

# PET와 이온교환 Zeolite 나노 복합 방적사로 제조한 니트의 항균성

## Antimicrobial Properties of Knit made with PET and Ion Exchange Zeolite Nanocomposite Spun Yarn

### \*Corresponding author

Youngmi Park  
(ymp9397@yu.ac.kr)

전용욱, 박영미\*  
영남대학교 의류패션학과

Yongwook Jeon and Youngmi Park\*

Department of Clothing and Fashion, Yeungnam University, Gyeongsan, Korea

Received\_February 25, 2021

Revised\_March 04, 2021

Accepted\_March 09, 2021

**Abstract** In this study, PET containing 3% silver ion-exchange zeolite was mixed with cotton in a ratio of 6:4 to prepare a spun yarn to evaluate the tensile strength, absorption speed, absorption rate, antibacterial property, and the efficiency of deodorization. As a result, the following conclusions were obtained. First, it can be confirmed that silver ion exchange zeolite is evenly distributed inside and on the surface of the antimicrobial PET-SF through SEM. It was found that the tensile strength between the CVC sample mixed with silver ion zeolite PET and cotton and the normal cotton 100% sample was slightly lower in the CVC sample. Although the absorption speed and water absorption rate were measured to find out the moisture characteristics, it was confirmed that there was no significant difference. The contact angle was slightly larger in the antimicrobial CVC sample, but the time it took for the moisture to completely penetrate into the knit fabric was 0.85 seconds. In addition, it was found that out of the total mixing ratio, 40% of antibacterial PET was spun with regular cotton to produce yarn, which had an excellent bacteria reduction rate of 99.9% and a deodorization efficiency of 85%.

### Textile Coloration and Finishing

TCF 33-1/2021-03/24-30

© 2021 The Korean Society of Dyers and Finishers

**Keywords** antibacterial property, silver ion, zeolite, nanocomposite spun yarn, ion exchange

## 1. 서 론

나노 소재는 21세기를 이끌어갈 새로운 기술로서 평가받고 있으며, 광발열, 자외선 차폐, 전자파 흡수 등 다양한 기능을 가지고 있다<sup>1,2)</sup>. 특히 나노 세라믹에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있는데, 이러한 새로운 나노 세라믹을 제품에 적용하기 위하여 원사 및 후가공 조제 등이 개발되어 의류 및 홈패션 소재뿐만 아니라 산업용 소재에도 다양하게 활용되고 있다<sup>3-7)</sup>.

2002년 사스(SARS)를 시작으로 2012년 메르스(MERS)와 2020년 코로나 19(COVID-19) 팬데믹(pandemic) 상황에 이르게 되면서 마스크를 비롯한 각종 생활 용품, 의료장비 등 다양

한 분야에서 항균성이 부여되고 있고, 의류 제품에도 항균성에 대한 요구가 증가하고 있다<sup>8)</sup>. 이에 항균 및 탈취를 위한 가공으로 데오드란트 스프레이를 원단에 도포하거나, 천연추출액 등을 이용하여 후가공하는 방법이 주류를 이루고 있다<sup>9)</sup>.

그러나 이들 후가공에 의한 탈취 방법은 우수한 기능을 가지고 있으나 세탁 및 마찰에 의한 내구성은 반영구적이지 못하여 대부분 후가공 후 시간이 지날수록 그 기능이 저하되는 것으로 알려져 있다. 고온 다습한 여름철에 특히 중요시될 수 있는 항균 및 소취의 특성을 가지는 섬유 제품들은 거의 매일 또는 1회 사용 후 세탁을 하는 경우가 대부분이므로 그 성능을 지속적으로 유지하는 것은 매우 중요하다고 볼 수 있다.

한편 금, 백금, 아연 등의 금속이온은 항균성이 우수하여 다

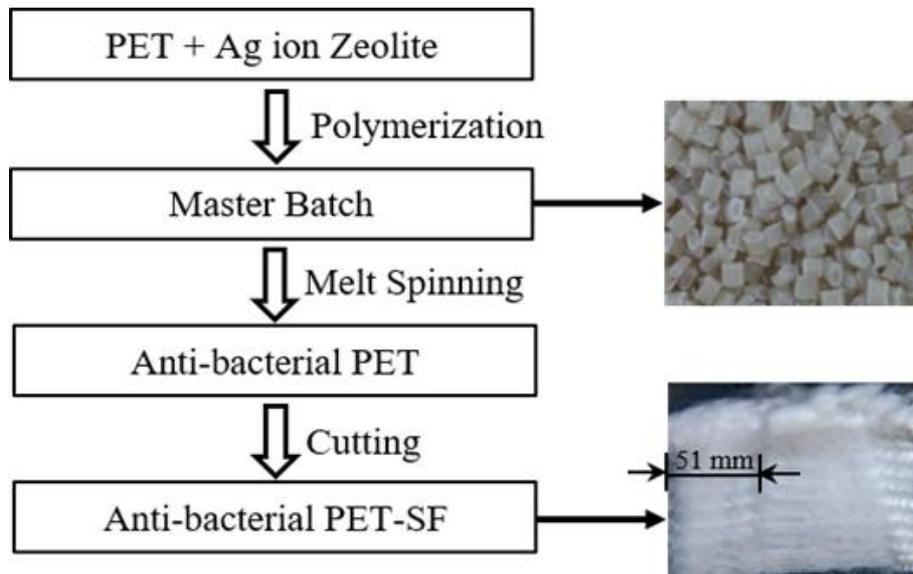


Figure 1. Manufacturing process of anti-bacterial PET-SF and image of master batch and staple fiber.

양하게 적용되고 있는데, 그 중 은이온은 세포 DNA까지 영향을 미치므로 다른 금속이온 보다 뛰어난 항균효과가 있다고 알려져 있다<sup>10</sup>. 은이온의 항균성은 양이온(Ag+)성을 가지는 은이온과 세포벽에 있는 음이온과의 결합으로 세포벽을 파괴시켜서 세포를 비활성화 시키는 원리에 근거한다<sup>11</sup>.

이와 함께 제올라이트(zeolite)는 비석(沸石)이라고도 불리는 다공성 고체로서 교환성 양이온을 포함하는 구조를 하고 있어 탈취와 흡착이 우수한 물질로 알려져 있다<sup>12</sup>. 또한 은이온은 이온교환이 용이할 뿐만 아니라 구조적 안정성도 매우 높아 교환시 용출될 가능성도 거의 없는 것으로 보고되고 있다<sup>13</sup>. 이러한 높은 안정성과 항균성으로 인해 은이온 교환 제올라이트는 항균이 필요한 섬유 및 여러 산업분야에 적용되고 있으며, 천연 제올라이트를 이용한 탈취제가 다양하게 시판되고 있는 이유이기도 하다. 이와 같이 항균 및 소취 기능을 가지고 있는 필라멘트 섬유 및 방적사는 이미 많이 개발되어 국내에서는 효성의 '에어로실버(aerosilver<sup>®</sup>)'와 지클로의 '바이온(BION<sup>®</sup>)', 한일합섬 '하닐론AB+(HANILON AB+<sup>®</sup>)' 등이 대표적인 항균 원사 제품으로 사용되고 있다. 이들 방적사 소재는 생활 소품 및 패션 분야에서 의류는 물론 속옷이나 양말과 같은 부속 의류와 수건, 행주, 커튼과 같은 일상생활 용품에 훨씬 수요가 많지만, 폴리에스터(PET) 혹은 아크릴 등 한가지 물성의 원사만으로는 소비자의 용도에 맞는 제품을 개발하는 것이 제한적이었다. 또한 쾌적성 측면에서 보면 항균/소취성이 요구되는 일반 cotton을 대체할 수 있어야하며, 후가공 공정에 의한 항균/소취 가공이 아닌 원사에 항균 세라믹을 주입함으로써 반영구적인 기능 구현이 가능하도록 할 필요가 있다.

그러나 은 이온 제올라이트를 함유한 방적사는 높은 원료 비용으로 인해 대량생산에 한계로 지적되고 있다. 따라서 항균 혼방사가 시장성을 가지기 위해서는 항균/소취성을 가질 수 있는 항균 PET 방적사의 최소 혼합비에 대한 연구가 필요하다.

본 연구에서는 소비자의 니즈에 맞는 제품 개발이 가능하도록 항균성 PET 스테이플 파이버(이하 PET-SF, 방적사)를 cotton과 함께 방적하여 그 물성을 평가하고 원사 개발의 가능성을 알아보았다. 항균성 PET-SF를 다른 물성의 SF와 혼합하여 방적사를 제조했을 때 항균 및 소취 기능이 발현된다면 cotton뿐만 아니라 rayon, wool 등의 SF와 혼합함으로써 rayon 혼방 TR, wool 혼방 TW(50:50), cotton 혼방 TC(65:35) 등 다양한 형태의 항균/탈취 방적사의 생산이 가능해질 것이며, 또한 PET 방적사로 부직포 등을 생산한다면 수술용 가운, 마스크, 보호복 등 다양한 분야에 적용이 가능할 것으로 예상된다.

## 2. 실험

### 2.1 시료

본 실험에 사용된 원시료인 PET는 (주)효성(PET 9001)에서 구입하여 사용하였다. 또한 분말 형태의 마스터배치용 제올라이트와 이온 교환 은이온은 이온코리아(Ionkorea Co., Ltd, Korea)에서 구입한 제품을 사용하였다.

### 2.2 항균성 PET-SF 제조

항균 및 소취 기능을 가진 PET-SF의 제조 과정은 Figure 1와 같다. 먼저 분쇄한 제올라이트에 은이온을 교환하고 PET와 중합하여 파우더 상태의 마스터 배치를 제조하였다. PET와 제올라이트의 조성비는 각각 97wt%와 3wt%로 중합하는데, 원사의 사질이 발생할 가능성이 매우 높으므로 은이온 교환 제올라이트의 비율은 3wt% 이상 혼합하지 않았다. 이 후 중합한 마스터배치를 1.4데니어(1.4D)로 용융 방사하여 항균성 PET 필라

멘트를 제조한 후, cotton과 복합 방직하기 위해 51mm의 SF로 균일하게 절단하였다.

### 2.3 항균성 CVC원사 제조

항균 CVC 방직사는 혼타면, 소면과 정소면, 연조, 조방, 정방 및 권사 공정을 대원(DAEWON CO., LTD, Korea)에서 제조하였다. 먼저 51mm SF와 cotton 원면을 6:4 비율로 혼합하여 혼타 공정을 진행한다. 이 후 원사의 균제도와 강신도를 고려하여 소면과 정소면 과정을 거쳐 항균성 COMPACT 30수(CVC 30'S)의 원사를 제조하였다. 또한 방직사에서 흔히 발생하는 필링(pilling) 문제를 고려하여 600TM 추연한 후 편직 원사로 사용하였다.

### 2.4 싱글 저지 편직

연구에 사용된 싱글 저지는 모두 3종으로 동일한 굵기(30'S)의 cotton 100%, TR(65:35) 및 은이온 제올라이트 TC30수(60:40) 방직사를 사용하였다. 항균도와 탈취도는 일정 크기 이상의 시료가 있어야 측정이 가능하므로 일반적인 T-셔츠로 가장 범용성 있게 사용되는 140SQM(220G/Y)을 사용하였다. 따라서 싱글 저지 제조는 16~44 gauge(N.P.I)와 30~35 R.P.M 범위의 속도 조절이 가능한 single machine(KM-3WV, KEUM YONG Co., Ltd, Korea)을 사용하여 편직하였다.

### 2.5 원사 단면 및 측면 분석

항균성 PET-SF의 단면 및 측면을 확인하기 위해 전자현미경(SEM, Scanning Electronic Microscope, VEGA3 SB, TESCAN, Czech Republic)을 사용하여 20kV의 전압에서 2000배로 확대하여 관찰하였다.

### 2.6 인장강도 측정

사 인장강도는 KS K ISO 2062 : 2012, B 표준 방법에 준하여 외올법으로 측정하였다. 자동으로 원사를 상하로 잡아당김으로써 원사의 사 인장강도를 측정하여 동일한 변수의 cotton 원사와 비교하여 나타냈다.

### 2.7 흡수속도 및 흡수성 측정

흡수속도는 KS K 0815 : 2008, 6.27.1 B법에 준하여 5개의 시험편에 대해 10분 후 흡수된 높이(mm)의 평균값으로 나타냈다. 또한 흡수성은 KS K 0339 : 2012, 동적방법에 따라 측정한 후, 아래 식(1)에 의해 산출하였다.

$$\text{Absorption rate (\%)} = \frac{W_1 - W_0}{W_1} \times 100 \quad (1)$$

where,

$W_0$  : Initial fabric weight

$W_1$  : Fabric weight after water absorption

### 2.8 접촉각 측정

3종의 서로 다른 원단의 접촉각은 접촉각 측정기(Contact angle device, OCA 20, dataphysics instruments GmbH, Germany)를 사용하여 input power 55W, line voltage 12V DC, fuses 6.3AT의 조건에서 물방울이 접촉하자 바로 측정하였다. 각 시료를 측정하기 위한 volume은 16 $\mu$ l, rate는 4.0 $\mu$ l/s를 유지하였다.

### 2.9 항균성 측정

항균성 측정은 KS K 0693 : 0211에 준하여 정량시험 방법으로 대조시료(blank)와 비교하여 균감소율로 나타냈다. 사용한 균주는 Gram(+) 균으로 *Staphylococcus aureus* ATCC 6538, Gram(-) 균으로 *Klebsiella pneumoniae* ATCC 4352를 사용하였다.

### 2.10 탈취/소취율 측정

탈취율은 FTM-5-2 : 2004에 준하여 초기농도 50ppm의 아세트산을 이용하여 시료에 통과하는 공기에 대한 탈취율(가스 검지관법)을 측정하였다. 시험편(10cm  $\times$  10cm)을 5L 가스백에 넣고 아세트산 가스 3L를 주입한다. 2시간 경과 후 시험가스백(5L) 안에 남아 있는 시험 가스농도로 탈취/소취율을 아래 식(2)에 의해 계산하였다.

$$\text{Deodorization efficiency (\%)} = \frac{C_b - C_s}{C_b} \times 100 \quad (2)$$

where,

$C_b$  : Gas conc. of blank after 2hr

$C_s$  : Gas conc. under sample existence after 2hr

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 표면관찰

제조한 항균성 1.4D 51mm SF의 표면과 단면 내부에 이온 교환 제올라이트의 분포를 확인하기 위해 촬영한 사진을 Figure 2에 나타냈다.

항균성 PET-SF 내부와 표면에 은 이온 교환 제올라이트가 비교적 고르게 분포된 것을 확인할 수 있다. 이는 원사 및 원단으로 제조 시 전체 생상품에서 항균성이 동일하게 구현되는 것에 깊은 연관성을 가지므로 매우 중요한 의미가 있다고 볼 수 있다. 항균성은 은 이온 교환이 이루어진 제올라이트에서 이루어지므로 단면 내부에 들어가 있는 은 이온 교환 제올라이트 보다 원사 측면 사진에서 확인되는 돌출되어 있는 은 이온 교환 제올라이트에서 더욱 강하게 항균성이 나타날 것으로 예상된다.

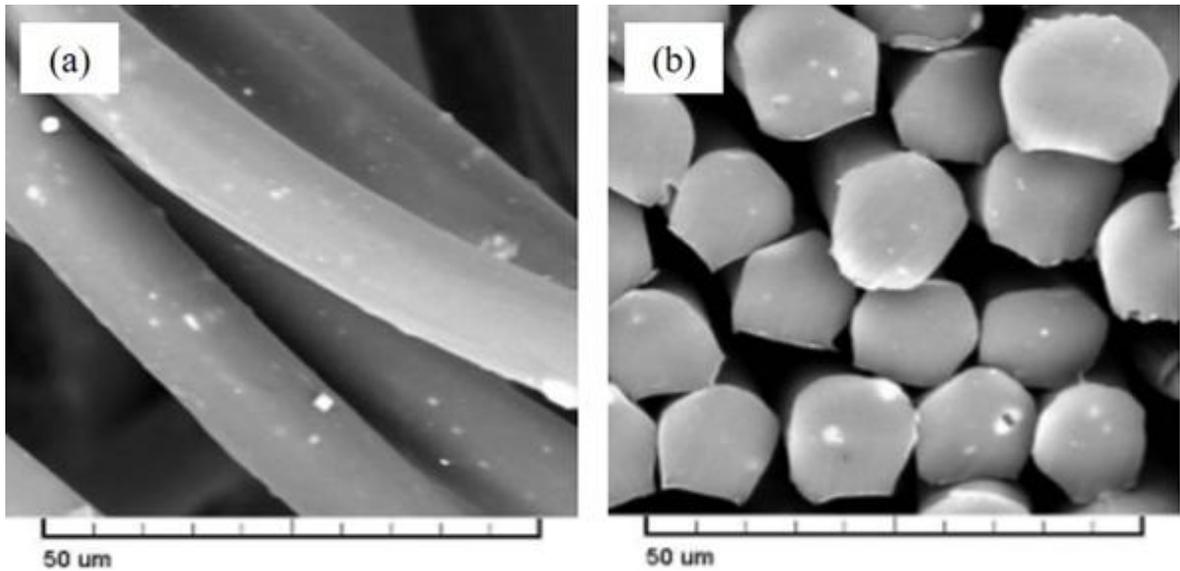


Figure 2. SEM images( $\times 2000$ ) of surface (a) and cross-section (b) of anti-microbial PET fiber.

### 3.2 사 인장강도

이온교환 제올라이트가 원사의 강도에 영향을 미치지 않아 보기 위하여 사 인장강도를 측정하였다.

Table 1에서와 같이 CM30수 원사와 은 이온 제올라이트 TC(60:40) 30수 방적사(anti-bacterial CVC spun fiber)의 사 인장강도를 측정한 결과, CM30수가 300cN인데 비해 상대적으로 은 이온 제올라이트 TC30수의 사 인장강도가 약간 낮은 것을 알 수 있다.

그러나 이와 같은 결과는 원단의 편직에는 전혀 문제가 없는 수준으로 확인되었다. 또한 사 인장강도는 일반적으로 방적의 꼬임수나 원면 사장(絲長) 등 다른 변수에 의해 더 크게 영향을 받기 때문에 은 이온 제올라이트가 사 인장강도에 크게 영향을 주지는 않은 것으로 추측된다.

### 3.3 흡수속도 및 흡수성

은 이온 제올라이트 PET-SF와 cotton을 60:40 비율로 방적하여 생산한 싱글 저지 시료(anti-bacterial CVC single jersey)와 동일한 중량의 cotton 싱글 저지 시료, TR(65:35) 싱글 저지 시료의 흡수성과 흡수속도는 일정 시간 동안 흡수한 높이로 각각 나타냈다.

Table 1. Tensile strength of CM cotton and anti-bacterial CVC spun fiber

Sample	Tensile strength (cN)
100% CM 30'S cotton spun fiber	300
Anti-bacterial CVC 30'S spun fiber	280

Table 2에서 보는 바와 같이 TR 싱글 저지가 흡수속도와 흡수성 모두 88mm와 90.9%로 가장 우수한 것을 알 수 있다. 이는 일반적으로 cotton과 PET에 비해 rayon의 흡수력이 더 우수한 것에 기인한 것으로 판단된다. 반면 cotton 100%와 CVC 저지는 흡수속도가 1mm로 동일하며, 흡수성 또한 75.7%와 80.4%로 큰 차이를 나타내지는 않고 TR 싱글 저지보다 낮은 것을 확인할 수 있다.

이러한 결과는 은 이온 제올라이트 PET를 cotton과 함께 방적하여 제조한 방적사를 일반 cotton 100% 방적사를 대체하여 사용해도 쾌적성 면에서는 큰 차이가 없음을 예상할 수 있다. 또한 이를 통해 의류, 양말, 수건 등의 제품을 생산할 때 쾌적성을 비교 분석할 수 있는 유용한 결과로 사용될 수 있을 것으로 사료된다.

### 3.4 접촉각

일반적으로 원단의 접촉각은 클수록 소수성을 나타내는 수분 특성이 있다.

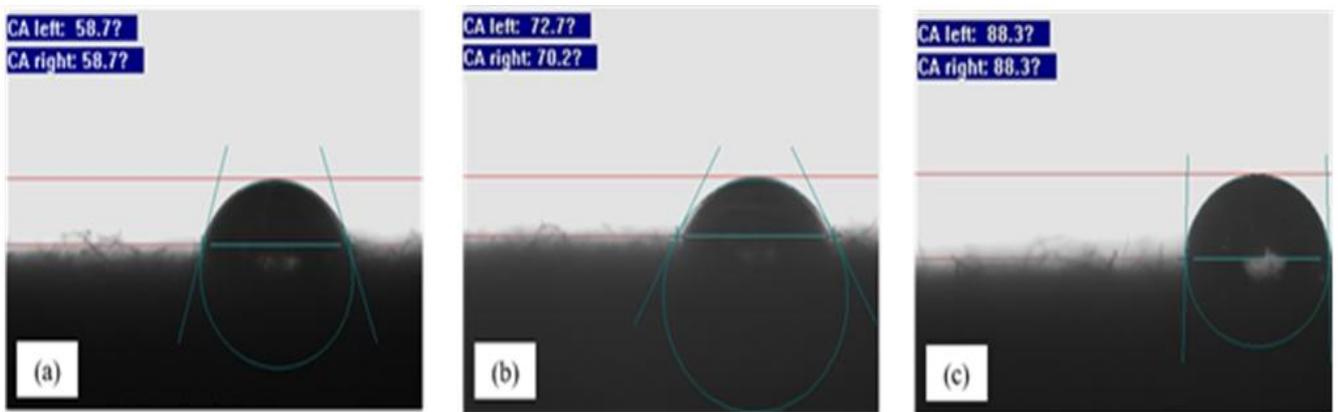
Table 2. Absorption speed and absorption rate of CM cotton, TR, and anti-bacterial CVC single jersey

Sample	Absorption speed (mm)	Absorption rate (%)
100% CM 30'S cotton single jersey	1	75.7
30'S TR single jersey	88	90.9
Anti-bacterial CVC 30'S single jersey	1	80.4

**Table 3.** Contact angle of CM cotton, TR, and anti-bacterial CVC single jersey

Sample	Contact angle (deg.)		Absorbed time of water droplets (sec)
	Left	Right	
100% CM 30'S cotton single jersey	58.70	58.70	12.56
30'S TR single jersey	72.70	70.20	2.09
Anti-bacterial CVC 30'S single jersey	88.30	88.30	0.85

Gram (+); *Staphylococcus aureus* ATCC 6538, Gram (-); *Klebsiella pneumoniae* ATCC 4352



**Figure 3.** Image of contact angle on CM cotton (a), TR (b), and anti-bacterial CVC single jersey (c).

Table 3과 Figure 3은 각각 100% cotton 싱글 저지, TR 싱글 저지 및 항균성 CVC 싱글 저지의 접촉각 측정 결과와 측정된 이미지를 나타낸 것이다. 접촉각은 왼쪽과 오른쪽을 각각 측정하였으며, 그 결과 cotton 싱글 저지의 접촉각이 가장 작고, TR 싱글 저지 및 항균성 CVC 싱글 저지의 순으로 커지는 것을 알 수 있다. 또한 물방울을 시료에 떨어뜨렸을 때, 물방울이 완전히 흡수되기까지 시간은 접촉각이 가장 작은 100% cotton 싱글 저지가 가장 느리고, 접촉각이 가장 큰 항균성 CVC 싱글 저지가 가장 빠른 것을 확인할 수 있다. 일반적으로는 편물은 구조가 단단할수록 표면의 콤팩트 함으로 인해 느슨한 형태보다 접촉각이 더 높은 결과를 나타낸다<sup>14)</sup>.

따라서 항균성 CVC 싱글 저지가 흡수성이 낮은 PET와의 혼합 비율이 가장 높고 원단의 구조가 일반적인 직물에서 예상되는 결과와 달리 편성물의 구조이지만 더 탄탄한 편성 구조를 하고 있고 접촉각은 크지만 속건성은 더 빠른 것을 예측해 볼 수 있다고 사료된다.

### 3.5 항균성

100% cotton을 blank로 하여 항균성 CVC 싱글 저지의 항균성을 시험한 결과를 Table 4에서 볼 수 있다. 사용된 2가지 균주 각각에 대해 일반 cotton은 18시간 후 균이 크게 증식한 반면 항균성 CVC 싱글 저지는 두 균주 모두에서 99.9%의 우수

**Table 4.** Antimicrobial property of anti-bacterial CVC single jersey

Sample	Bacteria	0 (hr)	18 (hr)	Reduction rate (%)
100% Cotton	Gram (+)	2.0×10 <sup>4</sup>	2.8×10 <sup>6</sup>	0
	Gram (-)	2.0×10 <sup>4</sup>	2.6×10 <sup>7</sup>	0
Anti-bacterial CVC 30'S single jersey	Gram (+)	2.0×10 <sup>4</sup>	1.2×10 <sup>3</sup>	99.9
	Gram (-)	2.0×10 <sup>4</sup>	2.6×10 <sup>3</sup>	99.9

**Table 5.** Efficiency of deodorization on anti-bacterial CVC single jersey

Sample	Deodorization efficiency (%)
100% CM 30'S cotton single jersey	0
Anti-bacterial CVC 30'S single jersey	85.0

한 항균성이 있음을 확인할 수 있다. 이러한 결과는 서론에서 언급한 내용<sup>11)</sup>과도 일치하여 제올라이트에 이온결합 되어 있는 은 이온이 균의 세포에 영향을 주었기 때문이라고 사료된다.

### 3.6 탈취/소취율

섬유가 불쾌한 냄새를 없애주는 탈취/소취 성능을 확인하는 시험으로 땀냄새에 원인이 되는 아세트산을 이용하였다. 제올라이트의 미세기공이 가진 탈취력을 비교하기 위해 같은 중량의 제올라이트 CVC 싱글 저지와 일반 CVC 싱글 저지를 비교 시료로 사용하였다. 탈취/소취율 시험 결과는 Table 5에 보는 바와 같이 제올라이트 CVC 싱글 저지가 2시간 후 아세트산이 85% 제거된 반면, 일반 CVC 싱글 저지는 탈취/소취 효과가 없는 것을 알 수 있다. 이는 제올라이트 CVC 싱글 저지 원사에 함유된 제올라이트의 미세기공 내부로 아세트산 가스가 흡착되어 탈취효과가 발현된 것으로 예측할 수 있다.

## 4. 결 론

본 연구는 반영구적인 항균 성능과 함께 땀 냄새 제거를 위한 복합방적사를 제조하고 그 물성을 알아보았다. 은 이온 교환 제올라이트가 3% 함유된 PET를 cotton과 6:4 비율로 혼합하여 방적 원사를 제조하여 사 인장강도와 항균성을 비롯한 탈취/소취율, 흡수율 및 흡수속도를 평가한 결과, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

먼저 SEM을 통해 항균성 PET-SF 내부와 표면에 은 이온 교환 제올라이트가 대체로 고르게 분포된 것을 확인할 수 있다. 은 이온 제올라이트 PET와 cotton을 혼방한 CVC 시료와 일반 cotton 100% 시료 간에 사 인장강도는 CVC 시료가 약간 낮은 것을 알 수 있었다. 수분특성을 알아보기 위해 흡수속도 및 흡수성을 측정하였으나 큰 차이는 없는 것이 확인되었고, 접촉각은 항균성 CVC 시료가 다소 큰 값을 나타냈지만, 수분이 워낙 속으로 완전하게 스며들 때까지 걸린 시간은 0.85 초로 가장 짧았다. 또한 전체 혼용물 중 항균 PET 40%를 일반 cotton과 방적하여 원사를 제조하였을 때 99.9%의 우수한 균 제거율과 85%의 탈취/소취 효과가 있는 것을 확인할 수 있었다.

## 감사의 글

이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2020R1H1A2102290).

## References

1. Y. Li, T. Verbiest, R. Strobbe, and I. F. J. Vankelecom, Silver Nanoparticles as Localized “Nano-heaters” under LED Light Irradiation to Improve Membrane Performance, *Journal of Materials Chemistry A*, **2**(9), 3182(2014).
2. M. Rajan, G. Dharman, and M. Sumathra, “Development of Microwave Absorbers from Biopolymer Composites”, Elsevier, Amsterdam, pp.231-253, 2017.
3. I. S. Chronakis, Novel Nanocomposites and Nanoceramics Based on Polymer Nanofibers Using Electrospinning Process- A Review, *Journal of Materials Processing Technology*, **167**(2-3), 283(2005).
4. Y. S. Zhang, L. T. Hu, J. M. Chen, and W. M. Liu, Fabrication of Complex-shaped Y-TZP/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Nanocomposites, *Journal of Materials Processing Technology*, **209**(3), 1533(2009).
5. B. Naufal, S. G. Ullattil, and P. Periyat, A Dual Function Nanocrystalline TiO<sub>2</sub> Platform for Solar Photocatalysis and Self Cleaning Application, *Solar Energy*, **155**, 1380(2017).
6. Y. M. Park, Dyeing Characteristics of Fermented *Caesalpinia Sappan* L. Wood Extract with Chitosan-Acetic Acid Solution and Illite Powder, *Textile Coloration and Finishing*, **31**(4), 271(2019).
7. M. J. Kim and Y. M. Park, High Sensitive CNT Imbedded Knit Fabrics for Heat Comfort, *Fibers and Polymers*, **19**(10), 2112(2018).
8. R. H. McQueen and S. Vaezafshar, Odor in Textiles: A Review of Evaluation Methods, Fabric Characteristics, and Odor Control Technologies, *Textile Research Journal*, **90**(9-10), 1157(2019).
9. K. M. F. Hasan, D. Hridam, M. M. Rahman, M. N. Morshed, S. A. Azad, and C. Genyang, A Review on Antibacterial Coloration Agent’s Activity, Implementation and Efficiency to Ensure the Ecofriendly and Green Textiles, *American Journal of Polymer Science and Engineering*, **4**(1), 39(2016).
10. A. Y. Hwang, Characteristics of Antimicrobial Coating Agent for Ag Doped Hydroxyapatite, M.S. Thesis, Kangwon National University, 2008.
11. J. Y. Kim, T. Y. Kim, and J. Y. Yoon, Antimicrobial Activity and Mechanism of Silver, *Journal of Korean Industrial Engineering Chemistry*, **20**(3), 251(2009).

12. M. Król, Natural vs Synthetic Zeolites, *Crystals*, **10**, 622(2020).
13. L. Cisneros, F. Gao, and A. Corma, Silver Nanocluster in Zeolites Adsorption of Ethylene Traces for Fruit Preservation, *Microporous and Mesoporous Materials*, **283**, 25(2019).
14. M. Yanilmaz and F. Kalaoglu, Investigation of Wicking, Wetting and Drying Properties of Acrylic Knitted Fabrics, *Textile Research Journal*, **82**(8), 820(2012).

## Authors

---

전용욱 영남대학교 의류패션학과 석사과정 학생  
박영미 영남대학교 의류패션학과 교수