

## 메모리폼과 라텍스 매트리스 재질에 따른 항균 활성 비교 평가

백한비<sup>1</sup>, 김지수<sup>1</sup>, 박지영<sup>2</sup>, 이기영<sup>1,2,\*</sup>  
<sup>1</sup>서울대학교 보건대학원 환경보건학과  
<sup>2</sup>서울대학교 보건환경연구소

## Comparative Evaluation of Antimicrobial Activity of Memory Foam and Latex Mattress Materials

Hanbee Baek<sup>1</sup>, Ji Soo Kim<sup>1</sup>, Ji Young Park<sup>2</sup> and Kiyoun Lee<sup>1,2,\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Environmental Health Sciences, Graduate School of Public Health, Seoul National University

<sup>2</sup>Institute of Health and Environment, Seoul National University

### Abstract

**Objectives:** This study aimed to evaluate and compare the antimicrobial activity of memory foam and latex mattress materials.

**Methods:** Antimicrobial activity was evaluated against four microorganisms: *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli*, and *Candida albicans*. Experiments were conducted under four conditions based on inoculum concentration and the presence of artificial body fluids. Antimicrobial activity values were calculated based on the logarithmic difference in microbial growth between control and test materials.

**Results:** Latex material showed higher antimicrobial activity than memory foam under all test conditions. Antimicrobial activity values for latex were generally greater than 3, corresponding to microbial reduction rates exceeding 99.9%. In contrast, memory foam showed antimicrobial activity values below 1 for most microorganisms, indicating minimal antimicrobial effects. Variations in antimicrobial activity were observed depending on microorganism type and test conditions, although the overall trend of higher antimicrobial activity in latex remained consistent.

**Conclusion:** Mattress material significantly influenced microbial reduction. Latex exhibited strong antimicrobial activity against both bacterial and fungal species, whereas memory foam showed limited antimicrobial activity. These findings suggest that mattress material selection should be considered as a factor in microbial contamination control in sleep environments.

**keywords:** *Mattress, Latex, Memory Foam, Antimicrobial activity*

\* Corresponding author: Kiyoun Lee (cleanair@snu.ac.kr, 02-880-2735)

Department of Environmental Health Sciences, Graduate School of Public Health, Seoul National University, 1 Gwanak-ro, Gwanak-gu, Seoul 08826, Republic of Korea

## Introduction

국민생활시간조사에 따르면 한국인은 하루 중 약 34%의 시간을 수면에 사용한다 [1]. 수면 환경에는 집먼지진드기, 세균, 진균 및 먼지 입자 등 다양한 오염원이 존재하며, 장시간 노출될 경우 알레르기 비염, 천식, 아토피 피부염과 같은 알레르기 질환을 유발하거나 악화시킬 수 있다 [2]. 또한 이러한 오염원에 대한 노출은 수면의 질 저하, 수면호흡장애, 수면시간 단축 등 수면 관련 문제에도 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다 [3, 4]. 따라서, 수면 환경에 존재하는 다양한 오염원을 관리하고 노출을 최소화하는 것이 중요하다.

매트리스는 수면 환경에서 인체와 장시간 밀접하게 접촉하는 생활용품으로, 다양한 생물학적 오염원이 매트리스 표면 및 내부에 축적될 수 있다. 수면 중 배출되는 체액의 축적과 인체에서 전달되는 체열로 인해 고온 다습한 환경이 형성될 수 있으며, 이는 곰팡이의 증식을 촉진하는 요인으로 작용한다 [5]. 또한, 사람의 피부, 구강, 장 등에서 유래한 세균이 매트리스 표면에 낙하하여 부착될 수 있으며 [6], 매트리스의 다공성 구조는 표면에 축적된 미생물이 내부로 침투하기 쉬운 조건을 제공한다. 특히 매트리스는 일반적으로 7-10년 동안 장기간 사용되며 세탁이 어렵기 때문에 사용 기간이 길어질수록 미생물의 축적 및 증식 가능성이 높아질 수 있다. 따라서, 매트리스 환경에서 미생물의 오염 및 증식 특성을 평가하는 것이 필요하다.

매트리스 환경에서 검출되는 미생물은 크게 세균과 진균으로 구분되며, 세균은 다시 그람양성균과 그람음성균으로 분류된다. 선행 연구에서 침실 먼지의 미생물 군집을 분석한 결과, *Staphylococcus*, *Micrococcus*, *Corynebacterium* 등 그람양성균이 우세하게 검출되었으며 [7], 침구에서는 *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp. 등의 진균 또한 주요 구성 미생물로 확인되었다 [5]. 또한, 매트리스 표면에서는 그람양성균에 해당하는 *Staphylococcus aureus*와 그람음성균인 *Klebsiella pneumoniae* 등의 세균이 검출되는 것으로 보고되었다 [8]. 이러한 결과는 매트리스가 세균 및 진균을 포함한 다양한 미생물의 서식 환경임을 보여준다.

매트리스는 다양한 소재로 구성되며, 그중 메모리폼과 라텍스는 대표적으로 널리 사용되는

핵심 소재이다. 메모리폼은 점탄성이 높아 신체에 밀착되지만 상대적으로 통기성이 낮아 열과 수분을 가두기 쉬운 특성을 가지는 반면, 라텍스는 다공성 구조를 가져 공기 순환과 수분 배출이 비교적 원활하다는 특성을 가진다. 이러한 매트리스 재질 간의 차이는 매트리스 표면 및 내부의 공기 흐름과 수분 분포 등 미생물의 증식 환경에 차이를 만들어낼 가능성이 있다. 따라서 두 재질이 미생물 오염 및 증식에 미치는 영향을 파악하는 것이 중요하다.

기존 연구에서도 매트리스를 대상으로 항균 활성을 평가한 연구가 수행된 바 있으나, 대부분 항균 물질이 코팅된 매트리스나 매트리스 항균 커버의 미생물 저감 효과를 평가한 연구로, 매트리스 재질 자체의 고유한 항균 특성을 정량적으로 평가한 연구는 부족한 실정이다 [9, 10]. 또한, 라텍스는 천연 유래 소재로서 항균 및 항진균 특성을 가지는 것으로 알려져 있으나, 실제 수면 환경을 모사한 조건에서 항균 활성을 정량적으로 평가한 연구는 제한적이다 [11]. 이에 본 연구에서는 매트리스의 핵심 소재인 메모리폼과 라텍스의 항균 활성을 정량적으로 평가하여, 매트리스 재질의 물리화학적 특성이 미생물의 감소에 미치는 영향을 규명하고자 한다. 또한 실제 수면 환경을 모사하기 위해 인공 침과 인공 땀을 첨가한 조건에서 실험을 수행함으로써, 체액 등 유기물이 매트리스 재질의 항균 특성에 미치는 영향을 함께 평가하고자 한다.

## Methods

### 1. 재료

메모리폼과 라텍스 재질 매트리스의 시험편은 각 재질의 매트리스를 50 × 50 × 30 mm 크기로 절단하여 사용하였다. 대조편은 KS K 0905 표준면포(ISO105-F02)를 50 × 50 mm 크기로 준비하여 2장 겹쳐 사용하였다. 모든 대조편은 고압증기 멸균기를 이용하여 121 °C에서 15분간 멸균하였으며, 시험편은 고온 처리 시 재질 변형 가능성을 고려하여 모든 시험편의 표면 및 이면에 대해 각각 1시간씩, 총 2시간 동안 UV 멸균 처리를 수행하였다.

본 연구에서는 그람양성균, 그람음성균 및 진균을 대표하는 총 4종의 시험균주를 사용하였다. 그람양성균인 *Staphylococcus aureus* (ATCC 6538), 그람음성균인 *Klebsiella pneumoniae* (ATCC 4352)

**Table 1.** Classification of the four test conditions

| Condition   | Experimental Details                                                                   |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| Condition 1 | Standard Concentration* (1~3 x 10 <sup>5</sup> CFU/mL), without additives <sup>†</sup> |
| Condition 2 | Standard Concentration (1~3 x 10 <sup>5</sup> CFU/mL), with additives                  |
| Condition 3 | Low Concentration <sup>‡</sup> (1~3 x 10 <sup>4</sup> CFU/mL), without additives       |
| Condition 4 | Low Concentration (1~3 x 10 <sup>4</sup> CFU/mL), with additives                       |

\* Standard Concentration: ISO 20743:2021

<sup>†</sup> Additives: mixture of artificial saliva and artificial human sweat<sup>‡</sup> Low concentration: 1/10 of the Standard Concentration

와 *Escherichia coli* (ATCC 25922)는 Nutrient Broth 및 Nutrient Agar 배지를 사용하였으며, 진균인 *Candida albicans* (ATCC 10231)은 Yeasts Molds Broth 및 Yeasts Molds Agar 배지를 사용하였다. 모든 시험균주는 각 균주에 적합한 Broth에 접종한 후 진탕 배양기(Shaking Incubator)에서 37 ± 1 °C 조건으로 24시간 동안 전배양 과정을 거쳤다.

## 2. 시험균주 접종

시험은 접종균액의 농도와 첨가물 유무에 따라 총 4가지의 조건에서 수행되었다(Table 1). 접종균액은 전배양된 시험균주를 0.85% 생리식염수를 이용해 단계적으로 희석하여 조제하였다. 표준 농도는 ISO 20743:2021 기준을 따랐으며, 저농도 접종액은 표준 농도의 1/10 농도로 희석하여 준비하였다. 모든 시험 조건에서 시험균주의 균액 내 균일한 분산을 위하여 비이온계면활성제 Tween 80 (0.05%)를 첨가하였다. 첨가물은 조건 2와 조건 4에서만 첨가되었으며, 사람의 실제 수면 환경을 모사하기 위해 DIN 53160-1에 따른 인공 침(Artificial saliva; TMABIO, TB3160, Lot No. 2508220002)과 인공 땀(Artificial human sweat; TMABIO, TB0751, Lot No. 2508220001) 원액을 혼합하여 사용하였다. 표준농도 및 저농도 기준 범위에 따라 제조된 접종균액에 인공 침과 인공 땀을 혼합하여 접종균액, 인공 침 및 인공 땀의 비율이 2:1:1이 되도록 접종액을 제조하였으며, 최종 접종균액 농도 또한 기준 범위 내에서 유지하였다. ISO 20743:2021에 따라 시험의 재현성을 위해 대조편, 메모리폼 시험편, 라텍스 시험편 각 3개씩 총 9개의 시험편에 제조된 접종균액을 0.5 mL씩 접종하였다. 접종균액은 각 대조편 및 시험편 중앙에 천천히 접종하여 흐르지 않도록 하였다.

접종이 완료된 시험편은 배양기(Incubator)에서 37 ± 1 °C 조건에서 19-21시간 동안 배양하였다.

배양 종료 후 중화용액 50 mL를 첨가하여 시험편에 부착된 균을 회수하였으며, 회수액을 균일하게 혼합한 후 단계별 희석을 실시하여 각 균주에 적합한 Agar 배지에 한천평판혼합법으로 접종하였다. 접종된 평판은 Incubator에서 37 ± 1 °C 조건에서 24-48시간 동안 배양하였다.

## 3. 항균활성값 계산

배양 후 형성된 콜로니 수를 계수하여 시험편당 균수를 계산하였다. 시험편당 균수(M)는 추출액 1mL당 콜로니 형성 단위(Z, CFU)에 희석 배율(R)을 곱하고 추출용 중화용액 양(50mL)을 곱하여 산출하였다( $M = Z \times R \times 50$ ). 시험편의 항균활성값은 시험편과 대조편의 성장값 차이를 통해 계산되었으며, 수식은 다음과 같다.

$$A = (\log C_t - \log C_0) - (\log T_t - \log T_0) = F - G$$

A는 항균활성값, F는 대조편에서의 성장값( $F = \log C_t - \log C_0$ ), G는 시험편에서의 성장값( $G = \log T_t - \log T_0$ )이다.  $\log C_t$ 와  $\log T_t$ 는 각각 대조편과 시험편에서 20시간 배양 후 균수의 상용로그 값이고  $\log C_0$ 와  $\log T_0$ 는 접종 직후 균수의 상용로그 값이다. 항균활성값이 1 이상인 경우 미생물 감소율이 90% 이상, 2 이상인 경우 99% 이상의 감소율을 의미하며 값이 증가할수록 미생물 감소율이 높아져 항균활성값이 6 이상일 경우 99.9999% 이상의 감소율을 나타낸다. 항균활성값이 음수로 산출된 경우에는 항균 활성이 없는 것으로 판단하여 0.00으로 나타내었다. 메모리폼과 라텍스 시험편 간 항균활성값의 통계적 유의성은 Wilcoxon signed-rank test로 검정하였다. 배양 후 균수가 검출한계 미만으로 검출된 경우, 통계 분석 시 검출한계의 절반값인  $2.50 \times 10^1$  CFU (1.40 log CFU)로 대체하였다. 모든 통계 분석은 R software (version 4.5.1)를 사용하여 수행하였으며, 통계적 유의수준은  $p < 0.05$ 로 설정하였다.

## Results and Discussion

4종의 시험균주(*Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli*, *Candida albicans*)에 대하여 4가지 시험 조건에서 메모리폼과 라텍스 시험편의 항균 활성을 평가한 결과를 Table 2에 제시하였다. 표에 제시된 각 값은 3개의 시험편과 대조편을 반복 시험하여 얻은 값들의 평균값에서 산출되었다. 3회 반복 시험의 평균값과 표준편차는 Supplementary Table 1에 제시하였다.

매트리스 재질에 따른 항균 활성을 비교한 결과, 모든 시험균주 및 시험 조건에서 라텍스 시험편에서 항균활성값이 현저히 높게 나타났다. 라텍스 시험편은 모든 시험균주와 시험 조건에서 항균활성값이 3 이상으로 나타나 99.9% 이상의 높은 미생물 감소율을 보인 반면, 메모리폼 시험편은 *Candida albicans*의 일부 조건을 제외하고 항균활성값이 1 미만으로 나타나 전반적인 항균 활성이 미미한 수준이었다. 라텍스 시험편의 항균활성을 균주별로 살펴보면, *Klebsiella*

*pneumoniae*와 *Escherichia coli*에서는 모든 시험 조건에서 항균활성값이 5 이상으로 나타나 99.999% 이상의 매우 높은 미생물 감소율을 보였다. *Candida albicans*에서도 모든 시험 조건에서 항균활성값이 4 이상으로 나타나 높은 항진균 활성이 확인되었으며, *Staphylococcus aureus*의 경우도 항균활성값이 모든 조건에서 3 이상으로 나타났다. 라텍스는 고무나무(*Hevea brasiliensis*)의 유액에서 얻어지는 천연 고분자 물질로, 헤베인(Hevein)을 비롯한 키틴결합 단백질(Chitin-binding proteins), 키티나아제(Chitinase),  $\beta$ -1,3-글루카나아제( $\beta$ -1,3-glucanase) 등 다양한 항균 단백질과 효소를 포함하고 있다 [12]. 이러한 성분들은 미생물 세포벽의 주요 구성 성분인 키틴이나  $\beta$ -글루칸과 결합하여 세포벽 형성을 저해함으로써 항균 및 항진균 활성을 나타내며, 특히 헤베인은 여러 진균에 대해 강한 항진균 활성을 나타내는 것으로 보고되어왔다 [11, 13]. 또한 라텍스는 소수성 표면을 가지므로 미생물 세포벽의 친수성 성분과의 접촉이 제한되어 미생물의 표면

**Table 2.** Growth values and antimicrobial activity values of memory foam and latex materials against four microorganisms

| Organism                     | Condition | Growth value (F <sup>†</sup> or G <sup>‡</sup> ) |         |          | Antimicrobial activity value (A = F - G) |       |
|------------------------------|-----------|--------------------------------------------------|---------|----------|------------------------------------------|-------|
|                              |           | Control(F)                                       | Foam(G) | Latex(G) | Foam                                     | Latex |
| <i>Staphylococcus aureus</i> | 1         | 1.77                                             | 1.87    | <-3.54   | 0.00                                     | >5.31 |
|                              | 2         | 1.96                                             | 1.72    | -1.87    | 0.24                                     | 3.83  |
|                              | 3         | 1.88                                             | 2.38    | <-2.59   | 0.00                                     | >4.48 |
|                              | 4         | 1.06                                             | 1.30    | <-2.03   | 0.00                                     | >3.10 |
| <i>Klebsiella pneumoniae</i> | 1         | 3.66                                             | 3.40    | -2.61    | 0.27                                     | 6.27  |
|                              | 2         | 3.66                                             | 2.86    | <-3.26   | 0.04                                     | >6.16 |
|                              | 3         | 3.18                                             | 3.00    | <-2.17   | 0.18                                     | >5.34 |
|                              | 4         | 3.05                                             | 3.17    | <-2.31   | 0.00                                     | >5.36 |
| <i>Escherichia coli</i>      | 1         | 2.66                                             | 2.50    | <-3.71   | 0.17                                     | >6.38 |
|                              | 2         | 3.87                                             | 3.64    | -2.14    | 0.23                                     | 6.01  |
|                              | 3         | 3.14                                             | 2.76    | <-2.35   | 0.38                                     | >5.49 |
|                              | 4         | 3.51                                             | 2.80    | <-2.04   | 0.71                                     | >5.55 |
| <i>Candida albicans</i>      | 1         | 2.99                                             | 2.63    | <-3.18   | 0.35                                     | >6.17 |
|                              | 2         | 2.50                                             | 1.73    | <-3.14   | 0.77                                     | >5.63 |
|                              | 3         | 2.24                                             | 0.77    | <-2.39   | 1.47                                     | >4.63 |
|                              | 4         | 2.82                                             | 1.37    | <-2.07   | 1.45                                     | >4.89 |

<sup>\*</sup> Detection Limit: < 1.70 log CFU

<sup>†</sup> F: Growth value of control material, <sup>‡</sup> G: Growth value of test material

<sup>§</sup> Wilcoxon signed-rank test: p < 0.001

부착 및 생물막 형성을 억제할 수 있다 [14]. 이러한 물리화학적 특성들이 라텍스 시험편의 높은 항균 활성에 기여한 것으로 판단된다.

메모리폼 시험편에서는 *Candida albicans*를 제외한 모든 균주에서 시험 조건에 관계없이 항균 활성값이 1 미만으로 나타났다. 메모리폼은 폴리우레탄을 이용하여 합성된 고분자 소재로 다공성 구조를 가지나, 특유의 높은 밀도와 점탄성으로 인해 신체와 밀착 시 내부 공기 순환이 제한된다. 이러한 구조적 특성은 열과 땀을 내부에 가두어 체류 시간을 늘리며, 결과적으로 미생물 증식에 매우 유리한 고온 다습한 환경을 형성하게 된다 [15]. 또한 폴리우레탄은 고유한 항균 특성을 가지지 않는 소재이기 때문에 미생물이 증식할 때 자체적인 항균 작용을 기대하기 어렵다. 이러한 특성으로 인해 메모리폼 시험편에서는 라텍스 시험편에 비해 전반적으로 낮은 항균 활성이 나타난 것으로 판단된다.

시험 조건별로 분석한 결과, 접촉 농도에 따른 비교에서 라텍스 시험편은 *Staphylococcus aureus*를 제외한 모든 균주에서 표준 농도 조건(조건 1, 2)이 저농도 조건(조건 3, 4)에 비해 높은 항균활성값을 보이는 경향이 나타났다. 이는 라텍스에 존재하는 항균 단백질 및 효소의 작용이 농도 의존적으로 나타나기 때문이다 [16]. 반면 메모리폼 시험편에서는 *Candida albicans*에서 표준 농도 조건(조건 1, 2)보다 저농도 조건(조건 3, 4)에서 항균활성값이 1 이상으로 높게 나타났다. *Candida albicans*는 키틴과  $\beta$ -글루칸으로 구성된 다층 세포벽을 가지며 세균에 비해 상대적으로 성장 속도가 느린 것으로 알려져 있다 [17]. 이러한 특성으로 인해 저농도 접촉 조건에서는 표준 농도에 비해 변동성이 크게 나타날 수 있다. 따라서 메모리폼에서 관찰된 일부 항균활성은 소재의 고유한 항균 효과보다는 진균의 생장 특성과 저농도 접촉 조건의 영향에 의한 결과일 가능성이 있다.

첨가물 유무에 따른 비교 결과, 라텍스 시험편에서는 *Staphylococcus aureus*에서만 첨가물이 없는 조건(조건 1, 3)이 첨가물이 포함된 조건(조건 2, 4)에 비해 더 높은 항균활성값을 나타냈으며, 다른 균주에서는 첨가물 유무에 따른 뚜렷한 차이가 관찰되지 않았다. 일반적으로 침이나 땀과 같은 유기물은 미생물의 영양원으로 작용하거나 항균 물질의 작용을 저해하여 항균 활성을 감소시킬 수 있는 것으로 알려져 있다. 그러

나 본 연구에서는 *Staphylococcus aureus*에서만 첨가물의 영향이 상대적으로 뚜렷하게 나타났는데, 이는 해당 균주의 세포벽의 구조적 특성과 관련된 것으로 판단된다. *Staphylococcus aureus*는 그람 양성균으로 약 20-40 nm 두께의 펩티도글리칸 층으로 이루어진 두꺼운 세포벽을 가지며, 이러한 구조는 외부 물질의 침투를 제한하여 항균 물질에 대한 상대적인 저항성을 나타낼 수 있다 [18]. 이에 따라 라텍스에 의한 항균 작용이 상대적으로 제한되면서 첨가물 유무에 따른 차이가 보다 뚜렷하게 나타났을 가능성이 있다. 반면, 그람 음성균인 *Klebsiella pneumoniae*와 *Escherichia coli*, 그리고 진균인 *Candida albicans*에서는 라텍스 자체의 항균 활성이 강하게 나타나 첨가물의 영향이 상대적으로 미미한 것으로 해석된다. 메모리폼 시험편에서는 모든 시험균주 및 조건에서 첨가물 유무에 따른 유의한 차이가 관찰되지 않았다.

본 연구는 몇 가지 한계점을 가진다. 첫째, 본 연구는 실험실에서 통제된 조건 하에 수행되어 실제 수면 환경에서 나타나는 다양한 환경 요인을 충분히 반영하지 못하였다. 체액을 모사한 조건을 시험에 포함하였으나, 실제 수면 환경에서는 온도 및 습도의 변화, 인체와의 반복적인 접촉, 먼지 및 유기물의 축적 등 미생물 증식에 영향을 미칠 수 있는 다양한 요인이 존재한다. 따라서 향후 연구에서는 이러한 요인을 보다 폭넓게 반영한 시험 조건의 설정이 필요하다. 둘째, 본 연구에서는 단기 배양 조건에서의 미생물 감소율을 기준으로 항균 활성을 평가하였기 때문에 장기간 사용에 따른 항균 특성의 변화를 충분히 확인하기 어려웠다. 매트리스는 장기간 사용되는 생활용품으로 사용 기간의 경과에 따라 미생물 증식 환경이나 재질의 특성이 변화할 가능성이 있다. 이에 따라 향후 연구에서는 장기 사용 조건을 반영한 평가가 필요하다. 셋째, 본 연구는 ISO 20743:2021에 따라 시험을 수행하였으나, 해당 규격이 표준 접촉 농도를  $1 \times 10^5 \sim 3 \times 10^5$  CFU/mL의 범위로 규정하고 있어 조건 간 접촉 농도 차이가 결과에 영향을 미쳤을 가능성이 존재한다. 다만 동일 조건 내 대조편과 시험편에 동일한 접촉액이 사용되었으며, 표준 농도 조건의 초기 접촉 농도는  $5.21 \pm 0.20 \log \text{CFU/mL}$ , 저농도 조건은  $4.18 \pm 0.15 \log \text{CFU/mL}$ 로 조건 간 편차가 작아 결과 해석에 미치는 영향은 제한적인 것으로 판단된다. 마지막으로 본 연구에서는

4종의 시험균주를 사용하여 실제 매트리스 환경에 존재하는 다양한 미생물 군집을 충분히 반영하지 못하였다. 특히 진균의 경우 *Candida albicans* 한 종만을 포함하여 평가하였기 때문에 메모리폼 시험편의 저농도 조건에서 관찰된 결과가 재질의 물리화학적 특성에 의한 것인지 해당 진균의 생장 특성에 기인한 것인지 명확히 구분하기 어렵다. 따라서 향후 연구에서는 다양한 세균 및 진균 종을 포함한 미생물 군집 수준에서의 평가가 필요할 것으로 판단된다.

이러한 한계점에도 불구하고, 본 연구는 메모리폼과 라텍스 소재 자체의 항균 특성을 동일한 시험 조건에서 정량적으로 비교 평가하였다는 점에서 의의를 가진다. 또한, 본 연구는 ISO 20743:2021 기준에 따라 라텍스와 메모리폼 재질의 항균 활성을 체계적으로 비교하였으며, 실제 수면 환경을 모사하기 위해 인공 침과 인공 땀을 첨가한 조건을 포함함으로써 보다 현실적인 평가를 시도하였다는 점에서 차별성을 가진다. 본 연구의 결과는 수면 환경에서의 미생물 노출 저감을 위한 매트리스 소재 선택의 근거 자료로 활용될 수 있으며, 향후 수면 위생 관련 연구 및 매트리스 항균 성능 평가를 위한 기초 자료로서 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

## Conclusion

본 연구는 매트리스의 핵심 소재인 라텍스와 메모리폼을 대상으로 세균 및 진균에 대한 항균 활성을 정량적으로 비교 평가하였다. 모든 시험균주 및 시험 조건에서 라텍스 소재는 메모리폼에 비해 일관되게 높은 항균 활성을 나타내어, 매트리스 소재의 물리화학적 특성이 수면 환경에서의 미생물 증식 및 노출 수준에 영향을 미칠 수 있음을 시사한다. 또한 실제 수면 환경을 모사한 조건에서 항균 활성을 평가함으로써, 체액 등 유기물이 매트리스 재질의 항균 특성에 미치는 영향을 함께 확인하였다. 본 연구의 결과는 수면 환경에서의 미생물 오염 관리 및 매트리스 소재 선택을 위한 근거 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대되며, 나아가 매트리스 관련 항균 특성 연구의 확장에도 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

## Acknowledgements

본 연구는 주식회사 센스맘의 민간지원사업(과제 번호: 900-20250085)의 지원으로 수행되었습니다.

## References

1. Ministry of Data and Statistics (MODS). 2024 Time Use Survey. Available: [https://www.kostat.go.kr/board.es?mid=a10301010000&bid=220&tag=&act=view&list\\_no=437764&ref\\_bid=203,204,205,206,207,210,211,11109,11113,11814,213,215,214,11860,11695,216,218,219,220,10820,11815,11895,11816,208,245,222,223,22](https://www.kostat.go.kr/board.es?mid=a10301010000&bid=220&tag=&act=view&list_no=437764&ref_bid=203,204,205,206,207,210,211,11109,11113,11814,213,215,214,11860,11695,216,218,219,220,10820,11815,11895,11816,208,245,222,223,22) [accessed 20 April 2026].
2. Jacquet A. Innate immune responses in house dust mite allergy. *ISRN allergy*. 2013; 2013: 735031.
3. Gueye-Ndiaye S, Wang Y, Wang J, Castro-Diehl C, Rueschman M, Sofer T, et al. Associations between reservoir bedroom dust allergen levels and sleep symptoms in school-age children. *Sleep Health*. 2026; 12(1): 69-77.
4. Murkey JA, Wilkerson J, Salo PM, Thorne PS, Zeldin DC, Jackson CL. Indoor allergen exposure in relation to sleep health among US adults. *J Allergy Clin Immunol Glob*. 2025; 4(2): 100441.
5. Woodcock A, Steele N, Moore CB, Howard SJ, Custovic A, Denning DW. Fungal contamination of bedding. *Allergy*. 2006; 61(1): 140-142.
6. Täubel M, Rintala H, Pitkäranta M, Paulin L, Laitinen S, Pekkanen J, et al. The occupant as a source of house dust bacteria. *J Allergy Clin Immunol*. 2009; 124(4): 834-840.
7. Amin H, Šantl-Temkiv T, Cramer C, Finster K, Real FG, Gislason T, et al. Indoor airborne microbiome and endotoxin: meteorological events and occupant characteristics are important determinants. *Environ Sci Technol*. 2023; 57(32): 11750-11766.
8. Viana REH, dos Santos SG, Oliveira AC. Recovery of resistant bacteria from mattresses of patients under contact precautions. *Am J Infect Control*. 2016; 44(4): 465-469.
9. Cheng CW, Yang CI, Ou SL, Chi HW, Lui PW, Chen WY, et al. Bending mattress and antibacterial effect of TiO<sub>2</sub>/nAg/chitosan-nanoparticle-applied intelligent patient bed. *Sens Mater*. 2020; 32(5): 1757-1766.
10. Pitten FA, Kalveram CM, Krüger U, Müller G, Kramer A. Reduction of colonization of new mattresses with bacteria, moulds and house dust mites

- by complete mattress covers. *Hautarzt*. 2000; 51(9): 655-660.
11. Kanokwiroon K, Teanpairan R, Wititsuwannakul D, Hooper AB, Wititsuwannakul R. Antimicrobial activity of a protein purified from the latex of *Hevea brasiliensis* on oral microorganisms. *Mycoses*. 2008; 51(4): 301-307.
12. Subroto T, van Koningsveld GA, Schreuder HA, Soedjanaatmadja UM, Beintema JJ. Chitinase and  $\beta$ -1,3-glucanase in the luteoid-body fraction of *Hevea latex*. *Phytochemistry*. 1996; 43(1): 29-37.
13. Van Parijs J, Broekaert WF, Goldstein IJ, Peumans WJ. Hevein: an antifungal protein from rubber-tree (*Hevea brasiliensis*) latex. *Planta*. 1991; 183(2): 258-264.
14. Krasowska A, Sigler K. How microorganisms use hydrophobicity and what does this mean for human needs? *Front Cell Infect Microbiol*. 2014; 4: 112.
15. Jenkins RO, Sherburn RE. Growth and survival of bacteria implicated in sudden infant death syndrome on cot mattress materials. *J Appl Microbiol*. 2005; 99(3): 573-579.
16. Meethong M, Ekchaweng K, Obchoei S, Jakkawanpitak C, Runsaeng P. The acidic latex protein from *Hevea brasiliensis* serves as an anionic antimicrobial peptide. *PeerJ*. 2025; 13: e19242.
17. Shepherd MG. Cell envelope of *Candida albicans*. *Crit Rev Microbiol*. 1987; 15(1): 7-25.
18. Giesbrecht P, Kersten T, Maidhof H, Wecke J. Staphylococcal cell wall: morphogenesis and fatal variations in the presence of penicillin. *Microbiol Mol Biol Rev*. 1998; 62(4): 1371-1414.

**Supplementary Table 1.** Mean  $\pm$  Standard Deviation (SD) of Control, Memory foam, Latex materials from Triplicate Experiments

| Organism              | Condition | Type        | 0 h after inoculation<br>(log CFU) | 20 h after inoculation<br>(log CFU) |
|-----------------------|-----------|-------------|------------------------------------|-------------------------------------|
|                       |           |             | Mean $\pm$ SD                      | Mean $\pm$ SD                       |
| Staphylococcus aureus | 1         | Control     | 4.98 $\pm$ 0.06                    | 6.74 $\pm$ 0.08                     |
|                       |           | Memory Foam | 5.14 $\pm$ 0.04                    | 7.01 $\pm$ 0.03                     |
|                       |           | Latex       | 5.24 $\pm$ 0.04                    | - <sup>†</sup>                      |
|                       | 2         | Control     | 4.36 $\pm$ 0.04                    | 6.32 $\pm$ 0.05                     |
|                       |           | Memory Foam | 4.88 $\pm$ 0.01                    | 6.60 $\pm$ 0.01                     |
|                       |           | Latex       | 4.83 $\pm$ 0.01                    | 2.94 $\pm$ 0.15                     |
|                       | 3         | Control     | 3.69 $\pm$ 0.06                    | 5.58 $\pm$ 0.04                     |
|                       |           | Memory Foam | 4.27 $\pm$ 0.04                    | 6.65 $\pm$ 0.02                     |
|                       |           | Latex       | 4.29 $\pm$ 0.05                    | -                                   |
|                       | 4         | Control     | 3.40 $\pm$ 0.03                    | 4.47 $\pm$ 0.03                     |
|                       |           | Memory Foam | 3.77 $\pm$ 0.02                    | 5.06 $\pm$ 0.02                     |
|                       |           | Latex       | 3.73 $\pm$ 0.01                    | -                                   |
| Klebsiella pneumoniae | 1         | Control     | 4.59 $\pm$ 0.13                    | 8.27 $\pm$ 0.05                     |
|                       |           | Memory Foam | 5.07 $\pm$ 0.05                    | 8.47 $\pm$ 0.02                     |
|                       |           | Latex       | 4.95 $\pm$ 0.02                    | 2.05 $\pm$ 0.60                     |
|                       | 2         | Control     | 4.92 $\pm$ 0.01                    | 7.82 $\pm$ 0.05                     |
|                       |           | Memory Foam | 5.08 $\pm$ 0.03                    | 7.94 $\pm$ 0.03                     |
|                       |           | Latex       | 4.96 $\pm$ 0.03                    | -                                   |
|                       | 3         | Control     | 3.75 $\pm$ 0.05                    | 6.93 $\pm$ 0.02                     |
|                       |           | Memory Foam | 3.95 $\pm$ 0.04                    | 6.95 $\pm$ 0.01                     |
|                       |           | Latex       | 3.87 $\pm$ 0.03                    | -                                   |
|                       | 4         | Control     | 3.97 $\pm$ 0.01                    | 7.01 $\pm$ 0.03                     |
|                       |           | Memory Foam | 4.16 $\pm$ 0.00                    | 7.33 $\pm$ 0.05                     |
|                       |           | Latex       | 4.01 $\pm$ 0.01                    | -                                   |
| Escherichia coli      | 1         | Control     | 4.91 $\pm$ 0.03                    | 7.47 $\pm$ 0.38                     |
|                       |           | Memory Foam | 5.42 $\pm$ 0.05                    | 7.92 $\pm$ 0.02                     |
|                       |           | Latex       | 5.41 $\pm$ 0.02                    | -                                   |
|                       | 2         | Control     | 4.21 $\pm$ 0.01                    | 8.08 $\pm$ 0.02                     |
|                       |           | Memory Foam | 4.89 $\pm$ 0.04                    | 8.53 $\pm$ 0.03                     |
|                       |           | Latex       | 4.92 $\pm$ 0.02                    | 2.78 $\pm$ 0.08                     |
|                       | 3         | Control     | 3.61 $\pm$ 0.01                    | 6.75 $\pm$ 0.02                     |
|                       |           | Memory Foam | 3.96 $\pm$ 0.03                    | 6.71 $\pm$ 0.05                     |
|                       |           | Latex       | 4.04 $\pm$ 0.04                    | -                                   |
|                       | 4         | Control     | 3.27 $\pm$ 0.01                    | 6.77 $\pm$ 0.01                     |
|                       |           | Memory Foam | 4.05 $\pm$ 0.06                    | 6.86 $\pm$ 0.02                     |
|                       |           | Latex       | 3.73 $\pm$ 0.05                    | -                                   |
| Candida albicans      | 1         | Control     | 4.49 $\pm$ 0.06                    | 7.48 $\pm$ 0.05                     |
|                       |           | Memory Foam | 4.82 $\pm$ 0.10                    | 7.46 $\pm$ 0.06                     |
|                       |           | Latex       | 4.88 $\pm$ 0.06                    | -                                   |
|                       | 2         | Control     | 4.67 $\pm$ 0.03                    | 7.16 $\pm$ 0.07                     |
|                       |           | Memory Foam | 4.84 $\pm$ 0.00                    | 6.56 $\pm$ 0.09                     |
|                       |           | Latex       | 4.84 $\pm$ 0.01                    | -                                   |
|                       | 3         | Control     | 3.84 $\pm$ 0.01                    | 6.08 $\pm$ 0.04                     |
|                       |           | Memory Foam | 4.04 $\pm$ 0.01                    | 4.81 $\pm$ 0.03                     |
|                       |           | Latex       | 4.09 $\pm$ 0.01                    | -                                   |
|                       | 4         | Control     | 3.61 $\pm$ 0.03                    | 6.41 $\pm$ 0.11                     |
|                       |           | Memory Foam | 3.83 $\pm$ 0.03                    | 5.20 $\pm$ 0.02                     |
|                       |           | Latex       | 3.77 $\pm$ 0.02                    | -                                   |

\* Detection Limit: 1.70 log CFU

<sup>†</sup> -: All replicates were below the detection limit (< 1.70 log CFU)