

<研究論文(學術)>

## 양이온계면활성제가 DP가공된 면직물의 물성에 미치는 영향 (I) -단섬유의 wetting 거동을 중심으로-

<sup>1</sup>권영아

신라대학교 생활환경학부 패션디자인산업학전공  
(2000년 8월 21일 접수)

## Effects of Cationic Surfactants on the Selected Physical Properties of DP Finished Cotton Fabrics (I) -Wetting Behavior of Single Fiber-

<sup>1</sup>Young Ah Kwon

*Div. of Human Environment, Major in Fashion Design & Industry, Silla University,  
Gaebup-Dong, San 1-1, Sasang-Gu, Pusan 617-736*

(Received August 21, 2000)

**Abstract**—Effects of cationic surfactants on the wetting behavior of the DMDHEU treated cotton fibers were investigated using a technique based on the Wilhelmy principle. The results indicated that interactions between the fiber and water in the interface make contributions to wettability of the cotton fiber surface because of reorientation of polar groups at the interface. The effects of types and concentration of cationic surfactant on the wettability of both control and durable press(DP) finished cotton fiber are discussed. Below and near the critical micelle concentration(cmc), the adsorption of hexadecyltrimethylammoniumbromide(HTAB) on the control fiber makes the fiber surface more hydrophobic. Near and above the cmc of octadecyltrimethylammoniumbromide(OTAB), the decrease in advancing contact angles indicates that the control cotton surface became hydrophilic. By the adsorption of both HTAB and OTAB onto the fiber surface, the hydrophobicity of the DP finished fiber surface became more hydrophilic.

### 1. 서 론

의생활 수준의 향상으로 섬유유연제의 사용이 점차 증가할 뿐만 아니라, 그 적용되는 섬유제품의 종류도 다양화되고 있는 추세이다. 선진국의 경우 합성섬유제품보다는 면제품에 섬유유연제의 소비가 많은 것을 감안할 때, 국내에서도 합성섬

유제품뿐만 아니라 면제품에 대한 섬유유연제의 사용량이 증가할 것으로 예상된다. 현재까지 섬유유연제가 가공되지 않은 면제품의 유연성, 흡수성 또는 대전성에 미치는 영향에 대한 연구는 보고된 바 있으나, 가공된 면제품의 물성에 미치는 영향에 대한 연구는 드물다. 섬유유연제가 가공된 면제품의 물성에 미치는 영향은 미가공 면직물의 경우와는 다르게 나타날 수 있을 것으로 기대된다.

의류용 면직물은 구김이 잘 가고 세탁에 의해 수축이 일어나기 때문에 DP(Durable Press) 가공이

<sup>1</sup>Corresponding author. Tel. : +82-51-309-5063 ; Fax : +82-51-309-5176 ; e-mail : yakwon@silla.ac.kr

이루어지는데, DP가공 후 면 섬유 표면이 소수성으로 변하여 직물의 흡수성이 감소할 뿐만 아니라 유성오염의 제거가 어려워지는 문제점이 있다<sup>1)</sup>. 또한 면 섬유가 DP가공에 의해 소수화 되면 면 섬유가 본래 간직하는 대전방지성도 저하될 수 있다. 이렇게 소수화 된 면 섬유는 섬유유연제의 종류나 처리조건에 따라 더욱 소수화 되거나 친수화될 수 있을 것이라고 예상할 수 있다. 그러나 섬유유연제 처리조건에 따른 DP가공된 면직물의 wetting 변화에 대해서는 현재까지 명확히 밝혀진 바가 없다. 섬유의 wetting은 직물의 대전성, 유연성은 물론 기타 물성에 영향을 줄 수 있으므로, 섬유유연제 처리가 DP가공 전후의 면섬유의 wetting에 미치는 영향에 대한 연구가 기본적으로 이루어져야 할 필요가 있다. 섬유유연제 처리에 의한 DP가공된 면 섬유의 젖음성(wetting)에 대한 연구 결과는 직물의 흡수성, 오염성, 대전방지성 및 기타 물성과의 관계를 규명하는 기초 자료로도 활용될 수 있을 것이다. 따라서 본 연구에서는 섬유유연제 처리가 DP가공된 면직물의 물성에 미치는 변화를 검토하기 위한 기초연구로서 DMDHEU DP가공 전후 면직물을 양이온계면활성제 처리한 다음 직물을 구성하는 단 섬유의 wetting 변화를 살펴보고자 하였다. 본 연구에서 있어서는 DP가공 전후의 면직물 표면에 양이온계면활성제 처리 조건을 처리제 2 종류 및 처리농도 2 수준으로 한 4가지 처리조건별 섬유의 wetting 변화를 살펴보았다.

## 2. 실험

### 2.1 시료 및 유연제

시료는 평직의 100% 면직물(Cotton 400, Test Fabrics Inc.) 및 DP가공한 것을 사용하였다. 사용한 면직물의 기본 특성은 Tabel 1에 나타난 것과 같다. 직물시료를 15g/L Rapidase XC(Union Carbide)와 2g/L Tergitol TMN-6(Union Carbide)을 40℃에서 80% wpu(wet pick up)으로 패딩하여 플라스틱랩에 싸서 3시간 방치 후 증류수로 충분히 세척했다. 발효된 직물시료를 3% NaOH 수용액에 침지시켜 30분 동안 95℃로 올린 다음 이 온도에서 1시간 동안 처리 후 꺼내어 흐르는 증류수로 충분히 세척했다. 발효/정련한 시료를 5g/L의 차아염소산염(NaClO)용액으로 실온에서 30분간 처리하고 50℃까지 올려 30분간 더 처리한 후 증류수로 충분히 세척했다.

DP 가공은 DMDHEU(Sybron Chemicals Inc.),

MgCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O(Junsei Chemical Co.), Triton X-100(Fluka Chemicals Inc.)를 각각 3%, 1%, 0.1%로 조성하여, 처리액에 50℃에서 1분간 담근 다음 망글에 통과시켜 패딩하였다. 처리액에 다시 2분간 침지한 다음 wpu가 75%가 되도록 망글로 패딩하였다. 그 다음 시료를 90℃에서 5분 동안 건조하고 150℃에서 3분간 큐어링하였다.

양이온계면활성제중 유연효과가 우수하다<sup>2)</sup>고 알려진 제4급 암모늄염의 알킬기의 탄소수가 16 및 18인 있는 Hexadecyltrimethylammoniumbromide (HTAB)와 Octadecyltrimethylammoniumbromide (OTAB)를 Aldrich Chemical Co.에서 구입하여 사용하였다. HTAB와 OTAB 구조식은 N(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>16</sub><sup>+</sup>Br<sup>-</sup>과 N(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>18</sub><sup>+</sup>Br<sup>-</sup>이다. 양이온계면활성제 처리액은 HTAB의 임계미셀농도(cmc)인 0.001 mole/L와 OTAB의 cmc인 0.0002 mole/L의 두 가지 농도로 각각 준비하였다. 양이온계면활성제의 임계미셀농도는 문헌<sup>3)</sup>을 참고하여 정하였고, 모든 시약은 1급으로 사용하였다. 10×10cm 크기의 직물시료를 1:30의 용비로 Launder-O-meter를 사용하여 10분간 처리 후 망글로 패딩하여 여분의 처리액을 제거한 다음 표준상태(20℃, R.H. 65%)에서 24시간 동안 자연 건조하였다.

Table 1. Characteristics of cotton fabrics

Density (per cm)		Yarn number		Weight (g/m <sup>2</sup> )	Thickness (mm)
warp	weft	warp	weft		
34	30	28	30	109	264

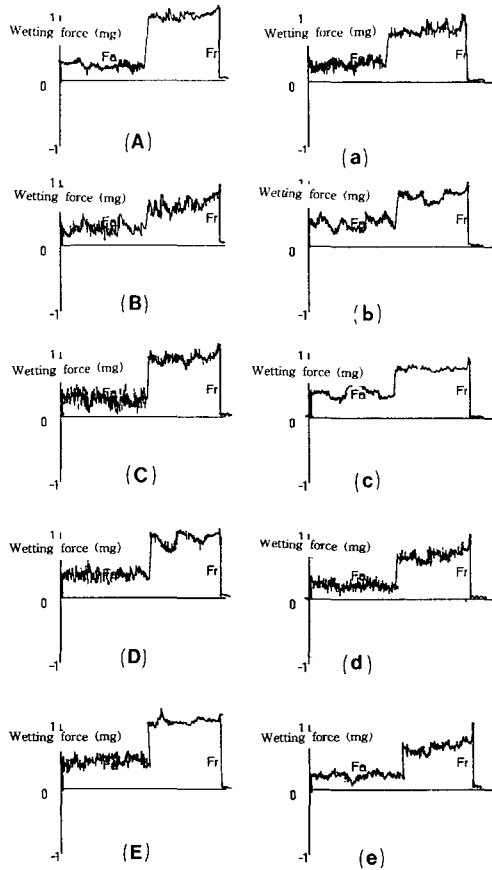
### 2.2 단섬유의 접촉각 측정

단섬유의 접촉각은 Wilhelmy원리를 사용한 장치를 사용하여 측정하였다. 섬유의 계면에너지인 부착일 측정은 섬유를 물 속으로 넣었다가 빼내는 동안의 섬유무게를 측정하는 것으로 이루어진다. 고정밀 전기저울 기록장치(Cahn RG)를 사용하여 0.01 마이크로그램 단위까지 기록하였다. 이 실험에 사용되는 섬유는 매우 가늘고 유연하므로 섬유 길이가 4±1mm 길이 정도의 것으로 직물시료에서 임의로 10개씩 뽑아서 사용하였다. 부착일 측정은 물이 담긴 용기를 상하로 이동시키는 엘리베이터의 사용으로 섬유길이방향으로 0.2mm/min.의 속도로 약 5분간 물에 적신 다음, 같은 속도로 섬유를 액체 밖으로 완전히 빼낸다. 전진 접촉각(θa)은 섬유가 물 속으로 침지할 때 측정된 전진 부착

일( $F_a$ )을, 후진 접촉각( $\theta_r$ )은 섬유를 물 밖으로 추출할 때 측정된 후진 부착일 ( $F_r$ )을, 섬유를 물에서 공기 중으로 빼낼 때의 최대 부착일( $F_m$ )과의 비로 각각 계산하여 나타내었다. 접촉각 이력은 일반적으로 산술적인 차이인  $\theta_a \sim \theta_r$ 로 구하였다.

### 3. 결과 및 고찰

양이온계면활성제 처리가 면섬유의 wetting 거동에 미치는 영향을 확인하기 위하여 면섬유의 wetting scan 결과를 Fig. 1에 나타내었다. 액체 표면이 섬유표면을 따라 움직일 때 어떤 섬유이든 어느 정도의 노이즈(noise)가 생겼다. 이 스캔 노



**Fig. 1.** Wetting force curves during immersion of cotton fibers in water ; (A) Control (a) DP finished (B) HTAB 0.001M (b) DP/HTAB 0.001M (C) HTAB 0.0002 M (c) DP/HTAB 0.0002 M (D) OTAB 0.001 M (d) DP/OTAB 0.001 M (E) OTAB 0.0002 M (e) DP/OTAB 0.0002 M.

이즈의 생성요인은 섬유 morphology의 불균질 및 화학적 불균질 때문인 것으로 생각할 수 있다. 따라서 전진 부착일과 후진 부착일 모두 이 scantrace의 평균값을 사용하였다. 사용한 모든 면섬유의 wetting 스캔은 양(+)의 값으로 나타나는데 이것은 전진 접촉각이 90도 이하인 친수성 섬유의 경우 나타나는 전형적인 특징이다. 스캔이 전진에서 후진으로 변하면 접촉일이 증가하게 된다.

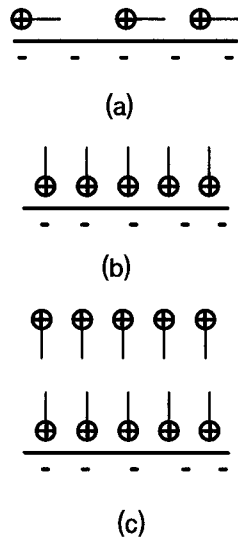
Table 2는 양이온계면활성제의 처리조건별 DP 가공 전후 면섬유의 접촉각 및 접촉각이력을 나타낸 것이다. DP 가공 면섬유는 미처리 control 섬유의 경우와 같이 전진 부착일이 양의 값을 보였고 후진 부착일이 전진 부착일에 비해 커지는데, 그 부착일의 변화 폭은 미처리의 경우에 비해 더 컸으며, 스캔 노이즈도 훨씬 심하였다. 이것은 섬유 축 방향을 따라서 물리, 화학적인 변화와 불균질성이 더욱 커졌음을 나타내는 것이다.

DP 가공은 면섬유의 수산기와 의 가교에 의해 친수성을 감소시킨다고 알려져 있다. 따라서 DP 가공된 면섬유의 전진 접촉각은 미처리 면섬유의 전진 접촉각에 비해 유의하게 증가할 것이라고 추정할 수 있다. 그러나 Table 2에서 보여지듯이 본 연구 결과 DP 가공된 면섬유의 전진 접촉각( $36^\circ$ )은 미처리면의 전진 접촉각( $33^\circ$ )에 비해 약간 증가하였다. 이것은 DP 가공에 의해 면섬유에 가교가 일어나도 섬유표면에 결합된 DMDHEU의 소수성성분 뿐만 아니라 친수성성분의 절대량이 모두 증가하여 전진 접촉각이 크게 증가하지 않은 것으로 고찰할 수 있다.

계면활성제 처리 후 면섬유 표면의 스캔은 미처리 섬유의 경우와 같이 전진 부착일이 양의 값으로 나타났지만, 그 부착일 변화 폭은 양이온계면활성제의 농도에 따라 다르게 나타났다. HTAB를 cmc(0.001 mole/L)로 처리한 후 면섬유의 전진 접촉각이 증가한 것은 Fig. 2(b)에서 보여지듯이 양이온계면활성제의 극성기(양이온)가 음하전된 면섬유 표면에 결합되고 계면활성제의 비극성기(알킬기)는 섬유표면 밖으로 향해 있기 때문인 것으로 고찰된다. HTAB의 cmc 이하(0.0002 mole/L)로 처리한 경우에는 전진 접촉각의 변화가 크게 변화하지 않았다. 이것은 HTAB의 cmc 이하 처리로 섬유표면에 흡착된 양이 적어서 Fig. 2(a)에서 보여지듯이 섬유표면에 흡착된 계면활성제의 극성기와 비극성기가 함께 표면에 노출되어 물과 접촉하게 되고 결과적으로 평균 부착일에서는 HTAB 처리 전의 평균 부착일과 큰 차이를 보이지 않은

**Table 2.** Contact angle results for cotton fibers

Fabrics	Concentration of surfactants	Advancing contact angle, $\theta_a$ (°)	Receding contact angle, $\theta_r$ (°)	Contact angle hysteresis, $\theta_a - \theta_r$
Untreated	0	33	23	10
	HTAB, 0.001 mole/L	40	33	7
	HTAB 0.0002 mole/L	35	21	14
	OTAB 0.001 mole/L	31	25	6
	OTAB 0.0002 mole/L	29	21	8
DP finished	0	36	25	11
	HTAB, 0.001 mole/L	32	27	5
	HTAB 0.0002 mole/L	33	28	5
	OTAB 0.001 mole/L	33	26	7
	OTAB 0.0002 mole/L	31	25	6



**Fig. 2.** Schematic of adsorption configuration for HTAB and OTAB on cotton fibers ; (a) below cmc, (b) near cmc, (c) above cmc.

것으로 고찰된다. 그러나 HTAB를 처리한 경우 부착일의 스캔 노이즈는 처리농도에 관계없이 미처리 control 섬유에 비해 훨씬 심해졌다. 이것은 섬유 축 방향을 따라서 섬유표면의 물리, 화학적인 변화와 불균질성이 양이온계면활성제 처리에 의해 증가했음을 나타내는 것이다.

미처리 섬유를 OTAB의 cmc (0.0002 mole/L)에서 처리한 경우는 Fig. 2(a)에서 보여지는 것과 같이 계면활성제의 친수기 부분과 섬유의 친수기(음이온기)가 결합되어 있는 동시에, 계면활성제의 소수성부분인 알킬쇄가 섬유의 소수기와 수평적으로

길게 결합한 상태가 되어 전진 접촉각이 처리 전의 것에 비해 다소 감소하였다고 생각할 수 있다. DP가공 섬유를 OTAB cmc에서 처리하면 섬유의 소수성부분이 증가하여 OTAB 알킬쇄와의 결합이 증가하게 되어 계면활성제의 친수기가 물과 접촉하기 쉬어지는 것으로 고찰된다. 양이온계면활성제의 평형흡착량을 측정하여 완전하게 해석할 수 있을 것이나, 면섬유 표면이 polystyrene의 표면과 같이 계면활성제의 양이온과 결합할 수 있는 극성부분과 하는 계면활성제의 소수성부분인 알킬쇄와 결합할 수 있는 비극성부분 영역을 갖고 있으므로<sup>4)</sup> 이 극성 및 비극성 성분비에 의해 계면활성제의 흡착이 이루어지는 것으로 생각할 수 있다.

OTAB의 cmc 이상(0.001 mole/L)에서 처리한 경우는 Fig. 2(c)에서 보여지듯이 양이온계면활성제의 소수성부분이 반데르발스힘으로 결합된 이중층으로 흡착되어 있어 물 속에서 친수성 극성기가 물 쪽으로 향하기 때문<sup>5)</sup>에 전진 접촉각이 감소하게 되고 섬유표면이 쉽게 적셔진 것으로 생각할 수 있다. OTAB가 HTAB와 비교하여 0.001 mole/L에서 쉽게 이중층을 형성할 수 있는 것은 HTAB에 비해 OTAB의 계면활성도가 높기 때문이라고 생각할 수 있다. 또한 물 속에서 탈리된 OTAB가 탈리된 HTAB에 비해서 물의 계면장력을 더욱 감소시켜 섬유표면을 더 쉽게 적시는 데 기여한 때문이라고도 생각할 수 있다. OTAB 처리 섬유의 부착일 스캔도 HTAB 처리 섬유의 경우에서와 비슷하게 부착일의 스캔 노이즈가 계면활성제 처리 전에 비해 훨씬 심해졌다. 이것 역시 섬유 축 방향을 따라서 섬유표면의 불균질성이 결합된 OTAB에 의해 증가했음을 나타내는 것이다.

Table 2에서 양이온계면활성제 농도에 따른 면 섬유의 접촉각 이력을 살펴보면, HTAB를 cmc 이하의 농도(0.0002 mole/L)에서 처리한 경우 전진 접촉각은 증가하나 일단 물과 접촉하면 섬유표면이 친수화되어 후진 접촉각이 감소한다. 이에 대해 HTAB의 cmc(0.001 mole/L)에서 처리한 경우, HTAB의 흡착에 의해 소수화된 섬유표면의 알킬기의 운동성이 억제되어 전진 접촉각은 물론 후진 접촉각도 같이 증가하므로 접촉각 이력은 HTAB를 cmc 이하로 처리한 경우에 비해 적은 결과를 나타낸 것으로 보인다. Control 면의 전진 접촉각은 OTAB의 cmc(0.0002 mole/L) 및 cmc 이상(0.001 mole/L) 처리에 의해 33°에서 29°와 31°로 각각 감소하였고, 후진 접촉각은 23°에서 21°와 25°로 각각 변화하여 HTAB 처리한 경우에 비해 적은 결과를 나타냈다.

DP 가공 면직물의 경우 HTAB의 cmc 이하 및 cmc 처리에 의해 전진 접촉각이 36°에서 33°와 32°로 각각 감소하고 후진 접촉각은 25°에서 28°와 27°로 각각 증가하여 접촉각 이력은 계면활성제 처리 전에 비해 감소하였다. 이것은 DP가공에 의해 섬유와 결합된 DMDHEU의 소수성 성분이 양이온계면활성제의 소수성 성분과 서로 결합되고 이렇게 섬유에 흡착된 양이온계면활성제의 친수성 부분이 물쪽으로 배향하여 섬유표면에서 분자쇄의 운동성이 속박되어 측쇄의 재배향이 일어나기 어려우므로 전진 접촉각은 감소하지만 후진 접촉각의 변화가 그다지 크지 않아서 접촉각이 DP control 면에 비해 감소한 것으로 생각할 수 있다. OTAB를 처리한 후 DP 가공 면의 접촉각 변화는 HTAB 처리한 후의 접촉각 변화와 비슷하여 접촉각 이력은 계면활성제 처리전보다 약간 증가하였다. 이러한 결과에서 접촉각 이력의 주된 요인은 섬유표면의 분자쇄의 재배향 및 운동성에 의한 것이라고 생각할 수 있다. 즉 건조상태와 물 속에서의 상태는 control 면섬유 표면에 있어서 양이온계면활성제의 배향성이 다르다고 고찰되며, 공기 중에서 물 속으로 환경변화에 대응하여 주쇄의 운동이 수반하는 측쇄의 배향 변화가 일어난다는 것을 시사한다. 반면 DP가공 면섬유는 분자쇄의 운동성이 양이온계면활성제의 흡착에 의해 DP가공 섬유 표면의 분자쇄의 운동성이 속박되어 섬유 표면의 분자 재배향이 일어나기 어려워지고 후진 접촉각이 크게 변화하지 않아서 접촉각 이력이 계면활성제

처리 전의 DP control 면 섬유에 비해 감소한 것이라고 볼 수 있다. 그러나 본 연구 결과의 보다 완전한 해석을 위해서는 계면활성제 농도 수준을 추가한 실험계획으로 섬유의 극성 및 비극성 성분비의 변화 및 계면활성제의 흡착량을 측정하여 관련시켜 고찰하는 후속연구가 이루어져야 하겠다.

#### 4. 결 론

양이온계면활성제 처리에 따른 DP가공 면 섬유의 젖음성(wetting) 변화를 조사하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 미가공 면직물을 HTAB의 cmc에서 처리하면 전진 접촉각과 후진 접촉각이 모두 증가하여 접촉각 이력은 control 면섬유에 비해 약간 감소하였다. 반면 HTAB의 cmc 이하의 농도에서 처리하면 전진 접촉각이 약간 증가되고 후진 접촉각은 저하되어 결과적으로 접촉각 이력은 양이온계면활성제 처리 전의 control 면 섬유에 비해 증가하였다. OTAB의 cmc 및 cmc 이상의 농도에서 처리한 경우 HTAB의 cmc에서 처리한 것과 비슷한 wetting 거동을 나타냈다.
2. DP 가공 면직물을 HTAB 또는 OTAB로 처리하면 전진 접촉각은 약간 감소하나 후진 접촉각의 변화가 크지 않아서 접촉각 이력은 DP control 면에 비해 감소하였다.

#### 감사의 글

이 연구는 1998년도 신라대학교 연구비에 의해 이루어졌음.

#### 참고문헌

1. C. M. Welch, *Text. Chem. & Color.*, **23**, 29(1991).
2. W. P. Evans, *Chem. Ind.*, **5**, 893(1969).
3. F. H. Sexsmith and H. J. White, Jr., *J. Colloid Sci.*, **14**, 598(1959).
4. B. T. Ingram and R. H. Ottewill, "*Cationic Fabric Softeners ; Physical Chemistry*", Marcel Dekker Inc. p.118(2000).
5. A. Datyner, "*Surfactants in Textile Processing*", Marcel Dekker, p.365(1983).