

## 비이온계 계면활성제 수용액에서 모직물의 표면적삼과 액체보유력 향상

김천희

한남대학교 의류학과

### Improvement of Liquid Wetting and Retention Properties of Wool Fabric in Nonionic Surfactant Solutions

Chunhee Kim

Department of Clothing and Textiles, Hannam University, Daejeon, Korea

(Received: March 25, 2009/Revised: April 9, 2009/Accepted: April 14, 2009)

**Abstract**— The effects of 0.1g/dl nonionic surfactant solutions on liquid wetting and retention properties of wool fabric are reported. The 10 different nonionic surfactants (Span 20, Tween 20, 40, 60, 80, 21, 61, 81, 65, 85), wool cloth (EMPA 217), and wool soiled cloth (EMPA 107) are used in the study. Both EMPA 217 and 107 have water contact angle( $\Theta$ ) $>90^\circ$ , which indicates that water spreading over a fabric surface and penetration into the fabric rarely occur. However, EMPA 217 and 107 are easily wetted with perchloroethylene(PCE) having very low values of  $\Theta$ 's and high values of liquid retention. Water wetting properties are greatly improved by adding nonionic surfactants into the system. Generally, hydrophilic surfactants which have low number of carbon atoms or unsaturated hydrophobic structures are effective in improving water wetting of wool fabrics. The water retention of EMPA 217 and 107 in surfactant solutions have positive relations with  $\cos\Theta$ , adhesion tension, and work of adhesion. 40.3% pore volume of EMPA 217 and 26.1% pore volume of EMPA 107 can be filled with water even when we assume  $\cos\Theta=1$  ( $\Theta=0^\circ$ ).

**Keywords:** wetting, liquid retention, contact angle, nonionic surfactants, wool fabric

## 1. 서 론

‘발수성’이란 주어진 조건 하에서 표면적삼(wetting)과 물의 침투를 견디는 직물의 능력으로 정의할 수 있다. 세척성, 발수성, 흡수성 및 기타 성능들은 직물의 표면적삼에 영향을 받기 때문에, 표면적삼은 섬유제품의 가공과 사용 중 고려해야 할 가장 중요한 현상 중 하나이다<sup>1)</sup>. 모섬유는 흡습성이 매우 큰 섬유이나 표면 스케일 층의 발수성 때문에 땀을 흘렸을 경우 다른 섬유처럼 축축하게 느껴지지 않는 장점이 있는 반면 가공시 표면적삼과 액체의 침투가 어려운 단점이 있다. 섬유제품의 표면적삼성을 향상시키기 위해서는 정련이나 다양한 가공에 의해 섬유제품의 물리 화학적 특성을 변화시키거나, 계면활성제를 첨가하여 액체의 특성을 변화시키는 방법이 있다. 지금까지 몇몇 연구자들에 의해 섬유제품의 특성을 변화시켜 섬유제품의

습윤특성을 향상시키는 연구<sup>2-4)</sup>가 진행되어 왔으나, 액체의 특성을 변화시켜 섬유제품의 습윤특성을 향상시키는 연구는 거의 이루어져 있지 않다.

저자는 이전 연구에서 비이온계 계면활성제 수용액에서 면직물, PET 직물, T/C 직물 등의 습윤특성이 향상되는 결과를 보고하였다<sup>5-11)</sup>. 정련, 비정련 두 종류 면직물을 시료로 사용하고, Span 20과 Tween 20 2종류의 계면활성제를 사용하여 면직물의 계면활성제 용액 흡수성을 실험적으로 고찰한 결과, 정련된 면직물은 순수한 물에 대한 접촉각이 낮으므로 계면활성제 첨가에 의한 영향이 크게 나타나지 않았으나 비정련(발호) 면직물의 경우 물에 대한 접촉각은 계면활성제의 첨가에 의해 매우 큰 폭으로 낮아져서 정련 면직물의 접촉각과 유사해지는 것을 볼 수 있었다. 또한 계면활성제 수용액 수분 보유량은 CMC 전후에 큰 차이를 보여준다<sup>5,6)</sup>.

계면활성제의 소수성이 커지면 소수성 면직물의

<sup>†</sup>Corresponding author. Tel.: +82-42-629-7524; Fax.: +82-42-629-8335; e-mail: chunhee@hnu.kr

습윤특성이 저하되며, 계면활성제 친유기의 불포화도가 증가하면 계면활성제의 친수성이 증가하는 것과 같은 효과를 가져와 소수성 면직물의 습윤특성이 향상되었다<sup>7)</sup>. Span20과 Tween20의 혼합계와 희석계 수용액을 사용하여 PET직물의 표면적심과 흡수성에 대한 연구를 한 결과, PET직물의 표면적심은 0.1% Tween20을 첨가할 경우 정련 면직물과 유사한 값으로 현저히 향상되며, 이에 Span20을 혼합할 경우 조금 더 향상되었다. 표면적심은 표면장력의 함수이며 미셀의 유무에는 영향을 받지 않으나, 흡수성은 미셀의 유무에 큰 영향을 받는다<sup>8)</sup>. 계면활성제가 첨가되지 않은 증류수의 경우에는 실간격이 넓은 PET직물의 수분보유량이 컸다.

그러나 계면활성제가 첨가되었을 경우는 micelle 효과가 더 크므로 밀도가 다른 PET직물 간의 수분보유량에 거의 차이가 없었다. 습윤특성 향상에는 친수성 계면활성제와 불포화 tail구조를 가진 비이온계 계면활성제가 효과적이었다. 계면활성제가 없을 경우 rewetting agent 처리가 되어있는 PET직물의 수분보유량은 다른 PET직물 보다 컸고, 다른 PET 직물과 달리 습윤특성은 소수성 계면활성제 첨가시 향상되었다. 이는 rewetting agent 첨가에 의해 직물이 매우 젖기 쉬운 상태로 되고 계면활성제 특성에는 영향을 받지 않기 때문이라 생각된다<sup>9)</sup>.

polyester/cotton 혼방직물의 습윤특성을 고찰한 결과, 혼방직물의 접촉각은 각각의 섬유로 된 직물의 접촉각의 사이 값을 나타내며 계면활성제에 따른 습윤특성의 변화는 유사한 경향을 보여준다<sup>10)</sup>. 면오염포의 습윤특성을 원포와 비교하면 접촉각은 큰 변화가 없고 수분보유량은 감소하였다. 계면활성제 첨가시 접촉각은 현저히 감소하고 수분보유량은 증가하였다<sup>11)</sup>. 종합해보면, 직물의 습윤특성은 비이온계 계면활성제 첨가시 현저히 향상되었으며 그 효과는 계면활성제의 종류에 따라 달랐고 계면활성제 친유기 tail이 짧거나 불포화 구조인 계면활성제가 더 효과적이었다.

본 연구에서는 다른 직물과는 달리 발수성을 갖는 모직물의 강제 적심 현상(접촉각>90°의 경우)과 비이온계 계면활성제 종류에 따른 접촉각 감소효과를 고찰하고자 한다. 계면활성제 수용액은 가공 및 사용 중에 섬유제품과 빈번히 접촉하므로 이에 대한 정량적 연구가 이루어진다면 공업적으로나 가정에서의 관리에 도움을 주리라 기대한다. 비이온계 계면활성제 첨가시 발수성 모직물의 습윤특성 변화

를 접촉각, 수분보유량, 물이 채워진 기공부피/전 기공부피 등으로 검토하였다.

## 2. 실험

### 2.1 시료 및 시약

Span 20, Tween 20, 40, 60, 80, 21, 61, 81, 65, 85(Sigma: biochemicals and reagents for life science research) 등 10종의 비이온계 계면활성제를 정제하지 않고 사용하였으며 계면활성제의 특성은 Table 1과 같다.

이들 계면활성제의 구조 및 분자면적과 계면장력 거동 등은 전보에 자세히 보고되었다<sup>12)</sup>.

계면활성제 용액의 표면장력은 processor tensiometer (K14, KRUSS)를 사용하여 측정하였다. Certified grade hexadecane (Acros organics,  $\gamma=26.6\text{dyne/cm}$ )과 perchloroethylene (Acros organics,  $\gamma=31.7\text{dyne/cm}$ )을 사용하였고, 물은 Millipore Mill-Q water system에 의한 순수를 사용하였으며 표면장력은  $72.4\text{dyne/cm}$ , pH=6.4였다.

시험용 원포 EMPA 217 (unsoiled test cloth, wool fabric, muslin, washed)과 EMPA 107 (EMPA standard soiling, wool soiled with carbon black/olive oil)은 Testfabrics, Inc. USA 에서 구입하여 사용하였으며, 물리적 특성은 Table 2와 같다.

### 2.2 실험방법

섬유제품의 습윤특성 측정은 이전 방법을 따른다<sup>7-11)</sup>. 모든 시료는 72시간 향온향습기에서 표준상태로 컨디셔닝 후 사용한다. 폭이 6.35mm (1/4inch) 이고 길이가 25.4mm (1inch)인 직물조각(경사방향)을 microbalance에 수직으로 매달고, 액체를 일정속도로 상승시켜 직물조각의 아래 끝을 액체와 접촉하도록 하여 저울의 눈금이 변하지 않을 때의 값( $\Delta B_1$ )을 읽고, 직물을 액체로부터 분리시킨 후의 값( $\Delta B_2$ )을 읽는다. 이때  $\Delta B_2$ 는 직물에 남아있는 액체의 무게( $W_l$ )이다. 모든 직물조각은 물과 0.1g/dl 계면활성제 수용액을 이용하여 측정한다.

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

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

이때,  $F_w$ =fabric wetting force,  $g$ =중력가속도,  $p$ =fabric-liquid perimeter,  $\gamma$ =liquid surface tension 이다.

Table 1. Characteristics of 0.1g/dl surfactant solutions

Surfactants	Chemical name	HLB	Surface tension <sup>12)</sup> (dyne/cm)
Water			72.4
Span 20	Sorbitan monolaurate	8.6	26.7
Tween 20	Polyoxyethylene(20) sorbitan monolaurate	16.7	34.7
Tween 40	Polyoxyethylene(20) sorbitan monopalmitate	15.6	38.9
Tween 60	Polyoxyethylene(20) sorbitan monostearate	14.9	39.8
Tween 80	Polyoxyethylene(20) sorbitan monooleate	15.0	39.5
Tween 21	Polyoxyethylene(4) sorbitan monolaurate	13.3	32.8
Tween 61	Polyoxyethylene(4) sorbitan monostearate	9.6	37.2
Tween 81	Polyoxyethylene(4) sorbitan monooleate	10.0	36.0
Tween 65	Polyoxyethylene(20) sorbitan tristearate	10.5	38.5
Tween 85	Polyoxyethylene(20) sorbitan trioleate	11.0	49.0

Table 2. Physical properties of EMPA 217 and EMPA 107

Characteristics	EMPA 217	EMPA 107
Fabric count, warp×filling (yarns/5cm)	139.8×128.0	145.7×118.1
Fabric weight (g/m <sup>2</sup> )	99.9	106.4
Fabric thickness (mm)	0.224	0.312

물과 계면활성제 수용액을 이용한 측정이 끝난 후, 각 sample은 다시 항온항습기에서 표준상태로 72시간동안 건조 표준화되었다. 표준화된 sample은  $p$  (fabric-liquid perimeter)를 구하기 위하여 total wetting liquid (hexadecane 사용)와 접촉되었으며, 이때  $\theta = 0^\circ$  즉  $\cos \theta = 1$ 로 가정한다.

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

수직상태에서의 액체보유량 (liquid retention capacity)은 다음 식에 의해서 구하며, 이때  $W$ 는 무게,  $\rho$ 는 액체의 밀도를 나타낸다.

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

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

$H$  (hexadecane,  $\mu$ l/mg)는 직물의 액체보유능력으로 기공부피를 나타내고  $W$  (water,  $\mu$ l/mg)는 실제 보유된 물의 부피를 나타내며,  $W/H$ 는 이 두 값의 비를 나타낸다.

액체와 직물 간의 adhesion tension ( $T_{ad}$ )과 work of adhesion( $W_{ad}$ )은 다음 식에 의하여 계산한다.

$$T_{ad} = \gamma \cos \theta \quad (6)$$

$$W_{ad} = \gamma (1 + \cos \theta) \quad (7)$$

드라이클리닝 용제에서 모직물의 접촉각을 알아 보기 위해서 물 대신 PCE (perchloroethylene)를 사용하여 같은 방법으로 측정한다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 물과 PCE 에서의 접촉각과 액체보유력

Table 3은 EMPA 217과 107의 물과 PCE에서의 접촉각( $\theta$ )과 전 기공 부피에 대한 물이 채워진 기공 부피의 비인 액체보유력( $W/H$ )을 나타내고 있다. EMPA 217과 107의 물에서의  $\theta$ 는 각각  $94.3^\circ$ 와  $93.9^\circ$ 이고,  $W/H$ 는 각각 3%와 1%이다. 표면적심(wetting)은 고체/액체간의 접촉각 형성, 고체 표면으로의 액체의 퍼짐(spreading), 모세관 현상에 의한 다공성 고체 내부로의 액체 침투(wicking)를 포함한다<sup>13)</sup>는 것을 고려할 때, EMPA 217과 107 모두  $\theta > 90^\circ$ 로 물의 퍼짐과 침투가 거의 일어나지 않고 있다는 것을 알 수 있다. 이는 모섬유 표면의 스케일 층에 의한 발수성과 실이나 직물에서의 섬유 기하학적 배열에 의한 기공구조의 복잡성에 기인한다고 생각된다. 반면 EMPA 217과 107의 PCE에서의  $\theta$ 는 각각  $8.75^\circ$ 와  $5.87^\circ$ 이고, 전 기공 부피의 82%와 86%가 각각 PCE로 채워진 것을 알 수 있다. 따라서 EMPA 217과 107은 둘 다 드라이클리닝 용제인 PCE로 쉽게 표면 적심이 일어나므로 효율적으로 드라이클리닝을 할 수 있다는 것을 알 수 있다.

**Table 3.** Wetting and liquid retention properties of EMPA 217 and EMPA 107

Characteristics	EMPA 217		EMPA 107	
	Water	PCE	Water	PCE
Contact angle, $\Theta$ ( $^{\circ}$ )	94.3(0.55)	8.75(2.46)	93.9(2.11)	5.87(2.43)
Cos $\Theta$	-0.075	0.988	-0.068	0.995
Liquid retention capacity ( $\mu$ l/mg)	1.51(0.05)	1.66(0.07)	1.40(0.07)	1.43(0.04)
Liquid retention ( $\mu$ l/mg):W or PCE	0.04(0.01)	1.36(0.05)	0.02(0.03)	1.22(0.02)
Liquid/Hexadecane ratio	0.03(0.00)	0.82(0.01)	0.01(0.02)	0.86(0.01)

\* ( ) represent standard deviations

**Table 4.** Wetting and retention properties of EMPA 217 with 0.1g/dl surfactant solutions

	$\Theta$ ( $^{\circ}$ )	W( $\mu$ l/mg)	H( $\mu$ l/mg)	W/H	Wad (dyne/cm)	Tad (dyne/cm)
Water	94.3 (0.55)	0.04 (0.01)	1.51 (0.05)	0.03 (0.00)	66.95	-5.45
Span 20	37.1 (3.14)	0.47 (0.08)	1.62 (0.05)	0.29 (0.05)	48.01	21.31
Tween 20	45.9 (3.03)	0.37 (0.07)	1.62 (0.07)	0.23 (0.03)	58.84	24.14
Tween 40	92.0 (5.69)	0.20 (0.10)	1.58 (0.04)	0.13 (0.07)	37.56	-1.34
Tween 60	95.5 (8.04)	0.08 (0.07)	1.53 (0.05)	0.05 (0.04)	36.02	-3.78
Tween 80	43.4 (5.47)	0.48 (0.04)	1.61 (0.07)	0.29 (0.02)	68.20	28.70
Tween 21	50.6 (2.97)	0.46 (0.04)	1.59 (0.13)	0.29 (0.03)	53.60	20.80
Tween 61	65.3 (6.22)	0.31 (0.09)	1.58 (0.06)	0.19 (0.05)	52.73	15.53
Tween 81	39.5 (1.95)	0.72 (0.15)	1.72 (0.08)	0.42 (0.08)	63.78	27.78
Tween 65	65.6 (3.49)	0.32 (0.09)	1.51 (0.06)	0.21 (0.05)	54.44	15.94
Tween 85	47.4 (2.33)	0.65 (0.15)	1.70 (0.08)	0.38 (0.09)	82.19	33.19

\* ( ) represent standard deviations

### 3.2 0.1 g/dl 비이온계 계면활성제 첨가시 접촉각과 액체보유력 변화

Table 4는 물에 10종의 비이온계 계면활성제를 0.1g/dl 첨가했을 경우의 EMPA 217의 습윤특성 변화를 보여준다. 0.1g/dl는 모든 계면활성제의 경우에 있어 critical micelle concentration(CMC) 이상의 농도이다. Tween 40과 60을 첨가한 경우 접촉각 감소 효과가 거의 없었으며, Tween 81이  $\Theta$  감소와 액체 보유량(W) 증가에 특히 효과적이라는 것을 알 수 있다. 기질의 습윤특성 향상은 기질과 액체의 상호작용에 의해 일어나는 것이며, 단순히 액체의 계면장력, HLB값, 또는 계면활성제의 분자면적 등으로 쉽게 예측하기는 어렵다. Tween 20→40→60의 경우와 Tween 21→61의 경우를 보면 계면활성제의 친유기 탄소수가 많아질수록 효과는 감소하고, Tween 60→80, Tween 61→81, Tween 65→85의 경우처럼 계면활성제 친유기 tail이 불포화 구조일 경우 모직물의 습윤특성 향상에 효과적이었다.

이는 이전 연구들과 유사한 결과이다<sup>7-9)</sup>.

Table 5는 carbon black과 olive oil로 오염된 인공오염포인 EMPA 107의 습윤특성 변화를 보여 주는데, EMPA 217과 유사한 경향을 볼 수 있다. 즉 계면활성제 친유기의 탄소수가 늘어나서 친유성이 커질수록 효과는 감소하며, 친유기가 불포화 구조일 경우 특히 효과가 좋았다. 비이온계 계면활성제 첨가시 Tween 40, 60의 경우를 제외하고는 EMPA 217이 EMPA 107보다 접촉각 감소효과와 액체보유력 증가 효과가 우수하였다. Tween 40과 60의 경우 EMPA 217보다 오염포인 107에 효과적인데, 이는 친유성 계면활성제인 Tween 40과 60이 오염포에 대한 친화력이 더 크기 때문이 아닌가 생각된다.

### 3.3 Cos $\Theta$ , Adhesion tension, Work of adhesion 과 액체 보유량과의 관계

Fig. 1, 2, 3은 cos $\Theta$ , adhesion tension, work of adhesion과 액체보유량(W)과의 관계를 보여준다.

Table 5. Wetting and retention properties of EMPA 107 with 0.1g/dl surfactant solutions

	$\theta(^{\circ})$	W( $\mu\text{l}/\text{mg}$ )	H( $\mu\text{l}/\text{mg}$ )	W/H	Wad (dyne/cm)	Tad (dyne/cm)
Water	93.9 (2.11)	0.02 (0.03)	1.40 (0.07)	0.01 (0.02)	67.45	-4.95
Span 20	54.9 (1.23)	0.20 (0.10)	1.45 (0.04)	0.13 (0.06)	42.04	15.34
Tween 20	63.8 (2.39)	0.14 (0.02)	1.49 (0.05)	0.10 (0.02)	50.01	15.31
Tween 40	75.0 (2.62)	0.09 (0.02)	1.41 (0.03)	0.06 (0.01)	48.99	10.09
Tween 60	78.9 (2.86)	0.09 (0.05)	1.38 (0.04)	0.06 (0.04)	47.48	7.68
Tween 80	59.7 (2.76)	0.17 (0.04)	1.38 (0.04)	0.12 (0.02)	59.42	19.92
Tween 21	62.6 (1.53)	0.22 (0.06)	1.44 (0.03)	0.16 (0.04)	47.90	15.10
Tween 61	71.3 (4.97)	0.22 (0.07)	1.40 (0.04)	0.16 (0.05)	49.12	11.92
Tween 81	45.4 (2.88)	0.31 (0.08)	1.44 (0.03)	0.22 (0.06)	61.30	25.30
Tween 65	78.5 (3.29)	0.10 (0.01)	1.36 (0.02)	0.08 (0.01)	46.16	7.66
Tween 85	48.2 (2.14)	0.26 (0.08)	1.46 (0.11)	0.18 (0.06)	81.63	32.63

\* ( ) represent standard deviations

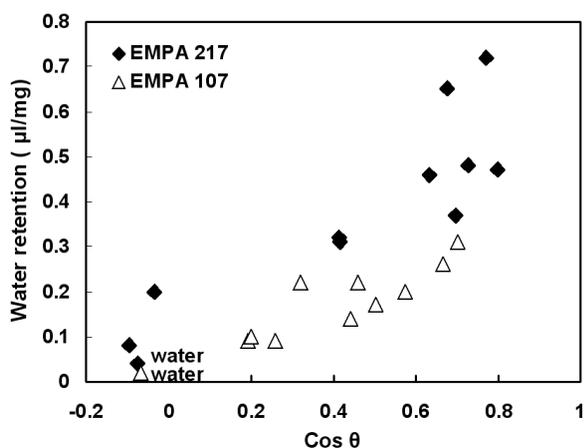


Fig. 1.  $\text{Cos } \theta$  vs. water retention values for EMPA 217 and EMPA 107 in nonionic surfactant solutions.

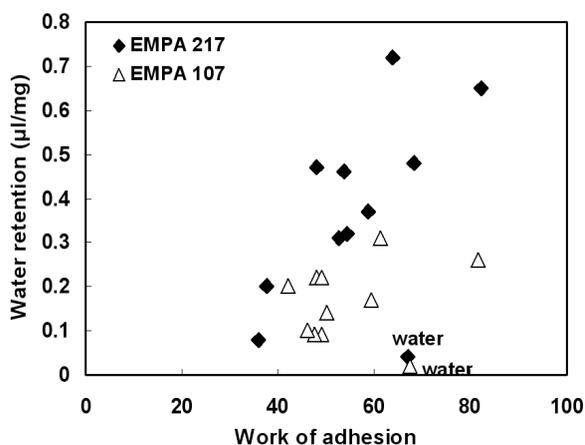


Fig. 3. Work of adhesion vs. water retention values for EMPA 217 and EMPA 107 in nonionic surfactant solutions.

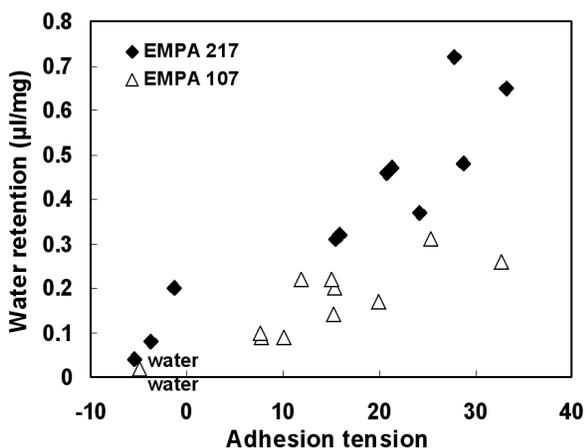


Fig. 2. Adhesion tension vs. water retention values for EMPA 217 and EMPA 107 in nonionic surfactant solutions.

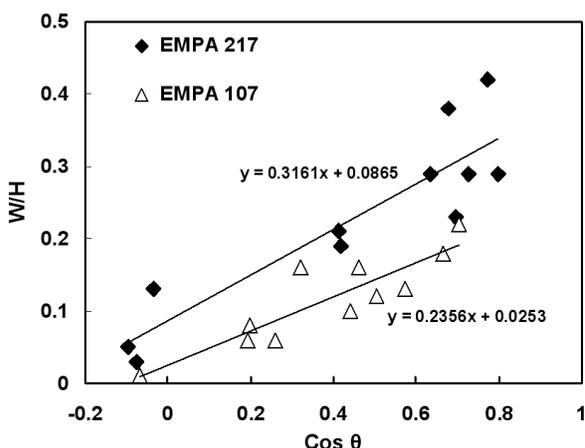


Fig. 4.  $\text{Cos } \theta$  vs. water retention ratio (W/H) values for EMPA 217 and EMPA 107.

$W$ 는  $\cos\Theta$ , adhesion tension, work of adhesion 과 각각 정의 상관관계를 보여주는데, 이는 이전 연구에서 반복적으로 보인 결과이다<sup>3,4,7</sup>. 즉,  $W$ 의 증가는 접촉각의 감소에 따른  $\cos\Theta$ 의 증가에 직접 영향을 받기 때문이다.

Fig. 4는  $\cos\Theta$ 가 증가함에 따라 전 기공부피에 대한 물이 채워진 기공부피 비( $W/H$ )를 나타낸다.  $\cos\Theta=1$  ( $\Theta=0^\circ$ )의 경우를 가정할 때, EMPA 217의  $W/H=0.403$ 이고 EMPA 107의  $W/H=0.261$ 이다.

즉, 접촉각이  $0^\circ$ 라 하더라도 모직물은 40.3%, 모직물 오염포는 26.1%의 기공에만 물이 채워질 수 있음을 의미한다. 이는 스케일 층의 발수성뿐 아니라 기공구조의 복잡성 때문에 wicking이 용이하지 않기 때문이라 생각된다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 EMPA 217(wool muslin, washed) 과 EMPA107(wool soiled with carbon black/olive oil)의 흡윤특성을 연구하여 다음의 결론을 얻었다.

1. EMPA 217과 107 모두 접촉각( $\Theta$ ) $>90^\circ$ 로 물의 퍼짐과 침투가 거의 일어나지 않았다. 이는 스케일 층의 발수성과 기공구조의 복잡성 때문이라 생각된다. 반면 perchloroethylene (PCE)의 경우 접촉각이 매우 낮고, 기공에 채워진 액체부피/전 기공부피는 80% 이상으로 모직물은 PCE로 효율적으로 드라이클리닝 할 수 있음을 알 수 있었다.
2. EMPA 217은 계면활성제의 친유기 탄소수가 많아질수록 접촉각 감소 및 액체보유량 증가 효과는 감소하고, 계면활성제 친유기 tail이 불포화 구조일 경우 모직물의 흡윤특성 향상에 효과적이었다. Tween 40과 60을 첨가한 경우 접촉각 감소 효과가 거의 없었으며, Tween 81이  $\Theta$  감소와 액체 보유량( $W$ ) 증가에 특히 효과적이었다. EMPA 107의 흡윤특성은 EMPA 217과 유사한 경향을 보여준다. 비이온계 계면활성제 첨가시 Tween 40, 60의 경우를 제외하고는 EMPA 217이 EMPA 107보다 접촉각 감소효과와 액체보유력 증가 효과가 우수하였다. Tween 40과 60의 경우 EMPA 217보다 오염포인 107에 효과적인데, 이는 친유성 계면활성제인 Tween 40과 60이 오염포에 대한 친화력이 더 크기 때문이라 생각된다.
3.  $W$ 는  $\cos\Theta$ , adhesion tension, work of adhesion 과 각각 정의 상관관계를 보여주는데, 이는  $W$

의 증가가 접촉각의 감소에 따른  $\cos\Theta$ 의 증가에 직접 영향을 받기 때문이라 생각된다.  $\cos\Theta=1$  ( $\Theta=0^\circ$ ) 일 경우, EMPA 217의 전 기공부피에 대한 물이 채워진 기공부피 비( $W/H$ ) =0.403이고 EMPA 107의  $W/H=0.261$ 이었다. 즉, 접촉각이  $0^\circ$ 라 가정하더라도 모직물은 40.3%, 모직물 오염포는 26.1%의 기공에만 물이 채워질 수 있음을 의미한다. 따라서 모직물은 습식세탁이 용이하지 않음을 알 수 있었다.

#### 감사의 글

본 연구는 2008년도 한남대학교 학술 연구조성비 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

#### 참고문헌

1. E. Kissa, Repellent Finishes, In M. Lewin and S. B. Sello (Ed.), "Handbook of Fiber Science and Technology: volume II, Part B", Marcel Dekker, Inc., New York, pp.144-145, 1984.
2. Y.-L. Hsieh, J. Thompson, and A. Miller, Water Wetting and Retention of Cotton Assemblies as Affected by Alkaline and Bleaching Treatments, *Textile Res. J.*, **66**(7), 456-464(1996).
3. Y.-L. Hsieh and L. A. Cram, Enzymatic Hydrolysis to Improve Wetting and Absorbency of Polyester Fabrics, *Textile Res. J.*, **68**(5), 311-319(1998).
4. Y.-L. Hsieh and L. A. Cram, Proteases as Scouring Agents for Cotton, *Textile Res. J.*, **69**(8), 590-597(1999).
5. C. Kim and Y.-L. Hsieh, Wetting and Absorbency of Fibrous Materials by Nonionic Surfactant Solutions, "Second international TRI/Princeton Workshop", Princeton, p.10, June 19-21, 2000.
6. C. Kim and Y.-L. Hsieh, Wetting and Absorbency of Nonionic Surfactant Solutions on Cotton Fabrics, *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, **187-188**, 385-397(2001).
7. C. Kim, Effect of Nonionic Surfactant Solutions on Wetting and Absorbency of Cotton Fabrics, *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, **25**(8), 1444-1452(2001).

8. C. Kim, Effect of Nonionic Surfactant Solutions on Wetting and Absorbency of PET Fabrics I. Mixtures and Dilutions of Span 20 and Tween 20, *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, **27**(9/10), 1153-1159(2003).
9. C. Kim, Effect of Nonionic Surfactant Solutions on Wetting and Absorbency of Polyethylene Terephthalate(PET) Fabrics (Part II) -Surfactants Characteristics and Fabric Properties-, *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, **29**(12), 1546-1553(2005).
10. C. Kim, Water Wetting and Retention Properties of Polyester/Cotton(65/35) Cloth in Nonionic Surfactant Solutions, *Hannam University*, **37**, 91-100(2007).
11. C. Kim, Detergency and Water Wetting/Retention Properties of Soiled Cotton Cloths in Nonionic Surfactant Solutions, *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, **31**(3), 433-439(2007).
12. C. Kim, Molecular area and Interfacial Tension Behavior of Span 20 and Tween series Surfactants at Water/Air Interface, *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, **24**(7), 1067-1072(2000).
13. J. C. Berg, Role of Acid-Base Interactions in Wetting and Related Phenomena, In J. C. Berg (Ed.), "Surfactant Science Series V.49, Wettability", Marcel Dekker, Inc., New York, p.76, 1993.