

나노캡슐화 상전이 물질 처리 직물의 역학 특성과 촉감 감성 최계연, 채진희, 조길수 연세대학교 생활과학대학 의류환경학과

Mechanical Properties and Tactile Sensation of the Fabrics Treated with Nanoencapsulated Phase Change Materials

Kyeyoun Choi*, Jinhee Chae, Gilsoo Cho

Department of Clothing and Textiles, Yonsei University, Seoul 120-749, Korea

Abstract

본 연구에서는 기능성 의류소재로서 나노캡슐화 상전이 물질 처리 직물의 적합성을 평가를 위한 기초자료를 제시하고자 직물의 역학적 특성과 촉감 감성과의 관계에 대해 분석하였다. 분석결과, 면직물과 폴리에스테르직물에 모두 영향을 미치는 요인으로는 최대 하중시의 신장성, 전단강성, 표면마찰계수, 인장선형성, 두께 총 5가지로 나타났다. 이를 바탕으로 역학적 특성이 면직물과 폴리에스테르직물의 촉감 감성을 예측할 수 있는지 확인하기 위한 회귀분석 결과 두 직물 모두 R2가 0.7이상으로 예측력이 높게 나타난 것을 확인할 수 있었다.

Key words: 상전이 물질, 나노캡슐화, 역학적 특성, 촉감 감성

1. 서론

상전이 물질(Phase Change Materials, PCMs)은 주변의 온도변화에 자발적으로 반응하여 의복내 기후의 향상성을 유지시켜줄 수 있는 물질이다[5]. 일반적으로 상전이 물질은 마이크로캡슐화하여 사용되고 있지만 마이크로 캡슐화 상전이 물질을 직물에 처리할 경우 직물의 기공이 캡슐에 의해 막힘 현상이 발생할 수 있으며, 뻣뻣함이 증가하기 때문에 의복소재로 사용에 제약이 될 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 마이크로 사이즈의 캡슐을 나노캡슐화한다면 직물의 내구성도 유지되면서도 보다 넓은 표면적, 유연성, 통기성, 경량성, 유연성, 그리고 열 효율성과 같은 기능성은 높일 수 있을 것으로 예상된다[8]. 하지만 나노캡슐화 상전이 물질을 의류 소재에 적용시킨 연구는 미비한 실정이며, 직물의 열적 특성뿐만 아니라 촉감 및 이에 영향을 미치는 직물의 특성에 대한 연구는 이루어지지 않았다. 이에 본 연구에서는 외부 환경의 변화에 능동적으로 대응할 수 있도록 자동온도조절 기능뿐만 아니라 쾌적성을 갖는 의복소재를 개발하기 위한 기초자료를 제시하고자 하였다. 이를 위해 나노캡슐화 상전이 물질 처리 직물에 대한 역학 특성과 촉감 감성 평가를 실시함으로써, 촉감 감성에 영향을 미치는 역학 특성을 규명하고자 하였다.

2. 연구의 방법

2.1 시약 및 시료

벽물질은 멜라민(Melamine, Aldrich), 심물질은 옥타데칸(Octadecane, Aldrich, 99%)으로, 나노캡슐화 상전이 물질은 흡열피크 30.29°C에서 축열량이 41.27J/g이었다((주)에네트). 시료는 평직의 100% 면직물과 폴리에스테르직물로 무게는 각각 110±5g/m², 130±5g/m²이었다. 바인더 대비 상전이 물질의 농도는 10, 20, 30%로 하여 가공액(축열량: 24.67, 29.25 34.34J/g)을 제조한 다음, 스크린 프린팅 방식으로 처리하여 베이킹 장치(Daiei Kagaku Seiki Mfg. Co., Ltd)에서 110°C/1분간 열처리하였다[4].

2.2 평가

2.2.1 역학 특성

직물의 역학 특성은 한국생산기술연구원의 KES-

-FB(Kato Tech, Co., Ltd. Japan) [6]를 이용하여 표준 계측 조건[7]에서 인장, 굽힘, 전단, 압축, 표면, 중량과 두께 등 17개의 특성치를 측정하였다.

2.2.2. 촉감 감성

피험자는 만 20~30세의 남·여 대학생 20명으로, 2006년 10월 16일~10월 20일에 실시하였다. 자극물은 30×30cm 크기로 가공액의 농도와 나노캡슐화 상전이 물질 처리에 따라 총 8종이었다. 평가 형용사는 촉감관련 논문[1-3]을 참고로 하여 '부드러운', '거친', '따뜻한', '뻣뻣한', '까실거리는', '무거운', '두꺼운', '신축성이 있는', '투박한' 등 9개의 형용사를 선정하였다. 척도는 M-FMME(Modified Free Modulus Magnitude Estimation)로 무작위 제시 자극물을 자유롭게 만져보면서 느끼는 감성에 대해 0~10점 사이에서 응답하도록 하였다.

직물 촉감에 대한 주관적 감성 분석은 SPSS 12.0 통계 패키지를 이용하여 ANOVA 분석을 실시하였다. 이 중 시료 간의 차이는 Scheffe test를 이용하여 분석하였다. 또한 역학특성과 촉감 감성간의 관계는 Pearson 상관분석, 직물의 역학특성으로부터 촉감 감성을 예측하기 위해 다중회귀분석을 실시하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 직물의 역학 특성

직물의 인장 특성은 미처리 직물과 비교하여 처리 후 감소하였으며, 이는 가공액의 전면 도포로 캡슐과 바인더가 섬유 사이에 부착됨으로써 인장 변형에 영향을 미친 것으로 판단된다. 굽힘 특성은 처리 후 증가하였는데, 이는 가공액으로 인해 직물의 뻣뻣함이 증가했기 때문으로 판단된다. 전단 특성은 두 직물 모두 증가 하였으나, 전단강성(G)의 경우 면직물에서, 폴리에스테르직물에서는 전단이력(2HG)이 증가하는 경향을 보였다.

표면 특성은 면직물과 폴리에스테르직물 모두 감소하였으며, 이는 직물의 표면이 가공액으로 코팅이 되면서 표면이 어느 정도 매끄러워졌기 때문인 것으로 사료된다. 직물의 압축 특성은 압축회복성(RC)을 제외하고 압축 선형성(LC), 압축에너지(WC)는 감소하여 처리에 따라 직물의 부품성이 감소하였다는 것을 알 수 있었다. 직물의 무게 및 두께는 가공액의 처리에 따라 증가하는 것으로 나타났다. 폴리에스테르 직물의 경우 직물의 두께가 면직물에 비해 더 많이 증가한 것으로 나타났다. 이는 모든 표면 특성에서

미처리 폴리에스테르직물이 미처리 면직물에 비해 시료의 굴곡 사이사이에 보다 많은 양의 가공액이 흡착되어 나타난 결과로 사료된다.

3.2 직물의 촉감 감성

ANOVA 및 사후분석 결과, 면직물은 '부드러운', '거친', '따뜻한', '뻣뻣한', '까실 거리는', '무거운', '두꺼운', '투박한' 등, 8개, 폴리에스테르 직물은 '부드러운', '거친', '뻣뻣한', '까실 거리는', '무거운', '두꺼운', 그리고 '투박한' 등 7개의 형용사에서 유의한 차이가 나타났다.

면직물의 경우, 가공액의 농도 증가에 따라 부드럽게 평가하였으나, 폴리에스테르직물은 반대의 경향을 나타냈다. 이는 가공액의 농도가 증가함에 따라 면직물의 표면을 부드럽게 하였으나, MIU가 컸던 폴리에스테르직물의 경우에는 표면의 요철을 증가시키는 작용을 했기 때문으로 판단된다. '거친'의 경우, 미처리 면직물의 평균은 20%, 30% 처리 직물보다 높게 나타나 미처리 직물을 더 거칠게 평가하였다. 이는 가공액이 직물 표면에 흡착되면서 표면이 코팅 되어, 피험자들이 덜 거칠게 느꼈던 것으로 판단된다. '뻣뻣한'은 폴리에스테르 직물 중, 미처리와 10%, 20% 처리 직물에서 각각 유의한 차이가 나타났다. 직물간의 평균값에서 처리 직물이 미처리 직물에 비해 높게 나타나 가공액을 처리할 경우 좀 더 뻣뻣하게 느끼는 것으로 해석할 수 있다.

'까실거리는'과 '무거운'은 면직물의 경우, 가공액의 농도가 증가할수록 덜 까실거리나 무겁다고 느껴 직물에 도포된 가공액으로 인해 상대적으로 덜 까실거리게 느꼈던 것을 알 수 있었다. 하지만 직물의 경량성을 구현하기 위해서는 좀 더 얇게 도포될 수 있는 가공방법을 모색할 필요가 있다. '두꺼운'은 면직물의 경우, 미처리 직물에 비해 농도에 상관없이 처리 직물을 만졌을 때 더 두껍다고 평가한 것으로 나타났다. '투박한'은 폴리에스테르직물의 경우 처리 전후 직물간에 유의한 차이를 나타내었으며, 이는 가공액의 처리에 의해 원래의 촉감이 저하되어 투박한 감성을 느꼈던 것으로 판단된다.

3.3 직물의 역학 특성과 촉감 감성간의 관계

직물의 역학특성으로부터 촉감 감성을 예측하기 위해 다중회귀분석을 실시한 결과, 두 직물 모두 9개의 형용사 모두 R2가 0.928, 0.988 이상으로 예측력이 매우 높게 나타났다. 면직물은 RT, MIU, 2HG5, G, MMD, LT, 폴리에스테르 직물은 WT, SMD, MIU, RC, 2HG, T 등이 촉감 감성을 예측하는 주요한 변인으로 나타났다(Table1, 2).

Table.1 Regression Models for Tactile Sensation of Cotton Fabrics by Mechanical Properties

Tactile variables	Regression Model	Adj. R ²
부드러운	$Y = -0.991RT + 341.201MMD + 47.111$	0.991
거친	$Y = 0.765RT + -283.477MMD - 27.668$	1.000
따뜻한	$Y = 54.679MMD + 0.1862HG - 4.746$	1.000
뻣뻣한	$Y = 5.1352HG5 + 69.300LC - 53.663$	1.000
까실거리는	$Y = 0.679RT + -161.536MMD - 25.780$	0.977
무거운	$Y = 1.198G + 14.394B - 0.552$	1.000
두꺼운	$Y = 1.742G + 4.449B - 1.100$	1.000
신축성있는	$Y = 295.982MMD + 0.2052HG5 - 2.426$	1.000
투박한	$Y = 23.055LT - 15.331$	0.928

면직물의 경우, 나노캡슐화 상전이 물질 함유 가공액의 농도를 증가시킴으로써 RT를 감소시킨다면 부드러운 감성을 향상시키는 동시에 거칠고 까실거리는 촉감 감성을 저하시킬 수 있을 것으로 기대된다. 또한 '따뜻한' 촉감 감성은 나노캡슐의 농도를 증가시킴으로써 그 표면에 보다 많은 미세요철을 증가시켜 얻을 수 있을 것으로 예측된다. '뻣뻣한'은 2HG5이, '무거운'과 '두꺼운'은 G가 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이는 가공액의 농도가 낮을수록 아크릴 바인더의 함유량이 높아지면서 전단이력이 증가함으로써 뻣뻣함이 커졌던 것으로 사료된다. 또한 MMD가 클수록 직물 표면의 굴곡이 일정치 않아 신축성 있게 느끼는 것으로 사료된다. 가공액의 나노캡슐 농도가 증가할수록 섬유간의 나노캡슐의 흡착이 많아져 직물의 초기 신장이 감소함에 따라 보다 투박하게 느꼈던 것으로 나타났다.

폴리에스테르직물의 경우, 도포된 가공액이 직물 사이에 흡착되면서 WT가 증가함에 따라 부드럽고 덜 뻣뻣하고, 투박하지 않은 감성을 유발했던 것으로 나타났다. SMD가 감소할수록 '거친' 촉감 감성이 감소하였으며, 농도에 따른 차이보다는 나노캡슐 가공액의 처리 여부에 의한 차이가 크게 나타났다. 가공액의 농도가 증가할수록 MIU의 값이 감소하였으며, 따뜻하지 않게 느끼는 것으로 나타났다. 이 결과는 면직물의 '따뜻한' 촉감 감성이 MIU에 비례하는 결과와 상반되는 것으로, 면직물보다는 낮은 농도의 나노캡슐화 상전이 물질 가공액을 이용해야 '따뜻한' 촉감 감성의 저하를 방지할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 RC가 증가함에 따라 더 까실거리한다고 평가하였다. 또한 2HG가 증가할수록 두껍게 느끼는 것으로 나타났으며 두께가 증가할수록 신축성이 있게 느끼는 것으로 나타났다.

Table.2 Regression Models for Tactile Sensation of Polyester Fabrics by Mechanical Properties

Tactile variables	Regression Model	Adj. R ²
부드러운	$Y = 12.464WT - 2153EM - 56.074$	1.000
거친	$Y = -0.383SMD + 2.401LT + 4.033$	0.992
따뜻한	$Y = -25.184MMD - 2.260LC + 10.211$	1.000
뻣뻣한	$Y = -7.562WT + 7.834LT + 39.788$	1.000
까실거리는	$Y = 0.465RC - 1.855B - 17.558$	1.000
무거운	$Y = -12.765WT - 13.195LC + 78.816$	1.000
두꺼운	$Y = 0.8502HG - 14.993MMD + 4.505$	0.999
신축성있는	$Y = 26.891T + 3.863EM - 26.647$	0.988
투박한	$Y = -8.303WT - 9.998T + 57.694$	1.000

4. 결론

본 연구에서는 나노캡슐화 옥타데칸 처리 면직물과 폴리에스테르직물에 대한 역학특성과 촉감 평가를 통해 촉감 감성을 예측하기 위한 역학 특성을 규명하고자 하였다. 두 직물 모두 최대 하중시의 신장성, 전단강성, 표면마찰계수, 인장선형성, 두께 등이 영향을 미치는 것으로 나타나, 소재의 용도에 따라 역학 특성을 제어함으로써 보다 효용성이 우수한 기능성

의복을 구현할 수 있을 것으로 판단된다. 후속연구에서는 나노캡슐화 상전이 물질 처리 직물의 생리 반응 연구를 통해 캡슐의 처리 농도 및 촉감 감성과의 연관성을 분석함으로써, 축열·방열 성능을 갖는 고기능성 의복소재 구현을 위한 최적 조건 규명이 필요할 것으로 판단된다.

5. 참고문헌

1. 손진훈, 이임갑, 직물 촉감감성 연구의 심리?생리학적 접근, 섬유기술과 산업, 2(4), pp. 439-450, 1998.
2. 이미식, 김의경, 의류소재의 주관적인 태평가 실험방법 연구-시촉각, 시각, 촉각 방법비교-, 한국의류학회지, 28(6), pp. 784-789, 2004.
3. 조길수, 이은주, 조자영, 직물의 소리와 촉감이 주관적 감각에 미치는 영향-한?미 문화간 비교-, 한국감성과학회지, 3(1), pp. 41-52, 2000.
4. 최계연, 스크린프린팅을 이용한 옥타데칸함유 마이크로캡슐 처리 축열?방열 직물의 개발, 석사학위논문, 연세대학교 대학원, 2002.
5. Bruno, J. S., and Vigo, T. L., Temperature-Adaptable Fabrics with Multi-fuctional Properties, Textile Chemist and Colorist, 20(3), pp. 17-20, 1988.
6. Kawabata, S., The Standardization and Analysis of Hand Evaluation, The hand Evaluation and Standardization Committe, Tokyo, 1980.
7. Matsudaira, M., Kawabata, S., and Niwa, M., Measurement of Mechanical Properties of Thin-Dress Fabrics for Hand Evaluation, Journal of the Textile Machinery Society of Japan, 31(3), pp. 53-60, 1985.
8. Ramjunar, S., Hussain, M. M., Nano: The next wave in nonwoven textiles, 37(4), pp. 48-52, 2006.