

비이온계 계면활성제 수용액이 면직물의 습윤특성에 미치는 영향

김 천 희

한남대학교 응용과학부 의류학전공

Effect of Nonionic Surfactant Solutions on Wetting and Absorbancy of Cotton Fabrics

Chunhee Kim

Clothing and Textiles, Hannam University

(2001. 5. 8 접수)

Abstract

Textile materials are frequently in contact with surfactant solutions during their manufacturing or finishing processes as well as cleaning processes in use. Liquid wetting, wicking, and absorbency of textile materials depend on the liquid properties, surface characteristics and pore geometry of textile materials, and the liquid-solid interactions. In this paper, 10 different nonionic surfactants, including Span20, Tween20, 40, 60, 80, 21, 61, 81, 65, 85, were used. The surfactants were characterized by their hydrophile-lipophile-balance (HLB) values, structures, and surface tensions. The 0.1g/dL and 1.0g/dL surfactant solutions, which were both above critical micelle concentration (CMC), were used to see the concentration effects on the wetting and absorbency of cotton fabrics. The wetting behavior and liquid retention properties of hydrophobic cotton fabrics with different nonionic surfactant solutions are reported. The contact angles are greatly decreased and the water retention values are greatly increased by adding most of the surfactants studied into the system. The extents of this effects are influenced by the characteristics of surfactants and its solutions. Hydrophilic surfactants which have low number of carbon atoms or unsaturated hydrophobe structures are more effective in improving the wetting and absorbency of hydrophobic cotton fabrics. The water retention of hydrophobic cotton fabrics has positive relations with $\cos\theta$, adhesion tension and work of adhesion. The 1.0g/dL surfactant solutions show similar, but slightly improved wetting and absorbency characteristics of hydrophobic cotton fabrics compared to the 0.1g/dL surfactant solutions.

Key words: wetting, absorbancy, nonionic surfactant, hydrophobic cotton

적심, 흡수성, 비이온계 계면활성제, 소수성 면직물

* 이 논문은 1999년도 한남대학교 학술연구조성비 지원에 의해 연구되었음

I. 서 론

섬유제품은 염색이나 가공과 같은 화학적 후처리 과정이나, 사용 중의 세탁 과정 중에 물과 빈번히 접촉하게 된다. 이때 사용되는 약제가 섬유 사이에 그리고 섬유 내로 효과적으로 확산되기 위해서는 섬유제품이 균일하고 좋은 습윤특성을 가지고 있어야 한다.

섬유제품 내로 액체가 침투하기 위해서는 먼저 액체가 섬유의 표면을 적신 후에(wetting), 모세관 현상으로 액체가 섬유 내 기공으로 침투하게 된다(wicking). 표면 적심(surface wetting)은 섬유-액체의 인력에 의해 일어나며, 이는 섬유의 표면 특성과 액체의 특성에 의해 결정된다. 모세관 현상은 액체의 특성(표면장력, 점도, 밀도), surface wetting force, 기공의 기하학적 구조 등에 의해 결정된다. 우리는 보통 접촉각(contact angle: θ)과, 기공 내에 포함된 물의 양, 물이 채워진 기공 부피/전체 기공 부피 등으로 섬유 물질의 습윤특성을 정량화한다. 섬유의 습윤특성을 향상시키기 위해서는 천연섬유의 소수성 불순물을 제거하거나(정련), 소수성 섬유인 polyethylene terephthalate (PET) 에 친수성 물질을 graft 중합하거나 alkali 가공, 효소 분해 등의 후처리를 하여준다. 즉 섬유의 화학적 조성을 변화시키거나, 물리적 변화에 따른 기공 구조의 변형에 의해 섬유제품의 습윤특성을 향상시킬 수 있다. 이와 같이 섬유제품의 습윤특성은 공업적 생산 과정에서나, 가정에서의 사용 소비 과정에서 중요한 반면, 섬유제품 기공 형태의 불균일성 등과 사용 액체계의 복잡성 때문에 체계적 정량적 연구가 거의 이루어지지 못하고 있다.

정 과 Obendorf¹⁾는 소수성 섬유인 PET에 친수성 후처리를 하여 microbalance로 wetting force를 측정하여 adhesion tension과 접촉각을 계산하였다. 친수화 처리는 물의 adhesion tension을 증가시켰으며, 처리제의 종류에 따라 advancing과 receding adhesion tension의 차가 매우 다르게 나타났다고 보고하였다. Hsieh²⁾는 습윤, 모세관 현상의 이론을 전개하고 이 이론을 섬유제품에 적용시켰다. 즉,

100% 면과 PET직물 및 모세관을 사용하여 microbalance 법으로 직물의 wetting과 wicking 특성을 실험적으로 고찰하였다. Hsieh 등³⁾은 PET 직물을 NaOH 수용액으로 가수분해 처리하여 감량가공을 하여 가공 조건의 변화에 따른 직물의 습윤특성과 기공 구조의 변화를 고찰하였다. PET 직물은 가수분해에 의하여 습윤성이 향상되며, 기공 크기의 분포와 기공의 상호 연결성이 습윤특성에 중요한 요인이 된다고 보고하였다. Hsieh와 Cram⁴⁾은 PET 직물에 가수분해 효소를 작용시켜, PET직물의 습윤 특성 변화를 고찰하였다. 효소 가수분해는 알칼리 가수분해 못지 않게 PET직물의 표면 적심과 습윤성을 향상시키며, 동시에 강도 손실도 작았다고 보고하였다. Hsieh 등⁵⁾은 면 섬유제품으로 슬라이버, 실, 평직 직물, 수자직 직물을 사용하여 정련, 표백, 알칼리 팽윤 등의 후처리가 섬유제품의 습윤특성에 미치는 효과를 고찰하였다. 정련과 표백에 의하여 면제품의 습윤성이 향상되나, 그 정도는 섬유제품의 형태와 정련 시간에 영향을 받는다고 보고하였다. Hsieh 와 Cram⁶⁾은 면직물에 존재하는 친유성 물질을 효소처리에 의해 제거한 후, 면직물의 습윤특성 변화를 연구하였다. 효소처리는 알칼리 정련과 유사하거나 우월한 결과를 나타내며, 면직물의 기공성이나 두께 변화는 작았다고 보고하였다. 또한 의복의 쾌적감과 관련한 직물의 액상 수분전달에 대한 일련의 연구 결과가 다음과 같이 보고되고 있다⁷⁻¹⁰⁾. 나 와 김¹¹⁾은 섬유의 종류와 조합에 따른 직물의 수분전달 특성을 연구하여, 직물의 흡수성은 섬유의 흡수성과 직물의 표면특성이 동시에 작용하여 나타나며 흡수성이 큰 직물이 증기압이 낮은 곳에 위치할 때 투습도가 크다고 보고하였다. 김 과 Barker¹²⁾는 PET 흡수속건소재와 일반 PET, 면, 나일론, 아크릴 섬유 직물의 투습성을 비교하고 액상 수분전달 특성을 측정하였다. 실의 굵기 및 조직이 동일하여 기공도가 같은 경우라도 섬유의 흡수성이 투습성에 영향을 미치며, 직물의 표면상태가 심지흡수력과 요구습윤도에 영향을 준다고 보고하였다. 이 등¹³⁾은 수분전달 메커니즘 규명 및 정량적 쾌적성능 평가를 위하여 직물의 기공 크기 및 분포를 액체유출법으로 측정하였다. 이와 김¹⁴⁾은 면과 폴리에스테르

직물의 기공 크기 및 분포와 액상의 수분전달을 연구하였다. 심지흡수력은 섬유사이의 기공의 체적과 섬유사이의 기공의 연결정도 및 섬유의 표면특성에 영향을 받고, 요구습윤도는 전체 기공의 체적과 친수기의 여부 및 실과 실 사이의 기공의 연결성 등에 영향을 받는다고 보고하였다.

위에서 본 바와 같이 지금까지 몇몇 연구자들에 의해 섬유제품의 물리 화학적 특성을 변화시키거나 또는 물리 화학적 성질이 서로 다른 직물을 사용하여 섬유제품-순수한 물의 습윤특성 변화에 대한 연구가 진행되어 왔으나, 액체의 특성을 변화시켜 액체의 특성이 섬유 제품의 습윤특성에 미치는 영향에 대해서는 정량적 연구가 거의 이루어지지 않은 상태이다. 또한, 섬유제품은 후처리나 사용 중의 세탁과정에서 계면활성제 용액과 빈번히 접촉하므로 섬유제품-계면활성제 용액간의 상호작용에 대한 정량적 연구가 이루어진다면 공업적으로나 가정에서의 관리에 도움을 주고, 의복의 쾌적성과 위생성에 큰 영향을 미치는 섬유의 습윤특성 (wetting 과 absorbancy)을 이해하는데도 도움을 주리라 기대한다.

본인은 계면활성제 용액이 섬유제품에 흡수, 침투되는 과정을 규명하는 연구를 진행 중에 있으며, 일부 연구 결과를 발표하였다^{1)~3)}. 즉 10종류 비이온계 계면활성제 (Span20, Tween20, 40, 60, 80, 21, 61, 81, 65, 85) 용액의 계면에서의 특성과 분자면적에 대한 연구⁴⁾와 친수성을 나타내는 정련된 면직물과, 소수성을 나타내는 발호된 면직물을 사용하여, 친유성 비이온계 계면활성제인 Span 20과 친수성 비이온계 계면활성제인 Tween 20의 혼합계(CMC 이상의 농도)·희석계 (CMC 이하의 농도)를 사용하여 면직물의 접촉각·기공에 흡수된 물의 양과 비율 등을 실험적으로 고찰한 바 있다. 정련된 면직물은 순수한 물에 대한 접촉각이 낮으므로 계면활성제 첨가에 의한 영향이 크게 나타나지 않았다. 그러나 발호 면직물의 경우 물에 대한 접촉각은 계면활성제의 첨가에 의해 매우 큰 폭으로 낮아져서 정련 면직물의 접촉각과 유사해 지는 것을 볼 수 있었다. 또한 보유 수분량(W)은 CMC 전후에 큰 차이를 보여준다^{2) 3)}. 그렇다면 CMC 이상의 조건에서 농도를

이전 연구의 10배로 증가시킬 경우 소수성 면직물의 습윤특성은 영향을 많이 받을 것인가? 또한 이전 연구에서는 HLB 값이 10종의 비이온계 계면활성제 중 최고와 최저인 2종류의 계면활성제만을 고찰하였는데, HLB 값이 이 2종류 계면활성제의 중간에 있는 8종류의 계면활성제는 어떤 영향을 줄 것인가? 등에 대한 연구의 필요성을 느끼게 되었다.

따라서 본 연구에서는 이전 연구의 연장으로, 종류 및 특성이 일정한 발호된 소수성 면직물과 성질이 서로 다른 10종류의 비이온계 계면활성제 수용액을 사용하여, 수용액의 농도를 0.1g/dL과 1.0g/dL로 변화시켜, 섬유와 액체와의 상호 작용을 실험적으로 고찰하여, 이러한 액체의 특성이 섬유제품의 습윤특성에 미치는 영향을 고찰하고자 한다.

II. 실 험

1. 시약 및 시험포

1) 시약

비이온계 계면활성제로는 Span20, Tween20, 40, 60, 80, 21, 61, 81, 65, 85(Sigma:biochemicals and reagents for life science research)를 사용한다. 각 계면활성제의 HLB 값, 구조와 조성, 분자 면적 등은 전보⁵⁾에 자세히 보고되었다. 각각의 계면활성제는 구조적으로 순수한 물질이 아니라, 친유기의 경우 탄소수가 다른 몇 가지 지방산이 혼합된 상태이고, 친수기의 경우 ethylene oxide unit 이 정상분포 형태로 분산 첨가된 경우이다. 모든 계면활성제는 정제하지 않고 사용되었다.

계면활성제 용액의 표면장력은 processor tensiometer (K14, KRUSS)를 사용하여 측정하였고, 비이온계 계면활성제의 Kraft point 가 낮으므로 21 °C에서 측정하였다. Certified grade hexadecane (Fisher Scientific, $\gamma=26.7$ dyne/cm)을 사용하였고, 물은 Millipore Mill-Q water system에 의해 순수화시켰고 이때의 표면장력은 72.6 dyne/cm, pH=6.2였다.

2) 시험포

2종류의 100% 면직물 (평직, 400R, Test Fabrics,

Inc.)을 사용하였다. 이 2종류의 면직물은 동일 시험 포이나 따로 주문된 것으로 습윤특성이 달라서 A와 B로 구분하여 표시하기로 한다. 면직물 생지는 wax 등의 친유성 비셀룰로오스 물질에 의해 상당히 소수성($\theta \approx 85^\circ$)을 나타내는 것으로 알려져 있다. 친수성 효과가 불순물로 존재하는지 확인하기 위해 물에 대한 접촉각을 측정된 결과 A는 68.6° 였고 B는 82.8° 로 나타나서 발호를 하였다. 발호는 면직물의 기공구조를 가능한 한 변형시키지 않는 방법을 택하였다.

2. 실험방법

1) 면직물의 발호

4가지 서로 다른 방법으로 Fabric A를 발호하였다. 제1방법은 면직물을 적당한 크기로 자르고 4면의 울을 풀어서, 6.35cm X 12.7cm 크기로 만들었다. 이 면직물 조각을 1매씩 25°C의 물이 담긴 삼각 flask에 접하지 않도록 넣고 항온수조에서 30분 동안 30rpm으로 세척하였다. 25°C 물에서 5분 헹구기, 300rpm으로 3분 동안 원심분리를 2회씩 행하였다. 액비는 항상 250ml/g 이었다. 발호된 직물조각은 21°C, 65% RH 항온항습실에서 72 시간동안 건조·표준화되었다. 제2방법은 항온수조에서 25°C, 30rpm으로 30분 2회 세척한 후 제1방법과 같은 방법으로 헹구고 건조하였다. 제3방법은 항온수조에서 25°C, 30rpm으로 15분 세척 한 후 증류수가 담긴 삼각 flask에 넣고 손으로 강하게 흔드는 것을 4회 반복한 후 원심분리하고 제1방법과 같은 방법으로 건조하였다. 제4방법은 항온수조에서 25°C, 30rpm으로 10분 세척 후 과량의 증류수에서 펀셋으로 잡고 가볍게 흔들어 헹군 후 원심분리하고 다시 10분 세척 → 헹군 → 원심분리를 2회 더 반복한 후 제1방법과 같은 방법으로 건조하였다.

면직물의 fabric weight, count, thickness 등은 ASTM 1910에 따라 측정하였다.

2) 습윤특성 측정

섬유제품의 습윤특성의 측정 방법은 다른 논문에서 자세히 설명되어 있다^{2, 12-16}. 폭이 6.35mm 이고 길이가 25.4mm인 직물조각(경사방향)을 microbalance

에 수직으로 매달고, 액체를 일정 속도로 상승시켜 직물조각의 아래 끝을 액체와 접촉하도록 한다. 저울의 눈금이 변하지 않을 때의 값 (ΔB_1)을 읽고, 직물을 액체로부터 분리시킨 후 눈금을 읽는다(ΔB_2). 이 값(ΔB_2)은 직물에 남아 있는 액체의 무게(W_t)가 된다. 즉, $\Delta B_2 = W_t$ 이다. 이 저울 측정값으로, 모세관 현상에 의해 직물 내로 빨려 올라간 액체의 무게와 직물에 작용하는 wetting force, 접촉각 등을 동시에 측정, 계산할 수 있다. 모든 직물조각은 물, 0.1g/dL, 1.0g/dL 농도의 10 종류의 비이온계 계면활성제 용액을 사용하여 측정한다. 이 농도는 모든 계면활성제의 경우 critical micelle concentration (CMC) 이상이다.

$$F_w = (\Delta B_1 - \Delta B_2)g = (\Delta B_1 - W_t)g \quad , \quad (1)$$

$$\theta = \cos^{-1} \frac{F_w}{pr} \quad , \quad (2)$$

이때, F_w = fabric wetting force, g = 중력가속도, p = fabric-liquid perimeter, r = liquid surface tension이다.

계면활성제를 이용한 측정이 끝난 후, 각 sample은 다시 21°C, 65%RH 항온항습실에서 48 시간동안 건조·표준화되었다. 표준화된 sample은 p (fabric-liquid perimeter)를 구하기 위하여 total wetting liquid (hexadecane 사용)와 접촉되었으며, $\theta = 0^\circ$ 즉 $\cos \theta = 1$ 로 가정한다.

$$p = \frac{F_w}{\gamma_{hexa}} \quad , \quad (3)$$

이 때, hexa 는 hexadecane을 나타낸다.

수직상태에서의 liquid retention capacity는 다음식에 의해서 구하며, 이때 W 는 무게, ρ 는 액체의 밀도, surf 는 surfactant solution을 나타낸다.

$$H = \frac{W_{hexa}}{\rho_{hexa} W_{fabric}} \quad (4)$$

$$W = \frac{W_{surf}}{\rho_{water} W_{fabric}} \quad (5)$$

H (hexadecane, $\mu\text{l}/\text{mg}$)는 직물의 전체 기공 부피, W (water, $\mu\text{l}/\text{mg}$)는 기공과 섬유에 포함된 물의 양

에 대한 정보를 준다.

III. 결과 및 고찰

1. 면직물의 발호

물에 대한 면직물의 접촉각(θ), 기공 내에 포함된 물의 양(W), 전체 기공 부피에 대해 물이 채워진 비율(W/H) 등 면직물의 습윤특성은 발호 과정에 의해서 상당히 영향을 받는다. Fabric B는 발호 전 후의 습윤특성에 큰 변화가 없는 것으로 보아 호료가 침부되지 않았다고 생각되나, Fabric A는 발호 전 후에 큰 차이를 보여 호료가 상당량 침부되어 있음을 알 수 있다(Table 1). 따라서 앞에서 설명한 4가지 서로 다른 방법으로 Fabric A를 발호하고 그 결과를 Table 2에 표시하였다. Table 1 A와 B 시험포 모두 제1방법으로 발호 되었다.

발호 전 후를 비교하여 볼 때, fabric A는 발호 후에 접촉각(θ)이 월등히 증가된 것을 볼 수 있어 직물 표면에서 호료가 상당량 제거되었다고 생각된다. 그러나 수분 보유량(W)은 발호 후에 약간 감소하나 fabric B와 비교하여 볼 때 아직도 상당히 높아서, 이는 면직물 자체의 특성이라기 보다는 친수

성 호료가 내부로 침투하여 섬유 사이에 존재하여 나타난 결과라 생각된다. 따라서 fabric A는 불순물인 호료가 완전히 제거되지 못한 상태이므로, 모든 실험은 fabric B를 이용하여 행하여졌고, fabric A는 일부 실험에서 비교용으로 사용되었다.

2. 비이온계 계면활성제의 종류와 농도가 소수성 면직물의 습윤특성에 미치는 영향

각 계면활성제 0.1g/dL 용액에서 소수성 면직물 B의 접촉각(θ), 수분 보유량(W), 전 기공부피(hexadecane 보유량, H), 전 기공부피에 대한 수분량(W/H)이 Table 3에 나타나 있다. 계면활성제 수용액의 계면장력, CMC, 물농도 등은 모두 측정치이며, 이전 연구¹¹⁾에서 자세히 보고되었다. 모든 경우에 계면활성제 농도는 CMC이상이다. 계면활성제가 없는 경우와 비교하여 보면 계면활성제가 첨가된 경우에는 생지 면직물의 접촉각이 현저히 감소한다. 특히 Tween 21과 81의 경우, 면직물을 알칼리로 정련했을 때의 접촉각인 40-45°^{12,13)}와 유사해짐을 볼 수 있다. 따라서 면직물은 Span 21 과 Tween 81 용액에서 가장 효과적으로 wetting 되는 것을 알 수 있다. Tween 20-40-60의 경우와 Tween 21-61의 경우

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

Characteristics	A (as received)	A (desized)	B (as received)	B (desized)
Fabric count, warp X filling(yarns/inch)	78×73	84×77	74×77	78×81
Fabric weight (mg/cm ²)	12.1	12.2	11.8	12.7
Fabric thickness (μ m)	307.3	310.6	303.0	391.2
Water contact angle, θ (°)	68.6(2.29)	80.9(1.48)	82.9(2.41)	84.0(1.03)
Liquid retention capacity, H (μ l/mg)	1.86(0.09)	1.75(0.11)	1.75(0.05)	1.73(0.08)
Water retention, W (μ l/mg)	0.97(0.09)	0.72(0.07)	0.06(0.02)	0.08(0.03)
Water/Hexadecane ratio, W/H	0.52(0.03)	0.41(0.06)	0.04(0.01)	0.04(0.02)

* () represent standard deviations

Table 2. Water wetting and retention properties of cotton fabric A with different desizing methods

	A-1	A-2	A-3	A-4
Water contact angle, θ (°)	80.9(1.48)	78.2(4.01)	77.7(4.52)	78.8(2.87)
Liquid retention capacity, H (μ l/mg)	1.75(0.11)	1.79(0.04)	1.87(0.03)	1.90(0.04)
Water retention, W (μ l/mg)	0.72(0.07)	0.80(0.13)	0.94(0.02)	0.69(0.06)
Water/Hexadecane ratio, W/H	0.41(0.06)	0.45(0.07)	0.50(0.01)	0.36(0.03)

* () represent standard deviations

를 보면 계면장력에는 큰 변화가 없음에도 불구하고, 계면활성제의 포화 지방산의 탄소수가 증가하여 친유성이 증가할수록 접촉각은 증가하고, W와 W/H는 감소하여 친수성 계면활성제가 면직물의 습윤성 향상에 효과적임을 보여준다. 즉 포화 지방산 구조일 경우 HLB가 감소하면 접촉각은 증가한다. 이는 계면활성제가 소수성 면직물에 흡착될 때, 친유기를 면직물 쪽으로, 친수기를 물 쪽으로 하여 배열되고, 계면활성제 분자면적¹¹⁾이 커질수록 흡착 개수는 감소

하기 때문으로도 해석할 수 있다. 또한 면직물의 경우 섬유 표면과 내부 기공 구조가 복잡하여 모세관 현상에 의한 wicking은 약한 것으로 생각된다¹⁰⁾.

Tween 60과 80, 61과 81, 65와 85의 경우를 비교하면 계면활성제 분자면적이 거의 같고¹¹⁾ 친유기의 탄소수가 같고 HLB값이 유사해도 지방산의 불포화도가 증가하면 면직물의 습윤성이 향상되는 것을 알 수 있다.

따라서 직물의 습윤성 향상은 단순히 계면활성제

Table 3. Water wetting and retention properties of cotton fabric B with 0.1g/dL surfactant solutions

Surfactants	HLB	0.1 g/dl aqueous solution						
		Surface tension (dyne/cm)	CMC (moles/L)	Molar concentration (moles/L)	θ (°)	W (μ l/mg)	H (μ l/mg)	W/H
Water		72.6			84.0 (1.03)	0.08 (0.03)	1.73 (0.08)	0.04 (0.02)
Span 20	8.6	26.7	6.13×10^{-5}	2.89×10^{-3}	59.4 (4.37)	0.17 (0.08)	1.67 (0.03)	0.10 (0.05)
Tween 20	16.7	38.0	8.04×10^{-5}	8.16×10^{-4}	51.0 (2.85)	0.63 (0.18)	1.82 (0.02)	0.35 (0.09)
Tween 40	15.6	36.7	1.68×10^{-4}	7.79×10^{-4}	72.1 (2.45)	0.19 (0.03)	1.75 (0.07)	0.11 (0.01)
Tween 60	14.9	41.4	1.21×10^{-4}	7.63×10^{-4}	74.6 (0.71)	0.14 (0.01)	1.78 (0.10)	0.08 (0.00)
Tween 80	15.0	35.9	8.87×10^{-5}	7.64×10^{-4}	57.5 (4.09)	0.24 (0.03)	1.67 (0.01)	0.14 (0.02)
Tween 21	13.3	35.4	1.16×10^{-4}	1.92×10^{-3}	48.8 (2.61)	0.46 (0.06)	1.81 (0.14)	0.25 (0.01)
Tween 61	9.6	37.1	9.66×10^{-5}	1.65×10^{-3}	78.2 (2.41)	0.11 (0.02)	1.76 (0.05)	0.06 (0.01)
Tween 81	11.0	33.0	1.27×10^{-3}	1.54×10^{-3}	39.1 (4.75)	0.46 (0.17)	1.75 (0.08)	0.26 (0.09)
Tween 65	10.5	37.8	3.72×10^{-5}	4.89×10^{-4}	77.2 (1.81)	0.14 (0.05)	1.70 (0.07)	0.08 (0.03)
Tween 85	10.0	40.1	9.80×10^{-5}	4.90×10^{-4}	58.0 (4.34)	0.29 (0.06)	1.87 (0.08)	0.16 (0.03)

* () represent standard deviations

Table 4. Water wetting and retention properties of cotton fabric B with 1.0g/dL surfactant solutions

Surfactants	HLB	1.0 g/dl aqueous solution						
		Surface tension (dyne/cm)	CMC (moles/L)	Molar concentration (moles/L)	θ (°)	W (μ l/mg)	H (μ l/mg)	W/H
Water		72.6			84.0 (1.03)	0.08 (0.03)	1.73 (0.08)	0.04 (0.02)
Span 20	8.6							
Tween 20	16.7	37.9	8.04×10^{-5}	8.16×10^{-3}	44.0 (3.47)	0.82 (0.30)	1.82 (0.02)	0.44 (0.16)
Tween 40	15.6	36.5	1.68×10^{-4}	7.79×10^{-3}	65.0 (2.78)	0.24 (0.05)	1.75 (0.07)	0.13 (0.03)
Tween 60	14.9	49.8	1.21×10^{-4}	7.63×10^{-3}	68.2 (3.90)	0.22 (0.06)	1.78 (0.10)	0.14 (0.08)
Tween 80	15.0	38.9	8.87×10^{-5}	7.64×10^{-3}	54.8 (3.29)	0.46 (0.13)	1.67 (0.01)	0.25 (0.07)
Tween 21	13.3							
Tween 61	9.6							
Tween 81	11.0	33.2	1.27×10^{-3}	1.54×10^{-2}	39.1 (0.84)	0.74 (0.01)	1.75 (0.08)	0.43 (0.02)
Tween 65	10.5							
Tween 85	10.0	41.2	9.80×10^{-5}	4.90×10^{-3}	52.0 (1.89)	0.82 (0.29)	1.87 (0.08)	0.45 (0.14)

* () represent standard deviations

의 HLB 값만으로 결정되는 것이 아니라 계면활성제의 구조도 항상 고려해야 함을 보여준다. 불포화 지방산 구조의 계면활성제는 면직물의 wetting에 효과적인 것을 알 수 있다. 이는 친유기의 불포화도 증가는 친수성의 증가와 유사한 결과를 보여준다¹⁵⁾는 것으로 해석될 수 있다.

6종류 계면활성제 1.0g/dL 수용액과 소수성 면직물 B의 습윤특성에 대한 결과가 Table 4에 표시되었다. 이전의 연구 결과¹³⁾에서 보면 계면활성제 농도가 0에서 CMC로 서서히 증가할 경우, 계면장력은 서서히 감소하며 접촉각도 서서히 감소하였다. 그러나 W와 W/H는 CMC에서 크게 증가하였다. 이번 연구에서는 CMC이후에 계면활성제의 농도가 10배 증가할 경우, 즉 분자 상태의 계면활성제의 양은 일정하고 미셀만 증가할 경우에 접촉각, W, W/H 등은 어떻게 변화하는지 고찰하였다. 1.0g/dL 때에도 0.1g/dL의 경우와 같은 경향을 보여준다. 즉 계면활성제 친유기가 포화 탄화수소 구조인 경우 HLB가 감소하면 접촉각은 증가, W, W/H는 감소한다. 친유기가 불포화 탄화수소 구조일 경우 면직물의 습윤특성이 향상된다. 1.0g/dL의 경우 0.1g/dL의 경우와 비교해서 접촉각은 약간 감소하나, W와 W/H는 현저히 증가함을 볼 수 있다. 특히 불포화 구조인 Tween 80, 81, 85에서 월등히 향상되었다. 이는 미셀의 존재가 W (absorbancy)에 미치는 영향이 큰 것을 보여준다.

Fig 1, 2, 3은 $\cos \theta$, adhesion tension (surface tension $\times \cos \theta$), work of adhesion (surface tension $\times (1 + \cos \theta)$)과 수분 보유량 (W)과의 관계를 보여준다. Fabric B의 경우 계면활성제 농도가 0.1g/dL와 1.0g/dL 두 경우 모두 W는 $\cos \theta$, adhesion tension, work of adhesion과 정의 상관 관계를 보여준다. 이는 다른 연구자들의 연구^{3, 4, 6)}에서 반복적으로 보여진 결과이다. 즉 W(absorbancy)의 증가는 직물의 조건이 일정할 때, $\cos \theta$ 의 향상(wetting의 향상) 즉 접촉각의 감소에 의해 직접 영향을 받기 때문이다. 그러나 fabric A의 경우는 이 수치들 간에 아무런 관련성을 보여주지 않고 있다.

그러므로, 계면활성제 용액과 기질간의 상호 관련성에 따른 기질의 습윤특성을 고찰 할 경우, 기질

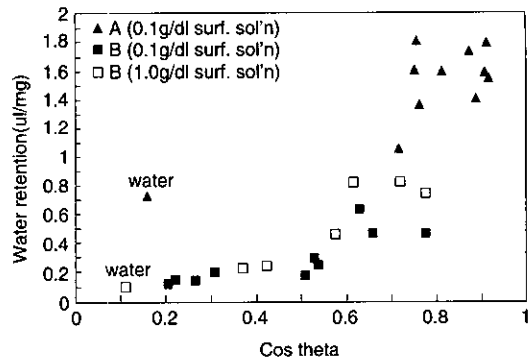


Fig. 1. $\cos \theta$ vs. water retention values for hydrophobic cotton in Span 20 and Tween series nonionic surfactant systems.

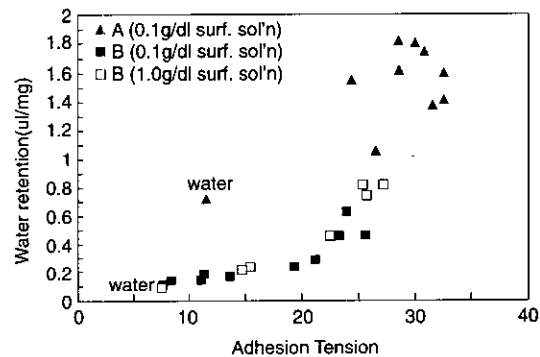


Fig. 2. Adhesion tensions vs. water retention values for hydrophobic cotton in Span 20 and Tween series nonionic surfactant systems.

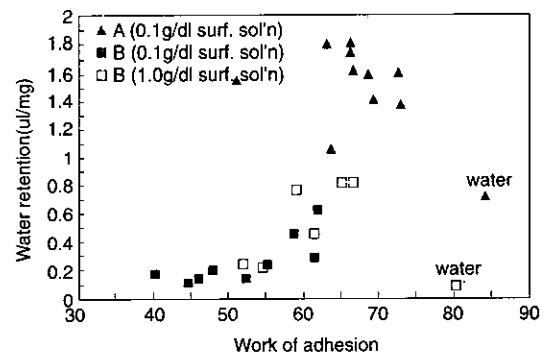


Fig. 3. Work of adhesion vs. water retention values for hydrophobic cotton in Span 20 and Tween series nonionic surfactant systems.

자체의 특성과 계면활성제 용액의 특성인 계면장력·계면에서의 흡착력·친수성과 친유성 정도·친유기의 포화도 등을 고려하여야 된다. 따라서 후속 연구로 특성이 다른 기질인 PET를 사용하여 계면활성제와의 상호작용에 따른 습윤특성을 비교, 고찰하는 연구를 진행하고 있다.

IV. 결 론

본 연구에서는 CMC이상의 두 농도, 0.1g/dL 와 1.0g/dL, 10 종류의 비이온계 계면활성제 수용액을 사용하여 이들이 소수성 면직물의 습윤특성에 미치는 영향을 연구한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 계면활성제의 첨가는 소수성 면직물의 접촉각을 현저히 감소시키며, 특히 Tween 21과 81의 효과가 우수하였다.

2. Tween series 의 경우, 친유기의 탄소수가 증가하여 계면활성제의 소수성이 커지면, 소수성 면직물의 수분 보유량 (W)이 감소하고 접촉각이 증가하여 습윤특성이 저하된다.

3. 계면활성제 친유기의 불포화도가 증가하면 W가 증가하고 접촉각이 감소한다.

4. 계면활성제 농도가 CMC이상의 조건에서 10배 증가할 경우(0.1g/dL→1.0g/dL), 접촉각은 약간 감소하나 W는 현저히 증가하고, 특히 Tween 80, 81, 85와 같이 계면활성제 친유기가 불포화 구조일 때 W의 증가가 더욱 현저하였다.

5. W는 $\cos\theta$, adhesion tension, work of adhesion과 정의 상관 관계를 보여준다. 즉 absorbancy의 향상은 wetting의 향상의 직접적인 결과이다.

6. 기질의 습윤특성(wetting과 absorbancy)은 계면활성제의 첨가에 의해 향상되며, 그 상호작용은 기질의 특성과 계면활성제의 특성에 의해 크게 좌우된다.

참 고 문 헌

- 1) 정혜원, Obendorf, S. K., Tensiometric법을 이용한 친수화 PET 섬유의 표면특성 분석, 한국의류학회지, 15(4), 431-435(1991).
- 2) Hsieh, Y.-L., Liquid Transport in Fabric Structures, *Textile Res. J.*, 65(5), 299-307(1995).
- 3) Hsieh, Y.-L., Miller, A., and Thompson, J., Wetting, Pore Structure, and Liquid Retention of Hydrolyzed Polyester Fabrics, *Textile Res. J.*, 66(1), 1-10(1996).
- 4) Hsieh, Y.-L. and Cram, L. A., Enzymatic Hydrolysis to Improve Wetting and Absorbency of Polyester Fabrics, *Textile Res. J.*, 68(5), 311-319(1998).
- 5) Hsieh, Y.-L., Thompson, J., and Miller, A., Water Wetting and Retention of Cotton Assemblies as Affected by Alkaline and Bleaching Treatments, *Textile Res. J.*, 66(7), pp. 456-464(1996).
- 6) Hsieh, Y.-L. and Cram, L. A., Proteases as scouring Agents for Cotton, *Textile Res. J.*, 69(8), 590-597(1999).
- 7) 나미희, 김은애, 섬유의 종류와 조합에 따른 직물의 수분전달 특성에 관한 연구, 한국의류학회지, 14(3), 229-240 (1990).
- 8) 김은애, Barker, R. L., 첨단 흡수속건소재의 수분전달 특성 평가방법에 관한 연구 -인체-의복-환경 System에서의 투습성 평가-, 한국의류학회지, 17(2), 329-338 (1993).
- 9) 이동화·여숙영·김은애, 액체유출법에 의한 폴리에스테르 직물의 기공 크기 및 분포 측정, 한국의류학회지, 21(1), 206-216(1997).
- 10) 이동화·김은애, 면과 폴리에스테르 직물의 기공의 크기 및 분포와 액상의 수분전달, 한국의류학회지, 25(2), 379-388(2001).
- 11) 김천희, Span 20과 Tween계 계면활성제의 물/공기 계면에서의 분자 면적과 계면장력 거동, 한국의류학회지, 24(7), 1067-1072(2000).
- 12) Kim, C. and Hsieh, Y.-L., Wetting and Absorbancy of Fibrous Materials by Nonionic Surfactant Solutions, Second international TRI/Princeton Workshop, June 19-21, 2000, Princeton, NJ, USA.
- 13) Kim, C. and Hsieh, Y.-L., Wetting and

- Absorbency of Nonionic Surfactant Solutions on Cotton Fabrics*, *Colloid and Surfaces, A: Physicochemical and Engineering Aspects*, **187-188**, 385-397(2001).
- 14) Hsieh, Y.-L., *Wetting Contact Angle Derivations of Cotton Assemblies with Varying Perimeters*, *Textile Res. J.*, **64**(10), 553-554 (1994).
- 15) Hsieh, Y.-L., and Wu, M., *Wetting Characteristics of Poly(p-phenylene terephthalamide) Single Fibers and Their Adhesion to Epoxy*, *J. Colloid Interface Sci.*, **144**(1), 127-144(1991).
- 16) Hsieh, Y.-L., and Yu, B., *Wetting and Retention Properties of Fibrous Materials, Part I: Wetting of Single Fibers and Woven Fabrics*, *Textile Res. J.*, **62**(11), 677-685(1992).