

비이온계 계면활성제 수용액이 PET직물의 습윤특성에 미치는 영향 제1보 : Span 20과 Tween 20의 혼합계와 희석계

김 천 희

한남대학교 의류학과

Effect of Nonionic Surfactant Solutions on Wetting and Absorbancy of PET Fabric I. Mixtures and Dilutions of Span 20 and Tween 20

Chunhee Kim

Dept. of Clothing & Textiles, Hannam University
(2003. 5. 30. 접수)

Abstract

The effects of changing aqueous solution properties by nonionic surfactants on wetting behavior and water retention properties of hydrophobic PET (polyethylene terephthalate) fabric were reported. The aqueous solution properties were diversified by mixing and diluting two nonionic surfactants, i.e., sorbitan monolaurate (Span 20) and polyoxyethylene(20) sorbitan monolaurate (Tween 20). The surface wetting properties ($\cos \theta$) of PET fabric were greatly improved by adding 10^{-1} g/dl Tween 20 and further improved by mixing Span 20 to the system. The water retention properties (W) of PET fabric were also greatly increased by addition of 10^{-1} g/dl Tween 20. In diluted surfactant systems, the $\cos \theta$'s were increased with decreasing surface tension of aqueous liquids. The ratios of aqueous liquid retained in the pore structure to liquid retention capacity (W/H) were also increased with decreasing surface tension, however, W/H values were dramatically increased right after critical micelle concentration (cmc). The existence of micelles was important for the retention of aqueous liquids in the fabric. The critical surface tension of PET fabric used was found to be 28.7dyne/cm.

Key words: PET, Span 20, Tween 20, wetting, water retention; 폴리에스터, 스펠 20, 트윈 20, 표면적삼, 수분보유량

I. 서 론

의복재료의 습윤특성은 의복의 쾌적성을 좌우하는 중요한 성능이다. 이는 섬유, 실, 천의 표면이 젖기 쉬운 상태인가(wetting) 또는 모세관 현상이 일어나기 쉬운 기공구조를 가지고 있는가(wicking) 등에 주로 영향을 받게 된다. PET (polyethylene terephthalate)

직물은 가장 널리 쓰이는 합성섬유의 하나로 매우 낮은 표면적삼성을 갖고 있는 소수성 섬유이다. 표면적삼은 표면 에너지와 직접적으로 관련되어 있으며, 에너지가 낮은 안정된 표면일수록 표면은 젖기 어려워진다(Hsieh et al., 1989). 따라서 다양한 방법으로 극성기를 도입할 경우 표면은 젖기 쉬워지게 되며 이에 대한 다양한 연구 결과가 보고 되어 있다(Hsieh et al., 1989, 1996; Hsieh & Cram, 1998; Tim & Hsieh, 1993, 1994). 또한 섬유의 종류(나미희, 김은애, 1990)나 직물의 구조(이동화 외, 1997; 이동화, 김은애,

이 논문은 2002년도 한남대학교 학술연구조성비 지원에 의해 연구되었음.

2001)에 따른 직물의 수분전달 특성에 관한 연구 결과도 보고 되어 있다. 요즈음 모세관 현상을 극대화시킨 구조인 이형단면 폴리에스터 흡수속건 소재가 다양하게 개발되어 아웃도어 웨어 뿐 아니라 일상복에도 점차 널리 사용되어짐에 따라 PET 직물에 대한 관심은 앞으로 더욱 높아질 전망이다.

이와 같이 섬유제품의 물리 화학적 특성을 변화시키거나 또는 물리 화학적 특성이 서로 다른 직물을 사용한 섬유제품의 습윤특성에 관한 연구가 여러 선행 연구자들에 의해 진행되어 왔으나, 액체의 특성을 변화시켜 섬유제품의 습윤특성을 향상시키기 위한 연구는 거의 이루어져있지 않다. 따라서 본 연구에서는 계면활성제 첨가에 의한 표면적심과 모세관 현상의 향상 정도를 계면활성제의 종류와 농도에 따라 실험적으로 고찰하고자 한다. 즉, 섬유제품의 특성에 상관없이 액체의 특성을 변화시켜 섬유제품의 습윤특성을 향상시킨다면 이는 염색, 가공 등의 공업적 후처리나 가정에서의 사용과 관리에 도움을 주리라 생각된다. 지금까지는 비이온계 계면활성제로 nonylphenol polyoxyethylene 계가 주로 사용되어 왔으며, 계면활성제와 섬유제품과의 상호관련 특성은 고려되지 않았었다. 앞으로 섬유 특성에 맞는 계면활성제를 선택하고, 최저 농도로 최대의 효과를 얻을 수 있는 최적 조건을 공정에 적용한다면 과도한 계면활성제 사용에 따른 문제점을 해소하여 비용 절감과 더불어 수질 오염 감소 효과도 기대할 수 있으리라 생각된다.

저자는 이전 연구에서 비이온계 계면활성제로 액체의 특성을 변화시켜, 정련되지 않은 소수성 면직물과 정련된 친수성 면직물의 접촉각, 기공에 흡수된 수분보유량 등 습윤특성에 대한 연구 결과를 보고하였다(김천희, 2001; Kim & Hsieh, 2001) 즉, 친수성 면직물은 순수한 물에 대한 접촉각이 낮으므로 계면활성제의 첨가에 의한 영향이 크게 나타나지 않았으나, 소수성 면직물의 접촉각은 계면활성제 첨가에 의해 매우 낮아져 정련 면직물의 접촉각과 유사해졌고, 수분보유량은 한계미셀농도(cmc) 이후 현저히 향상되었다(Kim & Hsieh, 2001). Span 20과 Tween 20, 40, 60, 80, 21, 61, 81, 65, 85등 10종의 비이온계 계면활성제를 이용한 연구에서, 소수성 면직물의 습윤 특성(wetting 과 wicking)은 계면활성제 첨가에 의해 향상되나 그 정도는 계면활성제의 종류에 따라 다르며, 특히 Tween 21과 81의 효과가 우수한 것으로 나타났다. 계면활성제 친유기의 탄소수가 증가하여 친

유성이 증가하면 소수성 면직물의 습윤특성은 저하되며, 친유기의 불포화도가 증가하면 습윤특성이 향상되었다(김천희, 2001).

따라서 본 연구에서는 소수성 PET직물이 비이온계 계면활성제의 첨가에 의해 표면 적심과 모세관 현상에 의한 흡수성 등과 같은 습윤특성이 어떻게 변화하는지를 이전 연구(Kim & Hsieh, 2001)와 비교 고찰하고자 한다.

II. 실험

1. 시약 및 시험포

2종류의 비이온계 계면활성제 sorbitan monolaurate (Span 20) 와 polyoxyethylene(20) sorbitan monolaurate (Tween 20) (Sigma Chemical Co.)를 정제하지 않고 사용하였으며, 계면활성제의 특성은 전보에 자세히 보고되었다(김천희, 2000, 2001; Kim & Hsieh, 2001).

Certified grade hexadecane(Fisher Scientific, $\gamma=26.7$ dyne/cm)을 사용하였고, 물은 Millipore Mill-Q water system에 의한 순수를 사용하였고, 표면장력은 72.6 dyne/cm, pH=6.2였다.

100% PET 평직물 (Dacron 54, homopolymer, spun yarn, #777, Testfabrics, Inc.)이 사용되었다.

2. 직물 전처리

PET 직물은 적당한 크기로 자르고 4면의 울을 풀어서 6.35cm×12.7cm 크기로 만든 후 지용성 불순물을 제거하기 위해 다음의 방법으로 전처리를 하였다. 2개의 500ml 비이커에 1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoroethane을 50ml씩 넣는다. PET직물 조각을 1개씩 첫 번째 비이커에 넣고 parafilm으로 덮은 후, 2분간 손으로 흔들고 3분간 방치 후 꺼내어 두 번째 비이커 넣고 다시 parafilm으로 덮은 후 2분간 흔들고 3분간 방치 후 꺼낸다. 10분간 fume hood에서 유기용매를 휘발시킨 후, 3일간 항온항습기에서 표준상태로 컨디셔닝을 한 후 사용하였다.

3. 계면활성제 수용액

2종류의 비이온계 계면활성제 Span 20과 Tween 20를 cmc이상의 일정농도를 유지하며 혼합하고, cmc

이하의 농도로 단계적으로 희석하여 각각 혼합계와 희석계 계면활성제 수용액을 만든다. 혼합계는 전체 계면활성제 농도를 10⁻¹g/dl 로 유지하며, 혼합비율은 Span 20 : Tween 20=0 : 100, 20 : 80, 40 : 60, 60 : 40, 80 : 20, 100 : 0로 한다. 희석계는 Span 20과 Tween 20을 각각 10⁻¹-10⁻⁵g/dl 농도로 희석한다. 우선 10⁻¹, 10⁻², 10⁻³, 10⁻⁴, 10⁻⁵의 농도로 희석한 후 각각의 표면 장력을 측정하고, cmc 전후로 예측되는 농도 범위에서는 각 단계를 다시 1/2, 1/4 등으로 희석하여 표면 장력을 측정하였다. 왜냐하면 계면활성제 수용액의 특성은 cmc 전후에 크게 변화하며 이것이 실험 결과에 큰 영향을 미치기 때문이다. 계면활성제 수용액의 표면장력은 processor tensiometer(K14, KRUSS)를 사용하여 측정하고, cmc값은 희석계의 Gibbs plot에서 구한다. 혼합계의 HLB값은 다음의 식으로 구한다(Graciaa et al., 1981).

$$HLB = \sum X_i (HLB)_i \tag{1}$$

이때, X_i는 각 성분의 무게분율, (HLB)_i는 각 성분의 HLB값을 나타낸다.

이 2종류 계면활성제의 혼합계와 희석계는 다양한 특성의 수용액을 만들게 되는데, 표면장력 범위는 26.7-72.6 dyne/cm이고, HLB 값의 범위는 8.6-16.7이다.

4. 습윤특성 측정

섬유제품의 습윤특성 측정 방법은 다른 논문에서 자세히 설명되어 있다(김천희, 2001; Kim & Hsieh, 2001). 폭이 6.35mm이고 길이가 25.4mm인 직물조각(경사방향)을 microbalance에 수직으로 매달고, 액체

를 일정 속도로 상승시켜 직물조각의 아래 끝을 액체와 접촉하도록 하여 저울의 눈금이 변하지 않을 때의 값(ΔB₁)을 읽고, 직물을 액체로부터 분리시킨 후의 값(ΔB₂)을 읽는다. 이때 ΔB₂는 직물에 남아있는 액체의 무게(W_t)이다. 모든 직물조각은 물과 계면활성제 수용액을 이용하여 측정한다.

$$F_w = (\Delta B_1 - \Delta B_2)g = (\Delta B_1 - W_t)g \tag{2}$$

$$\theta = \cos^{-1} \frac{F_w}{p\gamma} \tag{3}$$

이때, F_w=fabric wetting force, g=중력가속도, p=fabric-liquid perimeter, γ=표면장력이다.

물과 계면활성제 수용액을 이용한 측정이 끝난 후, 각 sample은 다시 항온항습기에서 표준상태로 48시간동안 건조 표준화되었다. 표준화된 sample은 p (fabric-liquid perimeter)를 구하기 위하여 total wetting liquid (hexadecane 사용)와 접촉되었으며, 이때 θ=0° 즉 cos θ=1로 가정한다.

$$p = \frac{F_w}{\gamma_{hexa}} \tag{4}$$

수직상태에서의 액체보유량(liquid retention capacity)은 다음 식에 의해서 구하며, 이때 W_{hexa}는 hexadecane 무게, W_{surf}는 계면활성제 수용액 무게, W_{fabric}은 직물조각 무게, ρ_{hexa}는 hexadecane의 밀도, ρ_{water}는 물의 밀도를 나타낸다.

$$H = \frac{W_{hexa}}{\rho_{hexa} W_{fabric}} \tag{5}$$

$$W = \frac{W_{surf}}{\rho_{water} W_{fabric}} \tag{6}$$

H(hexadecane, μl/mg)는 단위 직물 무게 당 보유된 hexadecane의 부피이며 직물의 액체보유능력을 나타

Table 1. Physical and water wetting & retention properties of PET & cotton fabrics

Characteristics	PET	Desized Cotton*	Scoured Cotton*
Fabric count, warp×filling (yarn/inch)	72×77	84×77	86×71
Fabric weight (mg/cm ²)	11.3	12.2	11.6
Fabric thickness (μm)	276.4	310.6	309.9
Water contact angle, θ(°)	78.7	86.1	40.1
Cos θ	0.197	0.068	0.764
Liquid retention capacity, H (μl/mg)	1.39	1.80	1.93
Water retention, W (μl/mg)	0.10	0.39	1.92
Water/Hexadecane ratio, W/H	0.07	0.21	0.99

*Kim & Hsieh, 2001

내는 수치로 기공부피를 나타내고, W(water, $\mu\text{l}/\text{mg}$)는 단위 직물 무게 당 보유된 물의 부피로 실제 보유된 물의 부피를 나타내며, W/H는 이 두 값의 비를 나타낸다.

III. 결과 및 고찰

1. PET직물과 계면활성제 수용액의 특성

PET직물의 물리적 특성과 습윤특성은 Table 1에 나타냈다. 정련하지 않은 면직물의 특성과 비교해 볼 때(Kim & Hsieh, 2001), PET 직물의 $\cos\theta$ 가 약간 크게 나타나는 것으로 보아 PET직물의 표면 적심이 미정련 면직물보다 약간 우수한 것을 알 수 있다. 반면, 전 액체보유능력(H)과 보유된 물의 부피(W)는 PET 직물이 낮게 나타났다. 이는 실험에 사용한 면직물의 밀도와 두께가 PET직물에 비해 약간 큰 값을 갖고 있고, 또한 cellulose hydroxyl기의 친수성에 의한 결과라 생각된다. 특히 W/H는 미정련 면직물이 0.21인데 비해, PET 직물이 0.07로 매우 낮게 나타나서,

PET 직물은 기공부피의 7%만이 물로 채워져 있는 것을 알 수 있다. 따라서 물에 계면활성제를 첨가하여 액체의 특성을 변화시켜, 소수성 PET직물의 습윤특성을 향상시킬 필요가 있다고 생각된다.

Span 20과 Tween 20의 혼합계 계면활성제 수용액의 전 계면활성제 농도는 $10^{-1}\text{g}/\text{dl}$ 이며, 이는 cmc이상의 농도로, 계면활성제의 미셀과 단분자 형태가 혼합 존재하고 있는 상태이다. 이때, Span 20의 혼합 비율이 커질수록 표면장력과 HLB 값이 낮아진다(Table 2). 희석계 계면활성제 수용액의 농도는 10^{-1} - $10^{-5}\text{g}/\text{dl}$ 로 $10^{-1}\text{g}/\text{dl}$ 만이 cmc이상의 농도이고, 그 이하는 모두 cmc 이하의 농도로 조절되어 있다(Table 3).

2. 혼합계 계면활성제 수용액에서의 PET 직물의 습윤특성 (cmc 이상의 농도)

Fig. 1을 보면 물에 대한 PET직물의 $\cos\theta$ 는 0.197 ($\theta=78.7^\circ$)인데, $10^{-1}\text{g}/\text{dl}$ 의 Tween 20이 첨가될 경우 $\cos\theta$ 는 0.773($\theta=39.4^\circ$)으로 현저히 증가하여 PET직물의 표면적심 효과가 매우 향상되며, 이에 Span 20

Table 2. Characteristics of mixed surfactant systems ($10^{-1}\text{g}/\text{dl}$)

Span 20 : Tween 20	Surface tension (dyne/cm)	HLB
0:100	38.0	16.7
20:80	32.2	15.1
40:60	31.5	13.5
60:40	30.7	11.8
80:20	28.6	10.2
100:0	26.7	8.6

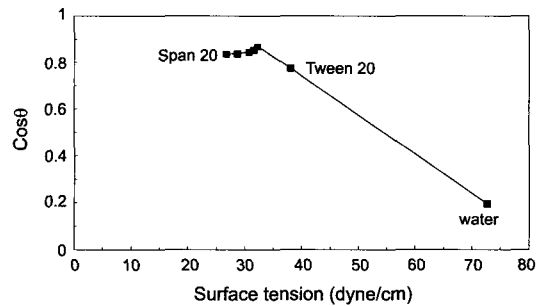


Fig. 1. Liquid wetting properties of PET fabric in Span 20 and Tween 20 mixed surfactant systems.

Table 3. Characteristics of diluted surfactant systems

Span 20 cmc= $6.13 \times 10^{-5}\text{mol}/\text{l}$, ave. MW=346			Tween 20 cmc= $8.04 \times 10^{-5}\text{mol}/\text{l}$, ave. MW=1226		
농도 (g/dl)	농도 (mol/l)	Surface tension (dyne/cm)	농도 (g/dl)	농도 (mol/l)	Surface tension (dyne/cm)
1.0×10^{-1}	2.89×10^{-3}	26.7	1.0×10^{-1}	8.16×10^{-4}	38.0
1.0×10^{-3}	2.89×10^{-5}	30.9	2.5×10^{-3}	2.04×10^{-5}	49.3
7.5×10^{-4}	2.17×10^{-5}	54.0	1.0×10^{-3}	8.16×10^{-6}	52.4
5.0×10^{-4}	1.45×10^{-5}	60.8	5.0×10^{-4}	4.08×10^{-6}	59.7
1.0×10^{-4}	2.89×10^{-6}	67.0	1.0×10^{-4}	8.16×10^{-7}	68.1
1.0×10^{-5}	2.89×10^{-7}	72.1	1.0×10^{-5}	8.16×10^{-8}	71.7

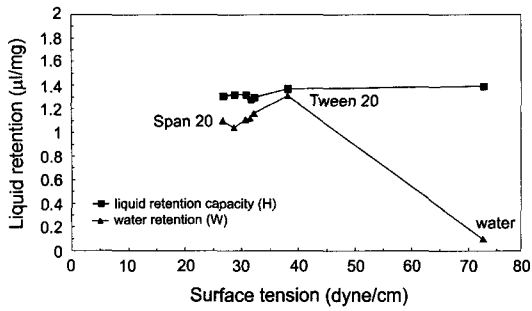


Fig. 2. Liquid retention properties of PET fabric in Span 20 and Tween 20 mixed surfactant systems.

을 혼합할 경우 표면적심 효과는 약간 더 향상 ($\theta=29.9^\circ-33.4^\circ$)되는 것을 알 수 있다. 이전 연구 (Kim & Hsieh, 2001)와 비교해 볼 때 이는 정련 면직물과 거의 유사한 수치로 소수성 PET직물도 물 대신 계면활성제 수용액을 사용하면 매우 용이하게 표면을 적실 수 있음을 알 수 있다.

직물의 액체보유능력(H)은 직물에 따른 변화가 거의 없으나, 보유된 물의 부피(W)는 계면활성제의 첨가에 의해 현저히 향상된다(Fig. 2). 특히 친수성 계면활성제인 Tween 20을 첨가했을 경우 효과가 가장 크며, 친유성 계면활성제인 Span 20이 혼합될 경우 보유된 물의 부피는 감소하였다. 이는 계면활성제 분자가 PET직물에 흡착될 때, 친유기는 직물 쪽으로 향하고 친수기는 물 쪽으로 향하는데 Span 20의 경우 친수기는 3개의 hydroxyl기 뿐이므로 물에 대한 친화력이 낮은 반면, Tween 20의 경우 3개의 hydroxyl기 뿐 아니라 20mol의 친수성 ethylene oxide기가 첨가되어 있으므로 물에 대한 친화력이 매우 강하여 수분 보유량이 현저히 향상된 것이라 생각된다. 즉, 친수성 계면활성제가 흡착될 경우 섬유 표면은 친수성이 증가하여 직물 기공 구조 내부로의 모세관 현상을 향상시키나, 친유성 계면활성제로 점점 치환될 경우 섬유 표면의 친수성이 감소하여 모세관 현상이 저하된다고 생각된다. 그러나 친유성 계면활성제 첨가도 순수한 물 보다는 직물의 수분보유량을 크게 향상시킨다. 또한 계면활성제 미셀의 내부에 포함된 물에 의한 수분보유량의 향상도 예측할 수 있다. 따라서 Span 20과 Tween 20 비이온계 계면활성제는 소수성 PET직물의 표면적심 효과 뿐 아니라 수분보유량도 현저히 증가시켜서 직물의 습윤특성을 매우 향상시키는 것을 알 수 있다. 이는 이전 연구(Kim & Hsieh, 2001)

와 비교할 때, 미정련 소수성 면직물과 같은 경향임을 알 수 있다.

3. 희석계 계면활성제 수용액에서의 PET 직물의 습윤특성 (cmc 이하의 농도)

계면활성제의 농도가 낮아져 표면장력이 증가하면 $\cos \theta$ 는 서서히 감소하여 직물 표면은 젖기 힘들어진다(Fig. 3). cmc 이상의 농도에서 cmc 이하의 농도로 변할 경우 $\cos \theta$ 의 급속한 저하는 일어나지 않는다. 따라서 표면적심은 표면장력의 함수이며 미셀의 유무에는 크게 영향을 받지 않는 것을 알 수 있다.

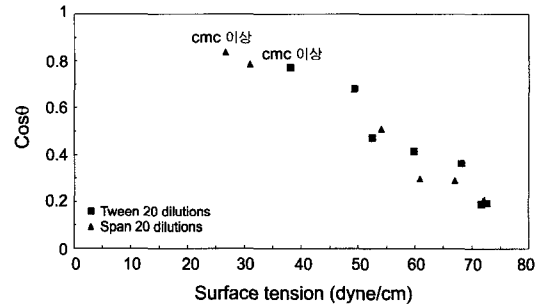


Fig. 3. Liquid wetting properties of PET fabric in dilution of Span 20 and Tween 20 surfactant systems.

PET직물의 전 액체보유능력에 대한 보유된 물의 부피 (W/H)는 위와는 다른 경향을 보여준다. 즉, 계면활성제 용액이 점점 희석되어 농도가 감소하고 표면장력이 증가하면 W/H는 감소하는데, cmc 이상에서 이하로 변화할 때 특히 큰 감소를 보여준다(Fig. 4).

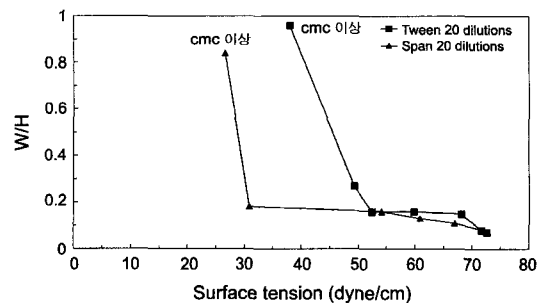


Fig. 4. Liquid retention properties of PET fabric in dilution of Span 20 and Tween 20 surfactant systems.

따라서 보유된 물의 부피는 표면장력 보다는 미셀의 유무에 더 큰 영향을 받는 것을 알 수 있다. 미정련 면

직물의 경우(Kim & Hsieh, 2001) Span 20의 희석계는 PET직물과 동일한 결과를 보여주나, Tween 20 희석계는 cmc 전후에 관계없이 표면장력의 증가에 따라 W/H는 서서히 감소한다. 이에 대한 이유는 명백히 밝힐 수는 없으나, 기질 자체의 물 보유 능력과 계면활성제의 특성에 기인된다고 추측할 수 있다. 즉, 기질 자체의 수분보유량이 매우 낮은 PET의 경우 계면활성제의 특성에 관계없이 단분자 상태의 계면활성제는 기질의 수분보유량을 향상시키지 못하고 보유된 물은 주로 미셀 내에 함유되나, 미정련 면직물의 경우 순수한 물에 대한 수분보유량이 PET직물의 거의 4배로 높아 친수성 계면활성제의 경우 단분자 상태의 계면활성제도 기질의 W를 향상시키는 것을 알 수 있다. 그러나 친유성 계면활성제의 경우 단분자 상태의 계면활성제는 PET의 경우와 마찬가지로 수분보유량 향상 효과가 크지 않은 것을 보여 준다.

Fig. 5는 $\cos\theta$ 와 W의 관계를 보여준다. cmc 이하의 조건에서 $\cos\theta$ 와 W는 직선적 정의 상관관계를 보여 준다. 즉, 직물의 W(수분보유량, absorbancy)의 증가는 표면적십 향상의 직접적인 결과이므로, 표면이 젖기 쉬워질수록 직물 내에 보유되는 물의 양은 많아진다는 것이다. 이는 순수를 이용한 PET직물의 습윤특성에 대한 연구 결과 (Hsieh et al., 1996; Hsieh & Cram, 1998)와 cmc 이상 농도 10종류의 비이온계 계면활성제를 이용한 미정련 면직물에 대한 연구 결과(김천희, 2001)와 일치한다. 그러나 본 연구에서는 cmc 이상의 조건에서 W값이 급격히 상승하는 것을 볼 수 있는데, 이는 계면활성제 수용액의 특성이 급격히 변화하여 미셀이 형성되기 시작하여 미셀 내에 다량의 물이 보유되기 때문이라 생각된다. 이는 Span 20 수용액을 이용한 미정련 면직물에 대한 연구 결과(Kim & Hsieh, 2001)와 일치한다. 즉 사용된 액체가 순수이거나 모두

cmc 이하 혹은 cmc 이상인 계면활성제 수용액의 경우와 같이 특성이 동일할 경우에 W는 $\cos\theta$ 의 증가에 따라 직선적으로 증가한다. 그러나 cmc 이전에서 이후로 변화할 때에는 미셀의 생성에 의해 수분보유량이 갑자기 크게 증가하는 것을 볼 수 있다. 따라서 직물의 습윤특성(wetting 과 absorbancy)을 향상시키기 위해서는 cmc 이상 농도의 계면활성제 수용액을 사용하는 것이 효과적이라는 것을 알 수 있다.

Fig. 6의 직선 회귀식에서 $\cos\theta=1$ 일 때의 surface tension을 구하면 28.7 dyne/cm로 이 PET직물의 critical surface tension이 된다. Hsieh 의 (1989)는 표면장력이 서로 다른 4종류의 액체인 water, glycerol, triethylene glycol, 1-bromonaphthalene을 이용하여 다양한 후처리 후의 PET직물의 습윤특성을 측정하여 접촉각은 25.1-67.0°, critical surface tension은 11.6-41.8 dyne/cm 이고, 미처리 PET직물의 접촉각은 67.0°, critical surface tension은 38.7 dyne/cm로 보고하였다. 정혜원, Obendorf (1991)에 의하면 PET 직물의 critical surface tension은 48.5 erg/cm², 친수화 처리 후의 PET 직물의 critical surface tension은 약 42-69 erg/cm²로 보고하였다. 본 연구에서는 PET의 critical surface tension 이 이전 연구들에 비해 낮게 나타났는데, 이는 본 연구에 사용된 PET 직물의 접촉각이 78.7°로 이전 연구(Hsieh et al., 1989)와 비교해 볼 때 표면 에너지가 낮은 안정된 표면이고, 또한 이전 연구들이 계면장력이 서로 다른 다양한 종류의 액체를 사용하여 측정한 데 반해 본 연구에서는 계면활성제 농도 변화로 계면 장력을 변화시켜 실험을 한 것도 다른 점이다. 따라서 이와 같은 이유로 critical surface tension이 낮게 나타난 것으로 생각할 수 있으나, 이에 대한 이유는 현재로서는 명백히 설명할 수는 없다. 본 연구에서 사용된 PET직물의 critical surface tension 과 접촉각은 28.7 dyne/cm와 78.7°이며, 이전 연

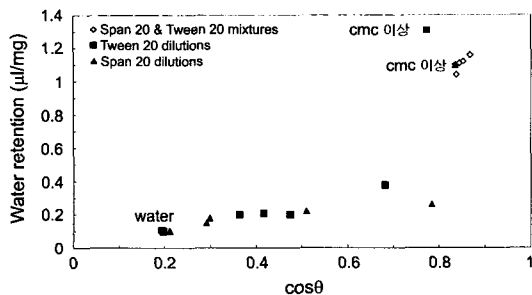


Fig. 5. $\cos\theta$ vs. water retention values for PET fabric in Span 20 and Tween 20 surfactant systems.

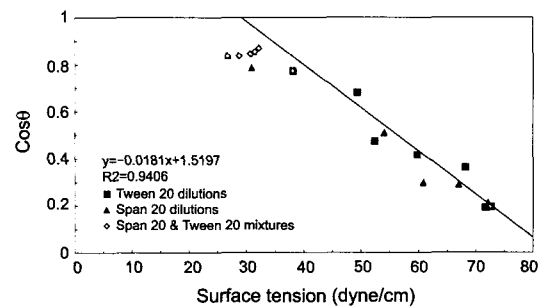


Fig. 6. Relationship between $\cos\theta$ and surface tension of Span 20 and Tween 20 surfactant systems.

구(Kim & Hsieh, 2001)에서 사용된 미정련 면직물의 critical surface tension과 접촉각은 28.0 dyne/cm와 86.1°로 유사한 결과를 보여준다. 그러나 미정련 면직물이 PET직물에 비해 조금 더 안정된 표면으로, 표면적심이 약간 더 어렵다는 것을 알 수 있다.

IV. 결 론

두 종류의 비이온계 계면활성제 Span 20과 Tween 20의 혼합계와 희석계 수용액을 사용하여 PET직물의 습윤특성인 표면적심 효과(wetting, $\cos\theta$)와 수분보유량(absorbancy, W)에 대하여 연구를 한 결과, 다음의 결론을 얻었다. 이때 혼합계는 cmc 이상, 희석계는 cmc 이하 농도의 계면활성제 수용액이다.

1. 소수성 PET 직물의 $\cos\theta$ 는 10^{-1} g/dl 농도의 Tween 20을 첨가할 경우 정련 면직물의 경우와 유사할 정도로 현저히 향상되며, Span 20을 혼합할 경우 $\cos\theta$ 는 조금 더 향상되었다.

2. W값도 10^{-1} g/dl 농도의 계면활성제 첨가에 의해 현저히 향상되며, 특히 친수성 계면활성제인 Tween 20을 첨가했을 때의 효과가 친유성 계면활성제인 Span 20을 첨가했을 때 보다 우수하였다.

3. 계면활성제의 농도가 cmc 이하로 낮아져 표면장력이 증가하면 $\cos\theta$ 는 서서히 감소하며, cmc 전후에서 $\cos\theta$ 의 급격한 변화는 일어나지 않는다. 따라서 $\cos\theta$ 는 표면장력의 함수이며 미셀의 유무에는 큰 영향을 받지 않는다는 것을 알 수 있다.

4. 계면활성제 수용액이 점점 희석되어 농도가 cmc 이하로 저하되고 표면장력이 증가하면 전 액체보유 능력에 대한 보유된 물의 부피 (W/H)는 감소하는데, cmc 전후에서 특히 큰 변화를 보여준다. 따라서 W는 표면장력 보다는 미셀의 유무에 더 큰 영향을 받는 것을 알 수 있다.

5. cmc 이하의 조건에서는 $\cos\theta$ 와 W는 직선적 정의 상관관계이므로 직물의 표면이 젖기 쉬워질수록 직물 내에 보유되는 물의 양은 많아진다는 것을 알 수 있다. 그러나 cmc 이후에는 W값이 급격히 상승하는 것을 볼 수 있는데, 이는 계면활성제 수용액의 특성이 급격히 변화하여 미셀이 형성되기 시작하므로 미셀 내에 다량의 물이 보유되기 때문이라 생각된다.

6. 이 PET직물의 critical surface tension은 28.7 dyne/cm로 접촉각이 크고 표면 에너지가 낮은 안정된 표면을 이루고 있음을 알 수 있다.

7. 이상에서 본 바와 같이 소수성 PET직물은 비이온계 계면활성제의 첨가에 의해서 표면적심 효과와 수분보유량 등 습윤특성이 현저히 향상되며, 그 효과는 계면활성제의 특성과 수용액 농도, 그리고 미셀의 유무 등에 영향을 받는다.

참고문헌

- 김천희. (2000). Span 20과 Tween계 계면활성제의 물/공기 계면에서의 분자면적과 계면장력 거동. *한국의류학회지*, 24(7), 1067-1072.
- 김천희. (2001). 비이온계 계면활성제 수용액이 면직물의 습윤 특성에 미치는 영향. *한국의류학회지*, 25(8), 1444-1452.
- 나미희, 김은애. (1990). 섬유 종류와 조합에 따른 직물의 수분전달 특성에 관한 연구. *한국의류학회지*, 14(3), 229-240.
- 이동화, 여숙영, 김은애. (1997). 액체유출법에 의한 폴리에스테르 직물의 기공 크기 및 분포 측정. *한국의류학회지*, 21(1), 206-216.
- 이동화, 김은애. (2001). 면과 폴리에스테르 직물의 기공의 크기 및 분포와 액상의 수분전달. *한국의류학회지*, 25(2), 379-388.
- 정혜원, Obendorf, K. (1991). Tensiometric법을 이용한 친수화 PET 섬유의 표면특성 분석. *한국의류학회지*, 15(4), 431-435.
- Graciaa, A., Fortney, L. N., Schechter, R. S., Wade, W. H., & Yiv, S. (1981). Criteria for structuring surfactants to maximize solubilization of oil and water I: commercial nonionics. *SPE/DOE* 9815.
- Hsieh, Y.-L., Timm, D. A., & Wu, M. (1989). Solvent- and glow-discharge-induced surface wetting and morphological changes of Poly(ethylene Terephthalate) (PET). *Journal of Applied Polymer Science*, 38, 1719-1737.
- Hsieh, Y.-L., Miller, A., & Thompson, J. (1996). Wetting, pore structure, and liquid retention of hydrolyzed polyester fabrics. *Textile Research Journal*, 66(1), 1-10.
- Hsieh, Y.-L. & Cram, L. A. (1998). Enzymatic hydrolysis to improve wetting and absorbency of polyester fabrics. *Textile Research Journal*, 68(5), 311-319.
- Kim, C., & Hsieh, Y.-L. (2001). Wetting and absorbency of nonionic surfactant solutions on cotton fabrics. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and engineering aspects*, 187-188, 385-397.
- Timm, D. A., & Hsieh, Y.-L. (1993). The microstructure and macrostructure of sulfonated Poly(ethylene Terephthalate) fibers. *Journal of Polymer Science: Part B: Polymer Physics*, 31, 1873-1883.
- Timm, D. A., & Hsieh, Y.-L. (1994). Solvent-induced structural changes in sulfonated Poly(ethylene Terephthalate) (SPET) fibers. *Journal of Applied Polymer Science*, 51, 1291-1301.