

## 산성 셀룰라제를 이용한 데님의 효소가공 및 물성

서혜영 · 송화순 · 김혜림  
숙명여자대학교 의류학과

### Enzymatic Processing and Property of Denim by Acid Cellulase

Hye Young Seo, Wha Soon Song and Hye Rim Kim  
Dept. of Clothing and Textiles Sookmyung Women's University

**Abstract :** In this study, acid cellulase was used to treat denim fabrics by varying pH, temperature, enzyme concentration, treatment time and non-ionic surfactant (Triton X-100) concentration. Treatment condition was controlled based on the weight loss. The characteristics of enzyme-treated fabrics were measured in terms of tearing strength, stiffness, and color difference. The optimum conditions for cellulase treatment of denim fabric were pH 5.0, 50°C, 3% (o.w.f.), 90minutes. The weight loss did not change significantly with the addition of a non-ionic surfactant, but it improved when more non-ionic surfactant were used. The tearing strength of enzyme-treated denim fabrics did not deteriorate. The stiffness of the treated fabrics improved with the enzymatic treatment with and without the non-ionic surfactant. The difference in color of fabrics treated with enzyme increased.

**Key words :** denim fabric, cellulase, non-ionic surfactant

#### 1. 서 론

데님은 인열, 마모강도가 크고, 실용적인 직물로 캐주얼의류 및 작업복 등에 사용되고 있다. 그러나 촉감이 뻣뻣하고, 세탁 시 수축 및 이염 등의 문제점이 있다. 이를 보완하기 위한 가공방법 중 셀룰라제를 이용한 효소가공은 직물표면의 섬유를 분해하여 감량이 일어나므로 표면이 평활해지고 촉감이 부드러워지며 탈색 효과가 나타나므로 직물의 색상과 태를 변화시키는 데 사용된다. (김경애, 2000) 이러한 셀룰라제는 활성 pH에 따라 중성 및 산성 셀룰라제로 나눈다. 산성 셀룰라제는 짧은 처리 시간에 효소가 효과적으로 활성 되는 것으로 보고되고 있다. (차옥선, 양진숙, 1996)

산성 셀룰라제 처리한 데님의 연구로, 셀룰라제 처리시 태 특성 변화(김경애 외, 2003), 셀룰라제 처리시 데님의 재오염성 (차옥선, 양진숙, 1996)에 대한 연구가 있다. 또한 레이온/면 혼방직물의 물성변화(이선화, 송화순, 1998), 저마/인조섬유의 물성 변화(김순심, 최종명, 2001), 면, 레이온, CMC 직물의 물성변화(이미식, 2003) 등 혼방·교직물에 대한 연구들이 보고되었다.

이러한 선행연구에서 산성 셀룰라제가 주로 사용되었으나 셀

룰라제 처리시 물성변화는 셀룰로스계 혼방·교직물에 대한 연구가 주를 이루고 있고 데님에 산성 셀룰라제 처리시 최적 조건 설정 및 물성, 색차변화 등에 대한 연구는 거의 없다.

따라서 본 연구에서는 데님의 산성 셀룰라제 처리시 최적 처리 조건을 제시하고, 물성 변화에 미치는 영향을 살펴보고자 한다. 면 100% 데님 직물에 산성 셀룰라제인 Denimax Acid XCL로 처리시 pH, 처리온도, 효소 농도, 처리시간 및 계면활성제 첨가에 따른 감량률을 통해 최적 처리 조건을 제시하고 효소 처리후 데님의 인열강도, 강연도, 색차를 확인한다.

#### 2. 시료 및 시약

시료는 시판 면 100% 데님직물을 사용하였으며, 그 특성은 표 1과 같다. 효소는 산성 셀룰라제인 Denimax Acid XCL(EC 3.2.1.4, Novozymes)을 사용하였으며, 그 특성은 표 2와 같다. 초산나트륨버퍼 (Sodium acetate buffer, pKa=4.76, Sigma Chemicals Co.)와 아세트산(Acetic Acid glacial, Duksan Pure Chemicals, Korea)을 사용하였다. 비이온 계면활

Table 1. Characteristic of fabric

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

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

**Table 2.** Properties of enzyme

Enzyme	Source	Activity	Form	Manufacturer
Denimax Acid XCL(EC 3.2.1.4)	<i>Trichoderma</i>	1500 EGU/g	Liquid	Novozyme

성제는 Triton X-100(Sigma Chemicals Co.)을 사용하였다.

### 3. 실험방법

#### 3.1 효소처리

효소처리는 pH (4.0~5.5), 온도 (30~60°C), 효소농도 (1~10%, o.w.f.), 처리시간 (30~360분), 비이온 계면활성제 농도 (0.1~1.0%, o.w.f.)를 변화시켜 액비 1:30, 교반속도 120 rpm에서 교반하였다. 효소처리 후 시료에 남아있는 잔여효소의 시활을 위해 90°C에서 10분간 처리 후 수세, 상온 건조하였다.

#### 3.2 감량률

감량률은 효소처리 전, 후의 무게 변화를 측정한 후 다음 식에 의하여 계산하여 평균값을 취하였다.

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

(W<sub>1</sub>; Weight of the fabric before treatment, W<sub>2</sub>; Weight of the fabric after treatment)

#### 3.3 효소가공에 따른 물성

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

강연도는 KS K 0539에 준하여, 쉐넬레버법으로 각각 5회 측정 후 평균값을 구하였다.

색차 측정은 색차계(Computer Color Matching System, JX-777, Japan, 이하 CCM)를 사용하여, 4회 측정하여 평균값을 구하였다.

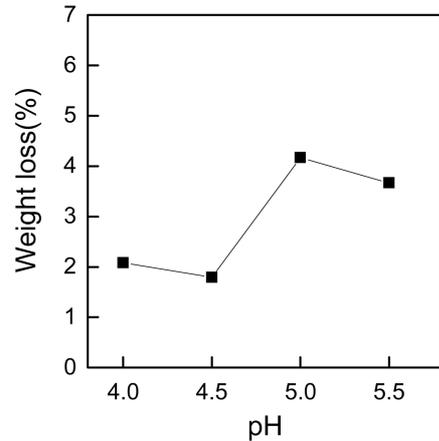
### 4. 결과 및 고찰

본 연구는 면 100% 데님직물에 산성 셀룰라제인 Denimax Acid XCL로 처리 시 pH, 처리온도, 효소농도, 처리시간, 계면활성제의 농도변화에 따른 감량률을 통해 최적 처리조건을 제시하고 효소가 직물의 인열강도, 강연도, 색차에 미치는 영향을 확인하였다.

#### 4.1. 산성 셀룰라제 처리

##### 4.1.1. pH에 따른 활성

일반적으로 효소가 작용하는 pH는 한정되어 있으며, 효소는 최적 pH에서 최대의 활성을 나타낸다. 그러므로 효소가공 시



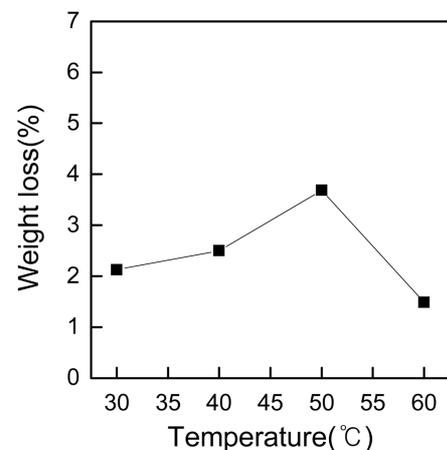
**Fig. 1.** Effect of pH values on weight loss of enzyme-treated denim fabrics. (Treatment condition; temperature 50°C, enzyme concentration 1%(o.w.f.), 90minutes.)

기질과 효소 변화에 따른 최적 pH 설정은 효소활성에 영향을 미치는 주요한 조건이다. (송현주, 2006)

그림 1은 데님직물에 효소처리 시, 효소농도 1%(o.w.f.), 온도 50°C, 시간 90분으로 고정하고 용액의 pH(4.0, 4.5, 5.0, 5.5)에 따른 감량률 결과이다. 감량률은 pH가 높아짐에 따라 증가하였으며, pH 5.0에서 높게 나타났다. 이는 본 실험에 사용된 Denimax Acid XCL이 산성 셀룰라제이므로 산성의 pH 범위 내에서 최대 활성이 나타났다. 또한 pH 5.0보다 pH가 높아지면, 단백질의 입체 구조가 변하면서 반응속도가 저하됨에 따라 효소 활성이 저하되는 것으로 나타났다. 따라서 최적 pH는 5.0으로 설정하였다.

##### 4.1.2. 처리온도에 따른 활성

그림 2는 데님직물에 효소처리 시, pH 5.0, 효소농도 1%(o.w.f.), 시간 90분으로 고정하고 처리온도(30, 40, 50,



**Fig. 2.** Effect of treatment temperature on weight loss of enzyme-treated denim fabrics. (Treatment condition; pH 5.0, enzyme concentration 1%(o.w.f.), 90minutes.)

60°C)에 따른 감량률 결과이다. 감량률은 처리온도 50°C에서 높게 나타났으며, 그 이상의 온도에서는 저하되는 것으로 나타났다. 이는 한계 온도 이상의 온도에서 효소 사용으로 인하여 효소의 주성분인 단백질 구조 변화에 의해 효소가 열변성되거나 사활되기 때문이다. 또한 최적 처리 온도보다 낮은 온도에서 효소처리는 효소의 활성을 저하시키거나 효소가 사활 될 수 있기 때문이다. (이소희, 2007) 따라서 최적온도는 50°C로 설정하였다.

4.1.3. 효소농도에 따른 활성

효소는 기질을 가수 분해하기 위하여 우선, 적합한 기질과 결합하여 효소-기질 복합체(enzyme substrate complex : ES복합체)를 형성하게 되는데, 이 결합이 잘 이루어지기 위해서는 적절한 양의 효소가 사용되어야 한다. 효소가공 시, 효소의 농도는 pH, 온도와 함께 효소의 활성에 영향을 미치는 요인 중 하나이다. (송현주, 2006)

그림 3은 데님직물에 효소처리 시, pH 5.0, 온도 50°C, 시간 90분으로 고정하고 효소농도(1, 3, 5, 7, 10%(o.w.f.))에 따른 감량률 결과이다. 감량률은 효소농도 3%에서 높게 나타났으며, 그 이상의 농도에서는 감소하다가 서서히 증가하였다. 이는 효소농도가 일정 농도 이상이 되면 효소의 과잉 농도로 인하여 효소와 기질이 다시 결합하는 형태의 역반응이 일어나기 때문이라는 선행연구와 일치하는 결과이다. (전홍기, 2003; 이소희, 2007) 이상의 결과를 통하여 효소농도는 3%(o.w.f.)로 설정하였다.

4.1.4. 처리시간에 따른 활성

그림 4는 데님직물에 효소처리 시, pH 5.0, 온도 50°C, 효소농도 3%(o.w.f.) 고정하고 처리시간(30, 60, 90, 180, 360분)에 따른 감량률 결과이다. 감량률은 처리시간이 길어짐에 따라 증가하였으며, 90분 처리 시 크게 향상되고, 그 이후에는 서서

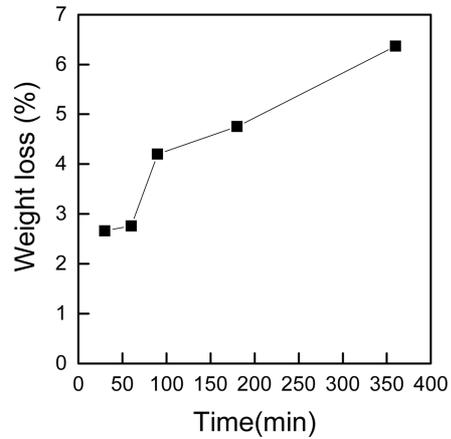


Fig. 4. Effect of treatment time on weight loss of enzyme-treated denim fabrics. (Treatment condition; pH 5.0, temperature 50°C, enzyme concentration 3%(o.w.f.))

히 향상되었다. 이는 처리시간이 증가함에 따라 효소에 의한 가수분해 산물이 처리액 내에 축적되어 오히려 효소의 활성을 느리게 하는 역반응이 일어나기 때문이다. (Cavaco-Paulo, A., Gübitz, G M., 2003) 또한 감량률은 90분 초과 시에도 지속적으로 향상되나, 장시간 효소처리 시 섬유 손상이 예상되므로, 처리시간을 90분으로 설정하였다.

이상의 결과를 통하여 데님직물에 산성 셀룰라제 처리 시 최적조건은 pH 5.0, 온도 50°C, 효소농도 3%(o.w.f.), 시간 90분으로 설정하였다.

4.1.5. 계면활성제의 농도에 따른 활성

그림 5는 데님직물에 효소처리 시, pH는 5.0, 온도 50°C, 효소농도 3%(o.w.f.), 시간 90분으로 고정하고 계면활성제 첨가 농도(0.1, 0.3, 0.5, 1.0%(o.w.f.))에 따른 감량률 결과이다. 감량

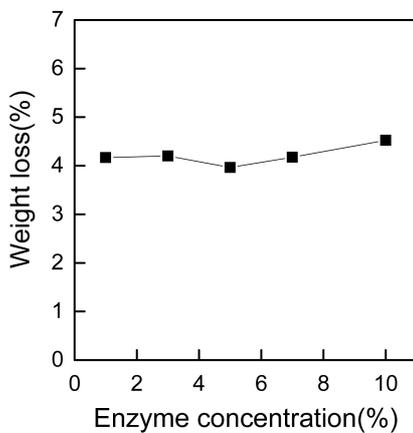


Fig. 3. Effect of enzyme concentration on weight loss of enzyme-treated denim fabrics. (Treatment condition; pH 5.0, temperature 50°C, 90minutes.)

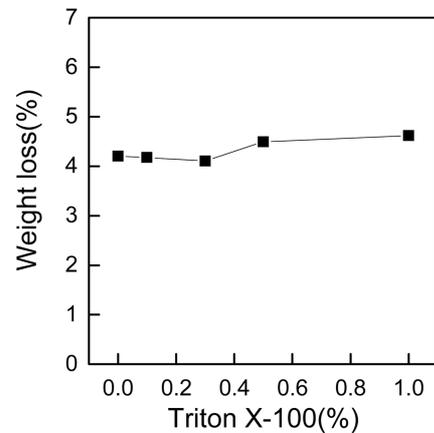


Fig. 5. Effect of Triton X-100 concentration on weight loss of enzyme-treated denim fabrics. (Treatment condition; pH 5.0, temperature 50°C, enzyme concentration 3%(o.w.f.), 90 minutes.)

**Table 3.** Tearing strength, stiffness, and color difference of enzyme-treated denim fabrics by various treatment condition. (Treatment condition; pH 5.0, temperature 50°C, enzyme concentration 3%(o.w.f.), 90minutes, Triton X-100 concentration 0.5%(o.w.f).)

	Tearing strength(g)	Stiffness(cm)	Color difference(ΔE)
untreated	983	58.2	
enzyme-treated	825	50.6	2.4
enzyme+Triton X-100	800	50.5	2.66

를은 소량의 계면활성제 첨가 시 변화가 없으나, 0.5%(o.w.f.) 계면활성제 첨가 시 1.07%에 향상되었다.

일반적으로 효소가공에서 계면활성제는 물에 불용성인 기질을 사용할 때, 효소와 기질간의 상호작용을 개선하기 위해 첨가한다. (전흥기, 2003) 본 연구에서의 비이온 계면활성제 첨가에 의한 감량률의 향상은 비이온 계면활성제가 효소와 기질간의 상호작용을 개선시키고 섬유내부로의 효소 침투, 흡수, 섬유 팽윤을 높이는 역할을 한 것으로 생각된다. 따라서 산성 셀룰라제 처리 시 일정량 이상의 비이온 계면활성제 첨가가 필요한 것을 확인하였다. (Cavaco-Paulo, A., Gübitz, G M., 2003)

**4.2. 효소처리한 데님직물의 물성 비교**

표 3은 미처리, 셀룰라제 처리, 셀룰라제 처리 시 계면활성제 첨가에 따른 데님직물의 인열강도, 강연도, 색차 결과이다.

인열강도는 효소 단독처리 시에는 미처리에 비해 1.19배, 계면활성제 첨가 시에는 1.23배 감소하였다. 이는 감량률이 효소 단독처리 시 4.202%, 계면활성제 첨가 시는 4.495%로 증가함에 따라 인열강도가 다소 감소하였기 때문이다. 그러나 효소처리에 의한 강도가 미처리에 비해 다소 저하되었으나, 섬유 손상은 크지 않은 것으로 나타났다.

강연도는 효소 단독처리와 계면활성제를 첨가한 경우 모두 감소하여, 섬유가 유연해지는 것으로 나타났다. 이는 효소 가수분해에 의해 데님직물이 감량되어 유연성이 증가하기 때문이다.

색차는 효소 단독처리와 계면활성제 첨가 시 모두 미처리에 비해 색차가 크게 향상되었다. 특히 계면활성제 첨가에 따른 인열강도나 강연도 변화는 큰 영향을 미치지 않았으나 색차는 효소 단독처리보다 향상되는 것으로 나타났다. 계면활성제가 산성 셀룰라제의 활성에 효과적인 보조제 역할을 함으로서 효소가 수분해가 섬유 표면에 집중되면서 섬유의 손상이 최소화되고, 표면색상이 변화된 것으로 생각된다.

따라서 데님의 산성 셀룰라제 처리는 섬유의 손상을 최소화하면서 섬유의 유연성 및 데님 표면색 변화는 향상시키는 것으로 나타났다.

**5. 결 론**

본 연구에서는 산성 셀룰라제 Denimax Acid XCL로 pH,

처리온도, 효소농도, 처리시간, 계면활성제의 농도 변화에 따른 감량률을 통해 최적 처리조건을 제시하고 데님의 인열강도, 강연도, 색차를 확인하였다.

데님직물에 산성 셀룰라제 처리 시 최적조건은 pH 5.0, 온도 50°C, 효소 농도 3%(o.w.f.), 시간 90분이다. 감량률은 소량의 계면활성제 첨가 시 변화가 없으나, 0.5%(o.w.f.)이상 계면활성제 첨가 시 증가하였다.

인열강도는 효소처리 시 저하가 크지 않았으며, 강연도는 효소 단독 및 계면활성제 첨가 시 감소하여, 섬유가 유연해지는 것으로 나타났다. 색차는 효소 단독 및 계면활성제 첨가 시 크게 향상되었다.

**참고문헌**

김경애. (2000). 평가자의 연령과 성별이 직물의 태 평가에 미치는 영향-셀룰라아제 처리된 데님의 중심으로-. *대한가정학회지*, 29(10), 133-142.

김경애, 이미식, 김정희. (2003). 셀룰라아제 처리된 데님직물의 태에 관한 연구(제3보)-텐셀직물의 주관적인 태 평가-. *한국의류학회지*, 27(1), 40-47.

김순심, 최종명. (2001). 셀룰라아제와 알칼리 처리에 의한 저마인조 섬유 교직물의 물성과 염색성 변화. *한국의류학회지*, 25(5), 891-900.

송현주. (2006). *효소가공에 의한 양모·폴리에스터 혼방직물의 개질*. 숙명여자 대학교 대학원 석사학위논문.

이미식. (2003). 셀룰라제 처리에 의한 면, 레이온, CMC 직물의 성질 변화에 관한 연구. *한국섬유공학회지*, 40(1), 70-75.

이선화, 송화순. (1998). 셀룰라아제 처리 시 실리콘 첨가에 따른 레이온/면 혼방직물의 물성변화. *한국의류학회지*, 22(8), 1032-1042.

이소희. (2007). *효소를 이용한 면·폴리에스터 혼방직물의 개질가공*. 숙명여자 대학교 대학원 석사학위논문.

전흥기. (2003). *효소학*. 부산: 부산대학교 출판부.

차옥선, 양진숙. (1996). 셀룰라제 처리조건이 인디고 데님의 재오염에 미치는 영향. *한국의류학회지*, 20(5), 841-851.

Cavaco-Paulo, A., Gübitz, G. M. (2003). *Textile processing with enzymes*. Washington DC: CRC Press.

(2009년 1월 7일 접수/ 2009년 2월 23일 1차 수정 /2009년 5월 4일 게재확정)