

텐셀직물의 바이오-유연가공에 의한 물성변화(제1보)

김 인 영 · 오 수 민 · 송 화 순

숙명여자대학교 의류학과

The Bio-Softness Finish of Tencel fabric(Part I)

In Young Kim · Soo Min Oh · Wha Soon Song

Dept. of Clothing and Textiles, Sookmyung Women's University
(1998. 6. 22 접수)

Abstract

The Tencel fabrics were treated with bio-softness finish to improve softness. The change of the properties depending on the softener as well as cellulase treatment was investigated. The relative activity of cellulase for tencel was maximum at pH 4~4.3, cellulase concentration 14~16%(o.w.f.), treatment time 4 hour and liquor ratio 100 : 1. The treatment of epoxy silicon softner improved in pilling, whiteness, dye absorption of Tencel fabric.

Key words: tencel, cellulase, epoxy silicon softner; 텐셀, 셀룰라아제, 에폭시 실리콘계 유연제

I. 서 론

텐셀은 영국 코틀즈(Courtaulds)사에서 개발한 셀룰로오스계 섬유로, 비스코오스레이온의 제조공법과는 다른 용제 방사 기술로 제조되며, Lyocell, New rayon이라고도 알려져 있다. 특히 텐셀은 원료가 목재 펄프로, 재생가능한 자원이고, 사용이후 폐기시 완전히 생분해되어 환경오염문제가 없는 무공해 섬유 소재이다^{1~4)}.

NMMO가공으로 제조되는 텐셀은 다른 셀룰로오스 섬유에 비하여 건습강도, 루프강도, 형태안정성, 흡습성, 축전성, 염색견뢰도가 매우 우수하여 취급이

편리한 장점이 있지만, 피브릴레이션이 일어나는 단점을 가지고 있다¹⁾. 이러한 피브릴현상으로 인하여 태가 좋지 못하기 때문에 산업용으로 사용하는데 장애요인이 되므로 피브릴화현상을 제거하기 위해 효소에 의한 바이오가공을 하여 우수한 촉감을 부여하고 있다^{2, 3)}.

바이오가공된 텐셀직물의 특성은 효소에 의한 피브릴 제거, 마이크로피브릴발생, 유연제처리 및 텀블 드라이기(tumble dryer)에 의한 건조 과정에서 결정된다.

텐셀에 대한 연구동향을 살펴보면 텐셀의 구조적 특성에 대해 G. Ortlepp 등에 의한 피브릴레이트된 리오셀 섬유구조에 대한 보고⁵⁾, K. P. Mieck¹⁾ 등의 NMMO가공으로 제조한 인조셀룰로오스섬유의 피브릴성에 관한 연구, 園部³⁾에 의한 피브릴 발생 및 팽윤도에 관한 연구와 착용시 뇌파 증 발생에 관한

* 이 논문은 1996년도 숙명여자대학교 교비 연구비에 의하여 연구되었음

보고, M. Nicolai 등⁶⁾에 의한 리오셀섬유의 피브릴 레이션을 감소시키는 가공에 관한 연구가 있다.

텐셀의 효소가공 및 물성변화에 관한 연구로, 佐藤⁷⁾은 텐셀가공에 사용되고 있는 효소제품의 특징과 사용방법에 대하여 소개하였고, 土肥 등⁸⁾은 텐셀 직물을 적정조건에서 효소처리한 후 강신도, 인열강도, 태 및 염색성의 변화에 대한 연구를 하였다. 또한, 정⁹⁾에 의한 텐셀의 효소가공시 섬유외관의 변화에 관한 연구와 레이온섬유와 리오셀섬유의 물성비교에 관한 연구¹⁰⁾ 등이 있다.

효소처리후 유연제처리에 관한 연구로는, 谷田¹¹⁾에 의한 효소처리후 아민 실리콘계 유연제 처리시 인열강도의 개선에 관한 연구, 堀公¹²⁾에 의한 유연제 종류에 따른 유연화 태가공에 관한 연구 등이 있다.

그러나, 텐셀의 제품개발은 초보단계에 있으며, 가공기술에 대한 연구도 매우 미흡한 실정이다. 특히 선행연구를 살펴보면, 셀룰라아제에 의한 바이오가공시 섬유구조와 피브릴레이션 및 물성변화에 관한 연구가 대부분이고, 유연제처리에 관한 연구는 거의 이루어진 바 없다.

이에 본 연구에서는 텐셀의 바이오가공시 유연제 선택을 돕기 위하여 시판 유연제의 종류가 텐셀의 물성에 미치는 영향에 관해 살펴보고자 하였다.

기본연구로 텐셀직물의 셀룰라아제 처리시 최대활성조건을 설정하기 위해 적정 pH, 농도, 시간 변화에 따른 감량률을 측정하여 셀룰라아제의 상대활성도를 구하였고 최대활성조건에서의 셀룰라아제 처리시 표면형태변화를 관찰하였다. 그리고 셀룰라아제 처리후 4가지 종류의 유연제로 유연가공을 하여 유연제 종류에 따른 표면특성, 백도에 관하여 고찰함으로써 앞으로 생산과 소비가 증가할 것으로 기대되는 텐셀섬유를 부가가치가 높은 소재로 개발하는데 필요한 기초자료를 제시하고자 하였다.

II. 실험방법

II-1. 시료 및 시약

II-1-1. 시료

본 연구에 사용된 시험포는 방림방직(주)에서 제작한 정련·표백된 텐셀백포를 사용하였다. 이 직물의 특성은 Table 1과 같다.

II-1-2. 시약

본 연구에 사용된 효소는 산성 셀룰라아제 S-super(Theodor Han, 독일)이고, 완충용액으로 사용된 acetic acid, sodium hydroxide 등은 모두 1급시약을 사용하였다.

유연제는 대영화학에서 제조한 Elastomer EP-2000(이하 epoxy), Snowsilicone SF-300(이하 amino), Softener 900(이하 cation) 및 Snowsilicone SF-300, Elastomer EP-2000, Softener 900를 1:1:1 부피비율로 혼합한 혼합 유연제(이하 blend) 등 4가지 종류를 사용하였다.

II-2. 실험방법

II-2-1. 셀룰라아제 처리

텐셀직물의 셀룰라아제처리시 감량률에 미치는 최대활성조건을 설정하기 위해 셀룰라아제농도(4, 8, 10, 12, 14, 16, 20 % o.w.f.), 시간(3, 4, 5, 8, 20 hour), 액비(20, 30, 40, 60, 70, 100:1)와 pH(3.5, 4, 4.3, 4.5, 5, 5.5, 6)를 변화시키면서 액류염색기(대림, 한국)를 사용하여 교반속도 200 r.p.m.으로 처리한 후 수세·건조하였다. pH는 Tyndall¹³⁾ 연구에서 사용한 완충시스템을 이용하여 조절하였다.

II-2-2. 감량률 및 상대활성도

셀룰라아제처리하여 수세한 텐셀직물을 상온 건조시켜 항온항습기(제이오텍, 한국)에서 24시간 컨디셔닝한 후, 다음 식에 의해 감량률을 구하였고, 상

Table 1. Characteristics of Tencel fabric

Material	Weave	Yarn No.(d)		Fabric counts (ends × picks/inch ²)	Weight (g/yd ²)	Thickness (mm)
		Warp	Weft			
Tencel	Plain	30's	30's	124 × 48	216.24	0.507

대활성도는 감량률이 최대로 나타난 시료를 100%로 해서 기준을 정한 후, 각각의 감량률을 100%에 대하여 상대적인 비율로 계산해 나타냈다.

$$\text{Weight loss (\%)} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100$$

Weight loss : 감량률(%)

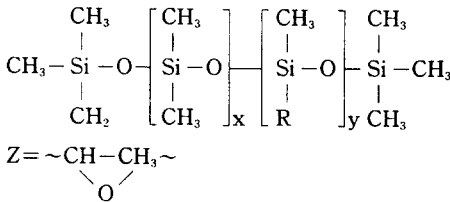
W₁: 효소처리 전의 시료 무게

W₂: 효소처리 후의 시료 무게

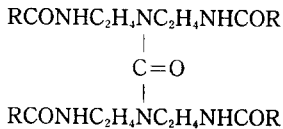
II-2-3. 유연제처리

유연제처리는 epoxy, amino, cation, blend 4가지 유연제 모두 농도 70g/l로 하여 10분간 침지하고, 맹글에서 wet pick up률이 85%가 되도록 균일하게 짜준 후 120°C에서 3분간 예비건조하고, 160°C에서 2분간 큐어링하여 처리하였다 유연제처리에 사용된 각 유연제의 구조식은 다음과 같다.

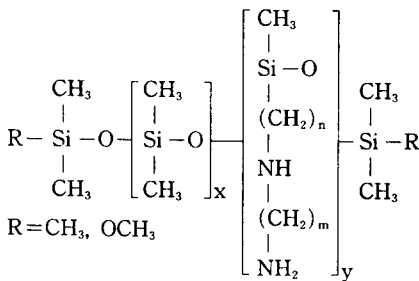
Elastomer EP-2000 Epoxy modified silicone



Snowslicone SF-300 Amino modified silicone



Softener Fatty acid polyamine polyamino type



II-2-4. 주사전자현미경(SEM)에 의한 표면형태 관찰

표면형태는 텐셀직물을 금으로 코팅한 후 주사전자현미경(Scanning Electron Microscope, JSM-35-CF, JOEL Co.)을 사용하여 단면(×2000)과 측면(×200, ×2000)을 측정하였다.

II-2-5. 텐셀직물의 물성

(1) 필링측정

필링측정은 KS K 0501에 준하여 브러시 스폰지법(Custom Scientific Instrument, 미국)으로 하였다. 시험결과의 판정은 표면의 필링정도를 데이라이트(성신정밀, 한국)에서 육안으로 관찰한 후, 판정하였다.

(2) 표면특성 측정

표면특성은 Kawabata Evaluation system for fabrics(KATO, Tech., Co., Ltd, 이하 KES-FB라 함)을 사용하여 측정하였다.

(3) 백도측정

백도는 색차측정기(UV-VisSpectrometer Varian Cary05E)를 사용하여 표준 광원 D65에서 조사하면서 ISO 105-J02 방법으로 측정한 후, 다음 식에 의해 계산하였다.

$$\text{Whiteness(\%)} = Y_{10} + 800(0.3138 - x_{10}) + 1700(0.3310 - y_{10})$$

III. 결과 및 고찰

III-1. 셀룰라아제 처리시 상대활성도

텐셀직물에 대한 셀룰라아제의 최대활성조건을 구하기 위하여 처리시간, pH, 농도, 액비를 변화시켜 감량률을 측정한 후, 감량률로부터 상대활성도를 구하였다.

Fig. 1은 pH 변화에 따른 셀룰라아제의 상대활성도를 나타낸 것이다. Fig. 1에 나타난 바와 같이 효소의 활성은 pH가 증가함에 따라 점차적으로 증가하여 pH 4~4.3에서 가장 높은 것으로 나타났으며, 이후부터 감소하기 시작하여 pH 5 이상에서 현격하게 효소의 작용이 감소되었다. 이 결과로부터 셀룰라아제는 pH에 대한 활성범위가 좁아 pH 조건에 크게 영향을 받으므로⁴⁾, 셀룰라아제의 활성을 최대

로 하기 위해서는 pH 4~4.3에서 처리하는 것이 바람직하다고 생각된다.

Fig. 2는 처리농도 변화에 따른 셀룰라아제의 상대활성도를 나타낸 것이다. Fig. 2에 나타난 바와 같이 상대활성도는 셀룰라아제 농도가 증가함에 따라

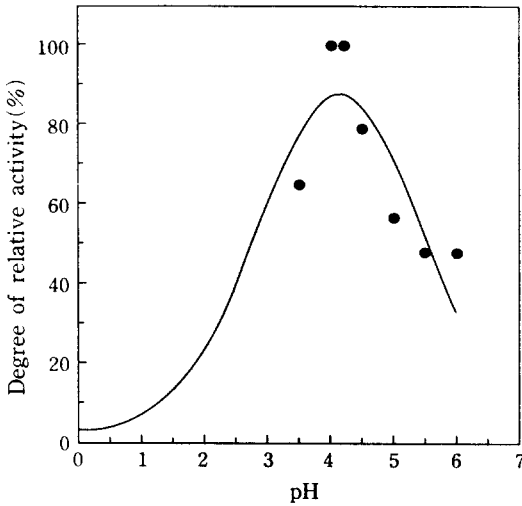


Fig. 1. Variation of degree of relative activity on changing pH for Tencel (conc. 16% (o.w.f.), 4 hour, liquor ratio 100:1).

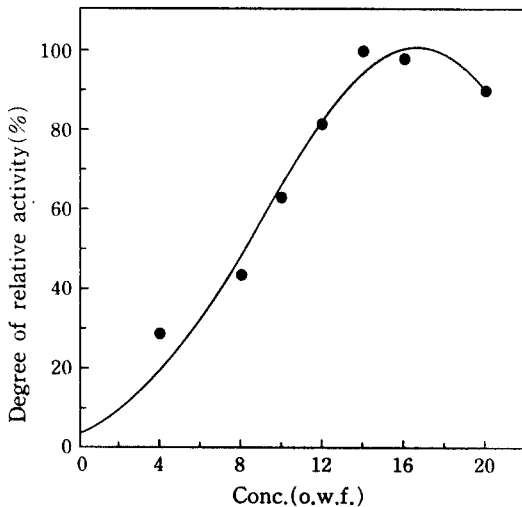


Fig. 2. Variation of degree of relative activity on changing concentration of cellulase for Tencel (pH 4, 4 hour, liquor ratio 100:1).

증가하다가 농도 14% (o.w.f.)부터 증가폭이 급격히 줄어들어 농도 14~16% 사이에서 최대로 나타났고 이후 약간 감소하였다. 따라서 상대활성도는 셀룰라아제가 일정농도 이상이 되면 더 이상 증가하지 않는 것을 알 수 있다.

Fig. 3은 처리시간의 변화에 따른 셀룰라아제의 상대활성도를 나타낸 것이다. Fig. 3에 나타난 바와 같이 시간의 경과함에 따라 상대활성도는 증가하여 처리시간 4시간에서 급격한 증가가 나타나고, 그 이후에서는 평형에 도달하므로 이에 텐셀직물의 셀룰라아제 처리시간은 4~7시간이 바람직하다고 생각된다.

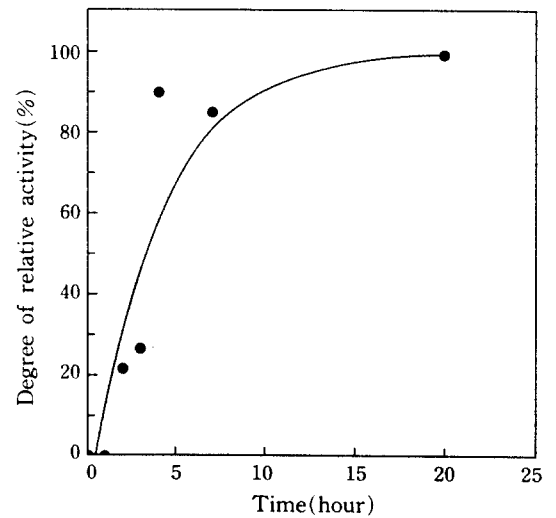


Fig. 3. Variation of degree of relative activity on changing time for Tencel (pH 4, conc. 16% (o.w.f.), liquor ratio 100:1).

Fig. 4는 액비 변화에 따른 셀룰라아제의 상대활성도를 나타낸 것이다. Fig. 4에 나타난 바와 같이 액비가 증가함에 따라 상대활성도가 증가하였는데, 그 증가폭을 살펴보면 액비 40:1까지는 급격히 증가하다가 액비 60:1 이상부터는 활성도 증가폭이 둔화하기 시작했고, 액비 100:1에서 최대로 나타났다.

이상의 결과로부터 텐셀의 셀룰라아제 처리시 셀룰라아제의 최대활성을 위해서 pH 4~4.3, 셀룰라아제 농도 14~16% (o.w.f.), 처리시간 4~7시간, 액비는

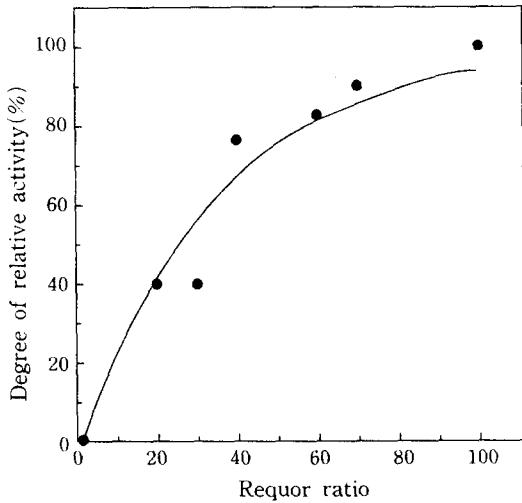


Fig. 4. Variation of degree of relative activity on changing liquor ratio for Tencel(pH 4, conc. 16%(o.w.f.), 4 hour.)

가공시 효율적인 측면을 고려해 60:1로 처리하는 것

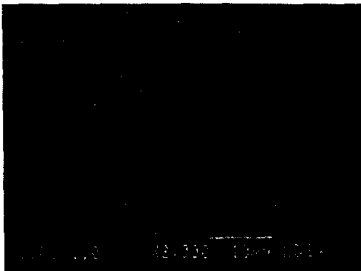
이 바람직하다고 생각된다.

III-2. 주사전자현미경(SEM)에 의한 표면형태 관찰

Fig. 5, 6, 7은 텐셀직물의 셀룰라아제 처리시 단면과 측면형태를 주사전자현미경으로 관찰한 것이다.

Fig. 5에 나타난 바와 같이 단면형태를 관찰한 결과, 미처리의 단면은 견고하고 매끈한 모습이고, 셀룰라아제 처리시 단면은 미처리에 비하여 표면(Skin)이 손상되어 표면층이 일어나고 갈라져 있는 모습을 나타냈고, 섬유 사이의 공간이 벌어져 있는 것이 관찰되었다.

Fig. 6에 나타난 바와 같이 측면형태를 관찰한 결과, 처리 전의 매끈한 텐셀섬유의 표면이 효소처리 후에는 파브릴이 무수히 많이 발생한 것으로 나타났다. 이는 셀룰라아제 처리시 결정질의 형태가 유지되는 상태에서 흡수공간이 팽창됨에 따라 섬유와 섬유사이에 마찰이 일어나고, 섬유가 액류염색기에서 수류에 의해 두드러지면서 일차적으로 표면에

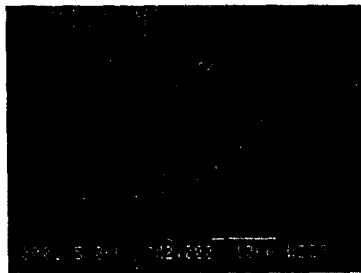


untreated

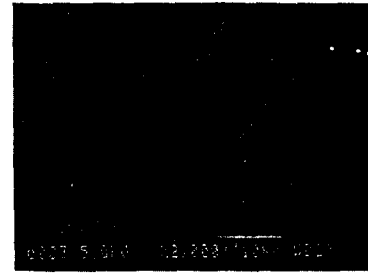


cellulase treated

Fig. 5. Scanning Electron Micrographs of Tencel($\times 2000$, cross section).



untreated



cellulase treated

Fig. 6. Scanning Electron Micrographs of Tencel($\times 2000$, side section).

들출된 모우가 제거되고, 이차적으로 결정질의 마이크로 피브릴이 분리된 것이라고 생각된다. 또한 이러한 피브릴의 분리는 텐셀섬유가 길게 연결되어 있는 결정영역 사이의 비결정 영역과 흡수공간에 효소가 부착하여 침해가 이루어진 결과, 마이크로 피브릴이 결을 따라 갈라진 것으로 정⁸⁾의 보고와 일치한다.

Fig. 7에 나타난 바와 같이 미처리 직물의 표면은 피브릴레이션이 전혀 일어나지 않고, 가지런하게 정돈된 상태이고, 셀룰라아제 처리시 피브릴레이션이 일어나 표면에 마이크로피브릴이 일어나 있는 것을 관찰할 수 있었다.

III-3. 셀룰라아제-유연제 처리시 텐셀직물의 물성

III-3-1. 필링 및 표면 특성치

미처리, 셀룰라아제 처리 및 셀룰라아제-유연제 처리 직물 표면의 필링성을 판정한 결과, 모두 5등급 이상으로 나타나 미처리, 셀룰라아제처리, 셀룰라아제-유연제 처리 직물 모두 항필링성이 우수한 것으로 생각된다.

Table 2는 미처리, 셀룰라아제처리 셀룰라아제-유연제처리시 표면의 모우량에 따라 표면 특성이 다를 것이 예상 됨에 따라 각각의 텐셀직물에 대한 표면특성치를 측정된 결과이다.

표면특성치의 변화를 분석한 결과, 평균마찰계수(MIU)는 셀룰라아제처리<미처리<셀룰라아제-유연제처리(cation 제외) 순으로 증가하였다. 마찰계수의 평균편차(MMD)는 미처리와 셀룰라아제처리시 거의 차이를 나타내지 않았고, 셀룰라아제-유연제 처리는 미처리, 셀룰라아제 처리시보다 감소하였다. 표면거칠기(SMD)는 셀룰라아제-유연제 처리(cation 제외)<셀룰라아제처리<미처리 순으로 나타났다. 이는 셀룰라아제처리에 의해 피브릴이 제거되어 표면이 약간 매끄러워졌으며, 유연제 처리에 의해 더욱 매끄러워져 표면거칠기가 작아진 것으로 생각된다. 유연제 종류에 따른 차이를 살펴보면, 평균마찰계수(MIU)는 epoxy, amino, cation은 거의 비슷한 값을 나타내며 blend의 경우, 다른 유연제보다 다소 큰 값을 나타내었다. 마찰계수의 평균편차(MMD)는 epoxy, amino, cation, blend 모두 비슷한 값을 나타내었다. 표면거칠기(SMD)는 epoxy<



Fig. 7. Scanning Electron Micrographs of Tencel(×200, surface of fabric).

Table 2. Variation of surface characteristic values on Tencel treated with cellulase and cellulase & softner.

Properties	Parameter	Weight loss(%)					
		Control	Cellulase 3%	Cellulase & Softner			
				epoxy	amino	cation	blend
Surface	MIU	0.178	0.172	0.179	0.179	0.174	0.190
	MMD	0.0135	0.0138	0.0110	0.0112	0.0130	0.0100
	SMD	4.339	3.936	3.099	3.327	4.050	3.245

blend<amino<cation 순으로 나타났으며, cation 유연제의 경우 셀룰라아제처리시보다 오히려 큰 값을 나타내었다. 이는 epoxy 유연제처리시 표면이 가장 매끄러우며, cation 유연제처리시에는 미처리보다 오히려 표면이 거친 것을 나타낸다.

III-3-2. 백도

Fig. 8은 셀룰라아제 처리시와 셀룰라아제-유연제처리시 텐셀직물의 백도를 측정된 결과이다.

Fig. 8에 나타난 바와 같이 백도는 셀룰라아제 처리시 미처리에 비하여 약간 증가하였고, 셀룰라아제-유연제처리시 미처리보다 감소하였다. 유연제의 종류에 따른 백도를 분석한 결과, 백도저하는 epoxy=amino<cation<blend 순으로 나타났다.

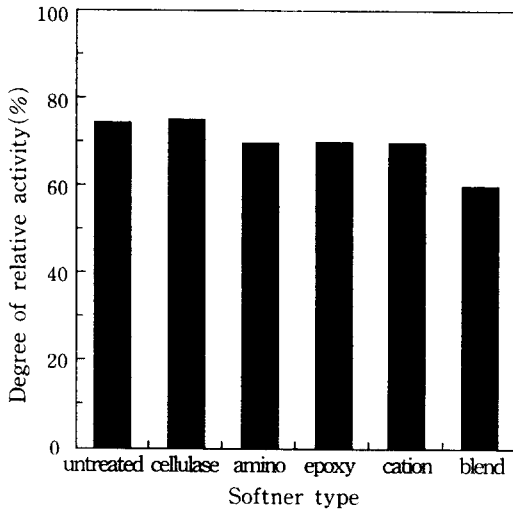


Fig. 8. Variation of whiteness on various softer type for tencel fabrics(pH 4, conc. 16%(o.w.f.), 4 hour, liquor ratio 100:1).

유연가공에 사용되는 유연제는 종류에 따라 열에 견디는 능력이 달라서, 유연제 중 epoxy 실리콘계 계면활성제가 열에 가장 잘 견디고, amine변성실리콘 및 cation계 계면활성제는 가열시에 황변이 일어나는 단점이 있다고 알려져 있다. 그러나 백도 측정 결과 amino 변성 실리콘과 cation계 계면활성제 모두 epoxy 실리콘과 거의 같은 정도로 백도가 우수하게 나타났다. 따라서 이 두 종류의 유연제를 흰색

직물 및 염색물의 유연가공에 적용하는 것은 바람직할 것으로 기대된다. 그러나 blend의 경우 백도저하가 현저하게 나타났다. 이 결과로 부터 실제 제품생산과정에서 유연가공시 여러 종류의 유연제 특성을 동시에 부여하고 생산비용을 절감할 목적으로 유연제를 병용하여 사용하는 것은 백도의 저하를 초래할 수 있을 것으로 예상되므로 이후 이 부분에 대한 연구가 계속 이루어져야 할 것이라고 생각된다.

IV. 결론

본 연구에서는 텐셀직물의 셀룰라아제 처리시 상대활성도를 측정하여 셀룰라아제의 최대활성조건을 구하고, 셀룰라아제 및 유연제처리에 따른 필링 및 표면특성, 백도 변화에 대해 유연제 종류별로 관찰함으로써 텐셀의 바이오-유연 가공시 물성에 미치는 유연제의 영향을 비교, 검토하는 것을 목적으로 하였다.

연구 결과는 다음과 같다.

1. 텐셀직물의 셀룰라아제 처리시 상대활성도를 측정한 결과, 셀룰라아제의 최대활성조건은 pH 4~4.3, 셀룰라아제 농도 14~16%(o.w.f.), 처리시간 4시간, 액비 60:1로 나타났다. 최대활성조건에서의 표면형태를 관찰한 결과, 미처리직물은 견고하고, 피브릴레이션이 전혀 일어나지 않은 매끈한 모습이고, 셀룰라아제 처리직물은 표면층에서 마이크로피브릴로 분섬되고, 섬유 사이의 공간이 벌어져 있는 것이 관찰되었다.
2. 텐셀직물의 셀룰라아제 처리 및 셀룰라아제-유연제 처리시 표면의 필링성을 판정한 결과 모두 5등급 이상이 나타났다. 표면 특성치 변화를 분석한 결과, 셀룰라아제 처리시 미처리에 비해 SMD, MIU는 감소하였고, 셀룰라아제-유연제 처리시 셀룰라아제처리시보다 MIU는 증가하였고, MMD, SMD는 감소하였다.
3. 텐셀직물의 셀룰라아제 처리 및 셀룰라아제-유연제 처리시 백도를 측정된 결과, 셀룰라아제 처리시 미처리에 비하여 약간 증가하였고, 셀룰라아제-유연제처리시 미처리보다 감소하였다. 유연제

종류에 따른 백도를 분석한 결과, 백도저하는 epoxy=amino>cation>blend 순으로 나타났다.

참 고 문 헌

- 1) K. P. Mieck, M. Nicolai, A. Nechwatal, Contribution to the judgement of fibrillability of cellulosic fibers, *Chemical Fibers International (CFI)*, **45**, pp. 44-46, 1995.
- 2) 園部 茂, 新セルロース纖維テンセルの展開, 染色工業, **41**(1), pp. 24-31.
- 3) 園部 茂, テンセルの展開と風合加工, 加工技術, **31**(5), pp. 292-294, 1996.
- 4) 조 환, 용제방사법에 의해 제조된 새로운 Cellulose 계 섬유 Tencel, 한국염색가공학회지, **6**(3), pp. 74-83, 1994.
- 5) G. Ortlepp, E. Beckmann, K. P. Mieck, Fibrillated Lyocell Filament—A Basis for New Yarn Structures, *Fiber Tables*, **47**, p. 14, 1997.
- 6) M. Nicolai, A. Nechwatal, K. P. Mieck, Textile Crosslinking Reactions to Reduce the Fibrillation Tendency of Lyocell Fibers, *Textile Res. J.*, **66**(9), pp. 575-580, 1996.
- 7) 佐藤 整, ニューレーヨンのバイオ加工, 加工技術, **31**(5), pp. 310-313, 1996.
- 8) 土肥慎吾, 前島義夫, 木野浩成, 乾 拓雄, 新しいセルロース纖維「テンセル」の酵素處理, 纖維加工, **46**(3), pp. 101-105, 1994.
- 9) 정의상, Cellulose에 의한 Tencel 직물의 표면개질가공, 한국섬유공학회지, **33**(5), pp. 458-471, 1996.
- 10) W. Albrecht, M. Reintjes, B. Wulfhorst, Lyocell Fibers, *Fiber Tables*, **47**, pp. 298-304, 1997.
- 11) 谷田 治, 酵素によるセルロース纖維の改質, 纖維と工業, **50**(2), pp. 35-39, 1994.
- 12) 堀 公二, 最近の柔軟風合加工, 加工技術, **25**(7), pp. 449-452, 1990.
- 13) R. Michael Tyndall, Improving the Softness and Surface Appearance of Cotton Fabrics and Garments by Treatment with Cellulase Enzymes, *Textile Chemist and Colorist*, **24**(6), pp. 23-26, 1992.