

양모 · 폴리에스터 혼방직물의 효소가공 시 활성제 복합사용의 효과

송현주 · 송화순[†]

숙명여자대학교 생활과학대학 의류학과

Effects of Mixed Activators on Enzymatic Activation for Wool · polyester Blend Fabrics

Hyun Joo Song · Wha Soon Song[†]

Dept. of Clothing & Textiles, Sookmyung Women's Univirsty

접수일(2008년 6월 25일), 수정일(2008년 8월 4일), 게재확정일(2008년 8월 11일)

Abstract

This study provides effects of mixed activators on enzymatic activation and determines optimum mixture ratio for enzymatic treatment. Wool 80% and polyester 20% blend fabric and papain from *carica papaya* are used in this experiment. L-cysteine and sodium sulfite are used as activators for papain treatment process. The treatment condition is pH 7.5, 70°C, papain concentration 10%(o.w.f), 60 minutes. L-cysteine and sodium sulfite are added in enzyme solution with various concentrations(0~50mM). The optimum treatment condition is determined by measuring weight loss, tensile strength, whiteness, water contact angle(WCA), dyeability and surface micrographs. The results are as follow; The optimum mixture ratio of activators is L-cysteine 2mM and sodium sulfite 10mM. Mixed activators assists in improving the activation of papain. WCA of papain treated fabrics is decreased since papain treatment with activator mixture makes wool · polyester blend fabrics more hydrophilic. Dyeing property of papain-treated fabrics more improves by the treatment with mixed activators than with single activator. It means that this method can save time and lower cost. After papain treatment in the presence of mixed activator, the surface of fabrics is modified. The surface of wool fiber shows to be descaled and hydrolyzed, and that of polyester fiber shows to be cracked.

key word: Wool · polyester blend fabric, Activator, Enzyme, Papain, Dyeability; 양모 · 폴리에스터 혼방 직물, 활성제, 효소, 파파인, 염색성

I. 서 론

최근 섬유산업 전반에 걸쳐 바이오테크놀로지(Bio-technology)기술 도입에 대한 관심이 증가하고 있는 추세이다(최은경, 김주혜, 2003). 기존의 섬유산업은

고농도의 화학약품과 다량의 용수 사용으로 인한 인체 유해성 및 환경오염문제, 고온 고압 처리 공정에 의한 에너지 소비문제 등이 지적되어 왔다. 또한 사용 가능한 깨끗한 용수가 한정되어 있고 환경보호에 대한 정부의 제약이 강화되고 있기 때문에, 바이오테크놀로지의 도입은 섬유산업에 있어 필수적이라 할 수 있다. 섬유산업에 바이오테크놀로지의 적용은 기존의 화학가공제 대신 효소를 이용하는 효소가공 공정을 그 예로 들 수 있다(改森道信, 1996; 高岸徹, 前川

[†]Corresponding author

E-mail: doccubi@sookmyung.ac.kr

본 연구는 숙명여자대학교 2007학년도 교내연구비 지원에 의해 수행되었음.

昌子, 1999; Aly et al., 2004; Sawada & Ueda, 2001; Yoshimura, 2003; Yoshimura et al., 2003).

효소를 이용한 섬유가공 공정의 장점은 첫째, 효소는 화학가공제와는 달리 기질특이성이 있고 생분해 가능하므로 환경친화적이다. 또한 효소는 화학가공제보다 빠른 촉매반응을 하므로 섬유가공 처리시간을 단축시킬 수 있으며, 인체에 유해하지 않아 작업 환경이 안전하다(최은경, 김주혜, 2003; Balch, 1970; Clarke & Tamanoi, 1971; Paulo & Gubitz, 2003). 이상 다양한 장점들로 인하여, 효소가공은 앞으로 친환경 섬유가공법으로 더욱 각광받을 전망이다.

효소가공 시 기질과 효소에 맞는 적절한 활성제를 선택하여 사용하는 것은 매우 중요하다(Sharma et al., 2001). 활성제는 효소의 활성화 작용을 극대화 시켜줌으로써 적은 양의 효소로도 최대의 개질효과를 나타낼 수 있게 도와주어, 비용을 절감시킬 수 있는 경제적인 효과가 있기 때문이다. 뿐만 아니라, 효소에 따라서는 활성제의 첨가 없이는 거의 활성을 띄지 않는 효소도 있다(정동효, 2003; Balch, 1970; Clarke & Tamanoi, 1971; Paulo & Gubitz, 2003). 그러나 효소가공 시 활성제의 첨가에 따른 가공효과에 대한 연구의 대부분은 사용된 효소에 적합한 활성제를 선정하거나, 활성효과 비교를 통해 적정 사용량을 제시하는데 그치고 있다(박미라 외, 2001; Moon et al., 1979; Riva et al., 1993). 따라서 2종 이상의 활성제를 1옥에 동시에 사용할 경우 적정 사용농도 및 비율에 대한 구체적인 심층적인 연구가 요구된다.

이에 본 연구는 파파인을 이용한 양모·폴리에스터 혼방직물의 효소가공 시, L-시스테인과 아황산나트륨을 다양한 농도로 복합사용할 경우의 효소처리효과를 확인하고자 한다. 또한 효소가공 후 양모·폴리에스터 혼방직물의 감량률, 인장강도, 백도 측정결과를 통해 활성제의 최적 혼합사용량을 설정한 후, 설정된 조건에서 처리한 양모·폴리에스터 혼방직물의 접촉각, 염색성, 표면형태 변화를 통해 양모·폴리에스터 혼방직물의 개질효과를 검토하고자 한다.

II. 실험

1. 시료 및 시약

본 연구에 사용된 시료는 양모·폴리에스터 혼방직물로, 50°C의 증류수에서 30분간 호발 후 상온 건조

Table 1. Characteristics of fabric

Fiber (%)	Weave	Fabric count (yarns/inch)	Fabric weight (g/m ²)	Thickness (mm)
Wool 80 PET 20	Plain	58×52	178 (±5)	0.37 (±0.02)

하여 사용하였다. 시료의 특성은 <Table 1>과 같다. 효소는 시판 단백질 분해 효소인 파파인(papain from carica papaya, Fluka, USA)을 사용하였다. 효소가공 시 pH 유지를 위하여 Trizma Base(Sigma Chemicals Co., USA)와 Trizma HCl(Sigma Chemicals Co., USA)로 버퍼를 제조하여 사용하였다. 버퍼용액의 pH 조절은 1M 염산(Duksan Pure Chemicals, Korea)과 0.1M 수산화나트륨(Junsei Chemicals, Japan)용액을 사용하였다. 파파인의 활성제로는 L-시스테인(L-cysteine, Katayama Chemicals, Japan)과 아황산나트륨(Sodium sulfite, Na₂SO₃, Kanto Chemicals, Japan)을 사용하였다. 염료는 염기성 염료(Methylen Blue, C.I. Basic blue 9, Duksan Pure Chemicals, Korea)를 사용하였다.

2. 실험방법

버퍼용액은 Trizma Base와 Trizma HCl을 50mM 농도로 혼합하여 제조하였으며, 제조된 버퍼용액에 효소의 활성제인 L-시스테인과 아황산나트륨을 첨가한 후, 버퍼용액의 pH를 1M 염산과 0.1M 수산화나트륨을 사용하여 조절하였다.

효소가공은 액비 1:30, 150rpm의 교반속도로, pH 7.5, 처리온도 60°C, 파파인 농도 10%(o.w.f), 처리 시간 60분의 조건으로 활성제인 L-시스테인의 농도(0~10mM)와 아황산나트륨 농도(0~50mM)를 변화시켜 혼합처리하였다. 효소가공 후, 효소의 사활은 90°C에서 액비 1:100의 증류수에 10분간 처리 후 자연건조하였다.

효소처리 후 양모·폴리에스터 혼방직물의 물성으로, 활성제 복합사용량의 변화에 따른 감량률은 처리 전후의 건조무게를 측정하여 계산하였다. 인장강도는 KS K 0520에 준한 래블스트립법으로 인장강도 시험기(SS-121A, Sungshin, Korea)를 사용하여 5회 반복 측정된 평균값을 취하였다. 백도는 CCM(Computer Color Matching System, JX777, Japan)을 사용하여 각 시료당 10회 측정하여, 평균값을 취하였다.

감량률, 인장강도, 백도 결과를 통하여 설정한 최적 처리조건에서 효소가공한 양모·폴리에스터 혼방직

물의 개질효과는 접촉각(Water Contact Angle, WCA), 염색성, 표면형태 변화로 검토하였다. 염색성은 염기성 염료 3%(o.w.f), 액비 1:50, 온도 60°C에서 40분간 염색 후 표면색을 CCM을 사용하여 측정하였다. K/S 값은 각 시료의 표면반사율을 Y filter로 측정 후 Kubelka-Munk 식에 의하여 구하였다. 접촉각은 접촉각 측정기(KRÜSS DSA100, KRÜSS Inc., German)를 사용하여 시료 표면에 4 μ l의 증류수를 적하하여 시료와 물방울이 접하는 초기 5초간의 평균각으로 측정하였으며, 시료당 10회 반복 측정하여 평균값을 취하였다. 효소가공에 따른 양모 · 폴리에스터 혼방직물의 표면형태는 SEM(Scanning Electron Microscope, JSM820, Japan)을 사용하여 비교 관찰하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 활성제 복합사용량에 따른 물성

양모 · 폴리에스터 혼방직물의 최적 파파인 처리조건(Song et al., 2006)인 pH 7.5, 처리온도 70°C, 파파인 농도 10%(o.w.f), 처리시간 60분에서 활성제인 L-시스테인과 아황산나트륨의 복합사용량에 따른 효소 처리효과는 감량률, 인장강도, 백도를 측정하여 확인

하였다. 한편, 양모 · 폴리에스터 혼방직물의 개질 효과는 활성제의 최적 복합사용량 조건에서 처리한 후, 접촉각, 염색성, 표면형태를 통해 확인하였다.

<Fig. 1>은 활성제 복합사용량에 따른 감량률 결과이다. <Fig. 1>에 나타난 바와 같이 pH, 처리온도, 효소농도, 처리시간 등의 조건이 동일할 때, 감량률은 활성제의 복합사용량이 증가할수록 비례하여 증가하였다. 이는 활성제의 사용량이 늘어남에 따라 효소의 활성도 증대되었기 때문이다. 또한 사용된 두 가지 활성제는 서로 상승작용함으로써 파파인의 활성을 증대시키는 것을 알 수 있다.

<Fig. 2>는 활성제 복합사용량에 따른 인장강도 결과로 활성제의 복합사용량이 증가함에 따라 강도는 감소하는 경향을 나타냈다. 이는 활성제 복합사용량 증가에 따른 감량률 증가가 섬유 손상을 유발하기 때문이다. 한편, 활성제 복합사용량 증가로 인해 감량률은 계속해서 증가하더라도 강도는 일정수준 이하로 저하되지 않는 것으로 나타났다. 이는 실험에 사용된 시료에 혼방된 폴리에스터 섬유는 단백질 분해 효소인 파파인의 영향을 양모 섬유보다 상대적으로 적게 받아 손상 정도가 적으므로 일정강도를 유지할 수 있기 때문이다. Yoshimura(2003)는 양모 섬유 100% 직물에 효소처리 시, 섬유 손상도 및 방축효과를 고려

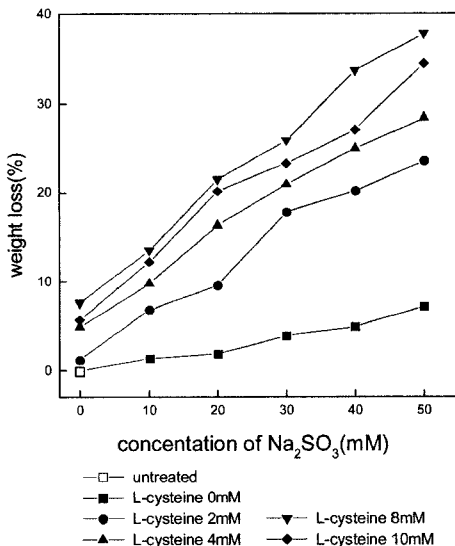


Fig. 1. Effect of mixed activators on weight loss of papain treated wool · PET fabrics(pH 7.5, temperature 70°C, papain 10%(o.w.f), treatment time 60minutes).

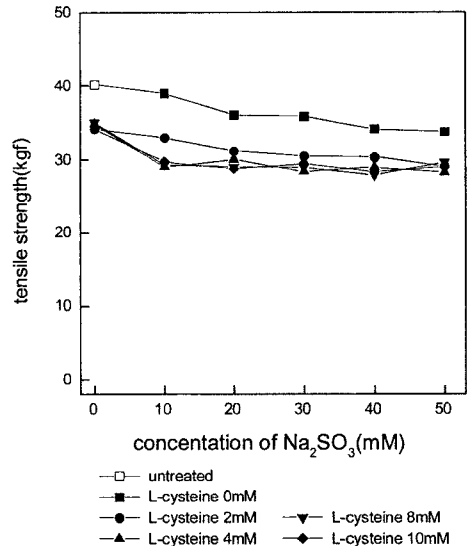


Fig. 2. Effect of mixed activators on tensile strength of papain treated wool · PET fabrics(pH 7.5, temperature 70°C, papain 10%(o.w.f), treatment time 60minutes).

할 때, 감량률은 15% 이내로 조정되어야 한다고 보고한 바 있다.

<Fig. 3>은 백도 결과로 파파인 처리로 인해 양모·폴리에스터 혼방직물의 백도는 미처리 시료에 비해 최고 9.96%까지 향상되었으며 6% 이상의 감량에서는 더 이상의 백도 증진효과가 없었다. 백도 향상효과는 파파인이 양모의 유색 단백질을 공격하여 일부가 수용성 아미노산으로 분해되어 용해됨에 따라 섬유 표면에 붙어있는 유색소 성분이 함께 탈락되기 때문이며, 이는 선행연구(나영주, 2001)와 일치하는 결과이다.

이상의 결과를 종합하여 볼 때, 양모·폴리에스터 혼방직물의 파파인 처리 시, 활성제의 복합사용량이 늘어나면 효소의 활성도 증대되어 감량률은 계속해서 증가한다. 그러나 감량률의 증가는 강도 저하 및 섬유의 손상을 유발하고, 백도는 일정수준 이상으로 더 이상 증가하지 않으므로 적절한 복합사용량의 설정이 요구된다. 따라서 활성제의 복합사용량은 인장강도 33.6(kgf), 백도 73.1로 나타난 L-시스테인 2mM 과 아황산나트륨 10mM이 적절하다고 생각된다.

선행연구(Song et al., 2006)에서, 활성제를 단독으로 사용할 경우 최적 처리조건을 L-시스테인 농도 10mM, 아황산나트륨 농도 50mM로 설정한 결과와 비교해 볼 때, L-시스테인과 아황산나트륨 복합사용은 각 활성제

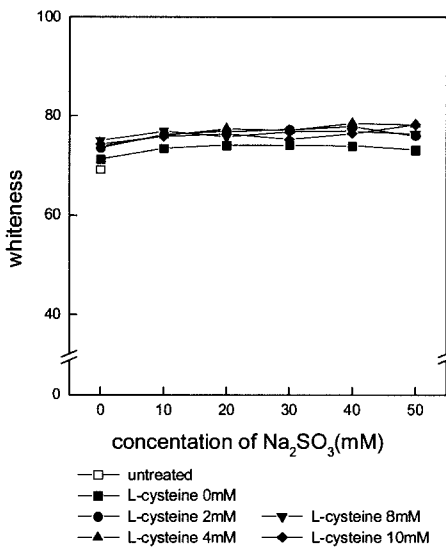


Fig. 3. Effect of mixed activators on whiteness of papain treated wool · PET fabrics(pH 7.5, temperature 70°C, papain 10%(o.w.f), treatment time 60minutes).

의 사용량을 1/5로 절감할 수 있을 것이다. 즉, 파파인 사용 시 활성제를 복합하여 적절한 농도로 배합하여 사용하면 원가를 절감시킬 수 있음이 확인되었다.

2. 접촉각

<Fig. 4>는 최적 처리조건으로 설정된 pH 7.5, 처리 온도 70°C, 파파인 농도 10%(o.w.f), 처리시간 60분, L-시스테인 2mM, 아황산나트륨 10mM로 효소가공한 양모·폴리에스터 혼방직물의 접촉각 측정결과이다.

<Fig. 4>에 나타난 바와 같이 접촉각은 파파인 처리로 인해 126.8°에서 122.3°로 약 4.5° 감소되었다. 즉, 파파인 처리로 인해 양모·폴리에스터 혼방직물 표면의 발수성이 감소되고 친수성이 증가한 것이다. 이는 양모 섬유의 표면스케일 중 일부가 가수분해 되어 제거됨에 따라 섬유 표면을 덮고 있는 소수성 에피큐티클이 탈락되었기 때문이다(改森道信, 1996). 또한 효소 처리로 인해 직물 표면의 양모 섬유의 잔털이 제거되어 표면이 정리되는 현상도 접촉각 감소에 영향을 주었다. 한편, 폴리에스터 섬유의 경우, 효소 처리로 인해 친수기 그룹의 양이 증가되고 섬유 표면에 균열이 발생함으로써 접촉각 감소에 기여하는 것으로 보인다.

3. 염색성

<Fig. 5>는 양모·폴리에스터 혼방직물의 파파인 처

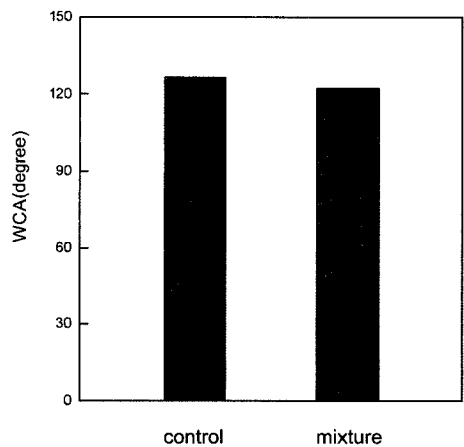


Fig. 4. Effect of mixed activators on WCA of papain treated wool · PET fabrics(pH 7.5, temperature 70°C, papain 10%(o.w.f), treatment time 60 minutes, L-cysteine 2mM, Na₂SO₃ 10mM).

리 시, 최적 조건으로 설정된 pH 7.5, 처리온도 70°C, 파파인 농도 10%(o.w.f), 처리시간 60분, L-시스테인 2mM, 아황산나트륨 10mM로 효소가공한 양모 · 폴리에스터 혼방직물의 염색성 측정결과이다.

<Fig. 5>에 나타난 바와 같이, 염색성은 효소처리에 의해 30% 이상 크게 향상되었다. 이는 염료의 침투 및 확산을 저해하는 양모 섬유 표면의 에피큐티클층이 파파인 처리로 인해 가수분해되어 탈락되었기 때문이다(김태경 외, 1993). 폴리에스터 섬유의 경우,

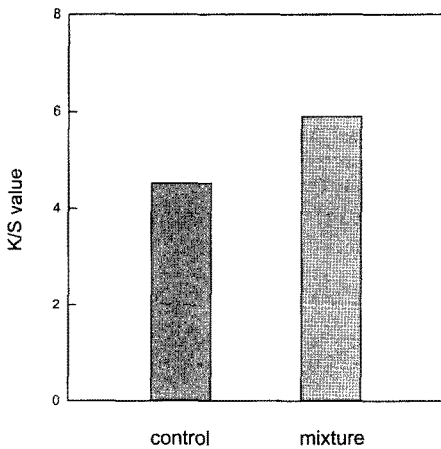


Fig. 5. Effect of mixed activators on K/S values of papain treated wool · PET fabrics(basic dye) (pH 7.5, temperature 70°C, papain 10%(o.w.f), treatment time 60minutes, L-cysteine 2mM, Na₂SO₃ 10mM).

효소처리로 인해 폴리에스터 섬유의 표면에 카르복시기 양이 증가함에 따라 (+)전하를 가진 염기성 염료의 흡착 좌석이 증가되어, 섬유와의 결합력이 향상된 것으로 생각된다(이정민 외, 2000).

따라서 파파인 처리에 의해 양모 · 폴리에스터 혼방직물의 염색 시, 1욕에서도 염색성이 크게 향상되는 것이 확인되어, 혼방직물의 염색공정을 단축시킬 수 있을 것으로 기대된다.

4. 표면형태 변화

<Fig. 6>은 양모 · 폴리에스터 혼방직물의 파파인 처리 시, 최적 조건으로 설정된 pH 7.5, 처리온도 70°C, 파파인 농도 10%(o.w.f), 처리시간 60분, L-시스테인 2mM, 아황산나트륨 10mM로 효소가공한 양모 · 폴리에스터 혼방직물의 SEM 관찰결과이다.

<Fig. 6>에서 나타난 바와 같이, 양모 섬유는 표면 스케일의 두께가 얇아짐과 동시에 섬유 표면의 큰 보이드가 관찰되어, L-시스테인과 아황산나트륨의 복합활성효과를 확인할 수 있다. 또한 비교적 시스틴 결합량이 많아 분해가 어려운 에피큐티클과 엑소큐티클 부분에 큰 보이드가 생성되었음을 알 수 있다. 폴리에스터 섬유 역시 표면에 균열이 발생한 것으로 나타나, L-시스테인과 아황산나트륨의 복합활성효과에 의해 파파인의 표면 개질효과가 있음을 확인하였다. 이러한 표면형태의 변화는 양모 · 폴리에스터 혼방직물의 파파인 처리 시 활성제의 복합사용에 의해 접촉각 감

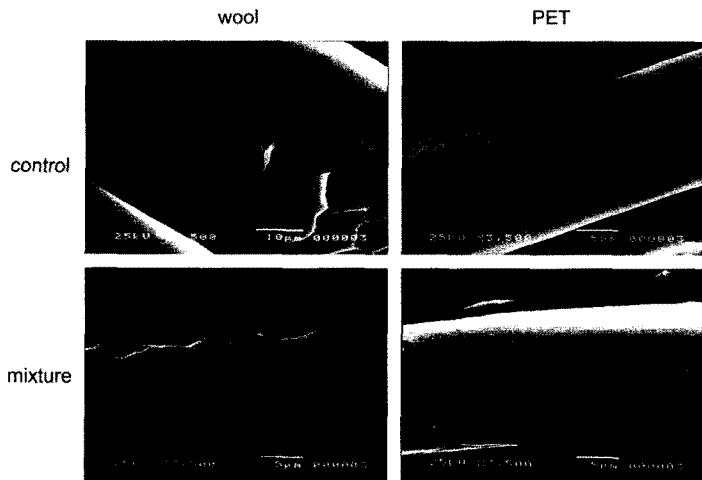


Fig. 6. SEM micrographs of papain treated wool · PET fabrics(pH 7.5, temperature 70°C, papain 10%(o.w.f), treatment time 60minutes, L-cysteine 2mM, Na₂SO₃ 10mM).

소, 염색성 향상, 백도 증진에도 영향을 주었다.

이상의 결과를 통해, 두 가지 활성제가 동시에 파파인의 활성 증대에 기여함에 따라 섬유 표면의 가수분해를 촉진시켰으며, 표면형태의 변화를 확인함으로써 양모·폴리에스터 혼방직물이 효과적으로 개질되었음을 알 수 있다.

IV. 결 론

본 연구에서는 양모·폴리에스터 혼방직물의 효소가공 시 파파인의 활성제인 L-시스테인과 아황산나트륨의 복합사용량에 따른 효소가공효과를 감량률, 인장강도, 백도, 접착각, 염색성, 표면형태 변화를 통해 알아본 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

감량률, 인장강도, 백도의 변화를 통해, 양모·폴리에스터 혼방직물의 효소가공 시 활성제 복합사용의 최적 조건은 L-시스테인 농도 2mM과 아황산나트륨 농도 10mM이다. 최적 처리조건에서 효소가공한 양모·폴리에스터 혼방직물의 접착각은 감소되어, 파파인 처리로 인해 직물 표면의 발수성이 감소하고 친수성이 증가하였다. 염색성은 활성제 복합사용 시 활성제 단독사용 시보다 우수한 향상 효과가 나타나, 활성제 복합사용으로 염색시간 절약 및 과정의 단축으로 비용절감효과가 예상된다. L-시스테인과 아황산나트륨의 복합활성효과에 의해 양모 섬유의 표면스케일층 두께가 얇아짐과 동시에 섬유 표면의 큰 보이드가 관찰되었으며, 폴리에스터 섬유도 표면에 균열이 발생한 것으로 나타나, 파파인 처리 시 활성제의 복합사용은 표면 개질효과가 있음을 확인하였다.

참고문헌

- 김태경, 심창섭, 조민정, 임용진. (1993). 효소처리에 의한 양모섬유의 개질(II). *한국염색가공학회지*, 5, 34-43.
- 나영주. (2001). 양모 혼방직물에 대한 효소 표백법 개발과 최적 조건. *한국섬유공학회지*, 38, 445-452.
- 박미라, 김환철, 박병기. (2001). 효소에 의한 방축가공 양모 직물의 물성 변화에 관한 연구. *한국염색가공학회지*, 13, 1-10.
- 이정민, 김진우, 김공주, 구강. (2000). *섬유가공학*. 서울: 형설출판사.
- 정동효. (2003). *효소학개론*. 서울: 대광서림.
- 최은경, 김주혜. (2003). 효소를 이용한 전처리 및 가공기술. *섬유기술과 산업*, 7(3), 292-302.
- 改森道信. (1996). 羊毛への酵素處理の應用. *染色*, 14(1), 16-24.
- 高岸徹, 前川昌子. (1999). 酵素利用技術特集にあたって. *纖維学会誌*, 55, 126-140.
- Aly, A. S., Moustafa, A. B., & Hebeish, A. (2004). Bio-technological treatment of cellulosic textiles. *J. of Cleaner Production*, 12, 697-705.
- Balch, W. E. (1970). *Methods in enzymology Vol. 19*. Chatswood: Academic Press.
- Clarke, S. G. & Tamanoi, F. (1971). *The enzymes Vol. 3* (3rd ed.). Chatswood: Academic Press.
- Kim, H. R. & Song, W. S. (2006). Lipase treatment of polyester fabrics. *Fibers and polymers*, 7, 339-343.
- Moon, H. M., Kim, S. H., Ham, H. S., & Cho, Y. C. (1979). The studies on the lipase activity. *J. of Korea Publ. Hlth Asso*, 5, 25-30.
- Paulo, A. C. & Gubitz, G. M. (2003). *Textile processing with enzymes*. UK: Woodhead publishing.
- Riva, A., Cegarra, J., & Prieto, R. (1993). The role of an enzyme in reducing wool shrinkage. *JSDC*, 109, 210-213.
- Sawada, K. & Ueda, N. (2001). Enzyme processing of textiles in reverse micellar solution. *J. of Biotechnology*, 89, 236-269.
- Sharma, R., Chisti, Y., & Banerjee, U. C. (2001). Production characterization and applications of lipases. *Biotechnology Advances*, 19, 627-662.
- Song, H. J., Kim, H. R., & Song, W. S. (2006). Papain treatment of wool-polyester blend fabrics. *Proceedings of the International Fiber Conference 2006, Korea*, 457-458.
- Yoshimura, Y. (2003). Industrial utilization of enzymes and microorganism. *Sen'i Gakkaishi*, 59(8), 271-274.
- Yoshimura, Y., Ohe, T., Abe, I., & Sawada, K. (2003). Promoting effect of surfactants on enzyme treatment of wool. *Sen'i Gakkaishi*, 59(1), 69-73.