

## PCMs함유 마이크로캡슐처리 투습·발수직물의 제조 및 물성

정혜진, 조길수\*

연세대학교 의류환경학과

### Manufacture of Water-proof Vapor-permeable Fabric Treated with Octadecane containing Microcapsules, and its Properties

Hyejin Chung and Gilsoo Cho\*

\*Department of Clothing and Textiles, Yonsei University, Seoul, Korea

#### 1. 서론

스포츠웨어는 착용 중의 쾌적함을 위하여 자연환경의 변화, 인체의 운동 및 활동 상황에 맞추어 그 기능을 적절히 조절할 수 있어야 한다. 인체는 체온 조절을 위해 땀을 흘리고 이 땀이 의복 밖으로 원활히 방출되지 못하면 덥고 습한 온열 생리적 불쾌감이 유발된다. 그러므로 온열적 불쾌감을 발생시키지 않도록 하는 것이 스포츠웨어가 가져야 할 중요한 기능이다. 이러한 환경 및 인체변화에 대응하여 투습·발수 소재가 일상 스포츠 웨어의 소재로 널리 쓰이고 있다.

투습·발수소재는 기체상태의 수증기와 액체상태의 물방울 크기의 차를 이용해 고안된 것으로써 체 내에서 발생하는 수증기와 체열을 의복표면을 통해 외부의 대기 중으로 증발시키고, 외부의 빗물 등의 침입을 막는 기능을 수행함으로써 인체의 발생에너지와 인체주위와의 열교환의 균형을 이루는 역할을 한다[1]. 투습·발수직물의 기능성은 개발 초기에는 주로 내수압, 투습도 등의 기본 기능을 향상시키려는 노력이 강조되었고, 이후 보온성, 신축성 등의 복합기능을 추가하는 방향으로 진행되었다. 현재 국내의 투습·발수직물은 빗방울이나 물이 침투하지 못하게 하면서 땀은 체외로 발산시키는 기능[2]을 수행하고 있으나, 과도한 운동 시 땀의 축적으로 불쾌감을 유발할 수 있다. 또한, 한랭 환경에서의 운동 시에는 의복내부 땀의 축적으로 인해 외부 환경에 향온을 유지하는 데에는 제한이 따른다. 따라서 쾌적한 의복의 개발을 위해서는 투습·발수 기능뿐만 아니라 적극적으로 의복 내 온·습도를 조절할 수 있는 복합기능성소재의 개발이 필요하다.

최근 상전이 물질(Phase Change Materials, PCMs)과 같은 기능성 물질을 합성된 마이크로캡슐에 봉입하여 섬유에 적용하고자 하는 고기능성 신소재 연구가 활발히 진행되고 있다. 상전이 물질은 비교적 낮은 온도변화에서도 용융과 결정화 현상을 일으켜 외부환경의 변화에 따라 스스로 열을 흡수, 저장, 그리고 방출하는 기능을 가지는 물질이다. 따라서, 인간과 환경에 적절한 반응할 수 있는 온도범위에서 상전이현상이 일어나는 물질을 선택하여 투습·방습 직물에 처리한다면, 단순히 열이나 수분을 차단하는 기능에서 벗어나 외부 또는 인체의 열에 의해 상변화를 일으키면서 인체의 적정 체온을 유지하는 고기능성 직물의 제조가 가능하게 될 것이다.

본 연구에서는 합성된 옥타데칸을 함유한 마이크로캡슐을 10%농도로 투습·발수 직물에 처리하여 처리 직물의 축열·방열성, 세탁내구성, 물리적 성질을 평가하고 마이크로캡슐 처리 전 투습·발수 직물과 물성을 비교함으로써 외부 온도 변화에 따라 적극적으로 의복 내 온도 조절 가능한 투습·발수 직물을 개발하고자 하였다.

#### 2. 실험방법

##### 2.1. 시료

본 연구에 사용된 시료는 케미타운(주)에서 제공되었으며, 그 특성은 Table1과 같다.

**Table 1. Characteristics of Specimen**

Specimen	Fiber Content(%)	Yarn Type	Finish	Thickness(mm)	Weight(g/m <sup>2</sup> )	Add-on(%)
WR	Nylon 100	filament	wet, porous, polyurethane coated	0.26	162.2	-
WR-PCM	Nylon 100	filament	wet, porous, polyurethane with microcapsules coated	0.31	169.72	4.36

**2.2. 가공방법**

본 연구에 사용된 마이크로캡슐 처리 직물의 가공방법으로는 습식코팅방식으로 폴리우레탄 대비 마이크로캡슐의 농도가 10%가되도록 마이크로캡슐을 폴리우레탄과 혼합하였다. 그 후 용제(DMF)를 희석하여 조제한 코팅용 수지를 나일론 직물에 코팅한 다음 물에 침적하여 수중으로 DMF를 추출시켜 미세 다공성 피막을 형성시킨 후, 수세, 건조하여 제조하였다. 이러한 과정을 통해 제조된 10%의 마이크로캡슐이 처리된 시료의 부가량은 4.36%였다.

**2.3. 마이크로캡슐 처리 직물의 축열방열성 및 세탁 내구성**

마이크로캡슐 처리직물의 축열·방열성은 DSC를 이용하여 측정하였다. 이 때의 조건은 10℃/min의 변온속도에서 축열성은 가온범위 -10~50℃에서 용해열로 측정되었으며, 방열성은 냉각범위 50~-10℃에서 결정화열로 측정되었다. 세탁은 KS K 0465를 참고하여 0, 1, 5, 10, 15, 20, 25, 30회로 실시한 후, DSC를 이용해 시료의 축열·방열성 변화와 SEM을 통한 마이크로캡슐의 부착상태 변화를 고찰하였다.

**2.4. 마이크로캡슐 처리 직물의 물리적 특성**

투습성은 KS K 0594의 염화칼슘법에 의해 측정하였으며, 저수압법에 의한 내수성 평가는 KS K 0591에 따라 정수압 저항도 측정 장치를 이용하여 측정하였다. 통기성은 자동 공기 투과 시험기(Automatic Air-Permeability Tester : KES-F8-AP1, Kato Tech Co., Ltd., Japan)를 사용하여 일정량의 공기가 단위시간 동안 단위 거리를 이동하는데 필요한 압력(KPa s/m)을 측정하였으며, 발수도는 KS K 0590(직물의 발수도 시험방법 : Spray)에 준하여 측정하고 그 결과를 점수로 표시하였다.

**3. 결과 및 고찰**

**3.1. 마이크로캡슐의 축열방열특성 및 입자크기**

본연구에서 사용된 마이크로캡슐의 축열·방열성을 분석한 결과, 옥타데칸 용융시의 상전이 온도(T<sub>m</sub>)는 26-30℃정도에서 일어났으며, 피크는 28.58℃에서 나타났다. 이 때의 발열량(ΔH<sub>i</sub>)은 153.4J/g이었다. 또한 옥타데칸의 결정화는 약 15℃에서 시작되어 11.49℃에서 피크가 나타났으며, 축열량(ΔH<sub>c</sub>)은 152.1J/g이었다. 마이크로캡슐을 주사전자현미경으로 관찰한 결과, 합성된 마이크로캡슐은 약 3-5μm 정도의 구형입자로 이루어졌음을 알 수 있다. 마이크로캡슐 입자 간에 거의 유착이 없이 부드러운 표면상태를 보이는 것으로 관찰되었으나, 캡슐의 크기분포가 다소 불규칙한 경향이 있는 것으로 관찰되었다.

**3.2. 마이크로캡슐 처리직물의 축열·방열특성**

Figure 1은 마이크로캡슐 처리 직물의 축열·방열 성능을 알아보기 위해 WR과 WR-PCM의 DSC를 분석한 결과이다. WR의 경우, 가온범위와 냉각범위에서 피크가 전혀 나타나지 않았으나, 10%의 마이크로캡슐농도로 처리한 WR-PCM의 경우, 용해열은 29.06℃에서 흡열피크가 나타났으며, 축열량은 13.50J/g이었다. 또한 결정화열은 11.45℃에서 발열피크가 나타났으며, 이때의 발열량은 14.02J/g이었다. 이들의 온도 범위는 의복을 착용하고 있을 때의 환경온도에 해당하며, 10%의 WR-PCM의 부가량이 4.36%로 낮았음에도 불구하고, 선행연구[3,5]보다 높은 축열·방열성을 보여 옥타데칸함유 마이크로캡슐을 의복에 처리하였을 경우 의복을 착용한 인체가 PCM의 축열·방열성으로 인한 기후 조절력을 의복 재료로부터 부여받을 수 있을 것으로 판단된다.

**3.3. 반복세탁에 따른 마이크로캡슐 처리 직물의 세탁 내구성**

반복세탁을 통한 마이크로캡슐 처리 직물의 부착상태를 SEM으로 3000배 확대하여 관찰한 결과는 Figure2와 같다. 마이크로캡슐은 폴리우레탄 맴브레인 사이의 미세 기공을 막지 않고, 30회 세탁이후에도 잘 부착되어있어 반복세탁 이후에도 축열·방열 특성을 기대할 수 있을 것으로 판단되었다.

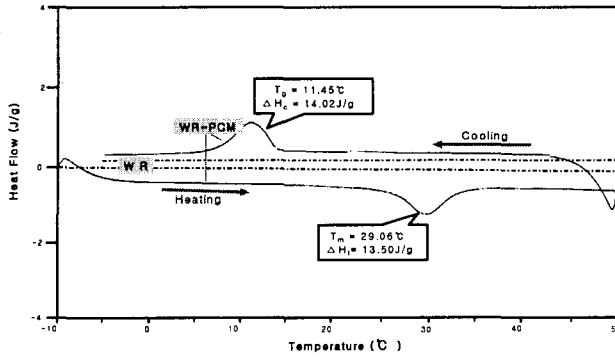


Figure 1. DSC Diagram of WR and WR-PCM

반복세탁에 따른 마이크로캡슐 처리 WR-PCM의 축열·방열성은 세탁횟수가 증가함에 따라 감소하는 경향을 보였으나, 30회 세탁이후에도 약 8J/g의 열량을 유지하여 반복 세탁에도 마이크로캡슐이 직물에서 떨어지지 않고 유지된 것을 알 수 있다. 이는 선행연구[3,5]에서 1회 세탁 이후 마이크로캡슐 처리 직물의 축열·방열성이 대부분 감소한 것과 비교해볼 때, 본 연구에서 처리된 직물은 축열·방열성을 지속적으로 유지할 수 있을 것으로 판단된다.

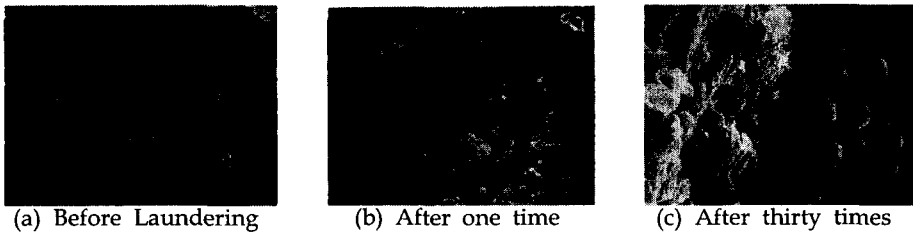


Fig 2. The Cross-Section of WR-PCM after Repeated Launderings( $\times 3,000$ )

### 3.4. 마이크로캡슐 처리 직물의 물성 및 내구성의 비교·평가

#### (1) 투습성

WR-PCM은 WR보다 투습성이  $5675\text{g}/\text{m}^2 \cdot 24\text{hrs}$ 에서  $5005\text{g}/\text{m}^2 \cdot 24\text{hrs}$ 로 감소하였다. 이는 습식 투습·발수가공 공정 시 마이크로캡슐이 함께 처리되어 직물 내에 흡착됨으로써 미세기공이 일부 막혀 투습성이 감소된 것으로 판단된다. 그러나 처리 전·후 직물 모두 스키, 등산, 낚시 등 격렬한 운동량을 요구하는 용도에의 투습도 최소요구치인  $4000\text{g}/\text{m}^2 \cdot 24\text{hrs}$ [1]를 상회하는 값을 나타내고 있음을 알 수 있었다.

#### (2) 내수도

마이크로캡슐이 투습·발수직물에 처리됨에 따라 내수도는  $2530\text{mmH}_2\text{O}$ 에서  $617\text{mmH}_2\text{O}$ 로 크게 감소하였다. 이는 마이크로캡슐이 가공액에 첨가됨에 따라 응고 시 DMF가 유출될 때, 마이크로캡슐에 의해 방해를 받아  $10\mu\text{m}$  이상의 큰 기공의 생성이 많아져 내수압이 떨어진 것으로 판단된다. 또한 수분의 침투는 세탁전보다 세탁 후에 두 시료 모두에서 증가하여 WR은  $1275\text{mmH}_2\text{O}$ , WR-PCM은  $384\text{mmH}_2\text{O}$ 를 나타냈다.

#### (3) 통기성

WR-PCM은 WR에 비해 공기저항도가 증가하여 통기성이 저하되었음을 알 수 있다. 이는 투습성과 같은 결과로서 마이크로캡슐이 투습·발수직물에 처리됨에 따라 직물의 미세기공의 밀도가 커져 직물을 통과하는 공기의 이동이 마이크로캡슐 처리 전보다 어려워진 것으로 사료된다.

#### (4) 발수도

10% 마이크로캡슐을 투습·방수직물에 처리하여 발수도를 측정된 결과, 그림과 같이 세탁전의 두 시

료의 발수도는 모두 100%의 발수도를 나타내어 마이크로캡슐처리로 인한 발수도의 감소는 발생하지 않았다.

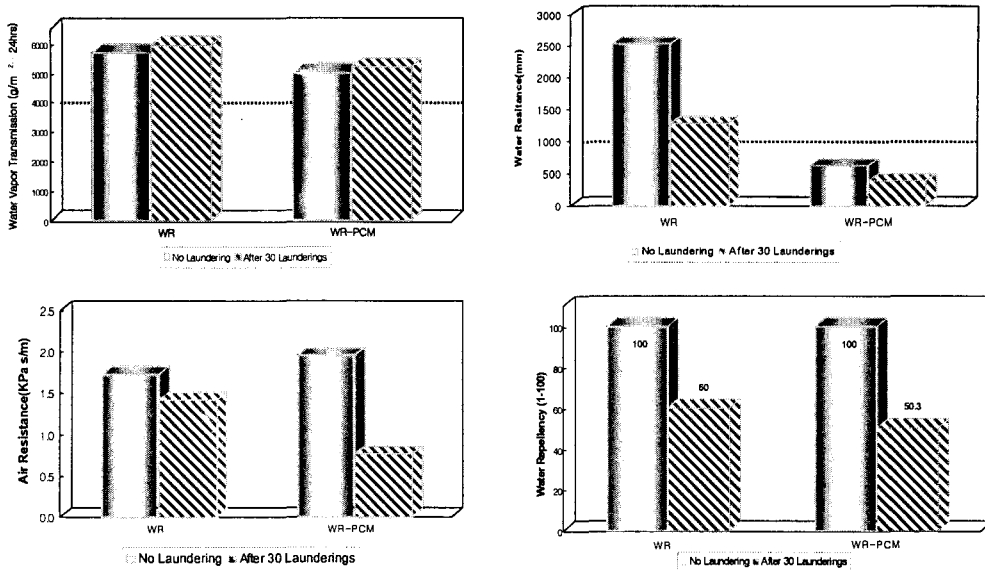


Figure 3. Comparison of Mechanical Properties of WR and WR-PCM

#### 4. 결론

마이크로캡슐이 처리된 직물의 열적특성을 분석한 결과, 10% 농도에서 처리된 직물의 용해열은 29.0 6℃에서, 결정화열은 11.45℃에서 나타났으며, 이때의 축열량은 13.50J/g, 방열량은 14.04J/g이었다. 마이크로캡슐 처리된 직물을 대상으로 반복 세탁한 결과 30회 세탁이후 마이크로캡슐의 일부 뭉침 현상이 발견되었으나, 축열·방열 특성은 약 8J/g으로 60%정도 유지되어 옥타데칸 함유 마이크로캡슐이 30회 세탁에도 떨어져 나가지 않고 축열·방열성능을 나타내서 세탁내구성이 입증되었다.

마이크로캡슐을 처리한 이후에도 투습·발수기능을 유지하는지 알아보기 위해 물리적 특성을 평가한 결과, 마이크로캡슐 처리 직물의 투습성, 내수도 통기성은 캡슐처리전보다 감소하였으며, 발수도는 처리 전후 직물 모두 100%를 보였다. 마이크로캡슐 처리에 따른 투습성, 통기성의 저하는 크지 않아 의복에 적용 시에도 축열·방열성과 함께 투습성을 발휘할 것으로 기대되었다. 그러나 캡슐처리에 따른 내수도는 급격하게 감소하여 마이크로캡슐 처리 이후에도 내수도를 저하시키지 않는 방향을 모색해야 할 것이다.

#### 5. 참고문헌

- [1] 김기정, 투습성 방수가공, *한국섬유공학회지*, 24(6), pp. 153-162, 1987.
- [2] 이석영, 박성우, 양현필, 구강, 수용성 키토산 분말을 이용한 고기능성 투습방수포 개발, *한국키티닌산 화학회지*, 4(2), pp. 102-108, 1999.
- [3] 최계연, 스크린프린팅을 이용한 옥타데칸함유 마이크로캡슐 처리 축열·방열 직물의 개발, 연세대학교 석사학위 논문, 2003.
- [4] 한국섬유개발연구원, 고기능성 투습방수직물의 동향 및 향후 전망, *섬유개발연구*, 13(7), pp. 39-47, 1999.
- [5] Kim, J. H. and Cho, G. S., Thermal Storage/Release, Durability and Temperature Sensing Properties of Thermostatic Fabrics Treated with Octadecane-Containing Microcapsules, *Textile Research Journal*, 72(12), pp. 1093-1098, 2002.