estimated by *Salmonella typhimurium*), and 8(estimated by Methicillin Resistance *Staphylococcus aureus*) are the samples after leaching.

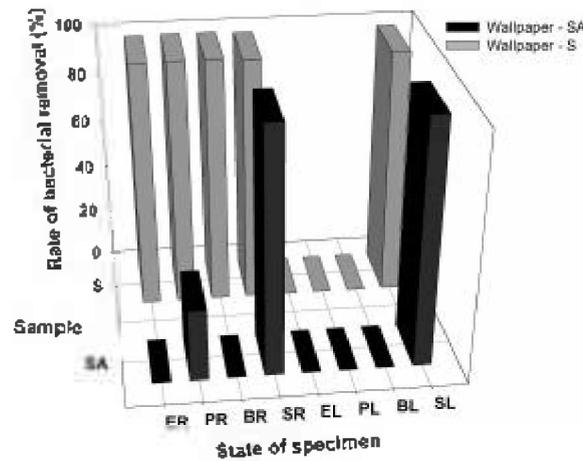


Fig. 2. Shake flask method of industrial materials E: estimated by *Escherichia coli*, estimated by *Pseudomonas aeruginosa*, B: estimated by *Bacillus subtilis*, S: estimated by *Staphylococcus aureus* at 30°C, for 24 hrs, R: specimen as received, L: specimen after leaching

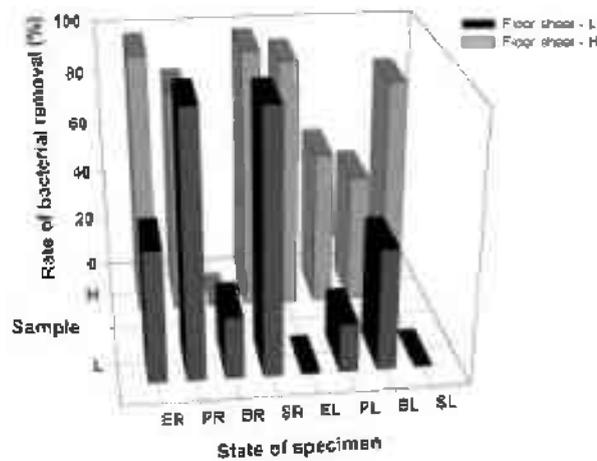


Fig. 3. Film attachment method for floor sheets E: estimated by *Escherichia coli*, estimated by *Pseudomonas aeruginosa*, B: estimated by *Bacillus subtilis*, S: estimated by *Staphylococcus aureus* at 30°C, for 24 hrs, R: specimen as received, L: specimen after leaching

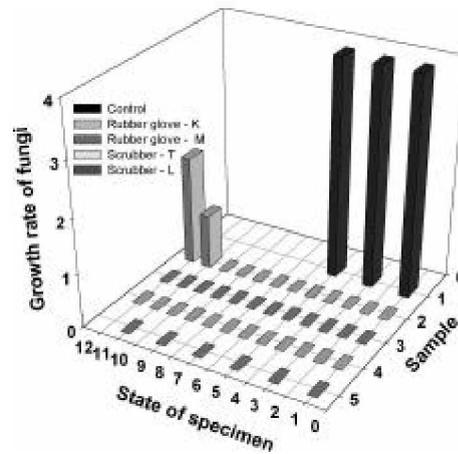
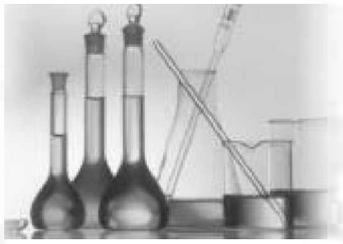


Fig. 4. Fungal growth on living goods according to ASTM G-21 Specimen 1 (RO), 2 (LO), and 4 (LI) are the state of incubation for one week, 5 (RO), 6 (RI), 7 (LO), and 8 (LI) for two weeks, 9 (RO), 10 (RI), 11 (LO), and 12 (LI) for three weeks, at 30°C, relative humidity 89%, R: specimen as received, L: specimen after leaching, O: tested on outside of specimen, I: tested on inside of specimen

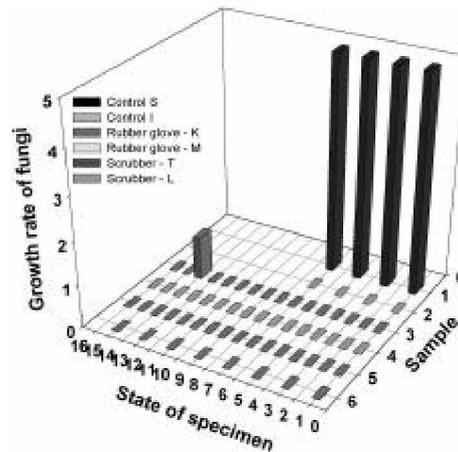


Fig. 5. Fungal growth on living goods according to ISO 846 A Specimen 1 (RO), 2 (RI) (LO), and 4 (LI) are the state of incubation for one week, 5 (RO), 6 (RI), 7 (LO), and 8 (LI) for two weeks, 9 (RO), 10 (RI), 11 (LO), and 12 (LI) for three weeks, 13 (RO), 14 (RI), 15 (LO), and 16 (LI) for four weeks, at 30°C, R: specimen as received, L: specimen after leaching, O: tested on outside of specimen, I: inside of specimen

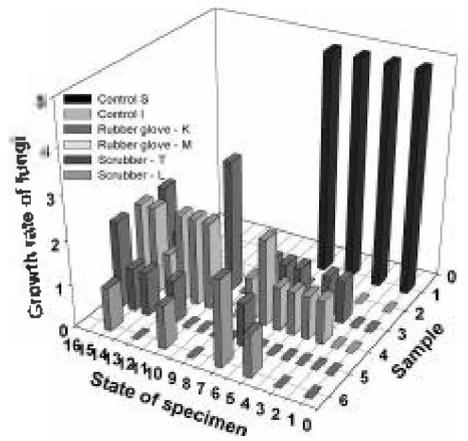


Fig. 6. Fungal growth on living goods according to ISO 846 B Specimen 1(RO), 2(RI (LO), and 4(LD) are the state of incubation for one week, 5(RO), 6(RD), 7(LO), and 8 (LD) for two weeks, 9(RO), 10(RD), 11(LO), and 12(LD), for three weeks, 13(RO), 14(RD), 15 (LO), and 16(LD) for four weeks, at 30°C, R: specimen as received, L: specimen after leaching, O: tested on outside of specimen, I: inside of specimen

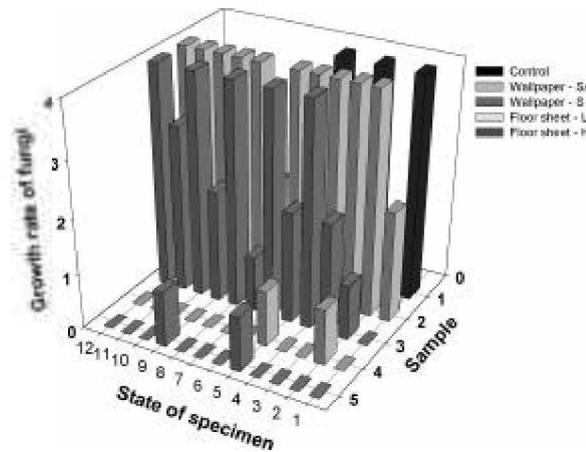
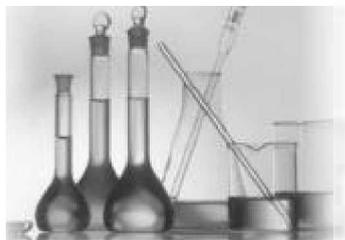


Fig. 7. Fungal growth on industrial materials according to ASTM G21 Specimen 1(RC (RD), 3(LO), and 4(LD) are the state of incubation for one week, 5(RO), 6(RD), 7(LO), and 8(LD) for two weeks, 9(RO), 10(RD), 11(LO), and 12(LD), for three weeks, at 30°C, relative humidity 85%, R: specimen as received, L: specimen after leaching, O: tested on outside of specimen, I: tested on inside of specimen



연구보고

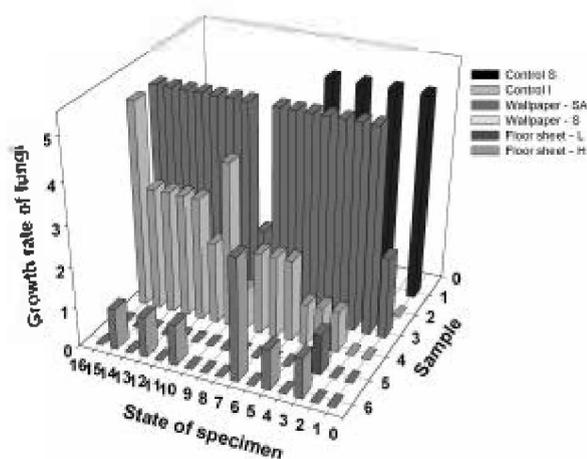


Fig. 8. Fungal growth on industrial materials according to ISO 846 A Specimen 1(RC (RD, 3(LO), and 4(LD) are the state of incubation for one week 5(RO), 6(RD, 7(LO), and 8(LD) for two weeks, 9(RO), 10(RD, 11(LO), and 12(LD), for three weeks, 13(RO), 14 (RD, 15(LO), and 16(LD) for four weeks, at 30°C, R: specimen as received, L: specimen after leaching, O: tested on outside of specimen, I: inside of specimen

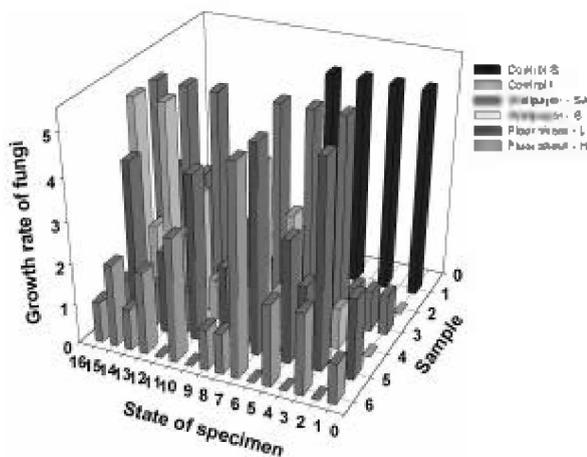


Fig. 9. Fungal growth on industrial material according to ISO 846 B Specimen 1(RC (RD, 3(LO), and 4(LD) are the state of incubation for one week 5(RO), 6(RD, 7(LO), and 8(LD) for two weeks, 9(RO), 10(RD, 11(LO), and 12(LD), for three weeks, 13(RO), 14 (RD, 15(LO), and 16(LD) for four weeks, at 30°C, R: specimen as received, L: specimen after leaching, O: tested on outside of specimen, I: inside of specimen ♣