

마직물의 셀룰라아제 효소처리에 의한 유연가공효과에 관한 연구

김정희 · 유혜자
서원대학교 의류학과

The Effect of Biopolishing with Cellulase Enzyme on Ramie and Hemp Fabrics

Jung-hee Kim and Hye-ja Yu

Dept. of Clothing & Textile, Seowon University, Cheong ju, Korea

Abstract : Five kinds of commercial ramie and hemp fabrics were treated with cellulase under different concentrations. Samples were mercerized before enzyme treatment to investigate the effect of mercerization on cellulase enzyme treatment. Physical characteristics(weight loss, tear strength retention, wrinkle recovery, drape stiffness, dyeability) of cellulase enzyme treated and untreated samples were measured and compared. X-ray diffractions were examined to verify if there were any changes in their crystallinity of enzyme treated fabrics. Weight loss, wrinkle recovery and degree of crystallinity increased as the concentration of cellulase enzyme increased. In the meanwhile, tear strength retention and drape stiffness and dyeability decreased. Enzyme activity was more effective on mercerized samples. Particularly, there was distinct tendency to increase weight loss and flexibility.

Key words : Cellulase Enzyme, Biopolishing, Ramie, Hemp

1. 서 론

섬유소 섬유계의 자연스런 질감 연출과 유연성의 향상을 위해 효소인 셀룰라아제가공에 대한 관심이 크게 증가되고 있다. 셀룰라아제는 셀룰로오스를 분해하는 효소로서 의복표면의 섬유를 분해하여 감량이 일어나므로 직물표면이 평활해지고 촉감이 부드러워져 직물의 외관과 태를 변화시킬 수 있어 면, 마, 레이온 등 섬유소 섬유의 개질을 위한 가공에 사용되고 있다(Cheek and Roussel, 1988; Pandey, 1988; Sao *et al.*, 1994; Buschle-Diller *et al.*, 1994).

특히 데님지의 경우 셀룰라아제에 처리한 직물은 자연스런 색상의 창출과 함께 부드러운 착용감을 더해 상품의 고급화를 이루어 부가가치를 높일 수 있다. 또한 가공제에 의한 환경오염 문제도 다른 가공에 비하여 매우 적어 환경친화적인 가공으로 여겨지고 있다(신혜원과 유효선, 1997). 한편, 면섬유는 이미 셀룰라아제 처리에 의해 촉감과 유연성 개선에 많은 효과를 거두고 있으나 강도가 저하되는 것이 문제점으로 남아 있다.

마섬유는 아직 효소가공연구가 미흡하나 면섬유에 비해 강도가 좋아 셀룰라아제로 처리하는데 있어서는 오히려 유리하므로 촉감과 유연성 향상을 위해 효소처리가 효과적이라 생각된다. 마섬유는 면섬유와 같은 셀룰로오스 섬유이나 세포벽의 내

부구조 형태와 결정성 등의 미세구조는 면과 차이가 있다(이옥자 등, 1984; 박홍수와 김영호, 1984). 마섬유는 강도가 우수하고 흡습성, 염색성과 알칼리에 대한 내성이 좋으며 세탁이 편리해서 매우 실용적인 섬유이다. 면에 비해 방습속도도 빠르고 열전도도가 커서 여름용 의류소재로 가장 적합하며 한산, 구례, 안동 등지에서 질 좋은 국산 모시나 삼베가 생산되고 있다. 그러나 섬유 특성상 강직하여 구김이 심하고 뻣뻣한 촉감이 단점으로 나타나고 있다(홍지명 등, 1997·1998). 최근 들어 모시와 삼베가 대량 수입되어 사용되고 있는데 시판되고 있는 마섬유의 성능을 과학적인 방법을 통해 인지하고 향상시켜 합리적인 판매와 소비를 추구할 수 있도록 함이 필요하다.

본 연구에서는 시판되고 있는 모시, 삼베섬유들 간의 내구적, 관리적 성능의 차이를 파악하고 효소처리에 의한 중량, 유연성, 구김, 강도, 염색성 및 결정화도의 변화 등을 비교 분석하였다.

2. 실험

2.1. 시료 및 시약

시판되는 마 섬유 중 모시 5종, 삼베 5종을 구입하였다. 각 시료의 규격은 Table 1과 같다. 셀룰라아제는 산성용 셀룰라아제((주) 태평양)를 사용하였다. 실험에 사용된 다른 시약은 Reagent grade를 사용하였으며, 효소처리에 사용된 물은 수돗물을 사용하였다.

Corresponding author, Jung-hee Kim
Tel. +82-43-266-3222, Fax. +82-43-299-8750
E-mail: juliette-kim@hanmail.net

Table 1. Characteristics of Fabrics

Material	Code	Fabric Count (ends×picks)	Thickness (mm)	Weight (g/m ²)
Ramie	R1	5545	0.349	91.6
Ramie	R2	6747	0.279	80.4
Ramie	R3	5140	0.308	88.3
Ramie	R4	4436	0.379	175.8
Ramie	R5	4328	0.365	113.8
Hemp	H1	3743	0.480	160.9
Hemp	H2	2628	0.650	254.5
Hemp	H3	4935	0.531	163.6
Hemp	H4	2830	0.359	105.7
Hemp	H5	3132	0.628	212.2

2.2. 실험방법

실험은 드럼식 세탁기(대림 : DL-3022A)를 사용하여 아래와 같이 정련 발호, 효소가공의 순으로 시행하였다.

발호 및 정련 : 준비된 직물들을 25×20 cm의 크기로 잘라 올 폴림을 방지하기 위해 100% 폴리에스터사로 오버록(overlock) 처리를 하였다. 디아스타아제 15 g/l와 음이온계면활성제 0.3 g/l를 넣고 액비 30 : 1로 탈호액을 만들어 시료를 넣고 60°C에서 2시간 동안 처리하고 80°C의 물에 10분간 침지 후 수세하여 호료를 제거하였다. 탈호 후 수산화나트륨 2% 수용액에 음이온계면활성제 3 g/l를 넣고 액비 30 : 1의 정련액으로 100°C이상에서 2시간 동안 정련 처리하고 맑은 물로 여러번 수세하여 자연 건조하였다.

효소가공 : 정련발호 처리된 시료들을 21°C, 65% RH의 항온항습기에 24시간 컨디셔닝 시킨 후, 효소의 농도를 0.5 g/l, 1 g/l, 2 g/l로 변화시키고 가공액을 완충용액(acetic acid/sodium acetate)으로 pH를 5로 유지하면서 액비 30 : 1, 50°C, 20 rpm으로 30분간 처리한 후 80°C의 물에 10분간 담그어 효소반응을 종료시킨 후 여러번 수세하고 자연 건조시켰다. 동일 조건 하에서 시료는 각각 3매씩 처리하였다.

머서화 처리 : 정련발호 처리된 시료들을 무 긴장 상태에서 18% 수산화나트륨 수용액에 10분간 상온에서 처리한 후 수세하고 1%의 초산용액으로 중화처리 하였다. 다시 물로 여러 번 수세하고 건조하였다.

직물의 물성 변화 측정 :

감량률은 다음 식에 의해 감량률을 계산하였으며, 모든 시료의 무게는 표준상태(21°C, 65%RH)에서 24시간 컨디셔닝 후 측정하였다.

$$\text{감량률(\%)} = (W_t - W_{t+1})/W_t \times 100$$

W_t : 처리전 무게

W_{t+1} : 처리후 무게

인열강도는 KS K-0535 펜듈럼법에 의해 경사방향으로 5회 측정하였고, 유연도는 KS K-0539 캔티레버법에 준하여 경사방향으로 5회 측정하였다.

방추성은 KS K 0550에 따라 개각도시험법으로 방추도를 측정하였고, 염색성은 미처리포와 처리포를 직접염료로 염색하여 분광색차계(Technicolor JS-555, Japan)로 색차와 K/S를 측정하여 염색성을 비교하였다.

결정화도 분석은 처리포와 미처리포의 결정화도 변화를 X선 회절법(XDS-2000, SCINTAG)에 의해 측정, 비교하였다.

$$CrI = (I_c - I_A)/I_c \times 100$$

I_c : 2θ=22°를 기준으로 한 결정 영역에 대한 회절적분 강도

I_A : 2θ=18°를 기준으로 한 비결정 영역에 대한 회절적분 강도

3. 결과 및 고찰

3.1. 효소처리에 따른 물성변화 비교

Fig. 1-4는 효소가공에 의한 모시, 삼베 소재의 물성변화를 비교한 것이다. Fig. 1은 효소처리 한 모시와 삼베의 감량률을 나타낸 것으로 모든 직물에 있어서 처리효소의 농도가 높아질

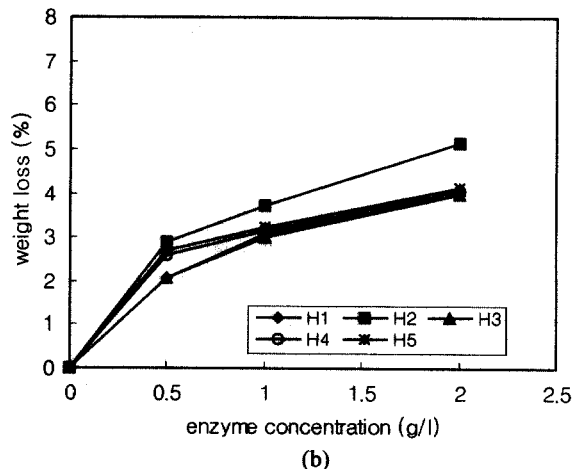
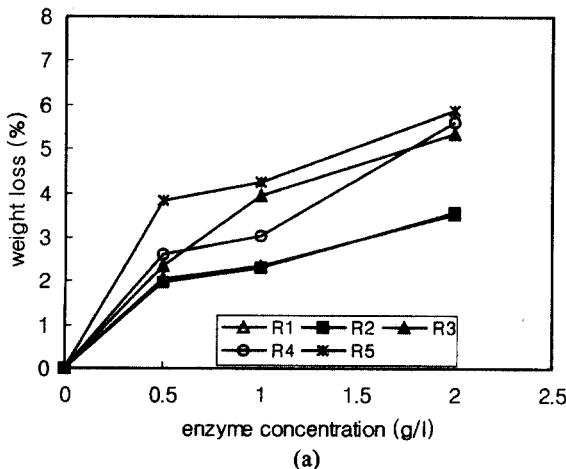


Fig. 1. weight loss of samples according to cellulase enzyme concentration. (a) ramie, (b) hemp (50°C, pH 5, 30 min, 20 rpm)

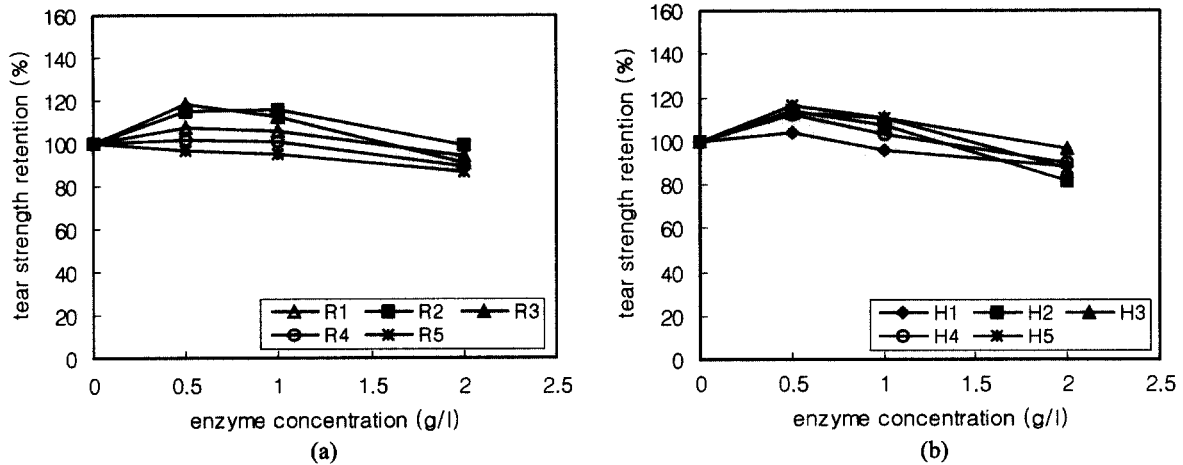


Fig. 2. tear strength retention of samples according to cellulase enzyme concentration (a) ramie, (b) hemp (50°C, pH 5, 30 min, 20 rpm)

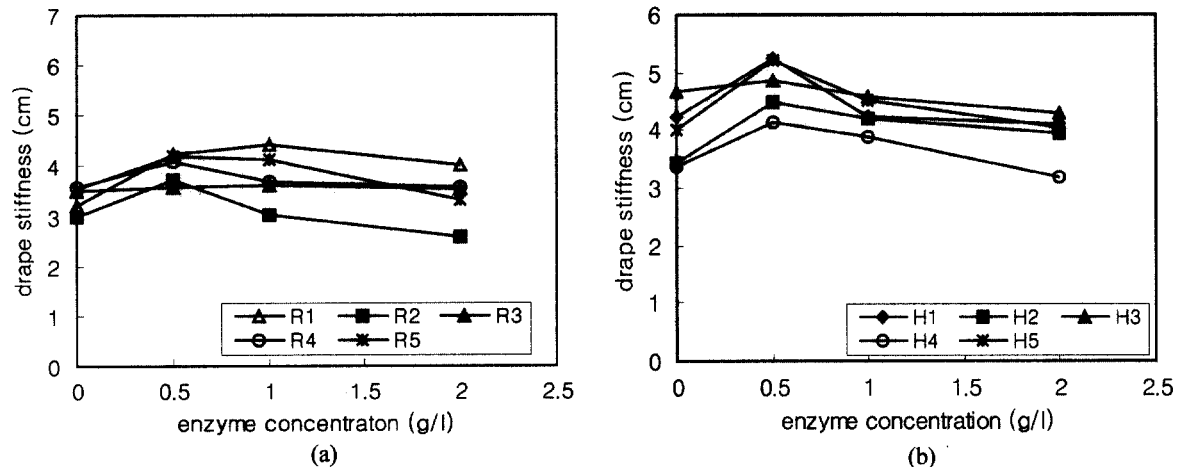


Fig. 3. drape stiffness of samples according to cellulase enzyme concentration. (a) ramie, (b) hemp (50°C, pH 5, 30 min, 20 rpm)

에 따라 감량률이 증가하였다. Fig. 1(a)는 모시의 감량률을 나타낸 것으로 R1, R2시료의 감량률이 가장 낮은 값을 보여주고 있으며, R5가 가장 높게 나타나 효소에 의한 감량효과가 가장 큰 것으로 나타나고 있다. 이것은 밀도에 의한 차이로 R1, R2 시료는 5종류의 모시 중 가장 밀도가 높은 시료로 효소의 침투가 어려워 감량효과가 가장 낮게 나타났으며 반면 R5는 밀도가 가장 낮은 것으로 효소의 효과가 높게 나타나 감량률이 높아진 것으로 설명된다. 이와 같은 현상은 삼베에서도 유사하게 나타나 밀도가 낮은 H2시료의 감량률이 가장 높은 값을 보이고 있다(Fig. 1(b)).

Fig. 2는 효소처리에 따른 인열강도의 변화를 원포의 강도에 대한 보유율로 나타내었다. 처리효소농도 0.5 g/l에서 R5를 제외한 모든 시료의 인열강도 보유율이 100%이상의 값으로 원포보다 더 높게 나타났다. 이는 효소처리 동안 일어난 수축에 의해 조직이 조밀하여져 강도 측정시 저항이 커졌을 것으로 낮은 농도의 효소 처리로 인해 나타난 감량에 의한 강도저하가

별 영향을 미치지 못한 것으로 사료된다. R5는 시료 중 감량률이 가장 크게 나타나 인열강도 보유율 또한 가장 낮은 값을 보여 주었다. 모든 시료에 있어서 처리효소의 농도가 높아짐에 따라 나타난 감량률의 증가로 인해 인열강도 보유율이 점차 감소되었다.

Fig. 3은 효소처리에 의한 강연도의 변화를 살펴본 것으로 모시와 마 모두 처리효소의 농도가 낮은(0.5 g/l) 경우 원포보다 더 높은 값을 보여주고 있다. 이것은 인열강도 보유율 측정시 나타난 결과와 유사한 것으로, 효소처리를 하는 중 발생한 수축으로 인해 조직이 조밀하여져 오히려 더 뻣뻣하여진 것으로 설명할 수 있다. 그러나 처리 효소의 농도가 높아짐에 따라 강연도의 값이 낮아지는데 이는 감량률이 커지면서 유연해 지는 것으로 나타났다. 그러나 2 g/l의 높은 효소농도에서 처리한 시료의 유연도가 효소처리를 하지 않은 경우의 값보다 높거나 같은 수준으로 유연도 향상에는 기여를 하지 못하였다. 이는 마 직물의 경우 습식공정으로 인해 경직된 조직이 효소가공에 의

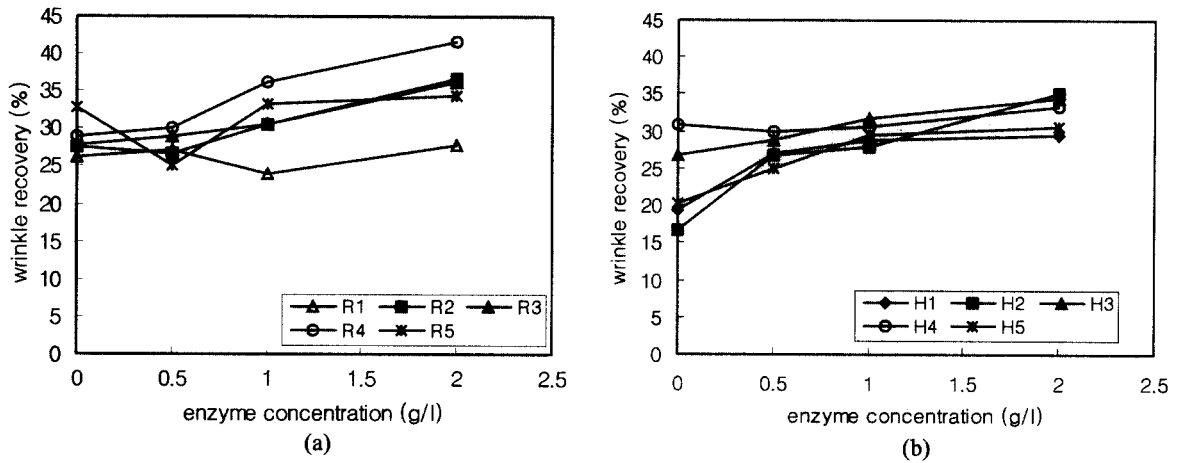


Fig. 4. wrinkle recovery of samples according to cellulase enzyme concentration. (a) ramie, (b) hemp (50°C, pH 5, 30 min, 20 rpm)

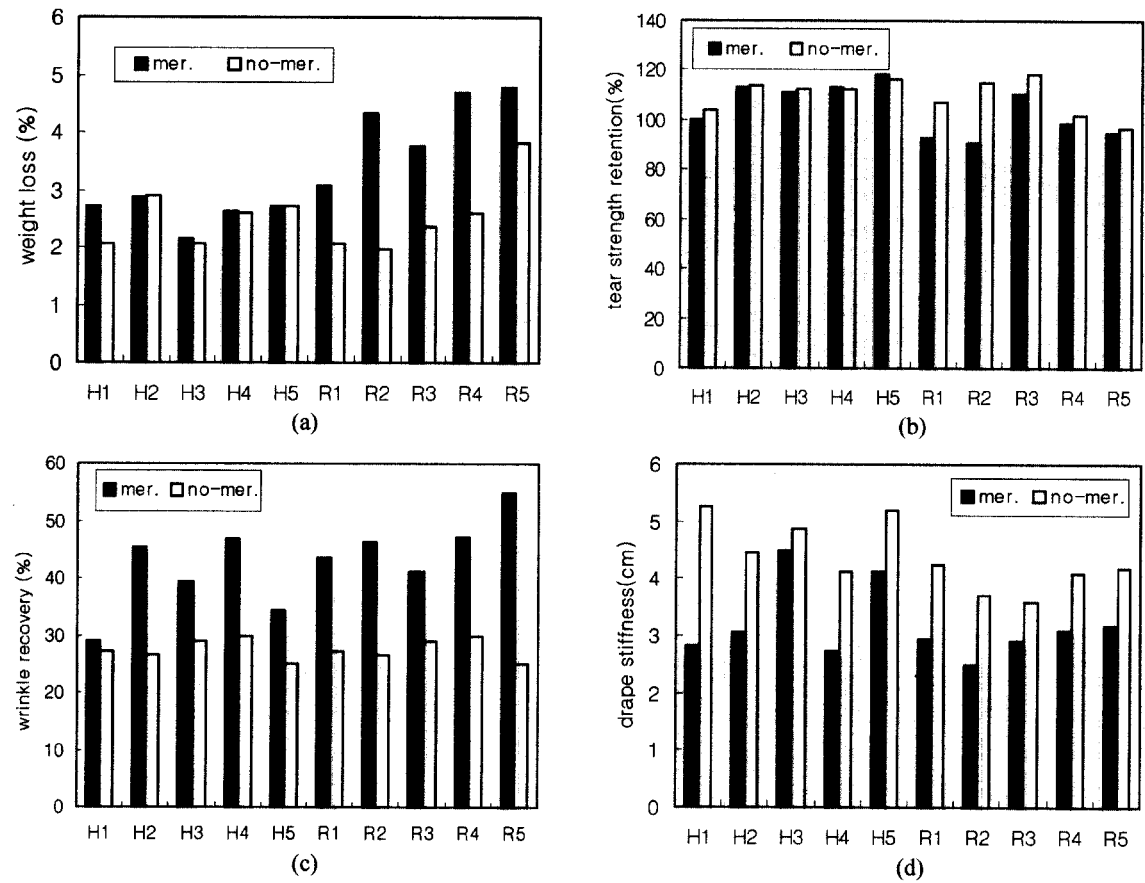


Fig. 5. Effect of mercerization on cellulase enzyme treatment: (a) weight loss, (b) tear strength retention, (c) wrinkle recovery, (d) drape stiffness (1 g/l, 50°C, pH 5, 30 min, 20 rpm)

해 완화되지 못한 것으로 사료된다.

방추도(Fig. 4)는 모시의 경우 효소농도 0.5 g/l에서 원포보다 낮았으나 점차 효소 농도가 높아지면서 완만히 향상됨을 보여 주었다. 이러한 효소가공에 의한 방추도의 향상효과는 삼베직

물에 더 두드러지게 나타났다.

3.2. 머서화가공의 효과

머서화가공이 효소가공 효과에 미치는 영향을 비교한 결과

Table 2. Dyeability of cellulase enzyme treated ramie and hemp

Material	Code	ΔE				Weight loss (%)		
		non	0.5 g/l	1 g/l	2 g/l	0.5 g/l	1 g/l	2 g/l
Ramie	R1	36.427	31.2	29.911	25.976	2.061	2.350	3.540
	R2	23.477	21.581	20.311	18.280	1.972	2.311	3.578
	R3	24.48	22.345	20.881	19.036	2.349	3.933	5.328
	R4	29.659	26.973	26.315	24.004	2.609	3.032	5.611
	R5	30.537	25.621	26.977	23.804	3.820	4.243	5.874
Hemp	H1	37.092	37.185	36.108	34.085	2.048	3.085	3.980
	H2	41.051	36.364	36.214	33.775	2.901	3.708	5.127
	H3	37.855	33.231	34.061	33.279	2.060	3.005	3.991
	H4	30.296	28.604	26.472	21.310	2.599	3.157	4.069
	H5	44.318	34.669	31.053	29.227	2.721	3.217	4.133

Table 3. Crystallinity of cellulase enzyme treated ramie and hemp

Material	Code	ΔE				crystallinity (%)			
		0 g/l	0.5 g/l	1 g/l	2 g/l	non	0.5 g/l	1 g/l	2 g/l
ramie	R1	36.427	31.2	29.911	25.976	73.52	77.09	81.03	82.09
	R5	30.537	25.621	26.977	23.804	76.81	79.02	80.80	79.86
hemp	H2	41.051	36.364	36.214	33.775	73.68	75.35	78.04	79.20
	H5	44.318	34.669	31.053	29.227	73.84	74.26	75.82	75.75

(Fig. 5) 소재에 따라 나타난 감량효과가 크게 달랐다. 삼베의 경우 시료에 따라 머서화에 의한 감량효과가 두드러지게 나타나지 않은 것도 있으나 모시는 머서화한 시료들의 감량률이 머서화 처리를 하지 않은 것에 비해 큰 폭의 증가를 보였다. 또한 머서화 처리를 하여준 시료의 유연도와 방추도가 향상되는 결과로 볼 때 효소가공 전 머서화 처리를 하여 효소가공의 효과를 높여 유연도와 함께 방추도를 향상시킬 수 있으리라 사료된다.

3.3. 염색성과 결정화도

Table 2는 효소 농도를 달리하여 처리한 모시와 마를 염색한 실험결과로 처리 효소의 농도가 높아지면서 염색한 시료의 ΔE의 값이 적게 나타나 염색성이 떨어지는 현상이 마와 모시에 함께 나타났다. 즉, 처리 시료의 감량률이 높아지면서 염색성이 낮아졌다. 결과 분석을 위해 두 종류의 직물 내에서 가장 그 차이가 두드러지는 시료를 각각 두 개씩 골라 결정화도를 살펴보았다.

Table 3에 나타난 바와 같이 처리효소의 농도가 높아짐에 따라 결정화도가 높아지는 것을 볼 수 있다. 이것은 효소에 의해 셀룰로오스의 일부가 가수분해되는 과정에서 특히 분자사슬의 충진도가 낮은 비결정영역이 가수분해에 의해 감소되면서 상대적으로 결정영역의 증가로 나타난 결과로 사료된다. 따라서 처리효소의 농도를 높여 감량률이 높아질수록 비결정영역의 감소율이 더 커져 결정화도가 더 높게 나타나는 것으로 생각된다. 이러한 분자내 구조의 변화 즉, 염료들이 침투하기

쉬운 비결정영역의 감소는 염색성의 저하라는 결과로 나타난 것으로 생각된다.

4. 결 론

시판되고 있는 모시와 삼베직물 각각 5종류를 처리농도, 전처리 가공 등 처리 조건을 달리하여 셀룰라아제 효소처리를 한 결과, 아래와 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 모든 처리시료에 있어서 처리효소의 농도가 높아짐에 따라 감량률이 증가하였으며, 모시와 삼베의 시료간의 감량률 차이는 모시가 삼베보다 크게 나타났다.
2. 인열강도 보유율은 처리농도 0.5 g/l에서는 100%가 넘는 값으로 나타나 원포의 인열강도보다 높았으나 감량률의 증가와 함께 인열강도 보유율이 점차 감소하였다.
3. 효소처리에 의한 강연도는 처리효소의 농도가 낮은(0.5 g/l) 경우 원포보다 더 높았으며 처리 효소의 농도가 높아짐에 따라 강연도의 값이 낮아졌으나 유연도 향상에는 크게 기여하지 못하였다. 방추도는 처리효소의 농도가 높아짐에 따라 원만히 향상됨을 보여 주었다.
4. 머서화한 시료들은 머서화 처리를 하지 않은것보다 효소처리에 의한 감량률이 더 높았으며, 유연도와 방추도도 향상되었다.
5. 효소 농도를 달리하여 처리한 모시와 삼베를 염색한 결과, 처리효소의 농도가 높아짐에 따라 염색성이 떨어지는 결과를 나타내었다.

참고문헌

- Cheek L. and Roussel L. (1988) Mercerization of ramie: comparisons with flax and cotton (Part I). *Textile Research Journal*, **59**(8), 478-483.
- Cheek L. and Roussel L. (1988) Mercerization of ramie: comparisons with flax and cotton (Part II). *Textile Research Journal*, **59**(9), 541-546.
- Pandy S. N. (1988) Derivative infrared spectra of ramie. *Textile Research Journal*, **59**(4), 226-231.
- Sao K. P., Marhew M. D. and Ray P. K. (1987) Infrared spectra of alkali treated degummed ramie. *Textile Research Journal*, **57**(7), 407-414.
- Buschle-Diller G., Zeronian S. H., Pan N. and Yoon M. Y. (1994) Enzymatic of cotton, linen, ramie and viscose rayon fabrics. *Textile Research Journal*, **64**(5), 270-79.
- 신혜원·유효선 (1997) 청바지의 세탁가공에 관한 연구. *한국의류학회지*, **21**(2), 471-481
- 이육자·류덕환 (1984) 안동포 원료 Hemp Cellulase의 미세구조에 관한 연구. *한국의류학회지*, **8**(1), 29-36.
- 홍지명·유효선 (1997) 한산모시의 역학적 특성 및 태에 관한 연구 (제1보). *한국의류학회지*, **21**(8), 1315-1322.
- 홍지명·유효선 (1998) 한산모시의 역학적 특성 및 태에 관한 연구 (제2보). *한국의류학회지*, **22**(7), 862-871.
- 박홍수·김영호 (1991) NaOH전처리가 면직물의 효소분해에 미치는 영향. *한국섬유공학회지*, **28**(8), 632-643.

(2001년 10월 14일 접수)