

면사의 효소가공 및 실켓 가공

배영환 · 이지완 · 손영아 · 김주혜¹ · 권미연¹ · 김의화² · 이승구[†]

BK21 FTIT, 충남대학교 공과대학 유기소재섬유시스템 전공

¹한국생산기술연구원, ²한국니트산업연구원

Bio-polishing and Silket Treatment of Cotton Yarns

Younghwan Bae, Ji Wan Lee, Young A Son, Juhae Kim¹,
Mi Yeon Kwon¹, Eui Hwa Kim² and Seung Goo Lee[†]

BK21 FTIT, Dept. of Advanced Organic Materials & Textile System, Chungnam National Univ., Daejeon, S. Korea

¹Korea Institute of Industrial Technology, Cheonan, 330-825, Korea

²Korea Institute of Knit Industry, Iksan, Chonbuk, 570-330, Korea

(Received: March 17, 2008/Revised: April 29, 2008/Accepted: August 18, 2008)

Abstract— The cotton yarn was subjected to bio-polishing treatment with three commercial enzymes(Cellusoft L, Denimax-991L and Denimax-acid) to remove the fuzz on the cotton yarn. Also, enzyme treated cotton yarns were compared with singeing cotton yarns. Experimental variables of enzyme treated cotton yarn were as follow: concentration of enzyme solution and NaOH, dipping time, and processing temperature. The enzymatic treatments were evaluated by analyzing the effect on yarn count, twist contraction, evenness and tenacity. As the results, enzymatic treatment on cotton yarn induced same effects as the traditional singeing treatment. Also, silket treatment of cotton yarn after bio-polishing enhanced the tensile properties of the cotton yarn.

Keywords: cotton yarn, enzyme, bio-polishing, silket treatment

1. 서 론

면섬유의 잔털을 제거하여 표면을 매끄럽게 하기 위한 방법으로 보통 불꽃으로 잔털을 태워버리는 모소공정을 이용한다. 하지만 이런 불꽃을 이용한 모소공정은 섬유의 물성을 저하시킬 수 있을 뿐만 아니라 섬유에 얼룩을 가져올 수 있고, 환경친화적이지 않은 공정이 된다. 따라서 이런 단점을 극복하고자 효소를 이용한 잔털 제거 방법에 대한 연구가 많이 이루어져 왔다. 섬유 공정에서 효소를 이용한 것은 19세기 중반에 일부에서 섬유를 염색하기 전에 녹말 호제를 제거하기 위해 맥아추출물(malt extract)을 사용하면서 시작되었다. 이후 셀룰라아제, 리파아제, 프로테아제 등과 같은 다양한 효소를 이용하여 면섬유의 불순물을 제거하고자 하는 연구들이 많이 이루어졌고 이외에도 효소를 이용한 표백

이나 셀룰라아제를 이용한 면직물의 잔털 제거에 관한 연구들이 보고되었다^{1,2)}. 특히 다양한 효소 중에서 셀룰라아제는 직물의 표면에 있는 잔털을 제거하여 표면을 매끄럽게 하고 색상을 선명하게 할 뿐만 아니라 보푸라기 형성을 억제하여 필링 방지 효과를 나타내는데, 이 잔털 제거공정을 bio-polishing 이라 한다.

이렇게 효소가 섬유산업에 적극적으로 이용되고 있는 것은 여러 가지 면에서 장점을 가지고 있기 때문이라고 할 수 있다. 그 첫째는 효소가 자연산물이기 때문에 생분해되며, 중성에 가까운 pH에서 반응하므로 화학약품과는 달리 그 처리액이 환경문제를 유발하지 않는다는 것이다. 둘째로 효소는 기질특이성을 가지고 있어서 매우 선택적으로 반응하므로 부 반응으로 인한 섬유 손상이 적다. 셋째, 효소는 촉매물질로 반응에 첨가하기 때문에 소량으로도 그

[†]Corresponding author. Tel.: +82-42-821-6616; Fax.: +82-42-823-3736; e-mail: lsgoo@cnu.ac.kr

효과를 볼 수 있으며 화학반응보다 낮은 온도에서 반응하므로 에너지 절약에도 기여할 수 있는 등의 장점을 가지고 있다³⁾. 그러나 이렇게 면섬유에 셀룰라제계 효소를 적용하게 되면 면섬유가 분해되어 면직물의 인장 강도 및 인열 강도가 급격히 저하되는 문제점이 발생한다. 특히, 감량률이 10% 이상인 경우는 실용 시 치명적이라고 할 수 있을 정도로 강력이 저하된다. 따라서 원하는 효과를 얻으면서도 강도를 크게 저하시키지 않는 방법이 필요하다고 할 수 있다²⁾. 일반적으로 효소 분해 시 면섬유의 인장강도가 감소하는 것은 셀룰로스의 분자쇄의 절단에 기인한다.

실켓 가공은 면사 또는 면직물 가공법의 일종으로 진한 수산화나트륨 용액에 침지해서 면섬유를 팽윤 수축시켜 면사 또는 면직물에 실크와 같은 광택을 부여하고 염색성 및 인장강도 등을 향상시키는 가공 방법이다. 이런 실켓 가공을 통한 면섬유의 여러 가지 성질변화나 향상은 면섬유의 결정화도나 배향도의 향상에서 기인되며 실켓 가공에 의해서 섬유의 길이 방향의 균제도의 향상에서도 기인된다. 다시 말해서 섬유의 구조적 결함을 감소시키고 약한 결함을 절단하여 분자쇄의 재배열을 촉진시킴으로써 물리적 성질을 개선하는 것이다⁴⁾.

따라서 본 연구에서는 일반적인 면섬유 모소 공정에 의한 단점을 개선하기 위하여 *Trichoderma reesei*계 상업용 셀룰라아제 효소 3종류⁵⁻⁸⁾ 이용하여 균일성을 향상시키고 오염 없이 면섬유의 잔털을 제거하고자 하였다. 또한 효소가공 및 모소가공 후 섬유의 강도 저하를 개선하기 위하여 실켓 가공을 실시하여 그 효과에 대하여 고찰하고자 하였다.

2. 실험

2.1 실험재료

시료는 일반 면섬유((Ne 30', 한백섬유)를 사용하였고, 비교 대상으로 같은 면섬유를 불꽃 위에서 고속 처리하여 잔털을 제거한 모소 면섬유를 사용하였다. 효소 전처리 가공을 위해 *Trichoderma reesei*계 효소인 Cellusoft-L, Denimax-991L, Denimax-acid (Novozymes)의 3가지 효소를 사용하였다. 앞의 세 가지 효소들은 모두 면의 bio-polishing을 위해 상업적으로 제조된 셀룰라아제 효소들이다. 또한 효소가공 시 pH 조절을 위해 citric acid (Aldrich Chemical Co.)와 sodium phosphate(Fluka Co.)를 사용하였고 실켓가공을 하기 위해 sodium hydroxide (Duksan Chemical Co.)를 사용하였다.

2.2 효소 처리

Citric acid와 sodium phosphate를 이용하여 pH 5.5의 수용액을 제조한 후 그 수용액에 욱비 1:10로 하여 각각의 효소를 1~5% o.w.f.의 농도로 달리하여 희석한 용액에 면사를 60분간 침지시켰다. 또한 침지 시 적절한 가공조건을 구하기 위해 온도(20, 40, 60, 80℃)와 처리시간을 달리하여 실험하였고 효소 처리 후 효소의 활성을 억제하기 위해 10분간 85℃에서 열수처리를 하였으며 상온의 물로 5분씩 2회 수세한 뒤에 60℃에서 30분간 건조시켰다.

2.3 실켓 가공

효소를 이용하여 전처리한 면사의 실켓 가공 시 변수로는 농도, 온도, 그리고 처리시간으로 하였다. 실켓가공시의 NaOH 수용액의 농도는 20wt%, 30wt%, 40wt%, 50wt%로 하여 증류수에 희석하여 NaOH 용액을 제조하였으며, 처리 온도는 10℃, 20℃, 40℃, 60℃로 하였고 긴장 하에서 1시간 동안 처리하였다. 처리 시료는 수세 후 60℃로 오븐에서 30분간 건조시켰다.

2.4 분석 방법

2.4.1 SEM 분석 및 물성 분석

효소 전처리한 실켓가공사의 표면 구조는 주사전자현미경(SEM)을 통해 분석하였으며, 면사의 번수를 알기 위해 KS K 0414 시험법에 따라 가공된 면사의 섬도를 측정하였고 꼬임수 및 연속률의 측정은 KS K 0418 시험법을 사용하여 섬유의 물성의 변화를 알아보았다. 또한 효소가공 후의 면사의 감량률을 측정하여 효소처리에 따른 섬유의 무게 변화를 측정하였다.

2.4.2 감량률 측정

효소처리 전후의 면사의 건조무게를 측정하여 다음 식 (1)에 의해 감량률(weight loss)을 계산하였다.

$$\text{감량률(\%)} = \frac{W_0 - W}{W_0} \times 100 \text{ ----- (1)}$$

W₀: 효소처리 전의 무게, W: 효소처리 후의 무게

2.4.3 인장강도 측정

효소 및 실켓 가공 후 면사의 인장강도 변화를 측정하기 위해 KS K 0409 시험법에 따라 인장시험기 (Instron 4467)를 이용하여 효소 전처리후의 인장강도와 실켓 가공 후의 인장강도를 비교하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 표면 분석

효소 전처리된 면섬유의 표면구조를 Fig. 1에 나타내었다. Cellusoft-L, Denimax-991L 및 Denimax-acid로 각각 처리하여 효소의 종류에 따른 시료의 표면구조의 변화를 관찰하였으며 효소 처리 시 효소의 농도 및 온도를 변화하였을 때의 영향을 알아 보았다. 3가지 효소 중 Cellusoft-L의 경우 섬유 표면이 가장 많이 분해된 모습을 볼 수 있었고 이것으로 효소 가공을 통해 섬유가 감량되었음을 확인할 수 있었다. 보통의 면섬유의 경우 원형의 단면을 이루는데 반해 효소가공사의 경우 감량으로 인하여 섬유가 많이 수축된 모습을 볼 수 있었고 이러한 결과는 효소 전처리시 섬유 내부의 분자쇄 절단으로 인한 것으로 추측된다. Fig. 2는 효소 전처리한 면섬유를 다양한 조건에서 실켓 가공한 후 면사의 표면을 나타낸 것이다. 그림에서 효소 전처리 후 섬유의 표면은 감량으로 인해 수축된 모습과는 달리 실켓 가공 후의 섬유는 팽윤되었으며 섬유의 꼬임이 풀려 섬유의 표면이 매끄러운 형상을 띄고 있는 것을 볼 수 있었다. 하지만 처리 농도, 시간, 온도에 따른 섬유의 모폴로지 변화는 크게 나타나지 않았다.

3.2 효소 전처리와 실켓 가공에 의한 연속률 변화

효소 가공 시 효소의 농도에 따른 면섬유의 연속률 및 변수의 변화를 Fig. 3에 나타내었다. Cellusoft-L 효소의 농도를 1~5 %o.w.f.로 달리하여 60분간 처리한 면섬유의 연속률을 비교하였는데 미처리 섬유의 연속률은 1.626%인 반면에 효소 처리한 시료의 연속률은 농도에 따라 각각 1.331, 1.226, 1.214, 1.213, 1.211%로 감소하였다. 따라서 효소를 처리함으로써 꼬임이 풀림을 알 수 있었다. 또한 효소 처리 농도가 증가할수록 변수도 증가하는 것을 볼 수 있었는데 이것으로 효소 처리에 의해 면사가 세섬화되는 것을 알 수 있었고 처리 농도 3% 이상에서는 그 차이가 나타나지 않았다. 효소 가공시 처리 온도의 변화에 따른 섬유의 연속률과 변수 변화는 Fig. 4에 나타내었다. 역시 처리 온도를 증가시킬수록 면섬유의 연속률은 감소함을 볼 수 있었고 변수는 증가하였다. 효소로 전처리한 면섬유를 NaOH 농도에 따라 처리한 면사와 모소 공정을 거친 실켓 면사의 연속률과 변수를 Fig. 5~6에 나타내었다.

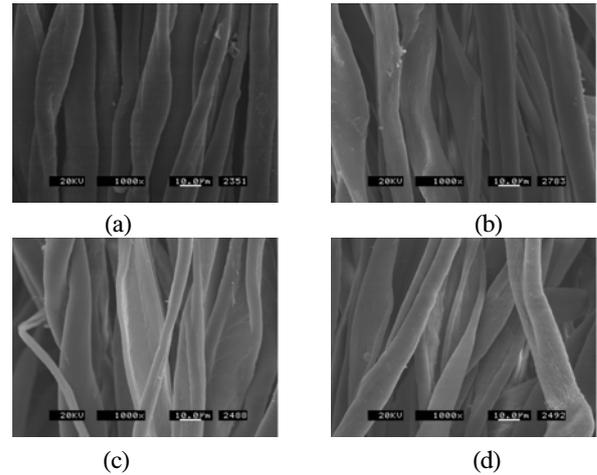


Fig.1. SEM morphology of the enzyme treated cotton yarns for 60 min at 50°C; (a) untreated, (b) Cellusoft-L(3wt%), (c) Denimax-991L(3wt%), (d) Denimax-acid(3wt%). Magnification 1000×.

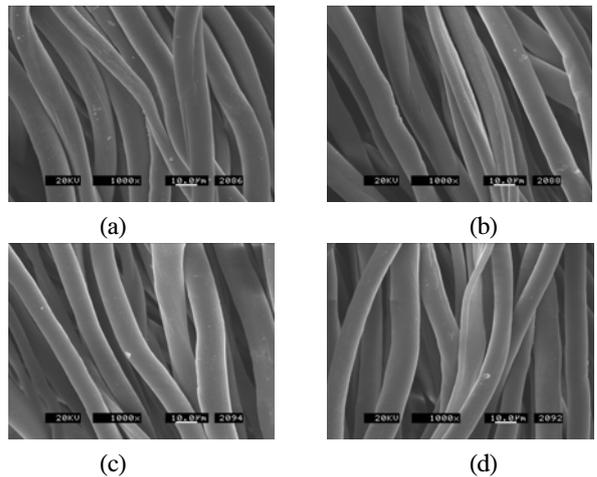


Fig. 2. SEM morphology of cotton yarns treated with NaOH after Cellusoft-L treatment(3wt%, 50°C, 60min); (a) NaOH 20wt%(30min, 20°C), (b) NaOH 50wt%(30min, 20°C), (c) NaOH 20wt%(60min, 20°C) (d) NaOH 20wt%(30min, 40°C). Magnification 1000×.

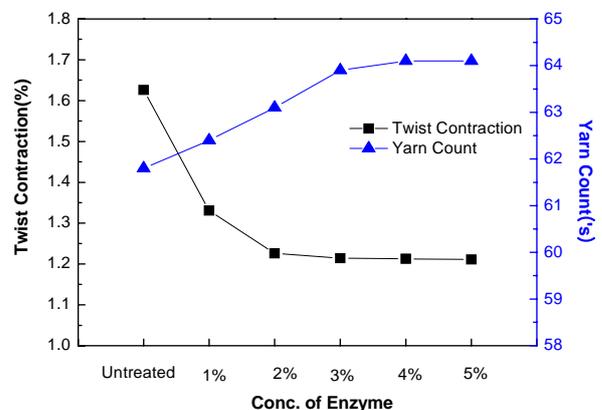


Fig. 3. Twist contraction and yarn counts of cotton yarns treated with Cellusoft-L for 60min at 50°C.

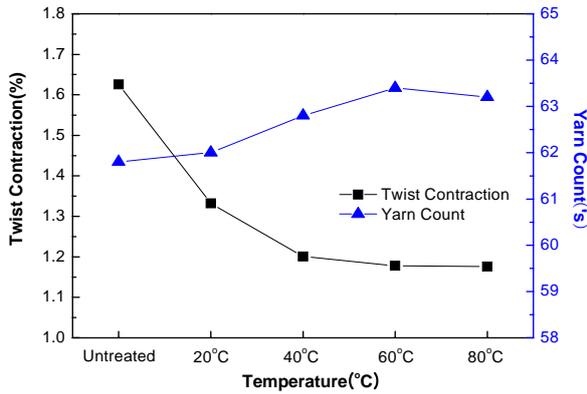


Fig. 4. Twist contraction and yarn counts of cotton yarns treated with NaOH in different temperature after enzyme treatment(Cellusoft L 3%, 60min, 50°C).

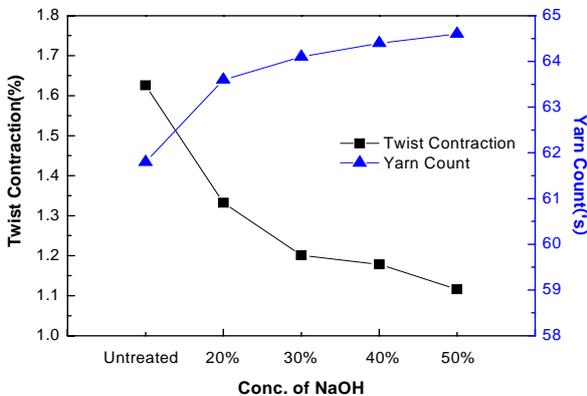


Fig. 5. Twist contraction and yarn counts of cotton yarns treated with NaOH at 60°C after enzyme treatment(Cellusoft L 3%, 60min, 50°C).

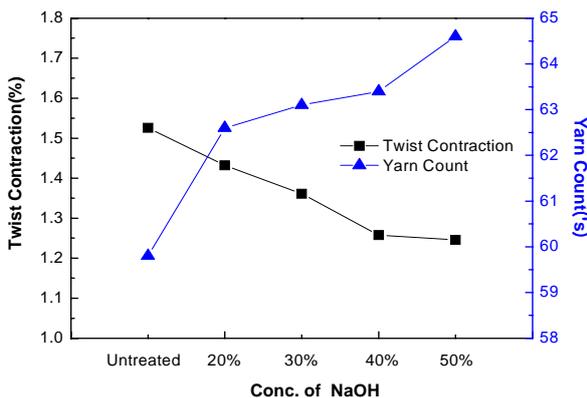


Fig. 6. Twist contraction and yarn counts of singeing cotton yarns treated with NaOH at 60°C.

그림에 나타나 있듯이 두 처리 공정 모두 비슷한 연축률과 번수를 보였으며 NaOH 농도가 증가할수록 연축률은 감소하였고 번수는 증가하였다.

3.3 효소처리 및 실켓 가공에 의한 감량률과 불균제도

Table 1은 효소의 종류에 따른 면섬유의 감량률의 변화를 나타낸 것이다. 효소 종류에 따른 섬유의 감량 정도를 측정하기 위해 각각의 효소의 농도를 3% o.w.f.로 고정하여 실험을 하였다. 세 가지 효소 중에서 동일한 농도에서 Cellusoft-L 효소로 처리한 면사는 11.43%의 가장 큰 감량률을 나타내었으며 Denimax-991L와 Denimax-acid의 경우는 각각 7.65%와 6.70% 정도 감량되었다. 효소의 농도에 따른 감량정도를 알아보기 위해 Cellusoft-L을 이용하여 1~5% o.w.f. 농도에서 처리한 면사의 감량률을 살펴 보았다(Table 2). 효소의 농도에 따른 무게변화를 측정하였을 경우 1~3% o.w.f.에서는 무게 감량률이 큰 폭으로 증가한 반면에 3% o.w.f. 이상일 경우 그 증가 정도가 거의 없음을 알 수 있었다. 따라서 앞서 말한 것처럼 무게 감소율이 10% 이상이 되면 면사의 강도가 크게 떨어지므로 Cellusoft-L를 사용할 경우 3% 미만의 농도에서 처리해야 적절한 가공 효과를 볼 수 있다고 판단된다. Table 3에는 효소 처리한 면사의 실켓 가공 시 NaOH의 농도와 처리 온도에 따른 무게 감소율을 나타내었다. 표에 나타나 있듯이 NaOH의 농도와 처리 온도에 따라 면사의 감량률이 영향을 받음을 알 수 있었다. 또한 면사에 효소처리와 실켓 가공을 한 이후에 불균제도를 측정하여 Table 4에 나타내었다. 표에 나타나 있듯이 효소 처리를 함에 따라서 면사의 불균제도는 증가하였지만 효소 전처리한 면사를 다시 실켓 가공함으로써 불균제도를 낮출 수 있음을 알 수 있었다.

3.4 가공 면사의 인장강도 변화

Fig. 7은 각각의 효소로 면사를 처리한 후 강도를 측정할 것이다. 효소로 처리한 시료의 강도는 미처리 시료의 강도와 비교하였을 때 약간 감소된 것을

Table 1. Weight reduction of cotton yarns by enzymatic treatments(60min, 50°C)

	Before treatment(g)	After treatment(g)	Weight reduction (%)
Cellusoft-L (3%)	9.27	8.21	11.43
Denimax-991L (3%)	9.14	8.44	7.65
Denimax-acid (3%)	9.26	8.64	6.70

Table 2. The effect of enzyme(60min, 50°C) concentration on weight reduction of cotton yarns

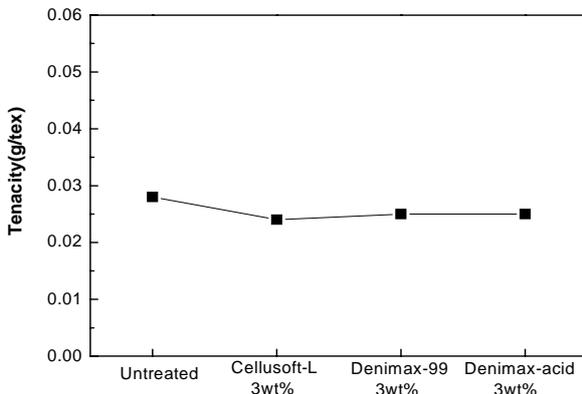
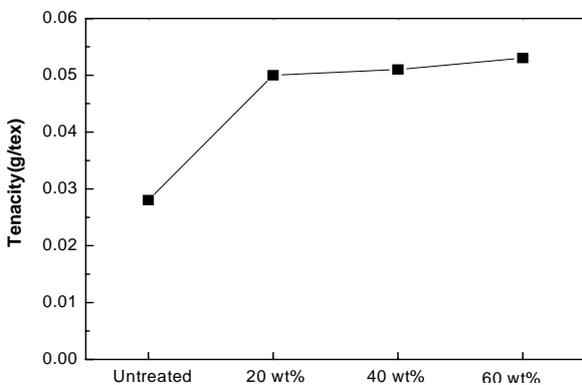
	Before treatment(g)	After treatment(g)	Weight reduction (%)
Cellusoft-L (1%)	9.21	8.76	4.8
Cellusoft-L (2%)	9.11	8.43	7.46
Cellusoft-L (3%)	9.27	8.21	11.43
Cellusoft-L (4%)	8.20	7.33	10.85
Cellusoft-L (5%)	8.23	7.35	10.69

Table 3. Weight reduction of the bio-polished cotton yarn(Cellusoft-L 3%, 60min, 50°C) by silknet treatments

	Before treatment(g)	After treatment(g)	Weight reduction (%)
NaOH(20wt%, 20°C)	9.32	8.88	5.25
NaOH(20wt%, 60°C)	9.45	8.86	6.24
NaOH(20wt%, 80°C)	9.41	8.51	9.56
NaOH(60wt%, 60°C)	9.60	8.53	10.10

Table 4. Unevenness of enzyme(60min, 50°C) and silknet(60min, 60°C) treated cotton yarns

	Unevenness %	CV(%)
Untreated cotton yarn	7.60	9.58
Enzyme treated yarn(Cellusoft-L)	8.09	9.21
Enzyme + Silknet yarn (NaOH 20wt%)	7.75	9.81
Enzyme + Silknet yarn (NaOH 50wt%)	7.97	10.06

**Fig. 7.** Tenacity of cotton yarns treated with different enzymes for 60min at 50°C.**Fig. 8.** The effect of NaOH concentration on tenacity of silknet cotton yarns after enzymatic treatment (silknet treatment : 60min, 60°C; enzymatic treatment : 60min, 50°C).

볼 수 있었다. 각각의 효소로 처리 한 시료 중 Cellusoft-L 효소로 처리한 시료의 강도가 가장 낮은 수치를 나타냈다. 따라서 강력이 저하된 시료의 물성을 향상시키기 위해 효소 전처리한 시료를 실켓 가공 처리한 후 인장시험을 하여 강도를 측정하였다(Fig. 8). 그림에서 보면 미처리 시료에 비해 실켓 처리한 시료의 강도가 많이 향상하였음을 볼 수 있었고 NaOH의 농도를 증가시킬수록 강도 역시 증가하였다.

4. 결 론

Cellusoft-L, Denimax-991L, Denimax-acid의 3가지 효소를 사용하여 면사를 전처리하였고 이를 다시 실켓 가공하여 섬유의 물성 및 기능성을 향상시킬 수 있었다. 효소 전처리시 효소의 농도, 온도 그리고 처리 시간을 달리하여 공정변수에 따른 섬유의 특성변화를 알 수 있었다. 가공 처리한 면사는 SEM를 통해 표면구조와 머서화 효과를 관찰할 수 있었으며 연축률과 변수 인장강도 등을 측정하여 면사의 물성변화를 확인할 수 있었다. 또한 이러한 결과를 이용하여 면섬유에 적합한 효소의 농도와 NaOH용액의 농도와 처리시간 그리고 처리온도를 알 수 있었다. 이와 같은 결과를 통해 다음의 결론을 내릴 수 있었다.

1. 효소 전처리 후 실켓가공 한 섬유의 표면분석을 통해 섬유의 표면의 팽윤되어 둥그랗고 꼬임이 풀려 매끄러운 모습을 띄어 섬유의 감량과 함께 잔털이 제거된 효과를 볼 수 있었다.
2. 효소 전처리 가공 중 Cellusoft-L의 경우 가장 큰 감량 효과를 볼 수 있었으며 효소의 농도가 3% o.w.f. 이상일 때 그 효과는 없었고 3% o.w.f. 이하의 농도에서 처리 시 가장 적절한 가공 효과를 보였다.
3. 효소 전처리시 온도 변화에 따른 면섬유의 감량률은 60°C에서 가장 크게 나타났으며 그 이상의 경우 효소 전처리 효과가 떨어짐을 볼 수 있었다.
4. 효소 전처리한 면사의 번수를 측정하여 효소 가공으로 인하여 섬유가 세섬화 됨을 확인할 수 있었고 그 효과는 본 연구에서 사용한 효소 중 Cellusoft-L이 가장 컸다.
5. 실켓 처리된 면사는 용액의 농도와 처리시간, 처리온도가 증가할수록 연축률은 감소하였고 번수는 증가하였다. 또한 효소 처리에 따른 면사의 균제도 감소를 실켓 처리함으로써 균제도를 향상시킬 수 있었다.
6. 효소 전처리한 섬유의 인장강도는 약간 저하되었으나, 면사를 실켓 가공함으로써 강도를 향상시킬 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부의 지역혁신 인력양성사업의 연구결과로 수행되었음.

참고문헌

1. A. S. Aly, A. B. Moustafa, and A. Hebeish, Biotechnological treatment of cellulosic textiles, *J. Cleaner Production*, **12**(7), 697-705(2004).
2. E. G. Choe and J. H. Kim, Pretreatment and finishing technology of textile using enzymes, *Fiber Technology & Industry*, **7**(3), 292-302(2003).
3. E. K. Choe, H. P. Hong, and S. D. Kim, Biotechnology in textile industry, *Fiber Technology & Industry*, **5**(3), 155-170(2001).
4. T. J. Kang, Stretch Mercerization of cotton fibers in roving form, *J. Korean Fiber Soc.*, **24**(3), 43-49(1987).
5. E. Csiszár, K. Urbánszki, and G. Szakács, Biotreatment of desized cotton fabric by commercial cellulase and xylanase enzymes, *J. Molecular Catalysis*, **11**(4/6), 1065-1072(2001).
6. J. Pere, A. Puolakka, P. Nousiainen, and J. Buchert, Action of purified trichoderma reesei cellulases on cotton fibers and yarn, *J. Biotechnology*, **89**(2), 247-255(2001).
7. K. Reczey, Zs. Szengyel, R. Eklund, and G. Zacchi, Cellulase production by t. reesei, *Bioresource Technology*, **57**(1), 25-30(1996).
8. M. D. Busto, N. Ortega, and M. Perez-Mateos, Location, kinetics and stability of cellulases induced in trichoderma reesei cultures, *Bioresource Technology*, **57**(2), 187-192(1996).