

## 중성 셀룰라제 처리에 의한 데님의 물성

김지연 · 송화순 · 김혜림  
숙명여자대학교 의류학과

### Effect of Cellulase on Characteristics of Denim.

Jee-Yeon Kim, Wha Soon Song and Hye Rim Kim

Dept. of Clothing and Textiles Sookmyung Women's University, Seoul, Korea

**Abstract :** Recently, eco-friendly processing has been focused in the textile industry in order to reduce environmental pollutions. Applications of enzyme technology to the textile industry are an example of more environmentally compatible processes. However, there is not enough quantity of referring to denim fabric subjected to enzymatic treatment. In this study, depending on pH, temperature, cellulase concentration, and treatment time, the weight loss of denim fabrics was examined. Characteristics of enzyme-treated fabrics were measured by tearing strength, stiffness, and K/S values. The effect of a non-ionic surfactant (Triton X-100) on characteristics of the enzyme-treated fabrics was evaluated. The cellulase treatment condition on the cotton fabric were optimized to pH 6.0, 50°C, 1%(o.w.f.), and 60minutes. Characteristics of denim fabrics by cellulase treatment in the presence of Triton X-100 did not improve because Triton-X inhibited the activity of enzyme.

**Key words :** denim, cellulase, optimum condition, non-ionic surfactant

## 1. 서 론

데님은 봉제 공정이 끝난 후 제품의 부가가치를 높이기 위하여 습식공정인 워싱 공정을 거친다. 데님의 워싱 가공은 효소와 표백제를 이용하는 방법이 있다(신혜원, 유효선, 1997; 홍승아, 송화순, 2006). 이 중, 효소를 이용한 데님의 워싱 가공은 주로 셀룰라제를 사용하고 있다. 셀룰라제는 셀룰로스를 가수분해하는 효소로서 화학 가공제에 비해 환경오염 발생이 적은 장점이 있다. 그러나 셀룰라제는 처리 조건에 따라 활성 및 효과가 달라지므로 pH, 온도, 농도, 시간, 물리적인 힘 등의 조건 선정이 중요하다(김경애 외, 2003). 셀룰라제에 의한 셀룰로스 직물의 효소처리하는 직물개질의 측면에서 중요한 위치를 차지한다. 바랜 듯 한(fade out) 느낌을 위한 스톤워싱 가공, 소프트한 느낌을 위한 감량가공, 독특한 외관을 위한 퍼치스킨가공 등에 많이 적용되고 있다(손경희, 1999).

셀룰라제를 적용한 선행연구를 살펴보면, 홍기정, 이문철(1994)은 면섬유에 셀룰라제 처리시, 강도유지율 및 유연성 향상, 색농도 저하에 대하여 보고하였다. 이미식(2003)은 셀룰라제 처리시, 물성변화를 섬유별로 분석한 결과, 흡습성과 흡수성, 유

연성은 향상되나, 강도가 저하된다고 보고하였다. 셀룰로스계 혼방, 교직물에 셀룰라제 처리에 대한 연구는 레이온, 면 혼방직물의 셀룰로스 처리 시, 실리콘 첨가에 의한 섬유 손상 및 태 저하 보완(이선화, 송화순, 1998) 및 레이온/자마 교직물에 셀룰라제 처리시, 세탁 견뢰도, 일광 견뢰도, 염색성 향상에 대한 보고(김순심, 최종명, 2001)가 있다. 이외에 데님의 효소처리에 대한 연구로, 셀룰라제 처리 시 처리조건에 따른 데님의 재오염성에 대한 연구 및 셀룰라제 처리된 데님직물의 태에 관한 연구(김경애 외, 2003)가 있다.

이상 셀룰라제에 대한 연구를 살펴본 결과, 산성 셀룰라제를 이용한 연구가 주를 이루고 있으며, 데님에 중성 셀룰라제를 적용한 연구는 보고된 바 없다. 따라서 본 연구에서는 중성 셀룰라제를 데님에 처리 시 pH, 온도, 농도, 시간 등 각 조건변화에 따른 효소 활성을 검토하여, 최적 처리조건을 제시하고, 중성 셀룰라제 처리 후 데님의 물성 변화를 확인하고자 한다. 연구내용은 면 100% 데님에 셀룰라제 가공 시, pH, 온도, 농도, 처리 시간 등의 조건변화를 통하여, 최적 처리조건을 설정하고, 최적 조건에서 처리된 데님직물의 물성을 측정, 분석한다. 또한 셀룰라제 처리 시 첨가된 비이온 계면활성제가 미치는 영향을 확인하고자 한다. 이를 통하여, 본 연구의 목적은 데님에 친환경 셀룰라제 효소를 사용하여 워싱 가공의 효과를 최대화할 수 있는 최적 가공 조건과 그에 따른 효과를 제시하고자 한다.

Corresponding author; Hye Rim Kim  
Tel. +82-2-710-9462, Fax. +82-2-2077-7324  
E-mail: khyerim@sm.ac.kr

**Table 1.** Characteristics of fabric

Fiber (%)	Weave	Fabric count (yarns/inch)	Thickness (mm)	Fabric weight (g/m <sup>2</sup> )
Cotton 100	3/1 Twill	52×54	0.864	50.11

**Table 2.** Properties of enzyme

Enzyme	Source	Activity	Form	Manufacturer
DeniMax BT (EC3.2.1.4, Novozymes)	<i>Humicola</i>	1100 DAU(N)/g	Solid	Novo Nordisk

## 2. 시료 및 시약

시료는 시판 데님을 사용하였으며, 특성은 표 1과 같다. 효소는 중성 셀룰라제인 DeniMax BT(EC 3.2.1.4, Novozymes)를 사용하였으며, 특성은 표 2와 같다. 버퍼는 제1 인산 나트륨 (Sodium Phosphate Monobasic, Duksan pure chemical co., Ltd.)과 제2 인산 나트륨(Sodium Phosphate Dibasic, Duksan pure chemical co., Ltd.)을 사용하였으며, 첨가제는 비이온 계면활성제 Triton X-100(Sigma Chemicals Co., Ltd.)을 사용하였다.

## 3. 실험 방법

### 3.1 효소 처리

효소 처리는 pH(5.5, 6.0, 6.5, 7.0), 온도(30, 40, 50, 55, 60°C), 효소 농도(1, 3, 5, 7, 10%(o.w.f)), 처리시간(30, 60, 90, 180, 360분), 비이온계면활성제 농도(0.1, 0.3, 0.5, 1%(w/v))를 변화시켜 액비 1: 30, 교반속도 120 rpm으로 교반하였다. 효소 처리 후, 시료에 남아있는 잔여 효소의 사활을 위해 100°C에서 10분간 처리 후 수세, 상온 건조하였다. 효소 처리는 각 조건별 3회씩 실험하였다.

### 3.2. 감량률

감량률은 효소 처리 전후의 무게변화를 측정 후 다음 식에 의해 계산하였다. 감량률은 효소 처리 조건별 3회씩 실험 후 평균값을 구하였다.

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

( $W_1$ : Weight of the fabric before treatment,  $W_2$ : Weight of the fabric after treatment)

### 3.3. 물성

인열강도는 KS K 0535에 준하여, 인열강도 시험기(ASA-217, Asia Testing Machines)를 사용하였으며, 팬들립법으로 3회 측정하여 평균값을 구하였다. 강연도는 KS K 0539에 준하여, 켈틸레

버법으로 각각 5회 측정 후 평균값을 구하였다. 표면색 측정은 색차계(Computer Color Matching System, JX-777, Japan, 이하 CCM)를 사용하여, 4회 측정하여 평균값을 구하였다.

## 4. 결과 및 고찰

본 연구는 데넴에 셀룰라제 처리시 최적 조건을 설정하기 위하여, pH, 온도, 농도, 시간 변화에 따른 감량률을 측정하였다. 또한 효소 처리 시 비이온 계면활성제 첨가에 의한 직물의 물성에 미치는 영향을 확인하였다.

### 4.1. 중성 셀룰라제 효소 처리

#### 4.1.1. pH에 따른 감량률

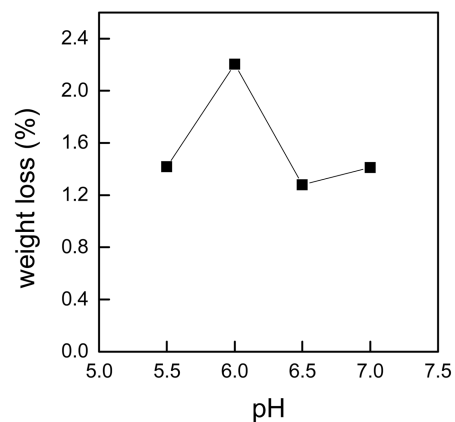
효소는 최적 pH 이외의 조건에서 단백질의 입체 구조가 변하기 때문에 반응속도가 저하된다. 따라서 pH는 효소의 최적 활성 조건 설정 시, 가장 중요한 요인 중 하나이다(이소희, 2007).

그림 1은 데넴 직물에 효소 처리 시, 효소 농도 1%(o.w.f), 온도 50°C, 시간 90분으로 고정하고 용액의 pH(5.5, 6.0, 6.5, 7.0)에 따른 감량률 결과이다. 감량률은 pH 5.5에서 pH 6.0으로 변화함에 따라 증가하여, pH 6.0에서 최대값을 나타냈다. 이는 본 실험에 사용된 DeniMax BT는 중성 셀룰라제이므로, 중성에 가까운 pH범위 내에서 효소 활성이 가장 높게 나타났다. 또한 pH 6.0보다 pH가 높아짐에 따라 감량률이 감소하였는데, 이는 효소 단백질의 변성에 의해 효소 활성이 저하되었기 때문이다(이소희, 2007; 송현주, 2006).

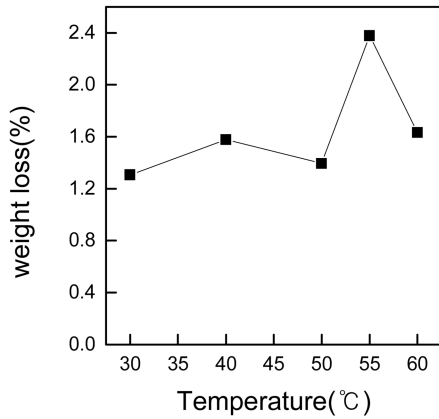
따라서 데넴 직물에 중성 셀룰라제 처리 시, 최적 pH 조건은 6.0으로 설정하였다.

#### 4.1.2. 온도에 따른 감량률

효소의 활성온도는 30~70°C 정도의 낮은 온도지만, 최적 온도 이외의 온도에서 효소처리 효소의 활성을 저하시키거나



**Fig. 1.** Effect of PH levels on weight loss of enzyme-treated denim fabrics.(Treatment condition: temperature 55°C, enzyme concentration 1%(o.w.f), 90minutes.)



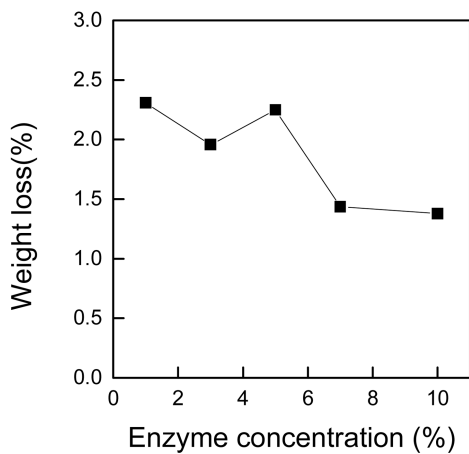
**Fig. 2.** Effect of treatment temperature on weight loss of enzyme-treated denim fabrics.(Treatment condition: pH 6.0, concentration 1%(o.w.f.), 90minutes.)

사할될 수 있으므로, 효소 가공 시 최적 온도의 설정은 매우 중요한 조건이다(정동효, 2002).

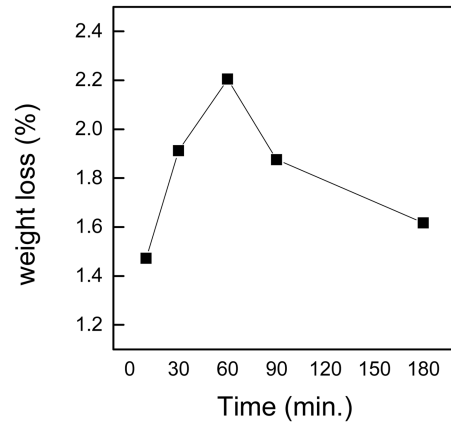
그림 2는 데님 직물에 효소 처리 시, pH 6.0, 효소농도 1% (o.w.f.), 시간 90분으로 고정하고 처리 온도(30, 40, 50, 55, 60°C)에 따른 감량률 결과이다. 감량률은 온도 55°C에서 최대 값이 나타났고, 온도가 상승함에 따라 크게 감소하였다. 이는 효소액의 온도가 최대 활성 온도보다 낮을 경우, 효소의 활성성이 저하되어 기질과 원활히 결합할 수 없게 되고, 최대 활성 온도보다 높을 경우에 효소가 열 변성을 일으키거나 사할되기 때문이다(이소희, 2007; 송현주, 2006). 따라서 데님직물에 셀룰라제 효소 처리 시, 최적 온도는 55°C로 설정하였다.

4.1.3. 효소 농도에 따른 감량률

효소는 효소 분자 활성 부위의 입체구조가 기질의 입체구조와 일치할 때만 결합이 이루어지는 기질 특이성을 가지고 있



**Fig. 3.** Effect of enzyme concentration on weight loss of enzyme-treated denim fabrics.(Treatment condition: pH 6.0, temperature 55°C, 90minutes).



**Fig. 4.** Effect of treatment time on weight loss of enzyme-treated denim fabrics.(Treatment condition: pH 6.0, temperature 55°C, enzyme concentration 1%(o.w.f))

다. 또한 효소가 기질을 적절히 가수분해 하기 위해서는 적절한 양의 효소가 사용되어야 한다(이소희, 2007).

그림 3은 데님 직물에 효소 처리 시, pH 6.0, 온도 55°C, 시간 90분으로 고정하고 효소 농도(1, 3, 5, 7, 10% (o.w.f.))에 따른 감량률 결과이다. 감량률은 효소 농도 1%에서 높게 나타났으며, 효소 농도가 증가함에 따라 감소하였다. 이는 효소 농도가 증가함에 따라 효소 분자 사이의 과다 경쟁 및 효소 단백질 간의 응집을 유발시켜 효소의 활성을 감소시키기 때문이다(이소희, 2007; 송현주, 2006). 따라서 데님 직물에 중성 셀룰라제 처리 시, 최적 효소 농도는 1%로 설정하였다.

4.1.4. 시간에 따른 감량률

그림 4는 데님 직물에 효소 처리 시, pH 6.0, 온도 55°C, 효소농도 1%(o.w.f.)로 고정하고 처리 시간(30, 60, 90, 180, 360분)에 따른 감량률 결과이다. 감량률은 60분 처리시 가장 높게 나타났으며, 60분 이상 처리시간이 증가함에 따라 감소하였다. 이는 처리 시간이 증가함에 따라 효소의 활성 능력이 저하되고, 가수분해 산물이 효소액 내에 축적되어 효소의 활성을 저해시키기는 역반응이 일어나기 때문이다(송현주, 2006).

이상의 결과를 통하여 데님 직물에 중성 셀룰라제 처리시 최적 처리조건은 pH 6.0, 온도 55°C, 효소농도 1%(o.w.f.), 시간 60분으로 설정하였다.

4.1.5. 계면활성제 첨가 농도에 따른 감량률

그림 5는 데님직물에 효소 처리 시, pH 6.0, 온도 55°C, 효소농도 1%(o.w.f.), 시간 60분으로 고정하고 계면활성제 첨가 농도(0, 0.1, 0.3, 0.5, 1%(w/v))에 따른 감량률 결과이다. 일반적인 효소 가공시 활성보조제로 사용되는 비이온 계면활성제가 본 연구에서는 낮은 농도로 첨가 시 오히려 효소 활성을 감소시켰으며, 0.5%(w/v)농도 이상에서는 중성 셀룰라제의 활성에 영향을 주지 못하는 것으로 나타났다.

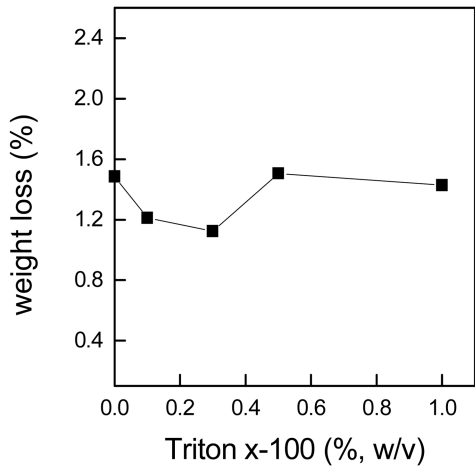


Fig. 5. Effect of Triton x-100 on weight loss of enzyme-treated denim fabrics.(Treatment condition: pH 6.0, temperature 55°C, enzyme concentration 1%(o.w.f.), 60 minutes.)

4.2. 중성 셀룰라제 처리한 데님의 물성

그림 6에서 나타난 바와 같이, 효소 처리 조건 변화에 따른 데님직물의 물성은 미처리 시 인열강도, 강연도, K/S값이 가장 높게 나타났다.

인열강도는 효소 처리 및 계면활성제 첨가시에 다소 감소되어, 데님이 감량됨에 따라 다소의 강도 저하가 발생되는 것을 확인하였다. 또한 0.5%(w/v) 계면활성제 첨가 시 인열 강도가 효소 단독 처리 시와 유사하게 나타난 것은 감량률과 같은 결과이다. 따라서 중성 셀룰라제 처리 시 계면활성제는 효소의 활성 증가에 영향을 미치지 않음이 확인되었다.

강연도는 효소 처리시, 감소한 것으로 나타나 직물이 다소 유연해졌음을 확인하였다. 또한 계면활성제 첨가에 따른 강연도는 미처리시 보다 감소하였으나, 효소 단독 처리시 보다는 높게 나타났다. 이는 중성 셀룰라제 처리시 계면 활성제 첨가가 데님 가수분해를 보조하지 못하기 때문이다.

K/S값은 미처리시 높게 나타났으며, 효소 처리시 낮게 나타났다. 이는 효소 처리에 의해 약 2.204%의 감량이 발생하면서

표면색이 탈색되었기 때문이다. 또한 계면활성제 첨가는 효소 단독 처리 시에 비해 감량률이 적어, 표면색의 변화가 크지 않은 것으로 나타났다. 따라서 데님의 셀룰라제 처리시 일반적으로 첨가되는 비이온 계면 활성제는 중성셀룰라제의 활성에 영향을 미치지 않는 것을 확인 할 수 있다.

5. 결 론

본 연구는 데님에 중성 셀룰라제 처리 시 pH, 온도, 농도, 시간 등 각 조건 변화에 따른 효소 활성을 검토하여, 최적 처리조건을 제시하고, 중성 셀룰라제 처리 후 데님의 물성 변화를 확인하였다. 연구내용은 데님 면 100%에 셀룰라제 가공 시, pH, 온도, 농도, 처리 시간 등의 조건변화를 통하여, 중성 셀룰라제 처리 시 최적 처리조건을 설정하고, 최적 조건에서 처리된 데님직물의 물성을 분석하였다. 또한 셀룰라제 처리 시 비이온 계면활성제 첨가가 미치는 영향을 확인하였다. 이상의 결과를 통해 데님 직물에 중성 셀룰라제 처리 시 최적 처리조건은 pH 6.0, 온도 55°C, 효소농도 1%(o.w.f.), 시간 60분이다. 인열강도는 효소 처리에 의해 다소 감소하였으며, 강연도는 감소하여 데님의 촉감이 유연해졌고, K/S값은 효소 처리에 의해 저하되었다. 한편, 효소 처리 시 비이온 계면 활성제 첨가에 의한 영향은 거의 없었다.

참고문헌

김경애, 이미식, 김정희. (2003). 셀룰라아제 처리된 데님직물의 태에 관한 연구(제3보), *한국의류학회지*, 27(1), 40-47.  
 김순심, 최중명. (2001). 셀룰라아제와 알칼리 처리에 의한 저마인조 섬유 교직물의 물성과 염색성 변화, *한국의류학회지*, 25(5), 891-900.  
 손경희. (1999). 셀룰라아제 처리에 의한 텐셀 직물의 가수분해, *한 국가정과학회지*, 2(1), 142-148.  
 송현주. (2006). *효소가공에 의한 양모 폴리에스터 혼방직물의 개질*. 숙명여자대학교 대학원 석사학위논문.  
 신혜원, 유효선. (1997). 청바지 세탁가공에 관한 연구, *한국의류학회지*, 21(2), 471-481.

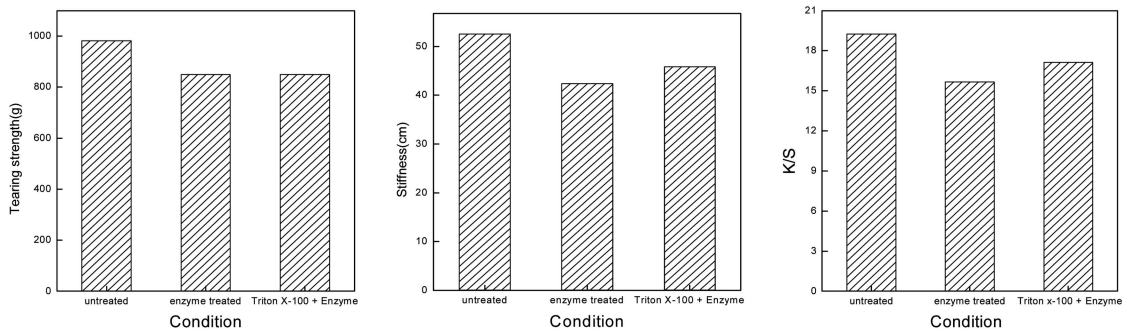


Fig. 6. Tearing strength, stiffness, and K/S value of enzyme-treated denim fabrics.(Treatment condition: pH 6.0, temperature 55°C, enzyme concentration 1%(o.w.f.), 60minutes, Triton X-100 0.5%(w/v))

- 이미식. (2003). 셀룰라제 처리에 의한 면, 레이온, CMC 직물의 성질 변화에 관한 연구, *한국섬유공학회지*, 40(1), 70-75.
- 이소희. (2007). 효소를 이용한 면, 폴리에스터 혼방 직물의 개질가공, 숙명여자대학교 대학원 석사학위논문.
- 이선화, 송화순. (1998). 셀룰라아제 처리시 실리콘 첨가에 따른 레이온/면 혼방직물의 물성변화, *한국의류학회지*, 22(8), 1032-1042.
- 정동호. (2002). 효소학개론. 서울: 도서출판 대광서림.
- 홍기정, 이문철. (1994). 셀룰라아제 처리에 의한 면의 개질(II), *한국의류학회지*, 31(4), 277-285.
- 홍승아, 송화순. (2006). 차아염소산나트륨을 이용한 테님의 탈색효과, *숙명여자대학교 생활과학연구소 학회지*, 22, 17-28.
- (2009년 1월 7일 접수/ 2009년 3월 22일 1차 수정 /2009년 5월 4일 게재확정)
-