

양모직물에 파파인 처리 시 L-cysteine, EDTA의 영향

성종미 · 송화순 · 김인영[†]

숙명여자대학교 생활과학부 의류학 전공

The Effect of L-cysteine, EDTA in Papain Treatment of Wool Fabrics

Jong Mi Sung, Wha Soon Song and In Young Kim[†]

Dept. of Clothing & Textiles, Sookmyung women's University

(Received: November 19, 2007/Revised: January 15, 2008/Accepted: February 20, 2008)

Abstract— Wool has excellent properties, such as heat retention, absorbency, and elasticity, but it has a disadvantage in washability because the fabric will felt and shrink greatly. Felting causes the interlocking of the fiber surface scales with one another. Therefore, the studies on wool finishing have been focused on shrink proofing. Precedent researches on wool shrink proofing are mostly on eco-friendly method using enzyme. The purpose of this study is to examine the effect of L-cysteine, EDTA in papain treatment of wool fabrics. The specific contents of study are as follows. Depending on pH, temperature, treatment time, enzyme concentration and L-cysteine, EDTA concentration, weight loss, tensile strength, whiteness, SEM were examined. Each papain treatment conditions depending on L-cysteine, EDTA were optimized from these properties. Papain had very low activation without activators. The optimum conditions of papain treatment were pH 7.5, temperature 75°C, time 30minutes(L-cysteine), 180minutes(EDTA) and papain concentration 5%(o.w.f.). In the use of papain 5%(o.w.f.), the activators optimum concentration was L-cysteine 2%(o.w.f.), EDTA 7%(o.w.f.)

Keywords: wool, papain, activator, L-cysteine, EDTA

1. 서 론

양모는 우수한 흡습성, 신축성, 보온성 등의 많은 장점들을 가지고 있지만, 물세탁에 의해 수축되어 경화되는 단점도 가지고 있다¹⁾. 양모섬유의 수축은 스케일에 의한 펠팅현상 때문으로, 일회성이 아니라 계속적으로 일어난다. 따라서 양모섬유에 이지 케어성을 부여하기 위해서는 방축가공을 통한 개질이 필수적이다. 양모의 방축가공 방법으로는 과산화수소나 염소를 이용한 산화작용에 의한 방법³⁾, 합성수지를 이용하는 방법, 염소와 수지를 병용하는 방법, 효소를 이용하는 방법⁴⁾ 등이 있다. 이들 중 염소와 수지를 병용하는 방법이 현저한 방축효과를 가지며 방축률 조절이 가능할 뿐 아니라 경제적이기 때문에 주로 사용되어져 왔다.

그러나 이 방법은 섬유의 황변을 가져오고, 천연섬유 고유의 촉감을 상실시키는 문제점을 가지고 있다. 또한 최근 환경에 대한 규제 강화로 섬유가공분야에서도 환경친화적인 공정개발에 대한 관심이 증가됨에 따라 효소를 이용한 방법이 주목받고 있다.

최근 효소를 이용한 양모직물의 방축가공에 대한 연구로, 세균에서 기원된 프로테아제를 이용한 방축가공에 관한 연구^{2,7)}가 활발한 진행되고 있으며 식물에서 기원된 프로테아제인 파파인을 이용한 방축가공에 관한 연구^{4,5)}도 지속적으로 이루어지고 있다. 그러나 효소 처리 시 활성제의 영향에 대한 구체적인 연구는 소수인 실정이다. 효소처리 시에는 효소의 활성을 원활히 하기 위해서 활성제 병용이 필수적이며, 사용하는 효소에 따라 적합한 활성제가 다르다. 따라서 활성제에 관한 연구는 효소에

[†]Corresponding author. Tel.: +82-2-710-9462; Fax.: +82-2-710-9462; e-mail: inyoung@sookmyung.ac.kr

의한 양모직물 방축가공의 실용화에 기여하는 바가 클 것으로 기대된다.

본 연구에서는 양모직물에 식물성 프로테아제인 파파인 처리 시, 활성제가 파파인 활성화에 미치는 영향을 규명하고자 한다. 이에 활성제 L-cysteine, EDTA 첨가 시 파파인의 최대 활성 조건을 선정하고, L-cysteine, EDTA 농도에 따른 파파인의 활성을 확인하기 위하여 파파인 활성조건(pH, 온도, 시간 그리고 파파인, L-cysteine, EDTA의 농도)에 따른 감량률, 강도, 표면형태, 백도를 측정하였다.

2. 실험

2.1 시료 및 시약

2.1.1 시료

본 연구의 시료는 양모 생지(100%)로, 탄산나트륨 5%, 액비 40:1, 온도 40℃에서 30분간 Shaking Water Bath(Jeio Tech, Korea)를 이용하여 교반 속도 150rpm으로 정련하여 상온 건조 후 사용하였다. 시료의 특성은 Table 1과 같다.

Table 1. Characteristics of fabric

Fabric (%)	Weave	Fabric Counts (yarns/inch)	Fabric Weight (g/m ²)	Thickness (mm)
Wool 100	Plain	47×43	86.2	0.275

2.1.2 시약

효소는 식물에서 기원한 프로테아제인 파파인을 사용하였으며, 특성은 Table 2와 같다.

Table 2. Properties of enzyme

Enzyme	Source	Activity	Form	Manufacturer
Papain (EC 3.4.22.2)	Carica papaya	0.5 unit/mg ¹⁾	Powder	Fluka

1) One unit is the amount of papain which liberated 1μmol N-benzoyl-L-arginine ethyl ester per minute at pH 6.2, 25℃

효소처리 시 완충용액은 Trizma HCl(Sigma Chemical co., USA)과 Trizma Base(Sigma Chemical co., USA)를 혼합하여 사용하였고 완충용액의 pH는 1M 염산(Hydrochloric Acid, Duksan pure chemicals Co. Korea)과 1M 수산화나트륨(Sodium Hydroxide, Duksan pure chemicals Co. Korea)을 사용하여 조절하였다. 활성제는 L-cysteine(Yakuri

pure chemicals Co. Japan)과 EDTA(Ethylene-diamine Tetraacetic acid, Duksan pure chemicals Co. Korea)를 사용하였다. 시약은 모두 1등급을 사용하였다.

2.2 실험방법

2.2.1 효소처리

양모직물의 파파인 처리 시 활성제 L-cysteine, EDTA 첨가에 따른 최대 활성 조건을 알아보기 위하여 효소처리는 액비 40:1로 하고 pH 5, 5.5, 6, 6.5, 7, 7.5, 8, 8.5, 온도 40, 50, 60, 70, 75, 80, 90℃, 시간 30, 60, 90, 120, 150, 180, 240min, 파파인과 활성제(L-cysteine, EDTA)의 농도 1, 3, 5, 7, 10%(o.w.f)로 변화시켜 Shaking Water Bath(Jeio Tech, Korea)에서 교반속도 150rpm으로 하였다. 모든 파파인 처리는 0.5M tris base와 0.5M tris acid을 혼합한 완충용액을 사용하였고 완충용액의 pH는 1M 염산과 1M 수산화나트륨을 사용하여 조절하였다.

파파인 처리한 시료는 증류수를 이용하여 액비 40:1, 온도 90℃에서 10분간 사활처리 후, 수세하여 상온에서 건조하였다.

2.2.2 감량률

감량률은 건조기(Jeio Tech, Korea)를 사용하여 효소 처리 전·후 시료를 105~110℃에서 90분간 건조시키고, 데시게이터에서 30분간 컨디셔닝한 후, 건조무게를 측정하여 다음 식에 의하여 구하였다.

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

W₁ ; Weight of fabric before enzyme treatment

W₂ ; Weight of fabric after enzyme treatment

2.2.3 인장강도

인장강도는 KS K 0520(Revelled Strip method)에 따라 인장강도 시험기 (SS-121A, Sungshin testing machine Co. Korea)를 사용하여 경사방향으로 5회 측정하여 평균값을 산출하였다.

2.2.4 표면형태

표면형태는 주사전자현미경(Scanning Electron Microscope, JSM 5410, Jeol, Korea, 이하 SEM이라 함)을 사용하여 섬유측면을 관찰하였다.

2.2.5 백도

백도는 Computer Color Matching System(J × 777. Japan, 이하 CCM이라함)을 사용하여 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 L-cysteine, EDTA 첨가 시 파파인의 최대 활성 조건

3.1.1 pH가 파파인의 활성에 미치는 영향

Fig. 1, 2는 양모직물에 대한 파파인의 최대 활성 pH를 설정하기 위하여 액비 40:1, 온도 75℃, 시간 30분(L-cysteine)과 180분(EDTA), 효소농도 5%(o.w.f.), L-cysteine, EDTA의 농도 5%(o.w.f.)의 조건에서 처리용액의 pH를 5, 5.5, 6, 6.5, 7, 7.5, 8, 8.5로 변화시켜 처리한 후, 감량률과 인장강도를 측정된 결과이다.

Fig. 1은 pH에 따른 감량률 결과이다. 파파인 단독처리 시 감량률 변화가 거의 없는 것으로 나타났으며 온도, 시간, 파파인 농도에 따른 감량률 결과도 동일하게 나타났다.

이 결과로부터 활성제를 첨가하지 않으면 효소의 활성이 거의 일어나지 않는다는 것을 알 수 있다. 한편, L-cysteine과 EDTA 첨가 시 감량률은 pH가 높아질수록 지속적으로 증가하여 pH 7.5에서 최대 감량률을 나타내었고, 7.5를 초과하면서 점차 감소하였다.

따라서 활성제 첨가 시 pH 7.5에서 파파인 활성이 가장 활발함을 알 수 있다. 이와 같이 양모직물이 파파인 처리에 의해 감량되는 것은 양모섬유를 이루고 있는 α-아미노산의 펩티드 결합의 C-N결합이 가수분해되기 때문이다^{8,9)}. 펩티드결합의 분해양식에 따라 프로테아제는 말단의 펩티드결합을 가수분해하여 아미노산을 유리시키는 엑소펩티다아제(exopeptidase)와 내부의 펩티드결합을 가수분해하여 작은 펩티드를 유리시키는 엔도펩티다아제(endopeptidase)로 나뉜다. 파파인은 후자인 엔도펩티다아제에 속하며, 파파인에 의해 양모섬유의 펩티드 결합이 가수분해되는 분자식은 다음과 같다.

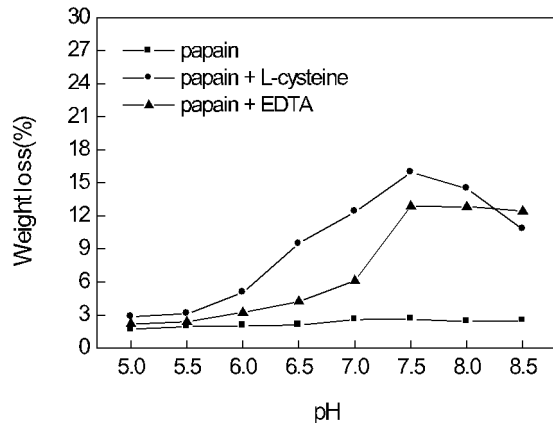
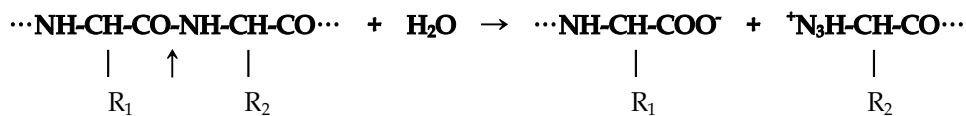


Fig. 1. Effect of pH on the weight loss of papain treated fabrics. (Treatment condition: papain 5% (o.w.f.), L-cysteine 5%(o.w.f.), EDTA 5%(o.w.f.), temperature 75℃, treatment time 30minutes(L-cysteine) and 180minutes(EDTA))

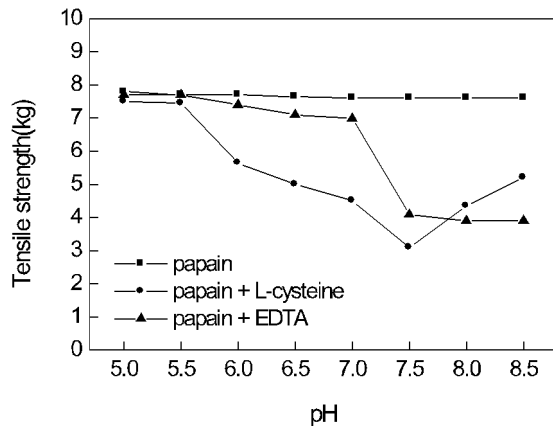


Fig. 2. Effect of pH depending on the tensile strength of papain treated fabrics. (Treatment conditions: papain 5%(o.w.f.), L-cysteine 5%(o.w.f.), EDTA 5% (o.w.f.), temperature 75℃, treatment time 30minutes (L-cysteine) and 180minutes(EDTA))

Fig. 2는 pH에 따른 인장강도 측정 결과이다. 파파인 단독처리 시 강도변화는 없는 것으로 나타났다. 그러나 L-cysteine과 EDTA 첨가 시 강도는 pH가 높아짐에 따라 지속적으로 저하되어 pH 7.5에서 최저 강도를 나타내었고 7.5보다 높아지면서 다시 증가하였다. 이는 감량률에 기인하는 결과로, 섬유의 강도는 감량률에 반비례하기 때문이다. pH 7.5에서 L-cysteine 첨가 시 감량률은 15.9%, EDTA 첨가 시 감량률은 12.36%이지만,

강도저하율은 모두 60%이상으로, 감량률에 비해 강도 저하율이 현저히 큰 것으로 나타났다.

일반적으로 양모직물의 스케일 조직은 시스템 결합 함유율이 높아 분해가 어려운 반면 세포 간의 접합물질(cell membrane complex)은 분해가 비교적 쉽다. 따라서 파파인 처리 시 세포 간 접합물질이 스케일 조직보다 먼저 분해되고, 이를 통해 효소가 섬유내부로 침투됨에 따라 엔도큐티클층과 세포내부분체(cortex)의 가수분해가 진행되기 때문에 감량률에 비해 강도저하가 심한 것으로 생각 된다^{2,7)}.

따라서, L-cysteine, EDTA 첨가 시 파파인의 최대 활성 pH는 7.5이다.

3.1.2 온도가 파파인의 활성에 미치는 영향

Fig. 3, 4는 양모직물에 대한 파파인의 최대 활성 온도를 설정하기 위하여 액비 40:1, pH 7.5, 시간 30분(L-cysteine)과 180분(EDTA), 효소농도 5%(o.w.f.), L-cysteine, EDTA의 농도 5%(o.w.f.)의 처리조건에서 처리온도를 40, 50, 60, 70, 75, 80, 90℃으로 변화시켜 처리한 후, 감량률과 인장강도를 측정된 결과이다.

Fig. 3은 처리온도에 따른 감량률 결과이다. 활성제 첨가 시 감량률은 온도가 높아질수록 지속적인 증가를 보여 75℃에서 L-cysteine의 경우 15.9%, EDTA의 경우 12.89%의 최대 감량률을 나타내었다. 그러나 처리온도가 75℃를 넘어가면서 다시 점차적으로 감소하였다. 이는 파파인 처리 시 반응속도는 온도가 높아질수록 빨라지지만, 파파인이 단백질이므로 온도가 너무 높아지면 변성되어 활성이 오히려 낮아지기 때문이며¹⁰⁾ 파파인의 최적 활성 온도는 65~75℃로, 다른 효소에 비해 다소 높다는 보고^{5,8-9)}와 일치하는 결과이다.

Fig. 4는 처리온도에 따른 인장강도 측정 결과이다. 활성제 첨가 시 온도가 높아짐에 따라 강도는 지속적으로 저하되어 75℃에서 L-cysteine 첨가 시 3.1kg, EDTA 첨가 시 4.1kg으로 60%이상의 강도저하를 나타내었고 75℃를 초과하면서 강도저하는 점차 감소하였다. 따라서, L-cysteine, EDTA 첨가 시 파파인의 최대 활성 온도는 75℃이다.

3.1.3 처리시간이 파파인의 활성에 미치는 영향

Fig. 5, 6은 양모직물에 대한 파파인의 최대 활성 시간을 선정하기 위하여 액비 40:1, pH 7.5, 온도 75℃, 효소농도 5%(o.w.f.), L-cysteine, EDTA의 농도 5%(o.w.f.)의 처리조건에서 시간을 10, 20, 30,

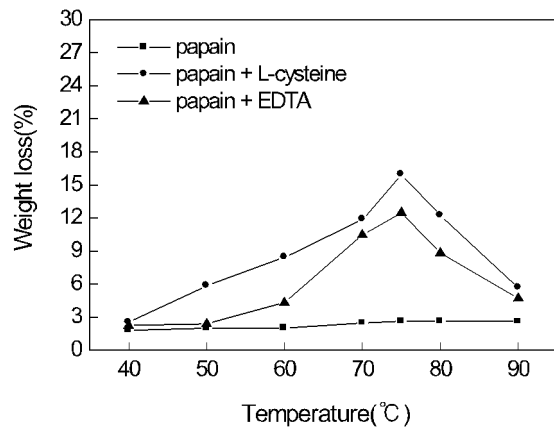


Fig. 3. Effect of temperature depending on the weight loss of papain treated fabrics. (Treatment conditions: papain 5%(o.w.f.), L-cysteine 5%(o.w.f.), EDTA 5%(o.w.f.), pH 7.5, treatment time 30minutes(L-cysteine) and 180minutes(EDTA))

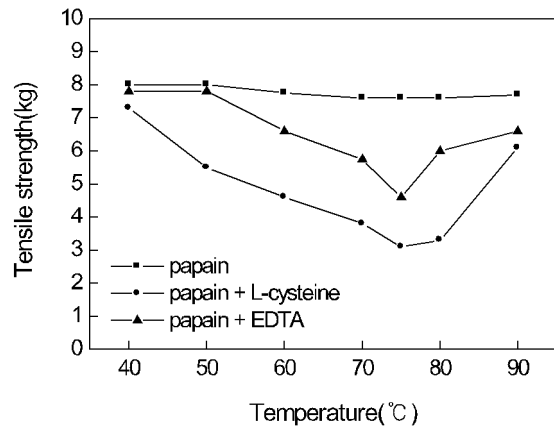


Fig. 4. Effect of temperature depending on the tensile strength of papain treated fabrics. (Treatment conditions: papain 5%(o.w.f.), L-cysteine 5%(o.w.f.), EDTA 5%(o.w.f.), pH 7.5, treatment time 30minutes(L-cysteine) and 180minutes(EDTA))

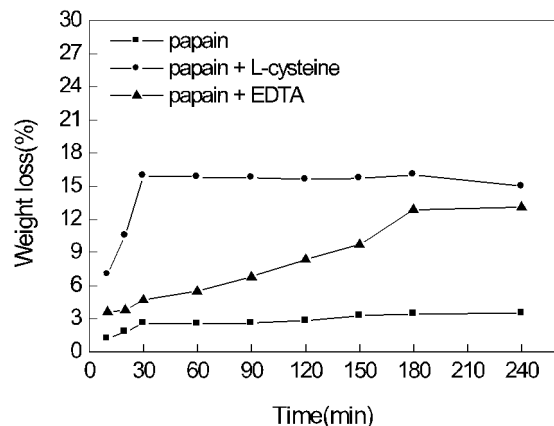


Fig. 5. Effect of time depending on the weight loss of papain treated fabrics. (Treatment conditions: papain 5%(o.w.f.), L-cysteine 5%(o.w.f.), EDTA 5%(o.w.f.), pH 7.5, temperature 75℃)

60, 90, 120, 150, 180, 240분으로 변화시켜 처리한 후, 감량률과 인장강도를 측정된 결과이다.

Fig. 5는 처리시간에 따른 감량률 결과이다. 감량률은 활성화제 첨가 시 일정 시간까지는 증가하였으나 그 이상의 처리시간에서는 일정하게 유지되었다. 효소의 활성화는 초기에는 반응 속도가 크지만 처리시간이 길어지면 효소의 활성이 저하될 뿐 아니라 반응생성물의 축적으로 효소의 작용이 저해됨에 따라 어느 시점에서 평형에 달하기 때문이다¹¹⁾. L-cysteine의 경우 처리시간 10분에 7.0%, 30분에 15.95%의 감량률을 나타내었고, 30분 이후에는 일정하게 유지되었다. 그러나 EDTA의 경우, 10분에 3.6%, 30분에서 4.7%로 단시간 처리 시 매우 작은 감량률을 나타내었으나, 시간이 증가함에 따라 꾸준히 증가하여 180분에서 12.89%의 최대 감량률을 나타내었다. 따라서 L-cysteine을 활성화제로 사용 시 30분을 초과하는 것은 비경제적인 반면, EDTA의 경우, 효소의 활성을 원활히 하기 위해서는 3시간 처리하는 것이 바람직하다고 생각된다.

Fig. 6은 처리시간에 따른 인장강도 측정 결과이다. 활성화제 첨가 시 인장강도는 처리시간이 길어짐에 따라 지속적으로 저하되어 L-cysteine 첨가 시 30분에 3.1kg, EDTA 첨가 시 180분에 4.1kg으로, 60% 이상의 강도저하를 나타내었고 그 이상의 처리시간에서는 일정하게 유지되었다.

따라서, L-cysteine, EDTA 첨가 시 파파인의 최대 활성화 시간은 30분(L-cysteine), 180분(EDTA)이다.

3.1.4 파파인 농도가 파파인의 활성화에 미치는 영향

Fig. 7, 8은 양모직물에 대한 파파인의 최대 활성화 농도를 설정하기 위하여 액비 40:1, pH 7.5, 온도 75°C, 시간 30분(L-cysteine)과 180분(EDTA), L-cysteine과 EDTA의 농도 5%(o.w.f.)의 처리조건에서 파파인의 농도를 1, 3, 5, 7, 10%(o.w.f)로 변화시켜 처리한 후, 감량률, 인장강도를 측정된 결과이다.

Fig. 7은 파파인 농도에 따른 감량률 결과이다. 활성화제 첨가 시 감량률은 파파인농도가 증가함에 따라 지속적으로 증가하였다. 이는 기질 농도가 일정할 때 반응초기의 반응속도는 효소의 농도에 비례하기 때문이다. 그리고 L-cysteine 첨가 시 EDTA의 첨가 시보다 감량률이 큰 것으로 나타나 파파인의 농도가 같더라도 활성화제에 따라 감량률이 달라지는 것을 알 수 있다. 따라서 파파인의 농

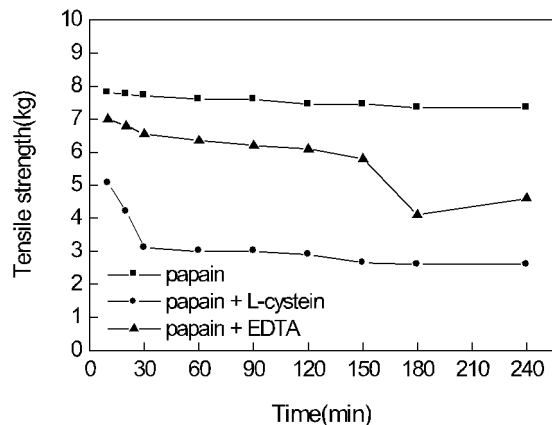


Fig. 6. Effect of time depending on the tensile strength of papain treated fabrics. (Treatment conditions: papain 5%(o.w.f.), L-cysteine 5%(o.w.f.), EDTA 5%(o.w.f.), pH 7.5, temperature 75°C)

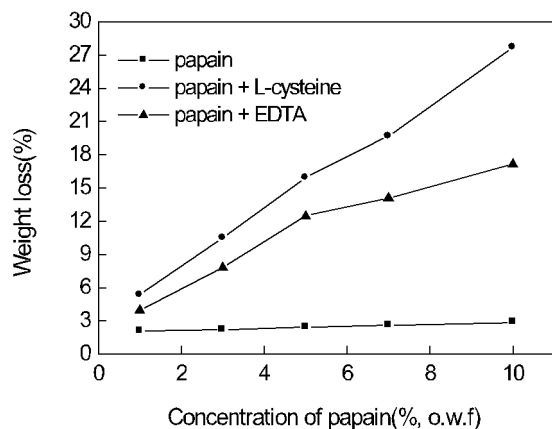


Fig. 7. Effect of papain concentration depending on the weight loss of papain treated fabrics. (Treatment conditions: L-cysteine 5%(o.w.f.), EDTA 5%(o.w.f.), pH 7.5, temperature 75°C, treatment time 30minutes (L-cysteine) and 180minutes(EDTA))

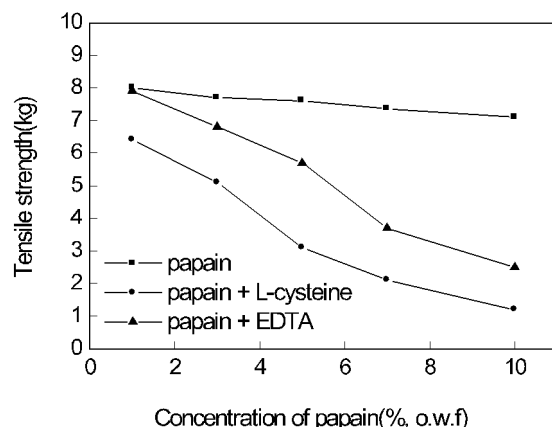


Fig. 8. Effect of papain concentration depending on the tensile strength of papain treated fabrics. (Treatment conditions: L-cysteine 5%(o.w.f.), EDTA 5%(o.w.f.), pH 7.5, temperature 75°C, treatment time 30minutes (L-cysteine) and 180minutes(EDTA))

도 및 활성제 설정에 따라서 감량률을 조절할 수 있을 것으로 생각된다.

Fig. 8은 파파인 농도에 따른 인장강도 측정 결과이다. 활성제 첨가 시 강도는 파파인농도가 증가함에 따라 지속적으로 저하되었다. 따라서 양모직물의 파파인 처리 시 파파인 농도의 증가는 파파인의 활성을 증가시키지만, 동시에 강도저하를 동반함을 알 수 있다. 따라서 파파인의 농도 선정 시 과다한량의 파파인 사용은 지나친 강도저하로 인한 섬유손상을 초래할 수 있음을 고려해야 한다.

이상의 결과, L-cysteine, EDTA 첨가 시 파파인의 최대 활성 조건은 pH 7.5, 온도 75°C, 시간 30분(L-cysteine)과 180분(EDTA)이고 적정 파파인 농도는 활성제의 종류와 강도저하를 고려하여 선정하는 것이 바람직하다.

3.2 L-cysteine, EDTA 농도가 파파인의 활성에 미치는 영향

순수 결정체인 파파인의 분자량은 27,000으로, 파파인은 물에서 콜로이드 상태로 분산되어 양모직물에 처리 시 섬유 내부로 침투할 수 없고 섬유의 표면에 부착 된다¹⁵⁾. 따라서 L-cysteine, EDTA, ascorbic acid 같은 활성제¹⁰⁻¹¹⁾를 첨가하여 파파인의 활성을 높여주어야 한다. 본 연구 <3.1 L-cysteine, EDTA 첨가 시 파파인의 최대 활성 조건>에 대한 고찰 결과, 양모직물의 파파인 처리 시 활성제를 첨가하지 않으면 파파인의 활성이 거의 나타나지 않는다는 사실을 확인하였다. 이어서 파파인 최대 활성 조건 pH 7.5, 온도 75°C, 시간 30분(L-cysteine)과 180분(EDTA)에서 파파인 농도 5%(o.w.f.) 사용 시 활성제 L-cysteine, EDTA가 파파인 활성에 미치는 영향을 규명하고자 L-cysteine, EDTA의 농도를 1, 2, 3, 5, 7, 10%(o.w.f.)로 변화시켜 처리한 후, 감량률, 인장강도, 백도, 표면형태를 측정·분석하였다.

3.2.1 감량률

Fig. 9는 L-cysteine, EDTA의 농도에 따른 감량률을 나타낸 것이다. Fig. 9에서 L-cysteine 첨가 시 감량률은 농도가 증가함에 따라 지속적으로 증가하였다. 이는 파파인은 Thiolprotease로 활성에 관여하는 triol기를 가지고 있으며, bisulphite나 cysteine과 같은 환원제에 의해 활성화되지 않으면 전혀 반응을 일으키지 않는다는 보고⁸⁾와 일치한다. 그러나 EDTA의 경우 농도가 증가함에 따라

점차적으로 증가하여 5%에서 12.36%의 최대 감량률을 나타내었고, 7%에서 감량률은 오히려 저하하였다. 이 결과는 금속이온봉쇄제인 EDTA의 존재시에는 효소의 활성이 전혀 일어나지 않고, L-cysteine와 혼합사용 시에 활성을 나타낸다는 선행연구¹⁰⁾의 결과와는 상반된다. 이는 처리시간의 차이 때문으로, 본 연구에서는 처리시간이 180분이었고 선행연구의 처리시간은 30분으로, EDTA를 활성제로 사용 시 장시간의 처리가 필요함을 확인하였다. 그리고 전반적으로 L-cysteine 첨가 시 감량률이 EDTA 첨가시보다 크게 나타났으며 L-cysteine 2% 첨가 시와 EDTA 7% 첨가 시 각각 10.2%와 9.87%의 유사한 감량률을 나타내었다.

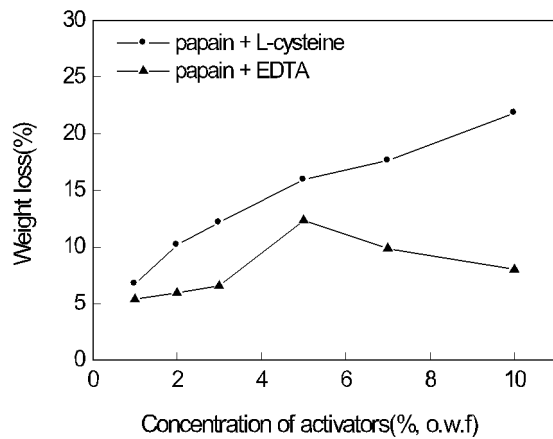


Fig. 9. Effect of L-cysteine and EDTA concentration depending on the weight loss of papain treated fabrics. (Treatment conditions: papain 5%(o.w.f.), pH 7.5, temperature 75°C, treatment time 30minutes (L-cysteine) and 180minutes(EDTA))

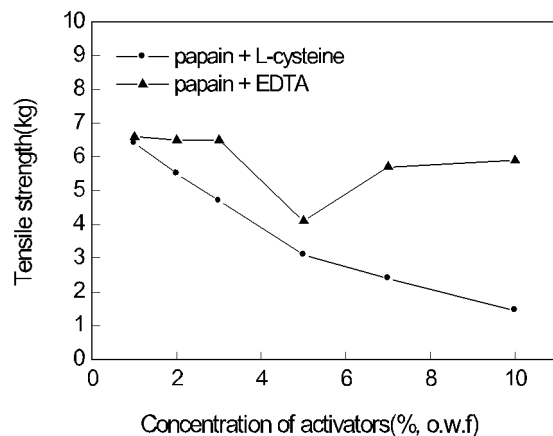


Fig. 10. Effect of L-cysteine and EDTA concentration depending on the tensile strength of papain treated fabrics. (Treatment conditions: papain 5%(o.w.f.), pH 7.5, temperature 75°C, treatment time 30minutes (L-cysteine) and 180minutes(EDTA))

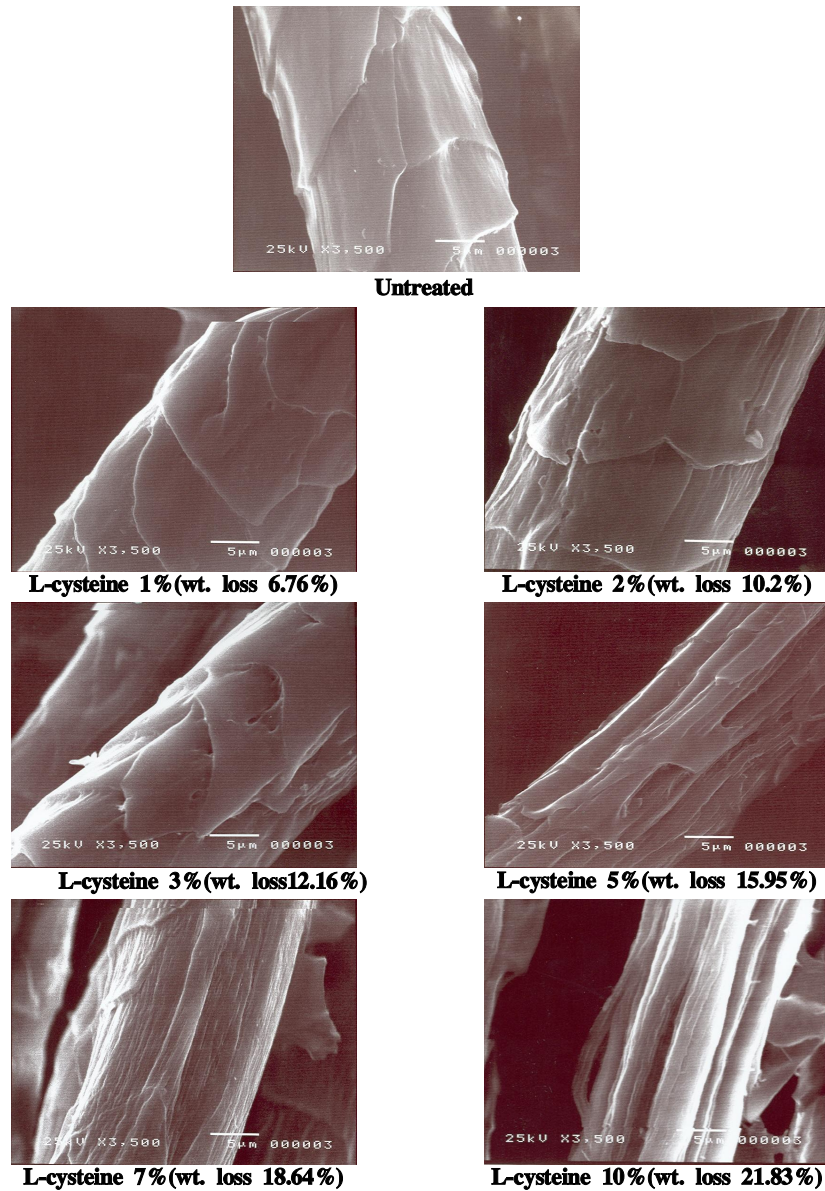


Fig. 11. SEM micrographs of papain treated wool fabrics in the presence L-cysteine (Treatment conditions: papain 5%(o.w.f.), pH 7.5, temperature 75°C, treatment time 30minutes)

3.2.2 강도

Fig. 10은 L-cysteine, EDTA의 농도에 따른 인장강도 측정 결과이다. 강도는 L-cysteine 첨가 시 농도가 증가함에 따라 지속적으로 감소하였다. 그러나 EDTA의 첨가 시 농도가 증가함에 따라 점차적으로 감소하여 5%에서 4.1kg로 최대 강도저하를 나타내는데, 이는 심한 섬유손상 때문이며, 7% 이상 첨가 시 더 이상의 강도저하는 없었다. L-cysteine 첨가 시 강도저하는 EDTA 첨가시 보다 크게 나타났다.

유사한 강도를 나타내는 L-cystein 2%와 EDTA 7% 첨가 시 강도저하율을 산출한 결과, L-cystein 2% 첨가 시 23%, EDTA 7% 첨가 시 20%로, 섬유가공 시 강도저하율은 섬유손상을 고려할 때 20% 내외가 바람직하다는 보고와 일치하는 바, 파파인 농도 5% 처리 시 L-cysteine은 2%, EDTA는 7%가 적정 농도라고 생각된다.

3.2.3 표면형태

Fig. 11, 12는 L-cysteine, EDTA의 농도에 따른 표면형태이다. Fig. 11은 L-cysteine 농도에 따른 표면

형태로, 농도가 증가함에 따라 섬유의 손상이 점차적으로 커짐을 알 수 있다. L-cysteine 1% 첨가 시 섬유표면 전체에 스케일층이 그대로 존재하고, 스케일층의 손상도 관찰되지 않는다. 그러나 2% 첨가 시 스케일층의 일부가 벗겨지기 시작하여 손상이 시작됨을 알 수 있다. L-cysteine 3% 첨가 시 섬유의 스케일층이 벗겨진 부분의 밑으로 드러난 섬유내부에 크랙과 보이드가 나타났다. 5% 첨가 시는 섬유표면의 스케일층이 많이 벗겨지고 섬유내부도 심하게 손상되었으며 7% 첨가 시 대부분의 스케일층이

벗겨져 섬유내부가 모두 드러났으며 크랙과 보이드가 섬유 전체에 분포되어 있다. 10% 첨가 시 섬유의 손상이 극심해져 섬유내부로의 함몰과 섬유축 방향으로 찌개짐이 뚜렷하게 관찰될 뿐 아니라, 섬유의 굵기도 가늘어졌다. 이때의 감량률은 21.83%이다.

Fig. 12는 EDTA 농도에 따른 표면형태이다. EDTA 농도 5%까지는 L-cysteine 첨가 시와 마찬가지로 EDTA의 농도가 증가함에 따라 스케일 표면의요철이 점차적으로 증가하였으나, 그 정도가 L-cysteine보다 훨씬 작았고, 5%의 경우 지나친 섬유

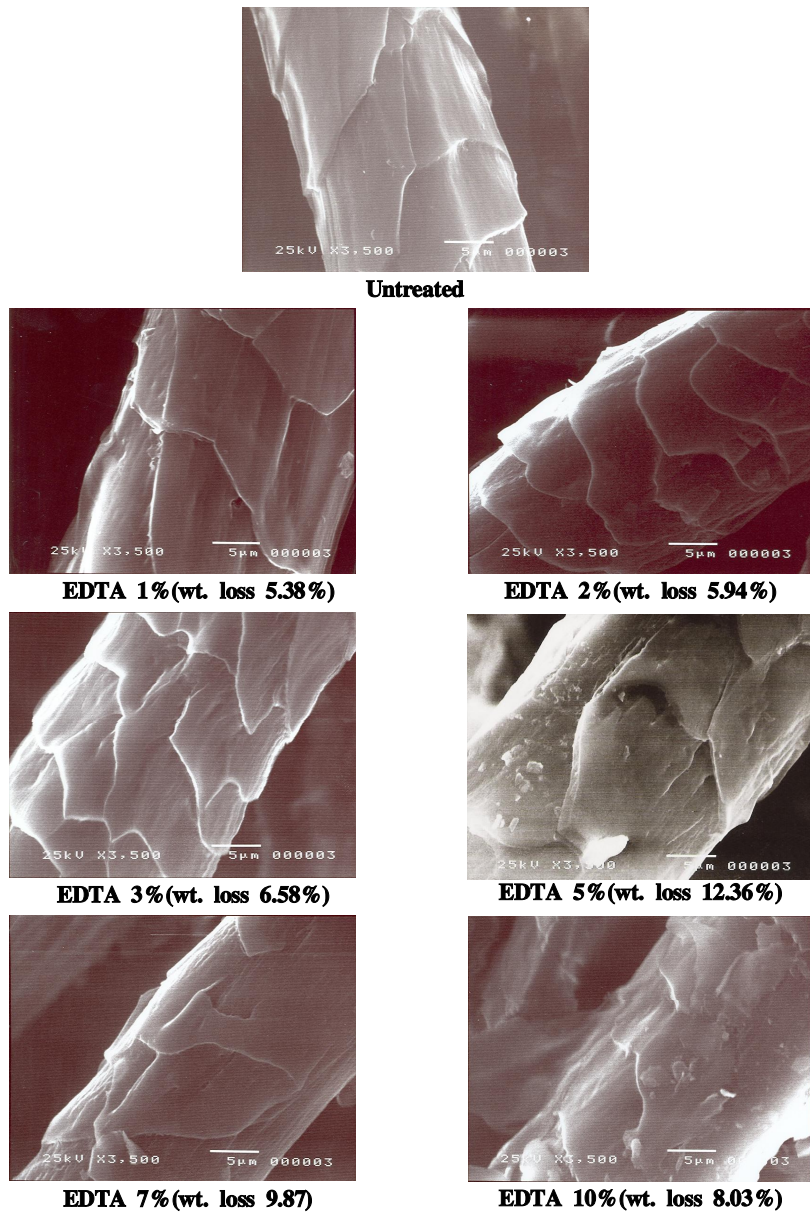


Fig. 12. SEM micrographs of papain treated wool fabrics in the presence EDTA. (Treatment conditions: papain 5%(o.w.f.), pH 7.5, temperature 75°C, treatment time 180minutes)

손상을 보인다. EDTA 7% 첨가 시에는 L-cysteine 농도 2% 첨가 시의 표면형태와 비슷한 결과로, 감량률, 강도저하의 결과는 이로부터 기인한 것이다. 10% 첨가 시에는 손상된 섬유 위로 덩어리 이물질들이 뒤덮혀진 것이 관찰되는데, 이는 과다한 EDTA 첨가에 의해 효소의 응집이 일어나고, 이들이 섬유 표면에 부착된 것으로 생각된다, 이 때의 감량률은 8.03%로 7% 첨가 시보다 오히려 감소하였다.

3.2.4 백도

Fig. 13은 L-cysteine, EDTA의 농도에 따른 백도 측정 결과이다. 백도는 L-cystine, EDTA 첨가 시 활성제의 농도가 증가함에 따라 지속적으로 증가하였다. (중략) 이와 같이 파파인처리에 의해 양모섬유의 백도가 증가하는 것은 파파인이 유색양모단백질을 공격하여 그 일부가 수용성 아미노산으로 분해·용해되어 탈락되었기 때문이다⁷⁾. L-cysteine 첨가 시 백도는 EDTA 첨가 시에 비해 높게 나타났다.

이상의 결과, L-cysteine 첨가 시 파파인의 활성은 L-cysteine 농도가 증가함에 따라 점차적으로 증가하고, EDTA 첨가 시 파파인의 활성은 EDTA 농도 7%까지는 점차적으로 증가하지만 더 이상의 증가는 없으며, EDTA 첨가 시보다 L-cysteine 첨가 시 파파인의 활성증가가 큰 것을 알 수 있다.

따라서, 활성제의 적정농도는 활성제의 종류와 원하는 감량률에 따라 선정하고, 감량률 증가에 따른 강도저하도 고려해야 한다. 본 연구에서 파파인 농도 5% 처리 시, 활성제 L-cysteine, EDTA의 적정

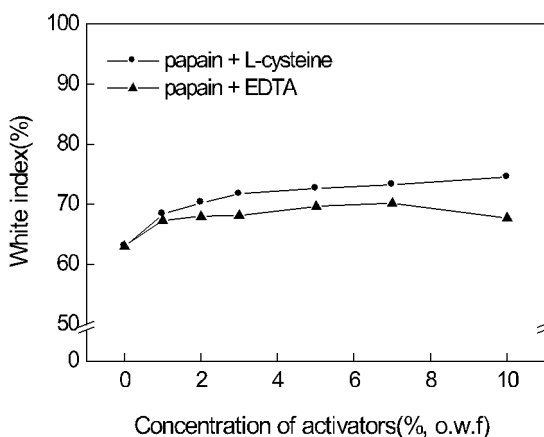


Fig. 13. Effect of L-cysteine and EDTA concentration depending on the white index of papain treated fabrics. (Treatment conditions: papain 5%(o.w.f.), pH 7.5, temperature 75°C, treatment time 30minutes(L-cysteine) and 180minutes(EDTA))

농도는 섬유손상으로 인한 강도저하를 고려할 때 L-cysteine은 2%, EDTA는 7%가 바람직하다고 생각한다. 그러나 파파인의 농도가 달라지면 L-cysteine과 EDTA의 적정 농도는 달라진다.

4. 결 론

본 연구에서 양모직물에 식물성 프로테아제인 파파인 처리 시, 활성제가 파파인 활성에 미치는 영향을 규명하고자, 활성제 L-cysteine, EDTA 첨가 시 파파인의 최대 활성 조건(pH, 온도, 시간, 농도)과 L-cysteine, EDTA의 농도에 따른 파파인의 활성효과를 확인한 결과는 다음과 같다.

양모직물의 파파인 처리 시 활성제를 첨가하지 않으면 파파인의 활성은 거의 일어나지 않는다. L-cysteine, EDTA 첨가 시 파파인의 최대 활성조건은 pH 7.5, 온도 75°C, 시간 30분(L-cysteine), 180분(EDTA)이고 파파인 농도가 증가함에 따라 파파인의 활성도 증가한다. 활성제의 농도는 파파인 농도 5% 처리 시, 섬유손상과 강도저하를 고려할 때, L-cysteine 2%, EDTA 7%가 바람직하다. 그러나 파파인의 농도가 달라지면 L-cysteine과 EDTA의 적정 농도는 달라진다.

참고문헌

1. 송화순 역, "新纖維材料入門", 경춘사, 1996.
2. T. K. Kim, C. S. Sim, M. J. Cho and Y. J. Lim, Modification of Wool fiber by Enzymatic Treatment(2), *J. Korean Soc. Dyers & Finishers*, **5**(3), 34-43(1993).
3. B. S. Hwang, J. H. Lee, and D. L. Kim, A Study on the Shirink Resist Finish of Wool Fabric(I), *J. Korean Soc. Dyers & Finishers*, **13**(4), 46-55(2001).
4. A. J. D. Martin, Observations on the Theory of Felting, *JDSC*, **60**(12), 325-328(1944).
5. W. R. Middlebrook, H. Phillips, The Application of Enzymes to the Production of Shrinkage-resistant Wool and Mixture Fabrics, *JDSC*, **57**(5), 137-144(1941).
6. 吉村 由利香, 大江 猛, 安 部 醇 那 夫, 酵素を用いた羊毛の放畜加功, *加工技術*, **36**(11), 671-675(2001).
7. Y. J. Na, Bio-bleaching Method and Optimum Conditions for Wool Blend Fabrics, *J. Korean*

- Fiber Soc.*, **38**(9), 445-452(2001).
8. 전홍기, "효소학", 부산대학교출판부, 2003.
 9. 정동효, "효소학 개론", 대광서림, 2003.
 10. A. Cavaco-Paulo, G. M. Gubitz, "Textile processing with enzymes", Woodhead publishing limited, 2003.
 11. 이정민, 김진우, 김공주, 구 강, "섬유가공학", 형설출판사, 1997.