

Protease가 섬유 손상에 미치는 영향

송 경 헌 · 양 진 숙 · 최 증 명*

배재대학교 의류학부 · *서원대학교 가정교육과

An Influence of Protease on Damage of Fiber

Kyoung Hun Song · Jin Sook Yang · *Jong Myoung Choi

Dept. of Clothing and Textiles, Paichai University

*Dept. of Home Economics Education, Seowon University

(1997. 11. 24 접수)

Abstract

Protease is mixtured in detergent to remove protein-soil easily. It must not act on the any fiber except protein-soil during laundry. So the purpose of this study is to investigate how protease is affect the fiber, particulary the protein-fiber. For this purpose, silk, wool and nylon are selected as samples, and the extent of the damage was estimated as tensile strength and surface condition (that is fibrillation).

The results are as follows. The tensile strength of fiber treated with protease were lowered at enzyme concentration 0.1%, temperature 40°C, and, as washing time was longer, it was lowered more. And it was showed that the surface of fibers were fibiliated by protease during washing. From this results, it was found that protease damaged protein-fiber. The damage of silk was the largest of all, and wool was less damaged than silk, because it has the scale (cuticle) on the outside. Additionary, an influence of surfactant on damage of fiber was little about three fibers, but, the fibers were damaged more by the binary nonionic-surfactant and protease mixture than by protease only.

Key Words : Damage by enzyme, Protease, Protein-fiber, Fibrillation; 효소에 의한 손상, 단백질분해효소, 단백질섬유, 세섬화

I. 서 론

유럽에서의 오일 쇼크 후 그때까지 행해지던 고온세척이 세척시의 온도를 저하시키기 위하여 효소의 이용이 고양되어 오면서 효소-세제의 복합세척 기구에 대한

연구¹⁾가 지난 10여년간 계속하여 발달을 거듭해 왔다.

특히 종래에는 계면활성제, 칼슘붕쇄제 및 알칼리의 작용이 주된 세척기구였으나 가장 많이 사용되던 트리폴리 인산나트륨이 환경오염 문제로 그 사용이 규제되면서 이를 대체할 수 있는 조제에 관한 연구가 활발히 진행되어 여러 가지 조제가 제안되었고 제올라이트, 탄

산나트륨, 표백제, EDTA 등과 더불어 효소가 세제에 배합되면서 세척기구에 큰 변혁이 일어났다.

효소는 생체 세포에서 생산되는 고분자량의 유기 촉매이며, 단순 단백질 또는 복합 단백질을로서 약 900종이 알려져 있으며 생체내에서 일어나는 물질 대사와 생합성 등에 관여하고, 일반의 화학 촉매와는 달리 비교적 저온(40°C), 상압 및 효소의 종류에 따라서는 중성의 pH 근처에서 그 작용이 최대로 발휘될 수 있는 잇점을 가져 에너지 절약, 기질보호, 공해문제의 측면에서 연구의 대상이 되고 있다. 또한 반응에서 보면 산화 환원 효소, 移轉효소, 가수분해효소, 이탈효소, 異性化효소, 합성효소 등이 있는데 현재 섬유분야에 응용가능한 효소는 가수분해효소로 한정되어 있다.

작용한 의류에는 피부표면의 노화한 표피각질, 혈액 등과 대기중에 부유하는 먼지, 점토물질, 배연, 철분 및 음식, 화장품, 기계유 등이 혼재해 부착하고 있으며, 보통 80~90%의 유기질과 10~20%의 무기질로 조성되어 있다. 무기질 오구는 유기질 오구를 제거하면 동시에 비교적 쉽게 제거될 수 있는데, 가장 제거하기 어려운 것이 유기오구 중의 10~40%를 차지하는 단백질 오구로서, 단백질 오구는 분자량이 10⁶정도이지만 효소로 가수분해 하면 10^{3~4}정도까지 절단되어 계면활성제에 의해 쉽게 탈락될 수 있다. 따라서 세제에 단백질 분해 효소인 프로테아제를 첨가하면 이러한 단백질 오구의 세척성을 65~95%까지 향상시킬 수 있음을 알게 되었다²⁾.

단백질은 여러 종류의 아미노산이 펩티드 결합으로 구성되어 있어 종류가 많기 때문에 여러가지 펩티드 결합에 폭넓게 작용할 수 있는 효소가 선택되어야 하며, 효소가 계면활성제나 알칼리성 물질에서 공존하여도 안정해야 하기 때문에 프로테아제의 활성을 높여 세척성을 증대시키는 것이 주된 문제점으로 부각되었다. 이에 프로테아제의 활성에 주로 영향을 미치는 요인에 대한 연구가 여러 학자에 의하여 행해져 효소의 기질특이성에 관한 연구³⁾, 계면활성제의 구조가 효소의 활성에 미치는 영향⁴⁾, 첨가제⁵⁾, pH^{6,7)}, 온도⁸⁾, 경도^{9,10)}, 계면활성제¹¹⁾ 등이 효소의 활성에 미치는 영향에 대하여 계속 연구되었다. 이러한 결과로부터 40°C의 저온에서도 세척 효과를 나타낼 수 있는 저온 효소¹²⁾ 및 알칼리성 세제에 배합하여도 활성을 유지하는 알칼리성 프로테아제가 출현하기에 이르렀다¹³⁾. 그때의 알칼리성 프로테아

제의 경우 50~60°C의 온도 및 pH 9~11에서도 그 활성이 안정한 것으로 평가되었다.

이상과 같은 연구 결과를 토대로 최근에는 프로테아제 효소가 지방 분해 효소와 함께 세제에 배합되어 시판되므로 대부분의 가정에서 손쉽게 효소 세제를 사용하고 있다. 효소는 원래 기질 특이성을 가져 단백질 섬유에는 영향을 미치지 않고 단백질 오구에만 영향을 미치는 것으로 알려져 있으나 견직물을 효소로 가공, 정련할 경우 견의 유연도는 증가하나 강연성이 떨어지고 감량된다¹⁴⁾는 연구결과도 있고, 최근에는 단백질섬유도 1~2회의 드라이클리닝 세탁을 거친후 물세탁하는 경우가 종종 있기 때문에, 세제에 응용되는 프로테아제가 물세탁의 경우에 단백질 섬유를 손상시키는지 알아볼 필요가 있다. 그러나 이제까지의 타 선행연구에서는 견 섬유 정련시 효소의 응용^{15~20)}, 양모섬유의 축융방지가 공을 위한 효소의 응용^{21,22)} 및 단백질 오구제거를 위한 효소의 세척성 평가^{23~25)}만을 다룬 것이 대부분이고 이들 프로테아제가 세제에 첨가되어 세탁시 단백질섬유의 손상에 미치는 영향에 대한 연구는 거의 이루어지지 않은 실정이다.

따라서 본 연구에서는 세제에 배합되는 단백질 분해 효소인 프로테아제가 단백질 오구의 제거외에 단백질 섬유에 어떠한 손상을 주는지 알아보기 위하여 시료로서 천연 단백질 섬유인 견, 양모와 더불어 이와 유사한 구조를 가진 나일론을 택하여 효소 세척시의 여러 변인을 다르게 하여 세탁한 후 섬유에 대한 손상도를 살펴 보았다. 섬유에 대한 손상 정도는 절단강도와 SEM에 의한 표면상태로서 평가하였다.

II. 실험방법

1. 시험편

본 실험을 위하여 천연 단백질 섬유인 견 및 양모섬유와 더불어 그와 유사한 구조를 갖는 합성 섬유인 나일론을 시료로 선택하였다. 이를 위해 한국 의류 시험 검사소에서 제작, 판매하는 염색 시험용 백포인 견, 양모, 나일론을 정련한후 30 cm×30 cm로 절단하여 사용하였으며 그 특성은 <표 1>과 같다.

2. 시 약

본 실험에 사용한 효소는 세제에 주로 첨가되는 알칼

Table 1. Characteristics of white silk, wool and nylon fabric

Materials Specifications	Silk Fabric	Wool Fabric	Nylon Fabric
Density (ends & picks/5 cm)	276×192	142×136	214×150
Weight (g/m ²)	62.3	102	62
Yarn Number	2.3×2.3/2 Tex	19×15 Tex	7.8×7.8 Tex
Weaves	plain	plain	plain

리성 프로테아제로서 NOVO사에서 생산된 savinase를 사용하였고, 세제성분으로서 LG화학(주)의 음이온 계면활성제(알킬벤젠술포산염, LAS)와 비이온 계면활성제(알킬 폴리옥시에틸렌, AE)를 사용하였다. 모든 세척실험에서는 각종 첨가제나 조제를 배제하고 증류수에 효소와 계면활성제만을 첨가하여 실험하였다.

3. 실험방법

1) 세척실험

프로테아제에 의한 단백질 섬유 손상도를 알아보기 위한 세척 실험시의 조건은 다음과 같다. 효소 농도는 0~0.5%, 처리 온도는 실온~80°C, 처리 시간은 0~80분, 액비는 1:200의 조건으로 각각 drum washer (Sample용, 1kg, 유일기계)에서 3매씩 세척한 후 수세, 탈수, 건조하여 시험편으로 사용하였고 실험의 결과는 이들의 평균치로서 나타내었다.

2) 절단강도 측정

프로테아제 처리 전후의 시험편에 대하여, KS K 0520 절단강도 시험법에 의거해 Electronic Tensile (Testometric 220 d)을 사용하여 절단강도를 측정하였다.

3) SEM(Scanning Electron Microscope)에 의한 분석

육안으로는 확인하지 못하는 섬유의 표면특성을 조사하여 섬유표면의 손상도를 알아보기 위하여 각 변인별 시험편을 주사전자 현미경(SEM, STEREO SCAN 360, Cambridge Instrument Corp. United Kingdom)으로서 1000배로 관찰하여 비교, 분석하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 프로테아제 처리 조건에 따른 섬유의 손상도

1) 프로테아제 농도 변화에 따른 섬유의 절단강도의 변화

증류수에 프로테아제의 농도를 각각 0, 0.01, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5%로 변화시켜 40°C에서 20분간 세척실험한후 절단강도의 변화를 살펴본 결과는 [그림 1]과 같다.

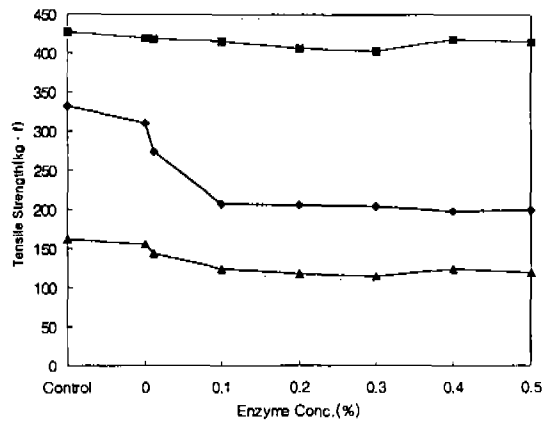


Fig. 1. Relationship between tensile strength and protease concentration. (40°C, 20 min.; ◆-Silk, ■-Nylon, ▲-Wool)

[그림 1]에서 보이는 바와 같이 견, 모섬유 및 나일론은 모두 효소가 전혀 들어가지 않은 증류수만의 세척에서는 대조용 표준포에 비하여 별로 절단장력이 저하지 않아 효소가 첨가되지 않은 경우 드림워셔만의 기계력에 의한 절단강도의 저하는 큰 문제가 되지 않음을 알 수 있다. 그러나 효소가 미약하게 들어간 0.01% 농도에서 모섬유와 나일론 섬유는 절단장력이 약간 저하함에 비하여 견의 경우는 약 40 kg·f의 장력저하를 보여 아주 적은 효소의 첨가로도 견섬유가 영향을 받음을 알 수 있다. 또한 효소의 농도가 증가할수록 장력도 전반적으로 저하함을 보였다.

특히 견섬유의 경우 처리전의 절단하중이 306.8 kg·f이었던 것이 0.1% 효소처리에 의하여 208.3 kg·f로 크게 저하하였는데 0.1%까지 급격한 장력 저하를 보이고 그 이후의 농도 증가에서는 약간 장력이 저하되는 경향

을 보였다. 이러한 결과로부터 단백질 분해효소인 프로테아제에 의하여 천연 단백질 섬유인 견 및 양모섬유가 크게 손상을 받음을 알 수 있었고 견섬유의 손상정도가 다른 섬유에 비하여 더욱 큼을 알 수 있었다.

예비실험시 섬유의 손상 정도가 위사방향과 경사방향 간에 큰 차이가 없어 이후의 모든 실험결과는 경사방향의 자료로 비교, 분석하였다.

2) 처리온도 변화에 따른 섬유의 절단강도의 변화

프로테아제의 온도 변화에 따른 손상도를 알아보기 위하여 처리 온도를 각각 20, 40, 60, 80°C로 변화시켰으며 이때의 효소 농도는 0.3%로서 20분간 세척하였다.

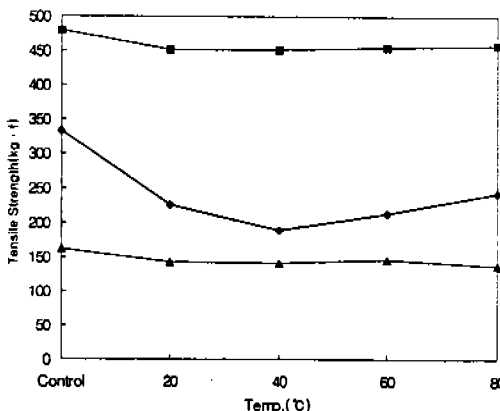


Fig. 2. Relationship between tensile strength and treatment temperature. (0.3% protease, 20 min.; ◆-Silk, ■-Nylon, ▲-Wool)

[그림 2]는 그 결과로서 효소 처리 온도와 절단강도와의 관계를 살펴보면, 견섬유는 처리온도가 증가함에 따라 절단하중이 크게 저하하여 처리 온도 40°C에서 가장 많이 손상되었음을 알 수 있다. 온도가 상승할수록 절단하중이 약간 증가함을 보이는 것은 효소가 40°C에서 최대의 활성을 나타내고 온도가 상승함에 따라 효소가 변성되어²⁶⁾ 활성이 저하됨으로서 섬유에의 작용이 둔해졌기 때문으로 생각되어 프로테아제가 확실히 섬유의 손상에 영향을 미침을 알 수 있다. 그러나 양모와 나일론의 경우는 효소 처리 온도에 그다지 영향을 받지 않는 것으로 나타났다.

3) 세척시간 변화에 따른 섬유의 절단강도의 변화

프로테아제 농도 0.3%, 40°C에서 처리 시간을 각각

10, 20, 40, 80분으로 다르게 하여 세척 실험한 결과는 [그림 3]과 같다. [그림 3]에서 보이는 바와 같이 견섬유는 처리 시간 20분까지 절단강도가 급격히 감소하였고 처리 시간이 증가할수록 더욱 감소함을 보이는데 비하여 양모 섬유는 견 섬유에 비하여 완만한 감소를 보였다.

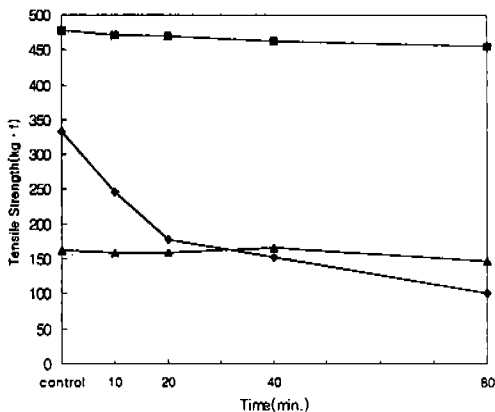


Fig. 3. Relationship between tensile strength and treatment time. (0.3% protease, 40°C; ◆-Silk, ■-Nylon, ▲-Wool)

이와같이 같은 천연 섬유인데도 불구하고 견 섬유에 비하여 양모섬유가 효소 농도, 처리 시간, 처리 온도의 변화에 대하여 큰 손상도 변화를 나타내지 않는 것은 양모섬유의 바깥부분에 있는 스케일이 효소에 의한 침투로부터 섬유를 보호하기 때문인 것으로 생각된다. 나일론의 경우는 천연 단백질섬유와 유사한 화학구조를 가짐에도 불구하고 효소에 의한 손상이 크지 않은 이유는 섬유의 분자량과 밀도가 커서 효소가 쉽게 섬유의 내부에 작용하지 못한 것으로 해석할 수 있다.

2. 계면활성제에 의한 섬유의 손상도

세제에는 여러 계면활성제 및 조제가 배합되어 있기 때문에 세척시의 단백질 섬유의 손상 정도를 알아봄에 있어 순수 계면활성제에 의한 섬유의 손상 정도를 살펴보는 것이 필요할 것으로 생각되어 계면활성제로서 주로 세제에 배합되는 비이온 계면활성제와 음이온 계면활성제에 의한 섬유의 손상 정도를 알아보았다.

1) 비이온 계면 활성제 처리에 의한 절단강도의 변화

비이온 계면활성제는 음이온 계면활성제에 비하여 5

배 정도 더 큰 세척력을 나타내나 본 실험에서는 세척력 평가가 아닌, 손상도를 평가하기 위한 것이므로 음이온 계면활성제와 마찬가지로 0.1%의 농도로 처리하였는데 이러한 농도는 보통의 세제에 함유된 것보다 과량으로서 순수한 계면활성제에 의한 손상 정도를 약간 확대하여 보기 위한 것이다. 처리온도는 40°C이며 처리시간을 10, 20, 40, 80분으로 변화시켜 실험하였다. 그 결과는 [그림 4]와 같다.

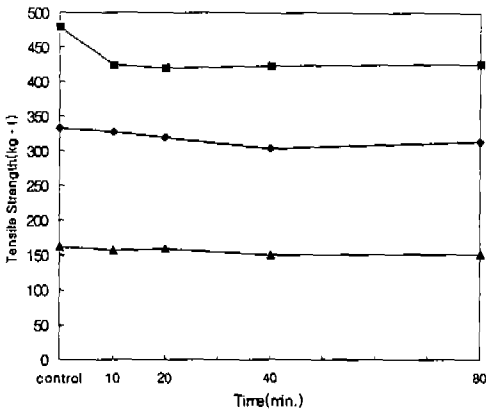


Fig. 4. Relationship between tensile strength and nonionic surfactant treatment. (0.1% surfactant, 40°C; ◆-Silk, ■-Nylon, ▲-Wool)

[그림 4]에서 비이온 계면 활성제를 섬유에 처리할 경우 견 섬유는 처리 시간이 증가함에 따라 절단하중이 약간 감소하였고, 나일론 섬유의 경우 절단하중이 다소 감소하여 비이온 계면 활성제에 의하여 나일론 섬유가 약간의 손상을 입는 것으로 나타났다. 양모는 효소만 처리한 앞의 경우처럼 큰 변화를 보이지 않았다. 이러한 결과로부터 나일론 섬유는 비이온 계면활성제에 의하여 손상을 약간 받으나 견과 양모 섬유는 거의 손상되지 않음을 알 수 있었다.

2) 음이온 계면활성제에 의한 섬유의 절단강도의 변화

비이온 계면활성제의 경우와 마찬가지로 음이온 계면활성제의 농도 0.1%, 처리온도 40°C로 처리시간을 10, 20, 40, 80분으로 변화시켜 실험한 결과는 [그림 5]와 같다.

[그림 5]에서 보이는 바와 같이 세섬유 모두 그다지 큰 변화를 보이지 않았다. 이러한 결과로부터 세제에 배합되는 비이온 및 음이온 계면활성제 0.1%에서 단백

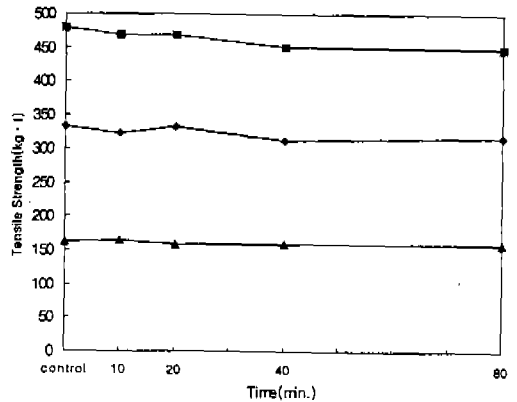


Fig. 5. Relationship between tensile strength and anionic surfactant treatment. (0.1% surfactant, 40°C; ◆-Silk, ■-Nylon, ▲-Wool)

질 섬유가 별로 영향을 받지 않았으므로 실제 세제에 함유되는 계면활성제의 양으로는 섬유에 별 손상을 주지 않음을 알 수 있다.

3) 효소와 계면 활성제 동시 처리시 섬유의 절단강도의 변화

[그림 6]은 비이온 계면 활성제 0.1%에 프로테아제 0.3%를 함께 첨가하여 40°C의 조건으로 처리하였을 때의 절단하중의 변화로서, 여기서 알 수 있듯이 견 섬유 및 나일론 섬유는 처리 시간이 증가함에 따라 절단하중이 감소하나 양모 섬유는 거의 변화하지 않았다.

앞의 [그림 3]에서 견의 경우 효소만을 첨가했을 때에는 세척후 20분까지 절단하중이 약 150 kg·f의 저하량을 보이는 반면, [그림 6]에서 효소에 계면활성제를 첨가하여 동시에 세척한 경우는 견의 절단하중이 세척후 20분까지 비이온 계면활성제의 경우는 저하량이 약 130 kg·f 정도에 그치고, 음이온 계면활성제의 경우는 저하 정도가 약 70 kg·f에 그쳐 계면 활성의 첨가가 효소의 활성을 둔화시킴을 알 수 있다. 따라서 계면활성제가 첨가되는 경우에는 알칼리 buffer를 넣어 효소의 활성을 높여 주어야 하나 단백질 섬유가 알칼리에 약하므로 알칼리도가 높고 효소가 함유되어 있는 시판세제로 세척하는 경우 섬유의 손상에 주의를 요한다. 이로써 섬유의 손상은 계면 활성제에 의한 영향보다는 효소에 의한 영향 때문이라는 결과를 확인할 수 있었다.

또한 [그림 7]은 음이온 계면 활성제와 효소를 동시에 용으로 처리한 경우인데 처리 조건은 비이온 계면 활성

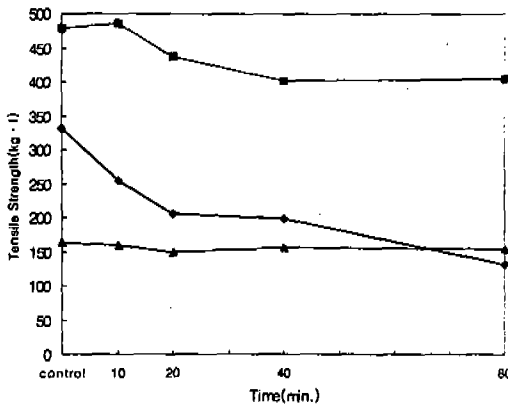


Fig. 6. An influence of protease and nonionic surfactant on tensile strength. (0.3% protease+0.1% surfactant, 40°C; ◆-Silk, ■-Nylon, ▲-Wool)

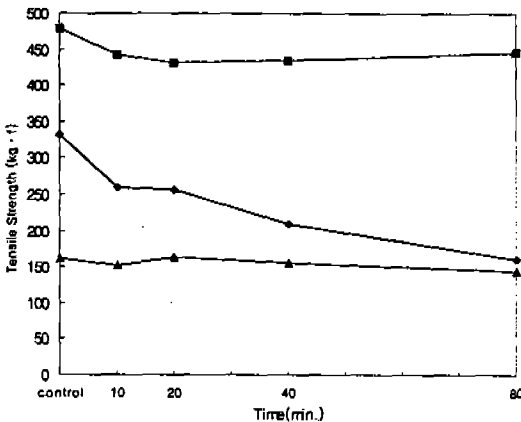


Fig. 7. An influence of protease and anionic surfactant on tensile strength. (0.3% protease+0.1% surfactant, 40°C; ◆-Silk, ■-Nylon, ▲-Wool)

제의 경우와 동일하다. [그림 7]에서 보면, 견 섬유는 처리시간이 증가함에 따라 절단강도가 크게 저하하나, 양모와 나일론 섬유는 처리 시간에 관계없이 절단강도의 변화가 거의 없었다. 이는 [그림 6]의 결과와 동일한데 앞의 [그림 3]과 비교해 볼 때 여기서도 계면 활성제에 의해서 보다는 효소에 의해서 섬유가 더욱 손상되는 것으로 나타났다.

기존의 타 연구에 의하면 효소와 계면 활성제와의 상호 작용에 관한 연구에서 음이온 계면 활성제는 효소의 작용을 방해하는데 비하여 비이온 계면 활성제는 효소의 활성을 더욱 향상시킨다²⁷⁾고 하였는데, 본 실험결과

에서는 효소만 처리한 경우보다 계면 활성제와 효소를 함께 처리한 경우에 절단강도의 저하 정도가 줄어들어 오히려 두 계면활성제 모두 프로테아제의 활성에 좋지 않은 영향을 미침을 알 수 있다. 그러나 섬유손상에 대한 이들 두 계면활성제의 영향을 [그림 6]과 [그림 7]에서 단순 비교하면 견의 경우 비이온 계면 활성제와 효소를 동시에 처리한 경우가 절단강도의 저하폭이 더 커 섬유의 손상 정도 또한 더 크게 나타남을 알 수 있다.

3. SEM 관찰에 의한 섬유표면의 손상도 비교분석

효소에 의한 단백질 섬유의 손상 정도를 절단강도 변화로서 알아본 것만으로는 불충분하게 생각되어 효소 처리 전, 후의 시험편에 대한 주사 전자현미경 관찰로 표면의 손상상태를 살펴보았다.

[그림 8]은 양모 섬유의 표면상태를 관찰한 것인데, 그림(a)는 미처리 시험편으로서 양모섬유 특유의 스케일이 확실히 보이는데 반하여, 0.1% 프로테아제로 처리한 시험편은 그림(b)에서 보이는 바와 같이 양모 섬유 바깥층의 스케일이 약간 손상을 받아 조금씩 떨어져 나간 것을 알 수 있다. 앞의 실험 결과에서 프로테아제 처리후의 절단강도 변화시 양모섬유의 절단강도가 별로 저하되지 않은 것은 이와같이 스케일이 지붕 역할을 함으로서 스케일만 약간 손상을 받을 뿐 효소가 섬유 내부로 침투하지 못함으로서 섬유의 세척화를 일으키지 않아 강도가 그대로 유지된 것으로 생각되었는데 그림(b)로부터 이를 확인할 수 있었다.

동일한 조건하에서 시간만 80분으로 증가시켜 세척한 시험편은 그림(c)에서 보이는 바와 같이 스케일이 상당부분 떨어져 나가고 양모섬유의 표면까지 벗겨져 세척화가 발생되었음을 볼 수 있다. 양모 섬유의 스케일은 epicuticle의 표면에 아주 소수성의 지방산으로 이루어진 또 하나의 층, 즉 F(fatty)-layer(지질층)이 존재하여²⁸⁾ 쉽게 안 없어지는데 세척 시간이 과도하게 증가하면 drum washer의 기계적 마찰이 효소의 작용과 상호 작용을 일으켜 섬유에 대단히 큰 손상을 주는 것을 볼 수 있어 특히 효소가 첨가된 세척시의 경우에는 불필요한 세척시간의 증가는 좋지 않음을 알 수 있었다.

그러나 모든 실험에서 증류수만으로 세척했을 때에는 기계적 마찰력에 의하여 그다지 섬유가 손상이 되지 않

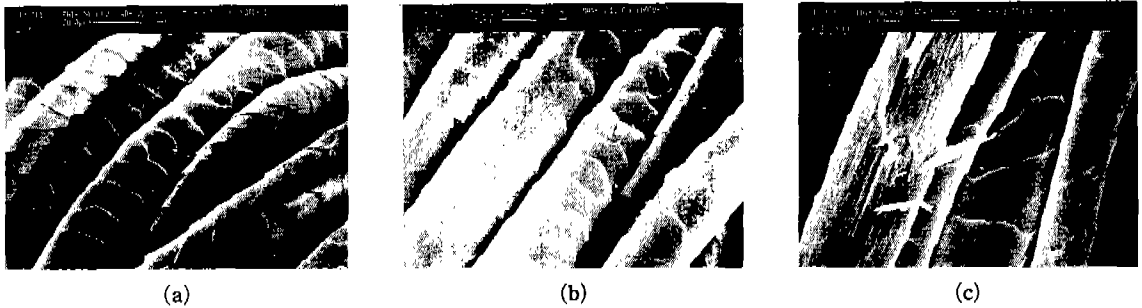


Fig. 8. SEM micrograph of wool [(a) control (b) 0.1%, 40°C, 20 min (c) 0.1%, 40°C, 80 min]

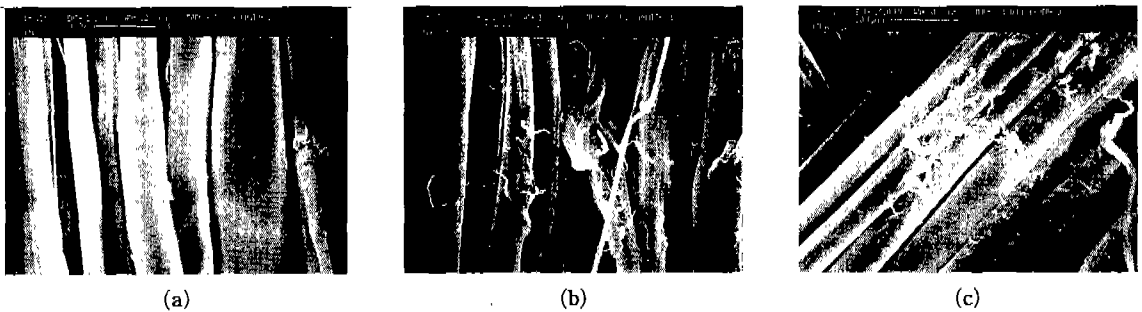


Fig. 9. SEM micrograph of silk [(a) control (b) 0.1%, 40°C, 20 min (c) 0.1%, 40°C, 80 min]

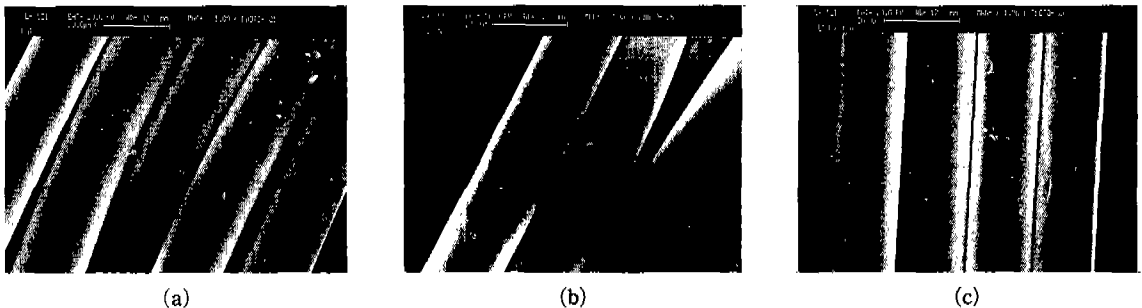


Fig. 10. SEM micrograph of nylon [(a) control (b) 0.1%, 40°C, 20 min (c) 0.1%, 40°C, 80 min]

지만 효소가 첨가되는 경우에 손상이 크게 저하되는 것으로 보아 드럼워셔에 의한 기계적인 힘보다는 효소에 의한 작용이 섬유 손상의 첫 번째 요인이고 시간 증가에 따른 기계적인 힘은 부가적인 요인임을 알 수 있다. 보통의 세척에서의 세척 시간은 20~30분이 소요되므로 양모 섬유의 이러한 시간 증가에 따른 손상은 스케일이 충분히 보호 역할을 할 것으로 사료된다.

그러나 견섬유는 [그림 9]에서 보면 처리전의 상태 (a)의 그림은 표면이 아주 양호하지만, 0.1% 프로테아제로 20분간 세척한 것 (b)은 섬유가 갈라져 섬유의 세

섬화가 심하게 발생되어 소위 peeling 현상이 일어난 것을 볼 수 있다. 이와같이 섬유에 세섬화가 일어나는 경우 섬유의 강도가 현저하게 약해지게 된다. 따라서 이러한 세섬화에 의한 표면 손상은 견 섬유가 효소 처리에 의하여 절단하중이 현저히 저하된 앞의 실험 결과에 대한 주된 원인으로서 효소가 견섬유를 손상시킨다는 결과를 뒷받침해 준다. 이러한 결과로부터 세제에 배합되는 프로테아제가 단백질 오구 뿐만 아니라 단백질 섬유인 견 섬유에까지 작용하여 손상시키는 것으로 해석할 수 있다. 또한 양모섬유와 마찬가지로 동일한

조건에서 세척시간 만을 증가시킨 (c)를 보면, 마찰에 의한 견섬유가 효소의 작용과 더불어 기계적 마찰로서 손상의 정도가 더욱 심하여져 여기서도 효소 첨가시의 세척시간은 대단히 중요한 변인으로서 그나마 효소에 의한 손상만으로 섬유를 보호하기 위해서는 세척시간을 최소화 시키는 것이 바람직함을 알 수 있었다.

[그림 10]은 효소 처리 전, 후의 나일론 섬유의 표면상태로서, 0.1% 프로테아제로 세척하기 전(a)이나 세척한 후(b)의 표면상태가 별로 변화가 없어, 나일론 섬유는 그 구조면에서는 단백질 섬유와 유사하나 분자량과 밀도가 큰 관계로 효소가 섬유내부로 침투하지 못하여 효소 처리에 의해 거의 손상되지 않음을 알 수 있었고, 이와 같이 조밀한 나일론 섬유는 세척시간의 증가에도 별 영향을 받지 않음을 알 수 있었다.

IV. 결 론

세제에 배합되는 단백질 분해효소인 프로테아제가 단백질 오구뿐 아니라 단백질 섬유의 손상에 미치는 영향을 알아보기 위하여, 천연단백질 섬유인 견, 양모, 그리고 이와 유사한 화학 구조를 갖는 합성 섬유인 나일론에 단백질 분해 효소인 프로테아제를 처리하여 그때의 손상도를 살펴본 결과는 다음과 같다.

1. 단백질 섬유를 프로테아제로 처리할 경우 효소농도 0.1%, 처리온도 40°C 그리고 처리시간이 증가할수록 단백질 분해 효소에 의하여 큰 손상을 받는 것으로 나타났다.

2. 견과 양모, 나일론 섬유중에서는 견 섬유가 가장 많이 손상되었다. 나일론 섬유의 손상이 크지 않은 이유는 섬유의 분자량과 밀도가 커서 효소가 쉽게 섬유의 내부에 작용하지 못한 것으로 해석할 수 있으며, 양모 섬유는 스케일의 보호 작용으로 프로테아제의 침해를 적게 받은 것으로 생각된다.

3. 견, 양모, 나일론 섬유 모두 음이온 및 비이온 계면활성제에 의한 손상은 거의 없었으나, 다만 나일론의 경우 비이온 계면활성제에 의하여 약간 손상을 받는 것으로 나타났다.

4. 계면활성제만으로 섬유를 처리한 경우는 손상정도가 적으나 프로테아제와 계면활성제를 동시에 처리하는 경우 손상정도가 커 섬유의 손상에는 계면활성제보다는 효소의 작용이 지배적임을 알 수 있었다.

5. 프로테아제에 의한 섬유의 손상으로 절단강도가 저하되는 것은 효소에 의한 fibril화 즉, 섬유의 세섬화 때문임을 SEM에 의한 표면사진으로부터 확인할 수 있었다.

따라서 이상과 같은 결과로부터 단백질 오구에만 기질 특이성을 발휘하여 오구를 제거하여야 할 단백질 분해 효소가 단백질 섬유에까지 침투하여 섬유물 세섬화 시킴으로서 큰 손상을 입히는 것으로 나타나, 시판되는 효소세제를 사용하여 단백질 섬유로 된 의류를 세척할 경우 세심한 주의가 요구된다.

참 고 문 헌

- 1) 川畑弘一外 1人, 纖維工業における酵素の利用について, 染色工業, 38(8), 431-436 (1990)
- 2) 大門浩作, 纖維加工における酵素の利用, 洗濯の科學, 39(1), 11-22 (1994)
- 3) 所廉子外 1人, 血液蛋白質汚染の洗滌に關する研究(第3報), 織消誌, 26(3), 123 (1985)
- 4) L. Kravetz et al, "Effect of surfactant structure on stability of Enzymes formulated into Laundry liquids", *JAACS*, 62(5), 943 (1985)
- 5) Masako Sato外 2人, "The effect of builders on the activity of protease enzymes", *JAACS*, Vol 67, No 11, 711-716 (1990)
- 6) F.W.J.L. Maase et al, "The benefit of detergent enzymes under changing washing condition", *JAACS*, 60(90), 1672 (1983)
- 7) 所美る外 1人, "血液に改質汚れの洗淨に關する研究(第4報)", 織消誌, 26(11), 479 (1985)
- 8) M.H. Nielsen et al, "Enzymes for low temperature washing", *JAACS*, 58(3), 644 (1989)
- 9) 皆川基外 1人, "無リン洗劑における洗淨に關する研究(第4報)", 織消誌, 26(5), 215 (1985)
- 10) 佐藤昌子, "無リン洗劑における洗淨に關する研究(第6報)", 織消誌, 27(4), 170 (1986)
- 11) 所廉子外 1人, "血液蛋白質汚染の洗淨に關する研究(第6報)", 織消誌, 28(3), 116 (1987)
- 12) M.H. Nielsen et al, "Enzymes for low temperature washing", *JAACS*, 58(3), 644 (1989)
- 13) 村上幸子外 2人, "酵素の安定化に關する研究(第1報)", 油化學, 32(9), 493 (1983)
- 14) Iida, Hiroshi, "Refining of silk by alkali protease." *Seni kako*, 1971, 23(7), 485-9 (8)578-84.
- 15) SV Pichkhadze, "Degumming of natural silk by

- enzymes", *Tekst. Prom-sri*, (6) (1985) 61: *Chem. Abs.* 104, 20655m
- 16) I Hiroyuki "Enzyme degumming of silk using proteolytic enzymes", *Kyizine ti Seureb Senshoku*, 38 (2) (1987) 38: *Chem. Abs.*, 108, 96015.
- 17) Y W Lee et al., "A study on the handle of the silk faric degummed with enzyme", *Hanguk Chamsa Hakhoechi*, 29(2) (1987) 67: *Chem. Abs.*, 108, 96015.
- 18) M.L. Gulrajani, "Degumming of silk." *Rev. Prog. Coloration*, 22, 79-89 (1992)
- 19) R N Grebeshova et al., "Application of proteolytic enzyme preparation in manufacturing natural silk", *Pangukl Biokhim Mikrobiol.*, 8(6)(1972) 866: *Chem. Abs.*, 78, 44841q.
- 20) Pyong Ki Pak, "A Comparative study on the raw cocoon dugumming of soap and protease", *Sumyu KonghakHoeji*, 14(3)(1977) 94: *Chem. Abs.*, 87, 202940p
- 21) 임용진의 3인, "양모염색에 있어서 표면장벽의 영향—표피제거 양모의 염색성", *한국섬유공학회지*, 21(5), 53 (1984)
- 22) D.K. Al-Hariri, et al, "Surface barrier effects in wool dyeing part II", *J.S.D.C.*, 95(12), 432 (1979)
- 23) 佐藤昌子, "無リソ洗劑における洗淨に関する研究(第7報)", *織消誌*, 29(4), 146 (1988)
- 24) 佐藤昌子, "無リソ洗劑における洗淨に関する研究(第8報)", *織消誌*, 29(4), 155 (1988)
- 25) Novo Information, B 429d-GB 2500 July, 1989.
- 26) J.A. Howell, "Enzyme Deactivation During Cellulose Hydrolysis", *Biotechnol & Bioeng.* 20, 847-863 (1978)
- 27) 村上幸子外 2人, "酵素の安定化に関する研究(第2報)", *油化學*, 33(3), 148 (1984)
- 28) 윤성도의 2인, "Potassium tert - Butoxide 처리 양모의 효소처리 및 염색성에 관한 연구", *염색가공학회 발표*, (1997)