

〈研究論文(學術)〉

효소처리에 의한 양모섬유의 개질(II)

—효소처리 양모의 염색성 고찰—

김태경, 심창섭, 조민정, 임용진

경북대학교 공과대학 염색공학과
(1993년 8월 27일 접수)

Modification of Wool Fiber by Enzymatic Treatment(II)

—The Dyeing Behavior of Wool Fiber Enzyme-treated—

Tae Kyeong Kim, Chang Seop Sim, Min Jeng Cho and Yong Jin Lim

Department of Dyeing and Finishing, College of Engineering
(Received August 27, 1993)

Abstract—In the prior study, wool gabardines were treated with alkaline proteases which were some kinds of enzyme to decompose protein, and their tensile strengths were determined, and the surface of the fibers were also observed using a scanning electron microscope. Enzylon ASN 30 and Alkalase 2.5L DX did not show much effect on the weight loss of wool, however, the weight loss of wool increased considerably with treating Esperase 8.0L. Pretreatment of wool with dichloroisocyanuric acid before protease-treatment increased the weight loss of wool to a great extent.

In this study, the enzyme treated wools dyeing behaviors with acid dye, Milling Cyanine 5R, were mainly investigated. The protease-treatment remarkably increased not only the rate of dyeing but also the saturation dye uptake. From these results, it seemed likely that the structural relaxation of adhesive filler of interscale or intercellular cement facilitated the dye penetration into the fibers, at the same time, the change in the inner structure of the wool fibers by the protease made the fixation of the dyes more efficient.

1. 서 론

효소는 단백질로 된 생체촉매로서 생체내에서 일어나는 물질대사와 생합성 등에 관여하고 있으며 일반의 화학촉매와는 달리 상온, 상압 및 중성 근처에서의 온화한 조건에서 그 작용이 최대로 발휘되는 이점이 있다. 따라서 최근 에너지 절약, 공해문제 및 기질보호 등의 측면에서 효소의 이용이 큰 관심을 끌고 있으며, 이미 식품, 세제, 의약, 섬유공업 등에서는 널리 실용화되고 있다.¹⁾ 섬유공업에서 효소의 이용은 α -amylase의 전분

호발, protease의 견섬유의 정련에서 오래전부터 사용되어 왔고, 최근에 섬유제품의 부가가치를 높이기 위해 cellulase에 의한 면의 감량가공 또는 유연화, 마의 촉감 개선, jeans의 세척 및 protease에 의한 모섬유의 개질, 표백 후 catalase에 의한 잔류 과산화수소의 제거 등 효소를 섬유가공에 광범위하게 이용하려는 연구가 이루어지고 있다.^{2~6)}

양모섬유에의 효소의 이용은 모직물의 방축가공을 목적으로 처음 시도되었다. 양모섬유의 표면은 스케일이라고 부르는 큐우티클 세포로 이루어져

있으며 이것은 모근 방향과 모선단 방향에 있어서의 마찰계수의 차이를 낳아 섬유가 한 방향으로 움직인 후 원위치로 되돌아올 수 없게 한다. 따라서 양모는 그 특유의 보온성, 흡습성, 신축성 등의 우수한 성질에도 불구하고 스케일 구조로 인한 펠트화 현상 때문에 세탁을 반복하는 동안 수축되고 촉감이 경화되는 약점이 있다.⁹⁾ 따라서 스케일을 제거하기 위한 여러가지 방법이 이용되고 있다. 그 중 화학적 처리 방법은 스케일의 끝부분을 제거하는 방법과 스케일을 피복시키는 방법이 있다. 전자는 유기염소화합물, 과황산이나 과망간산칼륨 등의 염소, 산화제를 사용하는 처리법이고^{10~11)} 후자는 계면중합, 유기용제 중에서의 고분자 수지처리, 염소화·산화 처리 후 고분자 수지를 피복시킴으로써 양모 표면에 피막을 형성시키는 방법이다.^{11~15)} 그러나 이들은 처리후의 황변이나 촉감불량 등의 문제점을 내포하고 있다. 이에 반해 효소 처리는 그러한 방축성을 부여하는 것 외에도, 촉감이나 광택이 오히려 향상될 수 있다는 점에서 많은 관심을 받아오고 있으며 또한 생태학적인 관점에서 바람직하다.

따라서 Middlebrook 등은 비교적 온화한 조건에서 단백질 분해 효소인 Trypsin이나 Papain으로 양모를 처리하여 모직물에 방축성을 부여했다.^{16~17)}

양모단백질 분해 효소로는 파파야에서 추출된 식물성 protease인 파파인과 마른풀균(*Bacillus*속) 기원의 protease가 알려져 있으며, 파파인은 중성에서, 마른풀균 기원의 protease는 알칼리성 영역에서 pH 특성을 가진다.¹⁸⁾

한편 최근에는 방축가공의 목적 외에도 촉감개선, 광택부여, 염색성 향상 등의 측면에서 효소를 이용하려는 노력이 계속되고 있다.

저자들은 전번 연구에서 양모의 효소 개질에 대한 기초 실험으로 모직물을 시판 단백질 분해 효소로써 처리한 후, 그에 따른 표면구조의 변화, 중량감소를, 그리고 강도변화 등의 물성에 대해서 주로 고찰하였고 본 연구에서는 그 중 가장 효과적인 Esperase 8.0L로 처리한 양모의 염색성을 주로 고찰하였다.

2. 실험

2.1 시료 및 시약

2.1.1 시 료

순모 gabardine(제일모직(주)) 직물을 사용하였다.

2.1.2 단백질 분해 효소

Enzylon ASN 30(일본 落東化成), Alcalase 2.5L DX(Novo Industry) 및 Esperase 8.0L(Novo Industry)는 시판품을 사용하였다.

2.1.3 염 료

Milling Cyanise 5R(C. I. Acid Blue 113)는 시판품을 N, N-dimethylformamide(DMF)로 추출한 후 에탄올로 2차 재결정하여 사용하였다.

2.1.4 pH 조정용 시약

Boric acid, Potassium chloride, Sodium carbonate, Acetic acid, Sodium acetate anhydrous, Potassium dihydrogenphosphate, sodium phosphate 등은 1급 시약을 그대로 사용하였다.

2.1.5 그 외 시약

Dichloroisocyanuric acid(DCCA), Sodium bisulfite, Sodium sulfate, Pyridine 각 시약은 시약 1급을 정제하지 않고 그대로 사용하였다.

2.2 실험방법

2.2.1 효소처리

욕비 50 : 1의 pH 8.5 완충용액(Boric acid/Potassium chloride/Sodium carbonate) 내에서 60°C에서 일정 시간 처리한 후 충분히 수세하고 실온에서 건조하였다.

2.2.2 DCCA 처리

욕비 30 : 1, pH 4.5(acetic acid), 10% o. w. f sodium sulfate를 사용하여 25°C에서 모직물을 10분간 침적한 후 dichloroisocyanuric acid(DCCA)를 넣고 30분 후에 40°C로 승온하여 60분간 처리하였다. 처리된 직물은 욕비 30 : 1, 2g/l의 sodium bisulfite 수용액 내에서 40°C에서 20분간 처리한 후 수세, 건조하였다.

2.2.3 염색

효소처리 및 미처리 모직물을 각각 0.04g씩 용비 1000 : 1, pH 5.5의 완충용액(acetic acid/sodium acetate anhydrous) 내에서 일정시간 염색하였다.

2.2.4 염착량 측정

염색 후 수세, 건조한 시료를 25% pyridine 수용액으로 90°C에서 완전히 추출한 후 추출액의 흡광도를 측정하여 미리 작성한 검량선으로부터 염착량을 구하였다. 이때 사용한 기기는 Shimadzu UV-2100 spectrophotometer였다.

2.2.5 감량률 측정

효소처리 전후의 건조무게를 측정하여 구하였다.

2.2.6 인장강도 측정

KS K 0409에 준하여 Shimadzu AGS-500A로 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

Fig. 1~3은 전보²⁰⁾에서 행한 실험으로 Fig. 1은 세 가지의 시판 단백질 분해효소를 3% o. w. f로 각각 사용하여 60°C, pH 8.5의 완충용액 내에서 처리시간에 따른 양모의 감량률을 나타낸 것으로 이때의 처리조건(60°C, pH 8.5)은 예비실험으로 얻은 최대 효소 활성 조건이었다. 그림에서와 같이 Enzylon ASN 30과 Alcalase 2.5L DX의 경우는 처리시간에 따른 감량률은 거의 없거나 아주 미약한데 비해 Esperase 8.0L의 경우는 3시간 처리시 6%로 가장 큰 감량률을 나타내고 있다. 이는 Esperase 8.0L이 serine형의 endo-protease¹⁹⁾로서 양모의 peptide 결합의 중간에 작용하여 이를 가수분해시키기 때문인 것으로 생각된다.

Fig. 2에서는 Fig. 1에서 나타난 세 가지의 효소 중 가장 효과가 큰 Esperase 8.0L에 대해 dichloroisocyanuric acid(DCCA)로 미리 전처리한 후²⁰⁾ 효소로 처리하였을 때의 감량률의 변화를 나타내었다. DCCA 전처리를 하지 않고 바로 효소처리한 경우에는 3시간후의 감량률이 6% 정도인데 반해 각각 2%, 3% o. w. f의 DCCA로 전처리를 한 후 효소처리를 한 경우의 감량률은 각각 15%, 19%

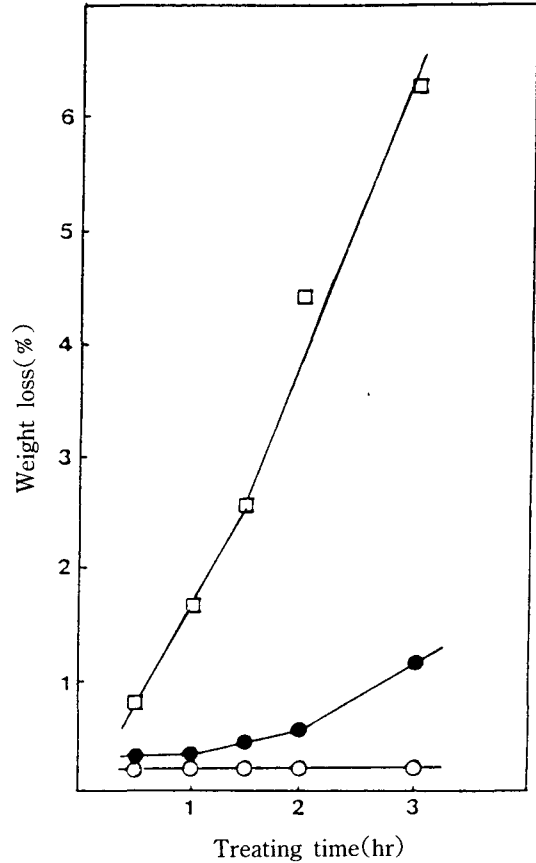


Fig. 1. Weight loss of wool by treatment of 3% o. w. f of protease at 60°C, pH 8.5.
 ○— Enzylon ASN 30
 ●— Alcalase 2.5L DX
 □— Esperase 8.0L

정도인 것으로 보아 DCCA 전처리에 의해 효소처리의 효과가 크게 향상됨을 알 수 있다.

Fig. 3은 Fig. 2에서 처리한 각각의 양모섬유의 인장강도를 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 강도 저하는 감량률에 직선적으로 비례함을 알 수 있다. 또 감량률에 비해 강도 저하가 아주 심하게 일어남을 알 수 있는데 이는 양모의 손상된 표면으로부터 효소가 침투하여 양모 전체 사이를 삼차원 망상으로 둘러싸고 있는 세포막 복합체(cell membrane complex)의 일부가 파괴되어 세포간접착층의 구조가 이완되기 때문이라고 알려져 있다.^{20, 29)} 세포막 복합체는 각각 지질 20%, 가교밀도가 아주 낮은 비케라틴 단백질로 이루어진 세포간

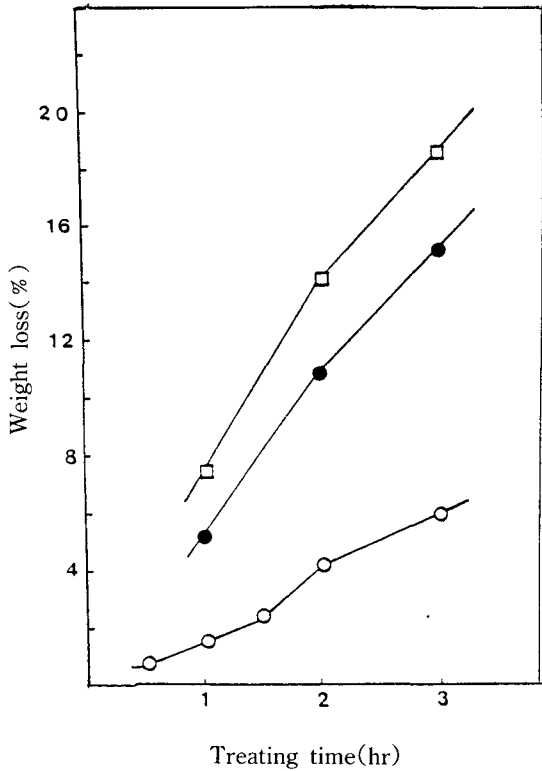


Fig. 2. Weight loss of wool pretreated with DCCA by treatment of 3% o.w.f of Esperase 8.0L at 60°C, pH 8.5.

- untreated
- pretreated with 2% o.w.f of DCCA
- pretreated with 3% o.w.f of DCCA

접착층(intercellular cement) 30%, 그리고 코텍스(cortex)와 큐우티컬(cuticle) 세포를 둘러싸고 있는 화학적으로 저항성이 큰 막 45%로 구성되어 있는 것으로 양모 성분 중에서 유일하게 존재하는 연속상 물질로서(Fig 4)²¹⁾ 전체 양모 중 3% 밖에 차지하고 있지 않지만 양모의 조직 중에서 가장 유동성이 좋고 섬유 중의 물질 이동이 쉬우므로 그것의 변화가 물성에 미치는 영향은 아주 크다.³⁰⁾

Fig. 5는 효과가 가장 큰 Esperase 8.0L로 각각 6%, 9%, 12% 감량시킨 모직물을 산성염료인 Miling Cyanine 5R로 50°C, pH 5.5의 조건에서 염색

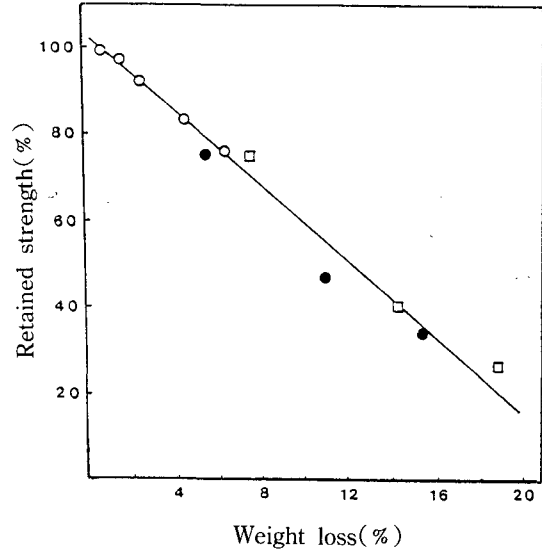


Fig. 3. Relationship between weight loss and retained strength of wool treated with 3% o.w.f of Esperase 8.0L at 60°C, pH 8.5.

- untreated
- pretreated with 2% o.w.f of DCCA
- pretreated with 3% o.w.f of DCCA

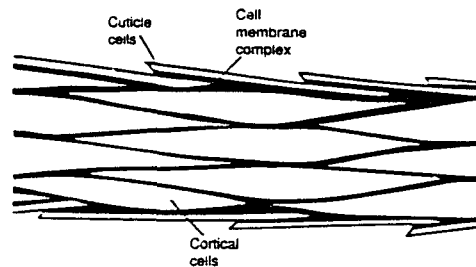


Fig. 4. Simplified schematic diagram of the cuticle, cortex and cell membrane complex of wool fiber.

시킨 염색속도곡선이다. 효소처리를 하지 않은 양모의 경우보다 처리를 한 경우에 속도가 훨씬 더 증가함을 볼 수 있으며, 12% 감량된 양모의 경우에는 미처리 양모의 경우에 비해 3배 이상이나 더 증가된 것을 볼 수 있다. Table 1은 각각에 대한 반염시간을 나타낸 것이다.

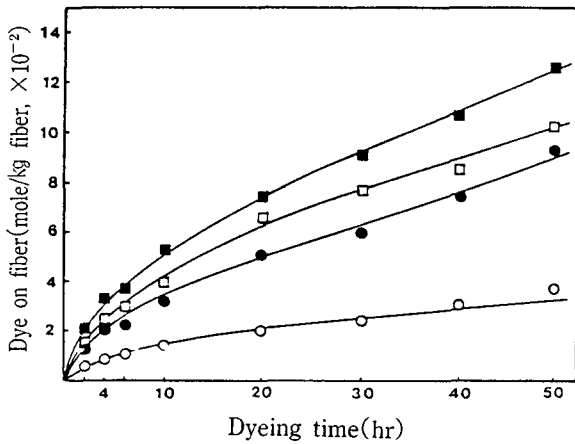


Fig. 5. Dyeing rate of Milling Cyanine 5R at 50°C and pH 5.5 on wool treated with Esperase 8.0L. Weight loss is 0% (○, untreated), 6% (●), 9% (□), 12% (■)

Table 1. Half-dyeing time of wools treated with Esperase 8.0L

Half-dyeing time, $t_{1/2}$ (hr)			
untreated	6% w.l.	9% w.l.	12% w.l.
63	37	31	26

양모염색에 있어서 염료가 양모의 내부로 침투해 들어가는 경로는 Fig. 6에 보는 바와 같이 두 가지 경로가 있다. 하나는 스케일을 이루고 있는 큐우티클층을 통과해서 확산되어 가는 경로(transcellular diffusion pathway)이고 다른 하나는 스케일 사이로 확산되어 가는 경로(intercellular diffusion pathway)이다.²¹⁾

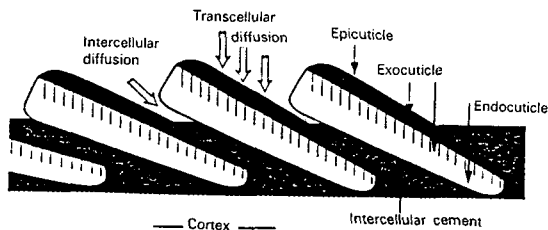


Fig. 6. Diffusion pathways for dyes into wool.

일반적으로 양모염색에 있어서 표면의 스케일이 염색의 barrier로 작용하여 염료의 침투를 저해하는 것으로 알려져 있다.^{22, 23)} 효소처리에 의해 염색 속도가 현저히 증가하는 것은 그러한 스케일이 부분적으로 손상 또는 탈리됨과 동시에 스케일 사이의 세포간 접합층의 구조가 이완됨으로써 염료의 침투가 용이해지기 때문이다. 上甲등은 양모섬유의 연신에 의한 염색속도를 고찰함으로써 세포간 접합층의 구조이완에 의해 염색속도가 증대됨을 보고하였다.²⁴⁾

Fig. 7은 acetophenone의 첨가에 의한 양모의 염색속도곡선을 나타내는 것으로²⁵⁾ acetophenone의 첨가한 경우가 다른 유기용제를 첨가했을 때나 아무것도 첨가하지 않았을 때보다 훨씬 높은 염색속도를 나타내고 있는 것이 효소처리의 경우와 비슷한 양상으로 아주 흥미로운 결과를 보여주고 있다. 이 경우 역시 acetophenone의 첨가에 의해 양모의 미세구조가 변하는 것에 일부 그 원인이 있는 것으로 보고되었다.

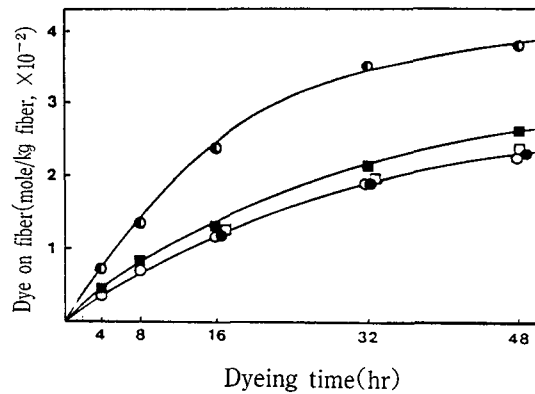


Fig. 7. Effect of solvents on the apparent rate of wool dyeing with Milling Cyanine 5R at 50°C and pH 5.5. Concentration of all solvents was 0.04 mole/l. benzyl alcohol(■), 3-pentanone(□), cyclohexanone(●), acetophenone(◐), none(○).

Fig. 8은 저온 플라즈마 처리와 descale에 의한 양모의 염색속도를 나타내는 것으로²⁶⁾ 이 역시 처리하지 않은 경우 보다 저온 플라즈마 처리를 한 경우나 descale된 양모의 경우가 훨씬 증가된 염색속도를 나타내고 있다. 이 경우도 역시 descale

또는 저온 플라즈마 처리에 의해 스케일의 손상 또는 탈리와 함께 세포간 접착층의 구조이완이 염색속도를 증가시키는 요인으로 보고하고 있다.

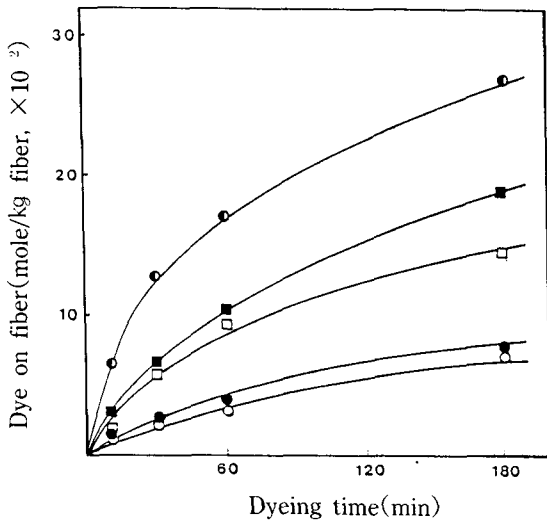


Fig. 8. Dyeing rate of Miling Cyanine 5R at 60°C and pH 5.5 on wool treated with low-temperature plasma.²⁶⁾ untreated(●) descaled(◐), O₂ plasma(■), CF₄ plasma(□), CH₄ plasma(○)

일반적으로 일정한 온도에서 직경이 r인 실린더형 섬유 염색초기에는 다음과 같은 근사식이 적용된다.^{21, 27)}

$$\frac{C_t}{C_x} = 4 \sqrt{\frac{D_t}{\pi r^2}} \dots \dots \dots (1)$$

식 (1)에서 C_t 및 C_x는 각각 t 및 평형에서의 염착량을 나타내며 D는 확산계수를 나타낸다. 따라서 C_t/C_x를 √t에 대해 표시하면 직선을 얻을 수 있는데 이 직선의 기울기는 확산계수의 제곱근에 비례하므로 섬유중으로 염료의 이동이 얼마나 용이한가를 나타내는 척도로 사용될 수 있다.

Esperase 8.0L로 각각 6%, 9%, 12% 감량시킨 양모와 미처리 양모의 경우를 식 (1)에 근거하여 C_t/C_x와 √t의 관계를 Fig. 9에 나타내었다. 그림에서 알 수 있듯이 미처리 양모에 비해 처리한 양모들의 기울기가 더 크게 나타나는 것을 알 수 있다. 이는 염색속도곡선에서 알 수 있었던 바와 같이 염료 침투에 대한 barrier로 작용을 하는 양모 표

면의 스케일이 효소처리에 의해 일부 제거되고 또한 세포간 접착층의 구조이완에 의해 염료의 이동이 쉬워졌음을 단적으로 나타내주는 것이다. 식 (1)에 근거할 때 완전한 직선이 되어야 하지만 실제로는 원점 근처에서 아래로 볼록한 곡선을 나타내 보이는 것은 스케일이 완전히 제거되지 않고 여전히 남아 있음을 나타내어 주는 것이다. 그러므로 잔존하는 barrier효과에 의해 염료의 초기침투속도가 이론적인 값보다 늦어지기 때문이다.

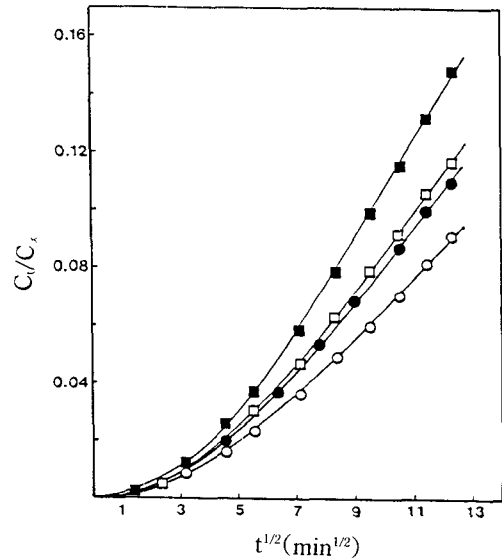


Fig. 9. Relationship between C_t/C_x and t^{1/2} of Miling Cyanine 5R at 50°C at pH 5.5 on the wool treated with Esperase 8.0L. Weight loss is 0% (○, untreated), 6% (●), 9% (□), 12% (■).

이 또한 저온 플라즈마 처리한 양모의 경우나 descale된 양모의 경우와 아주 비슷한 양상을 보인다. Fig. 10²⁶⁾과 Fig. 11²⁵⁾가 각각 저온 플라즈마 처리 양모와 descale된 양모의 C_t/C_x에 대한 √t의 관계이다. 미처리 양모에 비해 저온 플라즈마 처리 양모나 descale된 양모의 초기 염색속도가 큼을 알 수 있다. Descale의 정도에 따라 선의 모양이 오히려 위로 볼록해지는 경우가 있는데(Fig. 11) 이는 barrier로 작용하던 스케일이 제거됨에 따라 거칠고 매우 다공성인 keratin층이 노출되어 염료의 초기 염착이 오히려 커진 결과로 이와 비슷한 결과는

거친 keratin막을 이용한 염료의 침투실험²⁸⁾에서도 볼 수 있다.

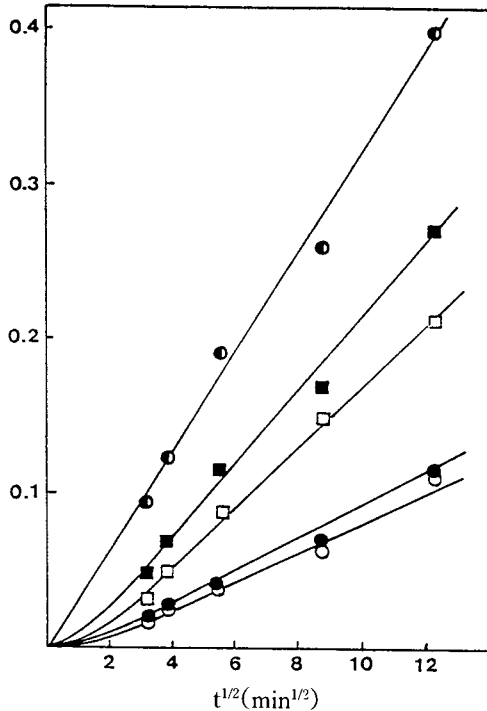


Fig. 10. Relationship between C_t/C_∞ and $t^{1/2}$ of Milling Cyanine 5R at 60°C at pH 5.5 on the wool treated with low-temperature plasma. untreated(●), descaled(◐), O₂ plasma(■), CF₄ plasma(□), CH₄ plasma(○)

Fig. 12는 Esperase 8.0L에 의해 각각 6%, 9%, 12% 감량시킨 양모의 흡착등온선을 나타낸 것이다. 이들은 모두 전형적인 Langmuir형을 보이고 있어서 효소처리에 의해 염착기구 자체에는 변화가 없는 것으로 생각된다. 그러나 평형염착량이 미처리 양모에 비해 처리 양모가 훨씬 크게 나타나며 12% 감량시킨 양모의 경우에는 미처리 양모의 경우보다 거의 2.5배에 달하는 염착량의 증가를 보이고 있다. 효소처리가 양모의 표면에만 작용했다면 염색속도에만 영향을 미칠 뿐 평형염착량의 증가는 보이지 않을 것이다. 그러나 실제로 평형염착량의 증가를 보인다는 것은 효소가 양모의 표면에만 작용을 하는 것이 아니라 양모의 내부에까지 작용해 내부구조를 크게 변화시킨 때문이라고

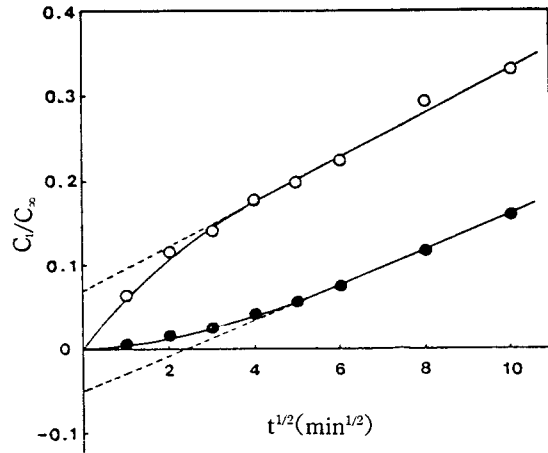


Fig. 11. Relationship between C_t/C_∞ and $t^{1/2}$ of Milling Cyanine 5R at 70°C at pH 5.5 on descaled wool fibers. normal wool(●), descaled wool(○)

생각할 수 있다. Esperase 8.0L은 serine형의 endo-protease¹⁹⁾로서 peptide결합의 중간에 작용하여 이를 가수분해시킴으로써, 스케일의 제거나 세포간 접착층의 구조이완과 더불어 양모의 내부구조를 변화시켜 염료이동이 촉진되고, 섬유내부로 침투한 염료가 이온결합을 비롯한 수소결합, 소수성결합 등에 의해 염착이 증가되어 결국 평형염착량이 증가된다고 생각된다.

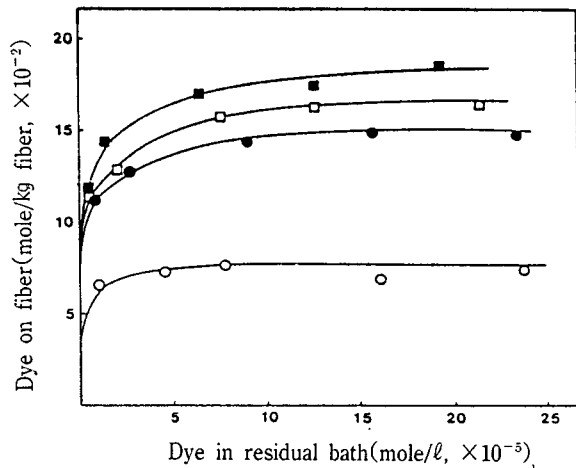


Fig. 12. Adsorption isotherms of Milling Cyanine 5R at 50°C and pH 5.5 on wool treated with Esperase 8.0L. Weight loss is 0% (○), 6% (●), 9% (□), 12% (■).

이 또한 acetophenone 첨가 염색이나 저온 플라즈마 처리 양모의 염색 그리고 descale된 양모의 염색의 경우와 아주 흡사한 양상을 보인다(Fig. 13, 14). 이들의 경우에 있어서도 역시 양모의 내부구조의 변화에 기인한 것으로 생각되어지고 있다.^{25, 26)}

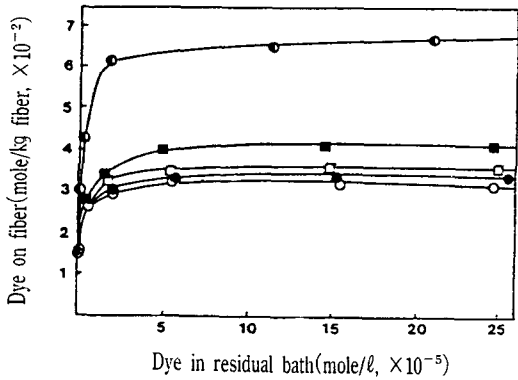


Fig. 13. Adsorption isotherms for Milling Cyanine 5R on wool in the presence of 0.04 mole/l of solvents at pH 5.5 and 50°C.
benzyl alcohol(■), 3-pentanone(□), cyclohexanone(●), acetophenone(○), none(○)

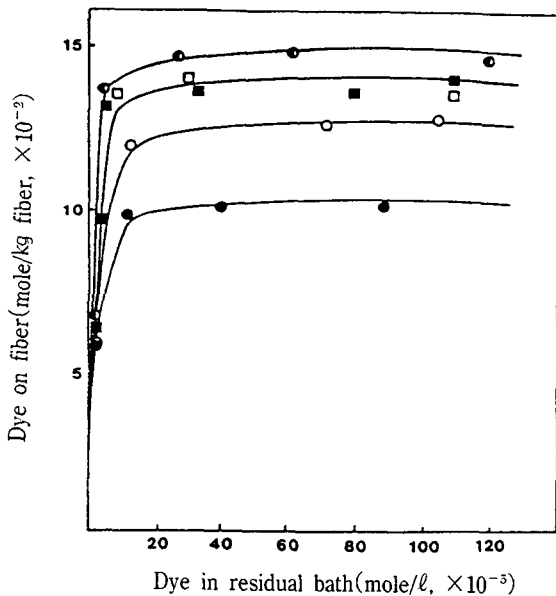


Fig. 14. Adsorption isotherms of Milling Cyanine 5R at 60°C and pH 5.5 on wool treated with low-temperature plasma.²⁶⁾
untreated(●), descaled(○), O₂ plasma(■), CF₄ plasma(□), CH₄ plasma(○).

Fig. 15는 흡착등온선의 X축과 Y축의 값을 각각 역수를 취해 나타낸 Langmuir plot로서 표시한 모든 점들을 이은 선을 Y축 선상으로 연장하면 각각의 경우에 대한 평형염착량의 절대값을 계산해낼 수 있다. 그렇게 해서 얻은 값을 Table 2에 나타내었다. 실제로 12% 감량된 양모의 평형염착량이 미처리 양모의 평형염착량의 약 2.5배가 됨을 확인할 수 있다.

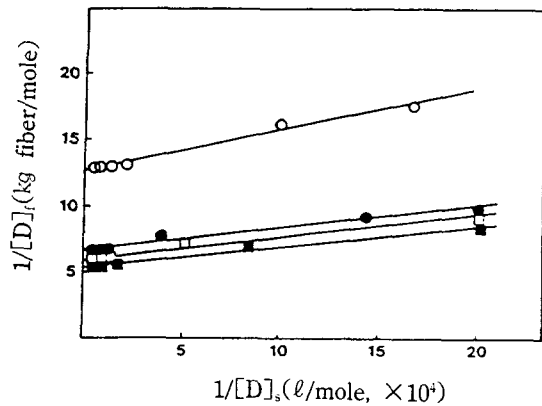


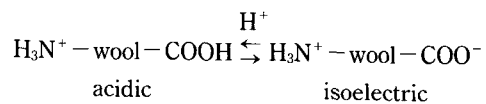
Fig. 15. Reciprocal plots($1/[D]_s$ and $1/[D]_f$) of Milling Cyanine 5R at 50°C and pH 5.5 on wool treated with Esperase 8.0L.
Weight loss is 0% (○, untreated), 6% (●), 9% (□), 12% (■)

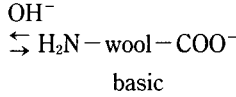
Table 2. Saturation dye uptake of wools treated with Esperase 8.0L

Saturation dye uptake(mole/kg fiber, $\times 10^{-2}$)				
untreated	6% w.l.	9% w.l.	12% w.l.	
7.81	14.81	16.67	18.52	

Fig. 16은 Esperase 8.0L에 의해 각각 6%, 9%, 12% 감량된 양모의 pH에 따른 Milling Cyanine 5R의 염착량을 나타낸 것이다.

일반적인 pH에 따른 양모의 전기적 상태는 아래와 같다.





같은 수의 양이온과 음이온이 존재하므로 전체적으로는 전기를 띠지 않고 있으나 만약 pH가 산성의 조건일 때는 아래 그림과 같이 양이온을 절대적으로 많이 가지게 된다. 이때 음이온을 띠고 있는 산성염료가 양모의 양이온과 이온결합을 함으로써 염착이 되는데 이것이 양모에 대한 산성염료의 염착기구이다.

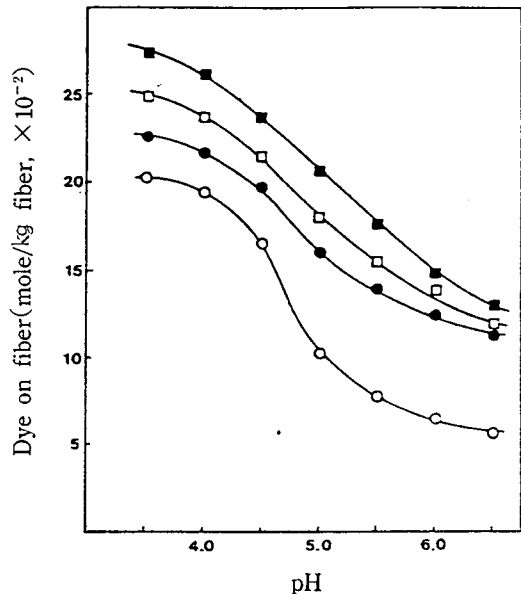


Fig. 16. Effect of pH on equilibrium adsorption of Miling Cyanine 5R at 50°C and pH 5.5 on wool treated with Esperase 8.0L.

Weight loss is 0% (○, untreated), 6% (●), 9% (□), 12% (■)

이에 근거할 때 Fig. 16에서도 역시 pH가 낮아짐에 따라 모든 경우에 있어서 염착량이 현저히 증가하며, 또한 미처리 양모에 비해 효소처리된 양모의 염착량도 증가함을 알 수 있다. 이 또한 효소처리에 의해 양모의 내부구조가 크게 변화하여 전체적으로 염착좌석의 수가 크게 증가한 때문이다.

4. 결 론

처리한 효소 중 가장 효과가 큰 Esperase 8.0L로 각각 6%, 9%, 12% 감량시킨 양모의 산성염료 Miling Cyanine 5R에 대한 염색성에 대해서 검토하였다. 그 결과 염색속도의 현저한 증가와 더불어 평형염착량 또한 두드러지게 증가하였다. 이는 효소가 양모의 표면뿐만 아니라 내부에까지 침투함으로써 스케일의 손상, 탈리에 의한 barrier 효과의 감소와 더불어 세포막 복합체의 일부 파괴에 의해 세포간 집착층의 구조가 이완되어 나타난 결과라고 생각된다.

효소처리에 의한 효과는 이미 보고된 바 있는 acetophenone 첨가 염색이나 저온 플라즈마 처리 양모의 염색과 아주 흡사한 현상을 보이는 것으로 보아 이들과 더불어 양모의 물리적·화학적 성질을 변화, 개선시키는 데 또 하나의 방법이 될 수 있으며, 그와 동시에 효소 자체가 가지는 생체촉매로서의 장점등에 의해 에너지 절약, 공해문제 및 기질보호 등의 측면에서도 아주 유용하리라 생각된다.

참 고 문 헌

1. 佐藤整, 細田直理, 染色工業, 36, No. 5, 29(1998).
2. 北野道雄, 加藤八郎, 横山繁, *Textile and Fashion*, 7, No. 5, 58(1990).
3. 川細弘一, 土屋明人, 染色工業, 38, No. 8, 47(1990).
4. 佐藤整, 加工技術, 23, No. 10, 47(1988).
5. 谷田治, 染色工業, 37, No. 3, 2(1989).
6. 北野道雄, 加藤八郎, 横山繁, *Textile and Fashion*, 6, No. 1, 13(1989).
7. A. Riva, J. Cegarra, and R. Prieto, *Influence of Enzymatic Treatments on Wool Dyeing*, IFA-TCC Meeting(1990).
8. 佐藤整, 大門浩作, 加工技術, 26, No. 3, 183(1991).
9. E. R. Trotman, "Dyeing and Chemical Technology of Textile Fibers", 6th ed., John Wiley & Sons, New York, p. 218(1984).

10. J. C. Consnard, 4th Int. *Wool Text. Res. Conf. I*
11. 纖維加工技術, 日本纖維機械學會, p. 1
12. R. E. Whitfield, L. A. Miller, *Text. Res. J.*, **31**, 704(1961).
13. H. D. Feldtmann, J. R. Mcphee, *Text. Res. J.*, **34**, 925(1964).
14. T. D. Brown, T. Shaw, 4th Int. *Wool Text. Res. Conf. I*
15. C. A. Anderson, *Text. Res. J.*, **40**, 29(1970).
16. W. R. Middlebrook and H. Philips, *J. Soc. Dyers Colour.*, **57**, No. 5, 137(1941).
17. A. J. P. Martin, *J. Soc. Dyers Colour.*, **60**, No. 12, 325(1944).
18. 佐藤整, 加工技術, **23**, No. 10, 663(1988).
19. Esperase product sheet, Novo Industry(1991).
20. 柳章美, 田中康子, 脇田登美司, 纖維學會誌, **48**, No. 4, 191(1992).
21. David M Lewis "Wool Dyeing", *Soc. Dyers. Colour.*(1992).
22. Y. J. Lim, S. H. Kim, K. H. Ryew and I. D. Park, *J. of Korean Soc. of Text. Eng & Chem.*, **21**, 325(1984).
23. G. M. Hampton and I. D. Rattee, *J. Soc. Dyers Colour.*, **95**, 396(1979).
24. 上甲恭平, 古賀城一, 纖維學會誌, **44**, 569(1988).
25. Y. J. Lim, J. Koga and N. Kuroki, *Bull. Univ. of Osaka Pref.*, **A31**, 143(1982).
26. 柳章美, 河村晴夫, 脇田登美司, 纖維學會誌, **48**, No. 5, 213(1992).
27. T. Vickerstaff, "The Physical Chemistry of Dyeing", 2nd Ed., Oliver and Boyd, London p. 136(1954).
28. J. A. Medley and M. W. Andrews, *Text. Res. J.*, **29**, 398(1959).
29. 官本武明, 坂部寛, 染色工業, **32**, No. 11, 523(1984).
30. 古賀城一, 染色工業, **32**, No. 11, 532(1984).