

알칼리 펙티나제를 이용한 면직물의 효소정련

최은경* · 박종호 · ¹김성동

*한국생산기술연구원 에코섬유팀
건국대학교 공과대학 차세대혁신기술연구원 섬유공학과

Bioscouring of 100% Cotton Fabric with Alkaline Pectinase

Eun Kyung Choe*, Jong Ho Park and ¹Sung Dong Kim

*Textile Ecology Lab. KITECH, Chonan, 330-825, Korea
Department of Textile Engineering, NITRI, Konkuk University, Seoul, 143-701 Korea
(Received January 3, 2005/Accepted February 17, 2005)

Abstract— Study on the use of enzymes for textile wet processing has been very active. The exploratory research conducted herein is related to the bioscouring process for cotton fabric. The optimum concentration of alkaline pectinase(BioPrep) was in the range of 0.05~0.2 g/l, the proper treatment time was 30 ~ 60 minutes, the appropriate treatment temperature was 60 °C for both the batch method and the padding method. The simultaneous desizing/bioscouring by padding method did not give water absorbency as good as the bioscouring after desizing. Color of fabrics which were bioscoured and dyed with direct dyes and a reactive dye was just a little darker than that of NaOH scoured one. K/S and Lab values of the bioscoured fabrics, regardless of the degree of water absorbency, were quite similar to each other.

Keywords : alkaline pectinase, BioPrep, cotton fabric, bioscouring, wicking length, dyeing propertiesty

1. 서 론

면 섬유에는 셀룰로오스 이외에 펙틴, 단백질, 왁스 등의 여러 종류의 불순물이 존재한다. 펙틴은 수불용성인 polygalacturonic acid의 칼슘, 마그네슘, 혹은 철 염이며, 왁스는 고급 지방족 알코올, 지방산 및 지방 산에스테르로 구성되어 있어 소수성이 높아 물의 흡수를 저지한다. 이런 불순물들은 면 섬유에 균일하게 분포하는 것이 아니라, 면 섬유의 외곽에 위치하고 있는 1차 세포막에 집중되어 있다¹⁾. 면사나 면포를 우수하게 염색하기 위하여 면 섬유 중에 포함되어 있는 이러한 비 셀룰로오스 성분과 기계유와 윤활유와 같은 부가불순물을 제거해야 한다. 면 섬유의 일반적인 정련 방법은 수산화나트륨과 같은 강한 알칼리 용액을 사용하는 것이다. 이런 알칼리 정련법은 불순

물의 제거 효율이 아주 우수하지만 여러 단점을 가지고 있다. 면 섬유를 알칼리 용액 중에 끓일 때 면 섬유가 공기와 접촉하게 되면 산화되어 산화 섬유소를 생성하므로 섬유가 취화되어 강력이 저하되고 천의 무게도 감소한다. 또한, 정련폐수는 COD, BOD 및 염 함량이 높고, 알칼리 정련은 고온에서 수행되기 때문에 에너지의 소모가 많으며, 정련 후 여러 번 수세를 해야하므로 용수의 사용이 많은 것도 문제점으로 지적되고 있다.

효소정련이란 기존의 수산화나트륨 대신에 효소를 사용하여 행하는 정련을 말하며, 효소정련은 50 ~60 °C 정도의 온도에서 행하기 때문에 기존 정련법과 비교시 에너지와 용수의 절약이 가능하고, 폐수 중에 방출되는 오염물질의 양을 현격하게 감소시킬 수 있고, 재현성이 우수하며, 부드럽고 자연스런 태를 부여할 수 있다. 효소정련은 이와 같은 장점을 가지고 있기 때문에 지난 몇 년 동안 수많은 연구자들의 주목을 많이

¹Corresponding author. Tel. : +82-2-450-3511; Fax.: +82-2-457-8895 ; e-mail : ssdokim@konkuk.ac.kr

받아왔다^{2,3)}. 효소정련에 사용할 수 있는 효소들로서는 프로티아제(protease), 셀룰라제(cellulase), 펙티나제(pectinase), 리파제(lipase), 헤미셀룰라제(hemicellulase) 등을 들 수 있다. 이 중에서 면 섬유의 정련에 가장 효과가 우수한 것은 펙티나제로 밝혀졌다⁴⁾. 그 이유는 펙티나제가 면 섬유의 1차 세포막에 있는 생물학적 접착제인 펙틴을 절단시키면, 다른 소수성 불순물인 왁스는 온수 세정을 하는 동안 아주 쉽게 제거되기 때문이다. 그래서 펙티나제를 기본 효소로 사용하고, 펙티나제 단독 혹은 다른 효소와 병용하면서, 면 섬유를 효소정련하는 방법과 정련 효과에 관해 많이 연구되었다^{5,6)}.

1999년 Novo Nordisk사는 BioPrep 3000 L이라 불리는 새로운 알칼리성 펙티나제를 개발하였다.

BioPrep은 유전학적으로 변형된 *Bacillus* 미생물을 수중 배양시켜 얻은 펙티나제이다. BioPrep은 셀룰로오스를 손상시키지 않기 때문에 종래의 알칼리 정련과 비교시 강도유지율은 높으면서 더 부드러운 촉감을 부여할 수 있으며, 매우 적은 양의 효소를 사용하더라도 정련효과가 아주 우수하여 차후 염색 공정에 전혀 지장이 초래되지 않는다고 보고되고 있다. Novo Nordisk사는 BioPrep의 양 500~2000 ASPU/kg cotton, pH 8~9.5, 처리온도 50~65℃, 처리시간 10~120분 등과 같이 처리조건을 광범위하게 제시하고 있다^{7,8)}.

본 논문은 BioPrep을 적용하는 공정조건들을 변경하여 효소정련을 여러 가지 방법으로 수행하고, 그에 따른 정련효과와 염색성을 NaOH로 정련한 직물과 비교하였다.

2. 실험

2.1 시약 및 시료

효소정련제(Bioprep 3000 L, Novo Nordisk), 고온 아밀라제 효소호발제(Supersizer-N, 동아유화), 저온 아밀라제 효소호발제(Aquazyme, Novo Nordisk), 습윤제(DGA-W15, 동아유화), 탈지제(Scourol-HL, 동아유화), 정련제(Protesol, Protex) 등을 제궤 판매 회사로부터 공급받아 그대로 사용하였고, NaOH는 특급시약을 사용하였다.

시료로는 가호된 100% 면직물(40 Ne, 코마사, 평직)을 사용하였다

2.2 면직물의 효소정련

2.2.1 호발

고온 아밀라제 1g/l, 탈지제 0.25g/l, 습윤제 0.25g/l

로 호발액을 제조하고 액비 60:1로 하여, 95℃에서 20분간 처리함으로써 호제를 제거하였다.

2.2.2 배치식 효소정련

습윤제 1g/l와 BioPrep(농도 0.005, 0.01, 0.025, 0.05, 0.1, 0.2g/l)으로 효소정련액을 제조하고 액비 20:1로 하여, 세 온도(40, 50, 60℃)에서 60분 처리하였다. 효소정련액의 pH는 8.2로 조절하였다

2.2.3 패딩식 효소정련

습윤제 1g/l와 BioPrep(농도 0.025, 0.05, 0.1, 0.2g/l)으로 효소정련액을 제조하고 처리할 면직물을 10분 정도 충분히 침지시킨 다음 실험실용 패더로 워트 픽업을 95%로 조절한 후, 이를 열풍건조기에서 온도(40, 50, 60℃)와 처리시간(10, 20, 30, 60, 90, 120분)을 변경하여 처리하고 그 정련효과를 비교하였다.

2.2.4 배치식 동시 호발/효소정련

고온 및 저온 아밀라제(1, 2g/l), 탈지제(1, 2g/l), 습윤제(1, 2g/l), BioPrep(0.025, 0.05, 0.1, 0.2g/l)으로 처리액을 제조하고 액비 20:1로 하여, 온도(40, 50, 60℃)와 시간(10, 20, 30, 60, 120분)을 달리하여 처리하였다.

2.2.5 패딩식 동시 호발/효소정련

고온 혹은 저온 아밀라제 1g/l, 탈지제 1g/l, 습윤제 1g/l, Bioprep 0.2g/l를 용해하여 처리액을 제조하고 처리할 면직물을 10분 정도 충분히 침지시킨(처리액의 온도: 상온, 45℃) 다음 실험실용 패더로 워트 픽업을 95%로 조절하고, 이를 건조기에서 온도(50, 60℃)와 처리시간(30, 60, 120분)을 변경하여 처리하고 그 정련효과를 비교하였다.

2.2.6 NaOH 정련

NaOH(50%) 50g/l와 정련제 4g/l로 정련액을 제조하고 액비 10:1로 하여 95℃에서 45분간 처리하여 정련하고, 그 결과를 효소정련과 비교하였다.

2.3 흡수성의 측정

호발 혹은 정련된 시료의 흡수성을 비교하기 위해서, 원단 및 처리시료를 2.54 x 20.32 cm로 잘라 수직으로 고정시킨 후, 1% 직접염료 용액에 접촉시키고, 염액이 빠르게 흡수되는 시간인 30초 동안에 물 및 염료의 젖음 거리(wicking length)를 측정하여 정련정도(흡수성)를 나타내었다.

2.4 염색성의 측정

NaOH 정련한 직물을 기준으로 하고 여러 조건으로 효소 정련된 시료의 염색성을 비교하기 위하여

직접염료와 반응성염료로 다음과 같이 염색하였다.

2.4.1 직접염료 염색

삼원색 염료(Solophenyl Red 3BL, Solophenyl Blue 4GL, Solophenyl Yellow 4GL)를 2% o.w.f의 농도로 95℃에서 30분간 염색하였다. 염욕에 NaCl 20g/l를 첨가하고 액비는 50:1로 하였으며, 염색 후 scaping제 2g/l를 넣고, 85℃에서 20분간 세정하였다.

2.4.2 반응성염료 염색

C. I. Reactive Blue 221을 2% o.w.f로 염색하였다. 30℃에서 시료, 염료, Na_2SO_4 3g/l을 넣고 60℃까지 올린 후, Na_2CO_3 15g/l를 10분마다 두 번으로 나누어 투입하였고, 30분 염색 후 50℃로 냉각시킨 후 scaping제 2g/l를 넣고, 95℃에서 10분간 세정하였다.

2.4.3 염색물의 K/S값 측정

염색물의 농도와 관련된 K/S값과 색좌표는 Color-Eye 3100(Macbeth)을 사용하여 K/S 값은 분광 반사율을 측정하고 Kubelka-Munk 식을 이용하여 구했으며, 광원은 D65, 시야는 10°의 조건에서 5번 측정하고 그 평균값을 구하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 정련공정에 따른 효소정련의 효과

면직물을 95℃에서 20분간 고온 아밀라제를 이용하여 호제를 제거한 직물의 젖음거리는 0.4cm로 면섬유에 존재하는 왁스나 펙틴 등의 소수성물질의 영향으로 흡수성이 매우 낮다. 호발된 면직물을 0.05g/l Bioprep을 이용하여 55℃에서 45분 동안 여러 가지 공정을 적용하여 효소정련하고 측정된 젖음거리를 Fig. 1에 나타내었다. NaOH로 정련한 직물의 젖음거리는 3.9cm이었으며, 이를 기준으로 하여 효소정련 효과를 비교평가하였다. 효소정련 방법에 따라 정련된 직물의 흡수성은 다양하게 변화하였다. 호발 후 배치식과 패딩식 효소정련의 결과는 비교적 양호한 편이었고, 일욕에서 호발과 효소 정련을 동시에 수행하였을 경우 직물의 흡수성은 호발과 정련을 이욕에서 처리하는 공정보다 낮은 편이었다. 이러한 예비 실험 결과를 공업적으로 적용시키기 위하여 효소농도, 처리온도, 처리시간 등과 같은 공정인자를 변화시키면서 효소 정련효과를 측정하였다.

3.1.1 호발된 직물의 배치식 및 패딩식 효소정련 호발된 천을 40, 50, 60℃에서 0.005-0.2g/l로 알칼리

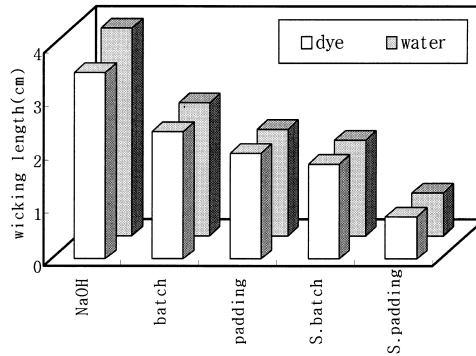


Fig. 1. Variation of wicking length of bioscoured cotton fabric with different method, Na OH; NaOH scouring, batch; bioscouring by batch method, padding; bioscouring by padding method, S. batch; simultaneous desizing/ bioscouring by batch method, S. padding ; simultaneous desizing/bioscouring by padding method.

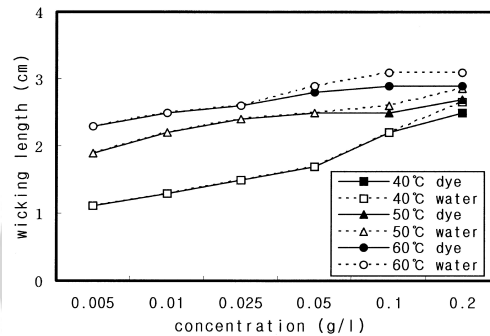


Fig. 2. Effect of temperature and concentration of BioPrep on bioscouring by batch method.

펙티나제의 농도를 변화시키면서 배치식으로 효소정련한 결과를 Fig. 2에 나타내었다. 먼저, 처리온도를 영향을 살펴보면, 60℃에서의 정련효과는 양호하였고 50℃에서의 흡수성은 60℃로 처리하는 것보다 약간 낮았으며 40℃ 처리는 정련효과가 좋지 않았다.

그리고 사용한 알칼리 펙티나제의 농도가 증가할수록 흡수성이 향상하는 경향도 확인할 수 있다. 처리온도가 높은 경우 효소농도에 따라 정련효과가 완만하게 증가하지만, 비교적 저온인 40℃로 처리시에는 효소농도가 증가함에 따라 정련효과도 많이 증가하여 2g/l의 농도에서는 50℃에서 처리한 경우에 접근하는 정련효과를 얻을 수 있었다.

정련의 정도를 wicking test로 측정되는 물 혹은 염

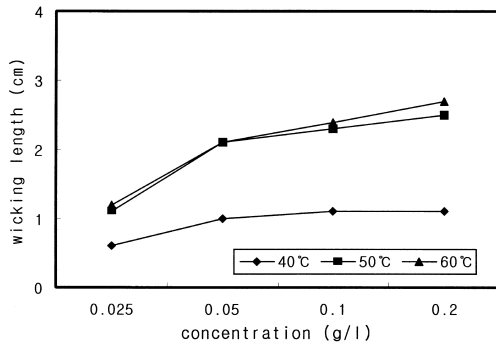


Fig. 3. Effect of temperature and concentration of BioPrep on bioscouring by padding method.

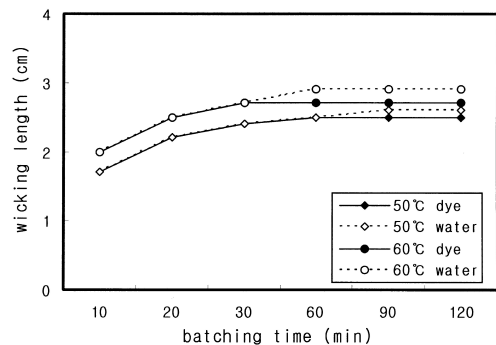


Fig. 4. Effect of temperature and batching time on bioscouring by padding method.

료의 젖음거리로 표현하는 것이 가장 용이하기 때문에 본 실험에서도 젖음거리를 물과 염료에 대하여 각각 측정하고 정련성을 나타내는 척도로 사용하였다. 일반적으로 나타나는 현상은 정련효과가 떨어지는 경우 물과 염료의 젖음거리는 거의 동일하지만, 정련이 잘 되어 젖음거리가 길어질수록 물과 염료의 젖음거리가 달라지는 것이었다. 이는 젖음거리가 길어질수록 직접염료는 섬유와의 친화력으로 인하여 물보다 침투하는 거리가 짧아지는 것으로 사려된다.

호발된 천을 패딩식으로 처리시 효소농도와 배치 온도의 영향을 Fig. 3에 나타내었는데, 정련효과는 전반적으로 배치식 효소정련보다 약간 저하하였다.

50°C와 60°C 처리는 정련효과가 매우 유사하였고 여름철 염색공장 내부의 온도와 근접한 40°C에서의 패딩식 효소 정련은 효소농도를 높여도 흡수성은 거의 증가하지 않았다. 또한 50°C 및 60°C 처리에 있어 어느 정도의 배치 시간이 필요한가를 알기 위해 효소의 농도를 0.1g/l로 고정하고 배치 시간을 10~120분 동안 변경시켜 처리하여 흡수성의 변화를 측정한 결과 (Fig. 4), 60분이 경과하면 주어진 조건에서의 효소

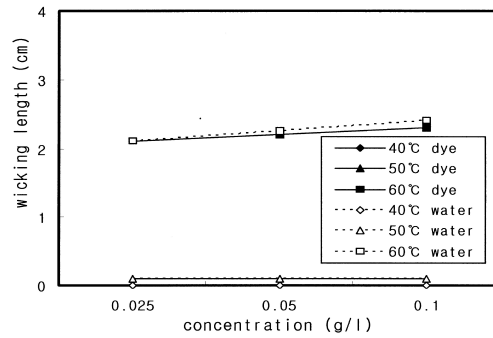


Fig. 5. Effect of temperature and concentration of BioPrep on simultaneous batch desizing/bioscouring (high temperature amylase was used).

정련이 거의 다 이루어지기 때문에 처리시간을 더 길게 하여도 정련효과는 증가되지 않았다.

3.1.2 동시 호발/효소정련

면직물의 전처리에 있어 공정단축을 위하여 생산 현장에서는 호발, 정련 및 표백을 일욕으로 처리하려는 경향이 높다. 다양한 조건으로 배치식 및 패딩식 일욕 처리를 수행하여 효소정련이 호발과 동욕 처리가 가능한지를 파악해 보았다.

배치식으로 동시 호발/효소정련한 결과를 Fig. 5에 나타내었다. 일욕으로 처리시 60°C에서만 정련효과가 나타났다. 그 원인은 사용한 효소호발제의 적정 온도가 95°C이기 때문에 40°C와 50°C의 온도에서는 호제의 제거가 효과적으로 이루어지지 않기 때문으로 판단된다. 효소호발제는 고온용과 저온용으로 구분된다. 알칼리 펙티나제의 적정 사용온도는 50~60°C이므로 저온용이 더 적합할 것으로 예상된다. 그래서, 저온 효소호발제를 사용하여 일욕처리를 하였다.

Fig. 6에서 볼 수 있듯이 60°C 처리는 고온 효소호발제를 사용하는 것보다 정련효과가 증가하여 NaOH 정련의 70% 정도의 흡수성을 얻을 수가 있었고, 50°C에서도 직물의 흡수성이 상당히 높아졌다. 이로부터 호제의 제거가 정련에 큰 영향을 미치는 것을 다시 한번 확인할 수 있었다.

저온 효소호발제와 Bioprep을 사용하여 패딩식으로 처리하고 측정한 염료의 젖음거리를 Fig. 7에 나타내었다. 상온에서 패딩하는 경우의 정련효과는 낮은 편이었고, 패딩액의 온도를 45°C로 하고 60°C에서 처리한 경우의 정련효과는 조금 향상되었지만 배치식에 비하여 정련효과는 조금 나쁜 편이었다. 패딩법으로 동시 호발/효소정련함에 있어 패딩액의 온도가 정

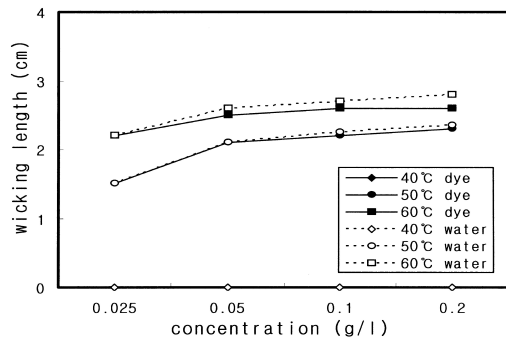


Fig. 6. Variation of wicking length of scoured cotton fabric in simultaneous batch desizing/bioscouring (low temperature amylase was used).

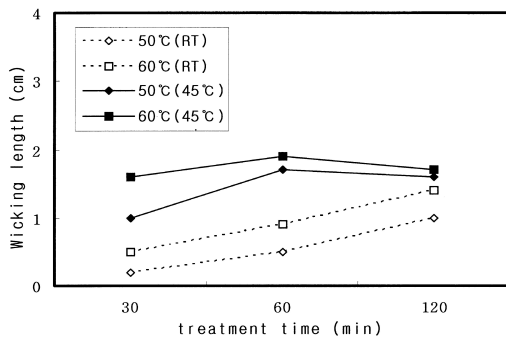


Fig. 7. Variation of wicking length of scoured cotton fabric as a function of temperature and treatment time in simultaneous padding desizing/bioscouring.

련효과에 영향을 미치는 이유는 직물을 패딩액에 침지하는 동안 효소정련이 어느 정도 이루어지기 때문으로 판단된다.

3.2 효소 정련 정도에 따른 염색성의 변화

3.2.1 직접염료에 대한 염색성

직접염료는 면섬유와 친화력이 큰 분자구조를 갖는 염료로서 면섬유의 구조 변화에 따른 염색성을 비교하는 데 자주 사용된다. 서로 다른 방법으로 정련한 직물들을 삼원색 직접염료로 염색하고 측정된 K/S값들을 Table 1에 나타내었다. NaOH 정련한 직물의 K/S값과 비교하면, 효소정련 효과가 비교적 우수한 호발 후 배치식 및 패딩식 효소 정련, 배치식 동시 호발/효소정련한 시료의 염착량은 NaOH 정련시와 유사하였고 정련효과가 좋지 못한 패딩식 동시 호발/효소정련한 시료의 염착량이 낮은 것을 확인할 수 있다.

앞서 설명한 것처럼 효소정련시의 공정인자에 따라 면섬유의 흡수성이 변화하므로 실제로 효소정련시 염색성에 나쁜 영향을 주지 않는 정련정도를 결정하기 위하여 정련된 직물의 흡수성과 염색성간의 관련성을 파악하는 것이 필요하다. Bioprep의 농도를 적절하게 조절하여 배치식 효소 정련 방법으로 물의 젖음거리가 약 1.7, 2.1, 2.5, 2.9cm인 시료 4개를 만들고, 이들을 적색 직접염료로 염색하고 NaOH 정련된 시료와 비교하였다. 적색 직접염료로 염색한 시료를 육안으로 관찰하면, NaOH 정련한 시료는 색상의 명도가 약간 밝은 느낌을 주었고, 효소 정련한 시료들은 상대적으로 조금 어두웠지만 색상농도는 유사하였다. 이를 정량적으로 표현하기 위하여 측색기로 측정된 K/S값, 색좌표 및 색차를 Table 2에 나타내었다.

NaOH 정련한 시료와 비교할 때, 효소정련한 시료들의 K/S값은 0.3~0.6 높았고, 명도와 관련이 있는 L값은 1.1~1.7 정도 낮았으며, ΔE 값은 1.4~2의 범위에 있었다. 이러한 데이터를 근거로 하여 효소정련한 시료의 염착량은 약간 많고, 색의 명도는 조금 낮으며, 색차는 거의 인식하기 어렵다고 해석할 수 있다. 효소정련된 시료의 젖음거리가 길어질수록 정련이 잘 되었기 때문에 염착량(K/S값)의 증가를 예상하였으나,

Table 1. K/S values of cotton fabrics scoured and dyed with direct dyes

Fabric	K/S		
	Red	Yell	Blue
NaOH scoured	11.3	10.8	12.3
Batch bioscoured	12.1	11.4	13.3
Padding bioscoured	10.9	10.8	11.8
Simultaneous batch desizing/bioscouring	11.9	11.7	12.5
Simultaneous padding desizing/bioscouring	7.6	8.4	9.3

Table 2. K/S and Lab values of cotton fabrics bioscoured and dyed with red direct dye

Sample	K/S	L	a	b	ΔE
NaOH scoured	11.5	42.9	55.0	16.4	-
Bioscoured(1.7cm)	11.8	41.2	54.5	17.3	2.0
Bioscoured(2.1cm)	12.0	41.4	54.3	17.0	1.7
Bioscoured(2.5cm)	12.1	41.5	54.1	16.7	1.7
Bioscoured(2.9cm)	12.0	41.8	54.1	16.4	1.4

Table 3. K/S and Lab values of cotton fabrics bioscoured and dyed with C. I. Reactive Blue 221

Sample	K/S	L	a	b	ΔE
NaOH scoured	7.20	40.9	-2.2	-28.3	-
Bioscoured(1.7cm)	7.19	40.4	-3.0	-26.2	2.3
Bioscoured(2.1cm)	7.23	40.2	-3.1	-25.9	2.6
Bioscoured(2.5cm)	7.32	40.1	-3.0	-26.0	2.6
Bioscoured(2.9cm)	7.63	40.0	-3.0	-26.0	2.7

젖음거리가 다르게 효소정련하고 염색한 시료들의 K/S값들은 유사하게 나타나, 젖음거리와 염착량간의 상관 관계를 찾아 볼 수 없었다. 청색이나 황색 직접염료로 염색한 경우에도 경향은 비슷하였다.

3.2.2 반응성염료에 대한 염색성

반응성염료는 직접염료보다 색상이 밝고 세탁견뢰도가 우수하기 때문에 면섬유의 염색시 주로 사용하고 있다. 배치식으로 젖음거리가 다르게 효소 정련한 시료들을 반응성염료인 C. I. Reactive Blue 221을 사용하여 염색하고 측정한 결과들을 Table 3에 나타내었다. NaOH 정련한 시료와 비교할 때 효소정련한 시료들의 K/S값은 매우 유사하였고, L값은 0.5~0.9 정도 낮았으며, ΔE값은 2.3~2.7의 범위에 있었고 전반적으로 직접염료로 염색한 경우와 비슷한 경향을 나타내었다. 본 염색실험 결과만을 근거로 분석하면, 젖음거리가 1.7~2.9cm의 범위로 효소정련을 하면 염착량은 크게 영향을 받지 않으며, NaOH 정련된 직물과 비교시 명도는 약간 낮게 색차는 2 정도가 되게 염색할 수가 있다고 판단된다. 이러한 실험결과로부터 면직물의 정련 정도와 염색성간의 상관관계가 명확하게 정의되지 않으므로, 이를 보충하기 위한 추가 실험이 뒤따라야 할 것이다.

4. 결 론

여러 가지 공정인자를 변경하여 효소정련을 수행

하고 기존의 NaOH 정련과 비교하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 호발 후 배치식 및 패딩식 효소정련에 있어 효소농도는 0.05~0.2 g/l의 저농도에서도 정련효과가 비교적 우수하였고, 처리시간은 30~60분, 처리온도는 60℃가 최적이었으며, 동시 호발/효소정련을 배치식으로 수행하면 정련효과가 양호하나 패딩식 동시 호발/정련의 결과는 그다지 우수하지 않았다.
2. 젖음거리가 1.7~2.9cm의 범위로 효소정련을 한 시료들을 직접염료와 반응성염료로 염색하면 젖음거리에 따라 염색성은 크게 변화하지 않았고, NaOH 정련된 직물과 비교시 명도는 약간 낮게 색차는 2 정도가 되게 염색할 수가 있었다.

참고문헌

1. E. K. Choe, H. P. Hong, S. D. Kim, *Biotechnology in Textile Industry, Fiber Technology and Industry*, **5**, 155-170(2001).
2. M. Y. Yoon, H. McDonald, K. Chu, and C. Garratt, *Protease, a new tool for denim washing*, *TCC & ADR*, **32**, 25-29(2000).
3. E. J. Blanchard, E. E. Graves, and S. L. Batiste, *Enzymatic hydrolysis of modified cotton*, *TCC & ADR*, **32**, 37-41(2000).
4. J. Buchert, J. Pere, A. Puolakka, and P. Nousiainen, *Scouring of cotton with pectinases, proteases, and lipases*, *TCC & ADR*, **32**, 48-52(2000).
5. M. C. Thiry, *Enzymes in the toolbox*, *AATCC REVIEW*, **1**, 14-18(2001).
6. D. K. Durben, J. N. Eiters, A. K. Sarkar, L. A. Henderson, and J. E. Hill, *Advances in commercial biopreparation of cotton with alkaline pectinase*, *AATCC REVIEW*, **1**, 28-31(2001).
7. Novo Nordisk, *Product Sheet B1194a-GB*, pp. 1-3(1999).
8. J. N. Etter, A. K. Sarkar, L. A. Henderson, and J. Liu, *Biopreparation of cotton with alkaline pectinase*, *AATCC REVIEW*, **1**, 22-27(2001).