

효소 레팅에 의한 케냐프 섬유 분리 - 킬레이터의 영향 -

이혜자 · 안춘순* · 김정희** · 유혜자** · 한영숙*** · 송경현****

한국교원대학교 가정교육과, *인천대학교 패션산업학과
서원대학교 의류직물학과, *신성여자고등학교, ****배재대학교 의류패션학부

Effect of Enzyme Retting on the Fiber Separation of Kenaf Bast - influence of chelator-

Hyeja Lee · Cheunsoon Ahn* · Jung Hee Kim** · Hyeja Yoo**
Youngsook Han*** · Kyunghun Song****

Dept. of Home Economics Edu., Korea National University of Education
*Dept. of Fashion & Industry, University of Incheon
**Dept. of Clothing & Textiles, Seowon University
***Shinsung Girls' High School, Cheju
****Faculty of Clothing Fashion, Paichai University,
(2003. 11. 6. 접수)

Abstract

This research was aimed to investigate the effect of enzyme and the addition of chelators on retting of the Kenaf bast. Enzyme retting was effective only when the chelators were added with the enzyme. EDTA was a more effective chelator than oxalic acid under 1% concentration. There was no difference in the retting effect under different enzyme concentration levels, and under different treatment time and temperature. Therefore, it was found that enzyme retting can be carried out with low enzyme concentration(0.125%) at room temperature. Retting time can be shortened when higher enzyme concentration and higher temperature are applied. Cellulose I structure of kenaf fiber did not change after enzyme retting, and different enzyme concentration did not affect the crytallinity structure. Non-cellulosic matters such as hemicellulose, lignin, and pectin were present in the descending order in the enzyme retted kenaf fiber, and there were no differences in their amounts due to enzyme concentration levels. There was no difference in the dyeabilities of kenaf fiber retted with different enzyme concentration levels. Enzyme retted kenaf fiber showed better dyeability when pectin, lignin, and hemicellulose were removed.

Key words: Kenaf fiber, Enzyme retting, Pectinase, Chelator, Pectin; 케냐프 섬유, 효소 레팅, 펙틴아제, 킬레이터, 펙틴

I. 서 론

본 연구는 줄기섬유인 케냐프를 의류용 섬유로 실용화하기 위한 노력의 일환으로서 효소를 이용한 레팅방법과 그 효과에 대해 조사하였다. 케냐프에 대한

연구는 1940년대부터 미국 농림부와 농업연구소를 중심으로 황마와 목재펠트의 대체 재료로 활용하기 위해 시작되었다 (Kugler, 1990; Rymza, 1999). 최근 들어 케냐프 섬유는 부직포의 원료와 기타 산업용 섬유의 원료는 물론 의류용 섬유에까지 그 활용 가능성

이 확대되고 있다. 그러나, 케냐프에 대한 연구는 아직 초기 단계로서 주로 효율적인 재배방법을 개발하기 위한 것이 다수이며 의류용 섬유로서 활용하는데 필요한 각종 공정이나 그로부터 얻어지는 섬유의 특성에 대한 연구는 매우 미비한 실정이다. 반면, 케냐프와는 달리 오랜 역사를 지닌 아마섬유에 대하여는 다양한 각도에서 연구가 이루어지고 있으므로 같은 인피섬유인 케냐프에 대한 연구는 아마에 대한 연구 결과를 활용할 수 있다.

인피섬유의 줄기로부터 섬유를 분리하기 위해서는 레팅공정을 실시하여야 한다. 전통적으로 아마섬유에 실시되어 온 듀(dew)레팅은 넓은 면적이 소요되고 기후에 따라 섬유의 질이 달라지며 인건비가 많이 드는 것은 물론 (Henriksson, et al., 1997) 방적 효과와 생산효율도 낮고 섬유의 강도가 저하될 수 있으므로 (Evans, et al., 2002) 이를 대체하기 위해 1980년대부터 유럽에서는 효소를 이용한 아마의 레팅법이 연구되어 왔다. 효소 레팅은 기후에 무관하고 생분해성이어서 수질오염을 일으키지 않으며 품질이 좋은 섬유를 얻게 하나 가격이 비싸므로 아직까지는 상업적으로 이루어지지 않고 있다(Henriksson, et al., 1997). 이에 따라 생산비를 낮추기 위해 화학적레팅과 효소레팅을 병행하거나(Adamsen, et al., 2002), 효소레팅을 할 때 Chelator를 첨가하거나 분무식 효소레팅(Akin, et al., 2002)으로 효소를 적게 사용하면서도 레팅 효과를 증진시킬 수 있는 방법이 연구되고 있다(Henriksson, et al., 1997; Adamsen, et al., 2002).

아마 등의 줄기는 섬유의 원료인 셀룰로오스 외에 펙틴, 헤미셀룰로오스, 리그닌 등의 비셀룰로오스로 구성되어 있다. 비셀룰로오스 성분 중 펙틴은 세포 사이에 존재하여 식물을 이루는 물질들을 결합하고 있으며 갈락트로닉산(galacturonic acid)을 65% 정도 함유하고 있는데 이것은 methylester, 나트륨, 칼륨, 칼슘 등의 염과 결합되어 있다(<http://www.ippa.info>). 레팅은 결합물질인 펙틴을 제거하여 비셀룰로오스 층으로부터 인피섬유를 분리하기 위한 공정으로서 레팅에 의해 펙틴뿐만 아니라 헤미셀룰로오스와 리그닌도 어느 정도 제거된다(Sharma, et al., 1999).

아마의 효소레팅을 위해서는 펙틴아제나 엔도갈락트로나제(endogalacturonases)가 효과적인 것으로 알려져 있다(Adamsen, et al., 2002). 그러나 아마줄기의 중간에 위치하는 라멜라 펙틴은 칼슘 2가 이온이 갈락트로닉산과 결합되어 있는데 이것이 효소의 활

동을 감소시키므로 효소레팅의 효과가 떨어질 수 있다. 그러므로 EDTA와 같은 chelators를 첨가하여 calcium 2가 이온과 먼저 반응하도록 하면 효소의 활동이 방해받지 않게 된다. Chelator는 자유전자쌍을 갖고 있어 금속과 결합하는 물질을 말하는데 chelator에는 EDTA이외에도 oxalic acid, posphonic acid, polycarboxlic acid 등이 있다. Chelator들은 아마섬유의 표피속의 calcium 2가 이온과 같은 금속이온과 결합함으로써 펙틴질이 쉽게 분해하도록 유도하는 역할을 한다.

현재까지 케냐프 섬유의 레팅에 관한 연구는 워터레팅(한영숙 외, 2002)과 화학적 레팅(Ramaswamy, et al., 1995; Morrison, et al., 1996; 이혜자 외, 2003)에 대한 연구가 소수 있으며 효소레팅에 대한 연구는 전무하다. 따라서 본 연구에서는 펙틴아제를 이용한 효소레팅의 효과를 조사하고 EDTA, oxalic acid 등의 chelator의 첨가가 레팅의 효율에 미치는 효과를 살펴보고자 하였다. 레팅의 효과는 섬유의 광택과 촉감, 유연성 등의 외관평가, 분광측색계를 통한 색의 측정, X-ray 회절분석을 통한 결정성의 변화를 통해 살펴 보았다. 아울러 비셀룰로오스 성분인 펙틴, 리그닌, 헤미셀룰로오스 등의 함량을 측정(Abou-Zeid, N.Y et al., 1984)하고 이들 성분을 제거하기 전후의 시료들을 염색하여 그 염색성을 비교하였다.

II. 실험

1. 시료

제주시 삼양동 소재 밭에서 재배한지 105일이 되는 케냐프를 줄기의 인피부(bark)와 목질부(core)를 분리하여 인피부를 건조시켜 보관한 후 시료로 사용하였다.

2. 효소레팅

케냐프 인피부 10g을 40°C의 0.85% Triton X-100 수용액 200ml에 10분간 침지한 후 여과하여 냉각기가 설치된 플라스크에서 0.125%, 0.25%, 0.5%, 1%, 2%, 3%, 펙틴아제 수용액 500ml로 50°C로 24시간 동안 각각 처리하였다. Chelator의 첨가에 따른 레팅 효과를 검증하기 위하여 펙틴아제 수용액에 Oxalic acid를 20mM, 30mM, 50mM, EDTA 0.5%, 1%,

1.5%을 첨가하고 레팅시간을 12, 16, 20, 24, 48, 72 시간으로 변화를 주어 비교하였다. 레팅이 끝난 후 효소의 작용을 억제하기 위하여 뜨거운 물과 찬물로 수 차례 수세한 후 자연 건조하였다. 건조한 시료는 1 일 동안 표준상태(Temp & Humi Test Chamber, C & C, MW-THS)에서 방치한 후 무게를 측정하였다.

3. 레팅효과

레팅효과는 효소레팅 전후의 시료를 1일 동안 표준 상태(Temp & Humi Test Chamber, C & C, MW-THS)에 방치한 후 아래와 같이 레팅 전후의 무게차이로 산출하였다.

$$\text{레팅효과 (\%)} = \frac{\text{레팅전후 시료의 무게차}}{\text{레팅전 시료의 무게}} \times 100$$

SEM(JSM 5800LV)을 이용해 각 시료의 단면과 측면을 측정하였다. X-Ray 회절분석(XDS-2000, Scintag)을 사용해 각 시료의 결정화도를 측정하였다. 케냐프 섬유의 색은 분광측색계(JS555 (주) Color Techno System)를 이용하여 각 시료의 L*, a*, b*값과 ΔE, Muncell 값을 흰색표준판(L*, a*, b*: 98.13, 0.023, -0.33)에 준하여 측정하고 연구자 5명이 색상과 촉감에 따라 5등급(매우 좋음), 4등급(좋음), 3등급(보통), 2등급(나쁨), 1등급(아주 나쁨)의 5단계로 주관적으로 평가하였다.

4. 효소레팅에 따른 케냐프섬유의 화학적 특성 분석

펙틴, 리그닌, 헤미셀룰로오스의 함량은 아래와 같이 처리하여 레팅한 시료의 총 무게에 대한 무게백분율로 구하였다. 시료의 무게는 1일 동안 표준상태에 방치한 후 측정하였다.

펙틴의 함량 분석 : 레팅한 시료 5g을 암모늄 옥살레이트용액(0.5%) 250ml에 넣고 85°C에서 24시간 처리하여 펙틴을 제거하였다. 아래와 같이 계산한 후 펙틴의 함량은 레팅한 시료의 무게에서 A를 뺀 값으로 하였다.

$$\frac{\text{ammonimoxalate로 처리한 후의 무게}}{\text{레팅한 시료의 무게}} \times 100 \quad (\text{A})$$

리그닌의 함량 분석 : 펙틴을 제거한 시료를 0.7%

아염소산나트륨용액으로 pH 4에서 100°C에서 2시간, 액비 1 : 50으로 처리하고 이를 다시 반복한 후 수세하였다. 다음 아황산수소나트륨 용액(2%)으로 25°C에서 액비 1 : 20으로 10분간 침지 후 수세 하여 리그닌을 제거하였다. 아래와 같이 계산한 후 리그닌의 함량은 위의 A에서 B를 뺀 값으로 하였다.

$$\frac{\text{NaClO}_2\text{로 처리한 후의 무게}}{\text{레팅한 시료의 무게}} \times 100 \quad (\text{B})$$

헤미셀룰로오스의 함량 분석 : 리그닌을 제거한 시료를 수산화나트륨 17.5% 수용액으로 액비 1:25에서 45분간 처리하고 동량의 물을 넣고 5분간 방치한 다음 수세하였다. 10% 초산으로 중화한 후 수세하여 헤미셀룰로오스를 제거하였다. 아래와 같이 계산한 후 헤미셀룰로오스의 함량은 위의 B에서 C를 뺀 값으로 하였다. 여기서 C는 레팅한 시료의 무게에 대한 셀룰로오스의 함량 백분율이다.

$$\frac{\text{17.5\% NaOH로 처리한 후의 무게}}{\text{레팅한 시료의 무게}} \times 100 \quad (\text{C})$$

5. 염색성

비셀룰로오스 성분의 함량에 따른 케냐프 섬유의 염색성을 살펴보기 위해 다음과 같이 처리하였다. 레팅후 시료를 5%(owf) H₂O₂, 14%(owf) NaSiO₃, 1%(owf) Triton X-100의 혼합용액에서 85°C 1시간 동안 처리하여 표백하였다. 이 때의 액비는 1:50(w/v)으로 하였다. 효소레팅을 한 시료의 염색성을 알아보기 위하여 C. I. Reactive Red 120 염료 3% 농도(owf), 20% Na₂CO₃(owf), 액비 1 : 70으로 하고 항온수조 80°C에서 30분간 염색하였다. 이 때 레팅하지 않은 시료는 인피부로서 겉껍질이 붙어 있는 상태이므로 염색하여 비교하지 않았다. 염색된 시료의 염색성은 염색하기 전 시료에 대하여 L*, a*, b*값과 ΔE, K/S값으로 평가하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 조건별 레팅효과

1) Chelator의 종류와 농도에 따른 레팅효과
인피섬유의 펙틴질에 있는 칼슘 2가 이온이 펙틴아제와 같은 효소의 활동을 감소시킨다고 보고한 것과

같이(Adamsen, et al., 2002) chelator를 사용하지 않았을 경우에는 레팅이 거의 이루어지지 않았다(Table 1). Chelator를 사용하였을 때에만 레팅의 효과가 확인되었는데 이는 갈락트로닉산의 카르복실 group 등 acid group과 결합되어 있는 calcium 2가 이온이 chelator에 의해 제거되었기 때문인 것으로 파악된다. 레팅의 효과를 색상과 촉감 항목에 관련해 주관적으로 평가한 결과 oxalic acid의 농도가 30mM일 때 가장 우수한 등급(4.5등급)을 받았으며 EDTA는 1% 수용액(34mM)이 가장 우수한 등급(5등급)을 받아 각각 적정농도로 간주되었다. 효소 없이 chelator만으로 처리한 경우에는 레팅효과가 0%로 레팅이 전혀 일어나지 않았으며 주관적 평가에서도 0등급으로 평가되었다. 따라서 chelator는 펙틴질이 쉽게 분해하도록 펙틴아제의 활동

을 돕는 역할만을 하는 물질이며 효소와 함께 사용하였을 때에만 레팅이 이루어짐을 알 수 있었다. Chelator 없이 효소만으로 처리한 경우에는 아주 적은 양의 레팅효과(15%)를 얻었는데 주관적인 평가는 0등급으로 판정되어 실제적으로는 레팅효과가 전혀 없는 것으로 평가되었다.

2) 효소 농도에 따른 레팅효과

Chelator인 oxalic acid는 30mM로, EDTA는 1% (34mM)로 하여 펙틴아제의 농도에 따른 레팅효과를 살펴본 결과를 <Table 2>에 나타내었다. 효소 농도에 따른 레팅효과는 전반적으로 50%전후였으며 EDTA를 사용한 경우가 oxalic acid를 사용한 경우보다 다소 높은 것으로 나타났다. 이들 시료에 대한 주관적 평가

Table 1. Effect of Two Chelators on Enzyme Retting of Kenaf Bast (Treatment Condition: 50°C, 24 hr, enzyme concentration 0.5%)

Chelator	Conc. (mM/l)	Enzymic Present	Retting Effect(%)	Grades
0	0	+	15.9	0
oxalic acid (mM)	20	+	43.5	3.5
	30	+	45.3	4
	30	-	0	0
	50	+	47.7	3.5
	EDTA	17(0.5%)	+	41.0
	34(1.0%)	+	47.7	5
	34(1.0%)	-	0	0
	50(1.5%)	+	44.0	4.5

Table 2. Retting effects(%) and handle of kenaf retted with various pectinase condition(reaction temp.; 50°C, reaction times; 24hr.)

Concentration(%)		RettingEffects(%)	Grades	L	a	b	ΔE	H	V	C
reference				93.13	-0.023	-0.33				
EDTA (1%)	0.125	48.2	5	69.65	0.66	20.46	35.27	5.72Y	6.80	3.23
	0.25	50.9	5	71.90	0.93	19.32	32.79	5.55Y	7.03	3.08
	0.5	47.7	5	72.30	1.02	18.06	31.73	5.58Y	7.07	2.90
	1	48.6	5	69.65	1.50	19.62	34.80	4.92Y	6.80	3.13
	2	51.0	5	67.45	1.64	18.44	36.01	1.85Y	6.58	2.97
	3	51.7	5	69.46	1.97	19.40	34.86	4.55Y	6.78	3.13
oxalic acid (30mM)	0.125	48.1	4	68.96	-1.26	21.03	36.17	7.77Y	6.73	3.27
	0.25	47.7	4	69.65	-0.15	19.98	34.99	6.69Y	6.80	3.14
	0.5	45.3	4	71.01	0.46	18.68	33.13	6.18Y	6.94	2.98
	1	48.0	4	72.36	1.10	18.03	31.67	5.49Y	7.08	2.90
	2	46.7	4	73.46	0.38	18.22	30.87	6.35Y	7.19	2.91
	3	47.0	4	69.59	1.77	19.69	34.91	4.70Y	6.80	3.16

도 EDTA(5등급)를 사용한 경우가 oxalic acid(4등급)를 사용한 경우보다 다소 높았으며 전체적으로 4.5~5.0 등급을 나타내었다. 위 결과에서 EDTA가 oxalic acid보다 레팅에 더 효과적인 것은 EDTA의 분자구조에는 acetic acid말단기가 4개인데 비해 oxalic acid는 2-3개 밖에 지니지 않아 EDTA가 chelator로서 더 활발하게 작용하기 때문인 것으로 사료된다. 효소 농도는 0.125%만으로도 높은 레팅효과를 나타냈으며 농도가 높아지면 레팅효과에는 큰 차이가 없으나 외관상 섬유가 더 유연해 짐을 확인하였다. 외관상으로

는 EDTA를 사용한 섬유가 oxalic acid를 사용한 경우보다 다소 투명해 보였으나 분광측색계로 측정할 결과 chelator의 종류나 효소 농도에 따라 L*, a*, b*값과 ΔE, Muncell 값에 차이가 없는 것으로 나타났다.

3) 처리 온도와 처리 시간에 따른 레팅효과

펙틴아제 수용액의 농도를 0.5%, 1%, 2%로 하고 온도와 시간을 각각 변화시켜 효소 레팅한 결과를 <Table 3>과 <Table 4>에 나타내었다. 온도가 높아지면 레팅효과가 다소 증가하는 경향이 있으나 그 차이

Table 3. Retting Effects(%) and Handle of Kenaf Fiber Retted under Various Temperature (EDTA 1%, 24hr.)

Pectinase(%)	°C	Retting Effects(%)	Grades	L	a	b	ΔE	H	V	C
reference				93.13	-0.023	-0.33				
0.5	20	46.0	4.5	65.96	-0.98	21.95	39.15	7.30Y	6.43	3.39
	40	51.9	5	64.77	-1.09	25.97	42.49	6.93Y	6.31	3.95
	50	47.7	5	72.30	1.02	18.06	31.73	5.58Y	7.07	2.90
	60	52.2	5	69.39	1.82	19.79	35.14	4.66Y	6.78	3.17
1	20	43.7	4.5	72.56	-0.06	22.46	34.25	6.26Y	7.10	3.49
	40	51.4	5	71.04	-0.32	24.86	36.99	6.27Y	6.94	3.81
	50	58.6	5	69.65	1.50	19.62	34.80	4.92Y	6.80	3.13
	60	51.1	5	73.62	2.02	19.20	31.41	4.50Y	7.21	3.11
2	20	51.0	5	69.71	-0.14	21.86	36.06	6.43Y	6.81	3.40
	40	50.1	5	68.89	1.97	21.10	36.31	4.51Y	6.72	3.36
	50	51.0	5	67.45	1.64	18.44	36.01	1.85Y	6.58	2.97
	60	48.3	5	71.67	2.50	19.11	32.94	4.17	7.01	3.12

Table 4. Retting Effects(%) and Handle of Kenaf Fiber Retted under Various Time (EDTA 1%, 50°C)

Pectinase (%)	hr.	Retting Effects (%)	Grades	L	a	b	ΔE	H	V	C
reference				93.13	-0.023	-0.33				
0.5	12	45.7	4	73.10	-0.26	22.90	34.15	6.41Y	7.15	3.55
	16	48.9	4.5	71.07	1.21	22.38	35.35	4.98Y	6.95	3.51
	20	46.5	4.5	72.11	0.43	23.23	35.11	5.68Y	7.05	3.61
	24	47.7	5	72.30	1.02	18.06	31.73	5.58Y	7.07	2.90
	48	44.6	5	75.03	1.92	19.71	30.65	4.53Y	7.35	3.18
1	12	48.2	4	69.00	-0.96	26.03	39.30	6.77Y	6.74	3.96
	16	48.9	5	74.27	1.78	19.93	31.36	4.64Y	7.27	3.20
	20	47.4	5	71.97	3.04	21.25	34.05	3.76Y	7.04	3.50
	24	48.6	5	69.65	1.50	19.62	34.80	4.92Y	6.80	3.13
	48	45.5	5	72.74	2.80	21.17	33.39	3.90Y	7.12	3.43
2	12	47.8	4.5	73.51	-0.81	24.14	34.72	6.82Y	7.19	3.71
	16	42.7	5	7156	1.89	20.37	33.74	4.59Y	6.70	3.26
	20	47.4	5	72.26	1.49	20.34	33.15	4.87Y	7.07	3.24
	24	51.0	5	67.45	1.64	18.44	36.01	1.85Y	6.58	2.97
	48	50.9	5	67.51	3.09	19.66	36.70	3.69Y	6.58	3.22

는 전혀 두드러지지 않았으며 대체로 20~60°C의 처리온도 안에서는 레팅효과에 차이가 없는 것으로 판단되었다(Table 3). 레팅온도를 50°C로 고정하고 처리시간에 따른 레팅효과를 관찰한 결과 효소농도 0.5%에서 12시간이 경과한 시료도 4등급으로 우수하였으며 24시간에서부터 5등급을 나타냈다. 효소농도

를 1%이상으로 높일 경우에는 16시간 이후부터 5등급을 나타내었다. 위의 결과로써 케냐프 섬유의 레팅은 실온 상태에서 처리하여도 충분한 효과를 거둘 수 있으며 다만 처리온도를 높이거나 효소 농도를 높일 경우에는 레팅시간을 단축시킬 수 있다는 것을 알 수 있었다. 처리온도나 처리 시간을 높인 경우 외관상으

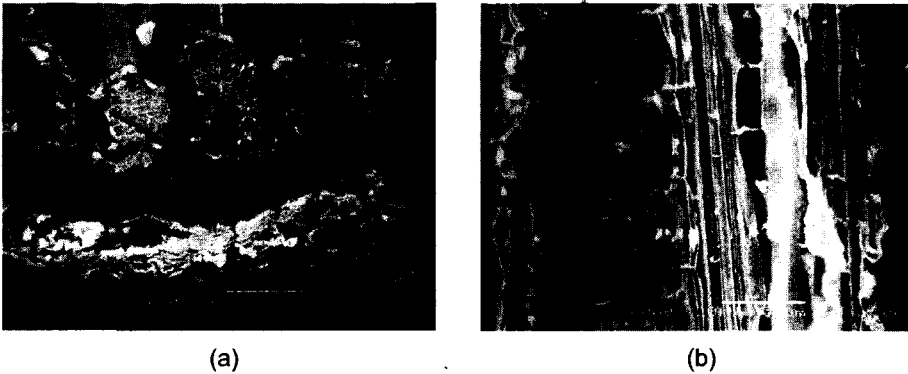


Fig. 1. Transversal and Longitudinal Scanning Electron Micrographs(X500)of Raw Kenaf Fibers: (a) lower layer-outer skin, top layer-fiber bundle, (b) fiber bundle packed within the non-cellulosic matters

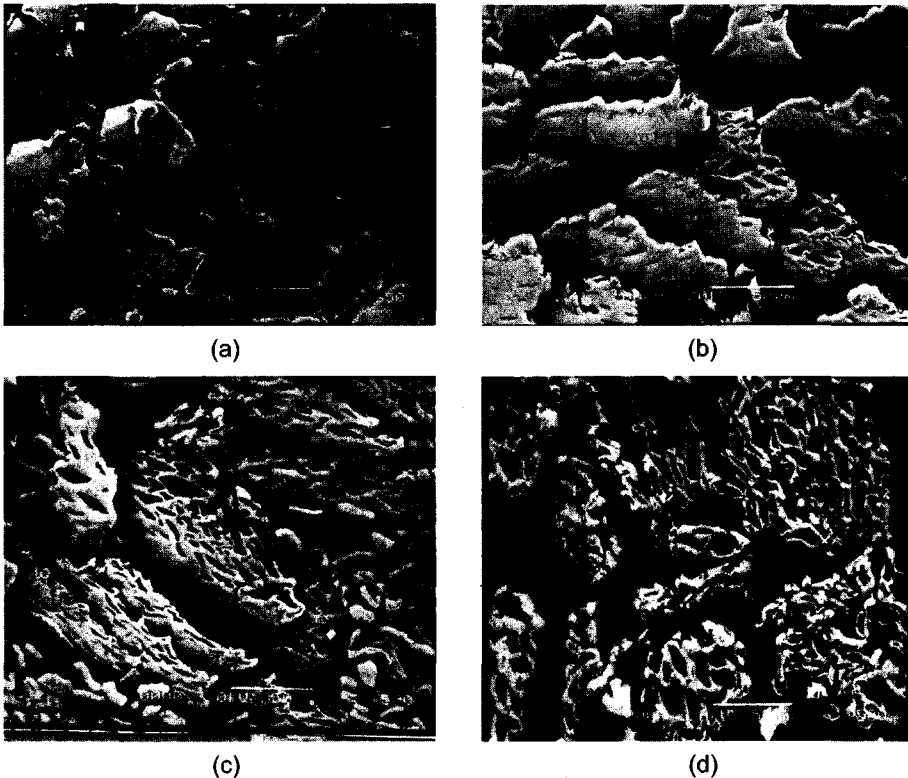


Fig. 2. Transversal Scanning Electron Micrographs(X500)of Enzyme Retted Kenaf Fibers: Enzyme Concentrations (a) 0.125%, (b) 0.25%, (c) 0.5%, (d) 2%

로는 잡티가 거의 없는 깨끗한 섬유가 관찰되었으나 분광측색계로 측정된 결과 시료간에 L*, a*, b*값과 ΔE, Muncell 값에 차이가 없는 것으로 나타났다.

4) 레팅에 의한 케냐프 섬유의 형태학적 특성 변화

<Fig. 1>은 레팅하기 전 케냐프 인피부의 단면과 측면 형태를 보여준다. 그림에서 관찰되는 바와 같이 레팅 전의 케냐프 인피부는 표피층(a의 아래부분)과 섬유다발(b의 윗부분)층으로 이루어져 있으며 섬유다발층(b)에는 펙틴을 비롯한 비셀룰로오스 물질이 세포 사이사이를 결합하고 있는 것을 알 수 있다.

<Fig. 2>는 케냐프 인피부를 효소 농도별(0.125~2%)로 레팅한 후 관찰한 것이다. <Fig. 1>의 레팅 전

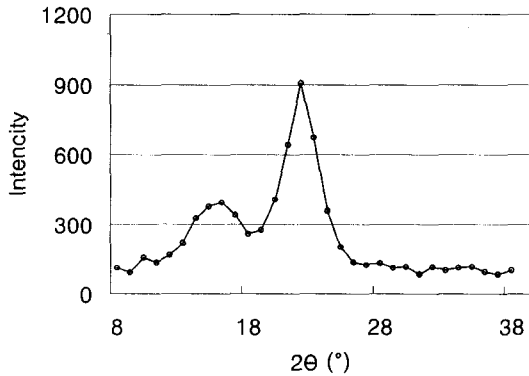


Fig. 3. X-ray Diffractogram of Kenaf Fibers Enzyme-retted (Pectinase Concentration; 0.5%)

시료와 비교하여 볼 때 약간의 효소처리만으로도 많은 펙틴이 제거되어 섬유가 분리되는 것을 알 수 있다. 효소 처리 농도가 높아짐에 따라 섬유의 분리가 활발해지면서 섬유사이에 빈 공간이 늘어났으며 2% 농도에서는 세척화가 매우 두드러졌고 공간도 더욱 늘어남을 확인하였다(d). 이러한 현상은 화학적 레팅의 결과 섬유 사이가 메워지는 현상(이해자 외, 2003)과는 사뭇 대조적인 현상이라 할 수 있다.

5) 레팅에 의한 케냐프 섬유의 구조 변화

효소 레팅한 시료의 X-ray회절 결과 시료는 전형적인 셀룰로오스 I의 구조를 갖고 있음을 알 수 있었다(Fig. 3). 이러한 구조는 효소처리 농도에 관계없이 모두 같았으며 이로써 효소레팅에 의한 셀룰로오스의 구조변화는 없음을 확인하였다. 결정화도는 92~96% 정도로 효소 농도에 따라 차이가 없는 것으로 보였으며 이는 또한 케냐프 섬유를 물을 이용해 레팅(water retting)한 경우와 유사한 결과임을 알 수 있다 (Table 5).

2. 효소레팅에 따른 케냐프 섬유의 화학적 특성

<Table 6>은 효소레팅을 한 케냐프 섬유에 펙틴, 리그닌, 헤미셀룰로오스 등의 비셀룰로오스 성분이 각각 얼마나 함유되어 있는지를 분석한 결과이다. 효소레팅 후의 케냐프 섬유에는 비셀룰로오스 성분 중

Table 5. Crystallinity of Kenaf Fiber Retted with Different Pectinase Concentration(%)

Specimens	Water retting	Pectinase Concentration(%)					
		0.125	0.25	0.5	1	2	3
Cristallinity(%)	95.46	94.19	92.31	95.00	93.00	92.29	96.97

Table 6. Weight Percent of Kenaf Fiber after Various Chemical Treatments

Specimen (by Enzyme concentration)	Before removing non-cellulose	After treating with ammonium oxalate (pectin)	After treating with NaClO ₂ (lignin)	After treating with 17.5%NaOH (hemicellulose)
0.125%	100	96.9(3.1)*	83.7(13.2)	57.8(23.9)
0.25%	100	97.6(2.4)	84.6(13.0)	61.1(23.5)
0.5%	100	96.7(3.3)	83.2(13.5)	58.5(24.7)
(1)1%	100	96.7(3.3)	83.1(13.6)	58.2(24.9)
2%	100	96.7(3.3)	83.9(12.8)	58.2(25.7)
3%	100	96.3(3.7)	84.9(11.4)	60.9(24.0)

*Number in parenthesis is the weight % of non-cellulosic matter.

헤미셀룰로오스가 가장 많이 함유되어 있고 그 다음 리그닌, 펙틴의 순으로 잔류하고 있었다. 이와 같은 결과는 고농도로 화학적 레팅하였을 때 헤미셀룰로오스의 함량이 상당히 적어지는 것과 차이가 있었다 (이혜자, 2003). 펙틴, 리그닌, 헤미셀룰로오스의 함유율은 효소레팅시 사용한 펙틴아제의 농도와 관련이 없는 것으로 보였으며 0.125~2% 효소농도 하에서 비교적 유사하였다. 따라서 효소레팅은 고농도의 펙틴아제를 필요로 하지 않으며 아주 적은 양으로도 레팅공정이 가능하다는 것을 알 수 있다.

3. 효소레팅한 케냐프 섬유의 염색성

위에서 보고한 바와 같이 효소레팅한 케냐프 섬유는 레팅처리에 사용한 효소의 농도에 관계없이 유사한 양의 비셀룰로오스 성분들을 지니고 있었다. 이와 같은 맥락에서 케냐프 섬유의 염색성 또한 효소 농도에 관계없이 유사할 것으로 예측되어 그 결과를 알아보고자 하였다. <Table 7>에 효소 농도에 따라 레팅한 케냐프 섬유의 염색성을 나타내었는데, 0.125~3%의 현저한 효소 농도 차이에도 불구하고 시료의 K/S

Table 7. Dyeability of Enzyme Retted Kenaf Fiber Before Removing the Non-Cellulosic Matters (C. I. Reactive Dye Red 120)

Specimens	L	a	b	ΔE	K/S
reference	79.73	-0.75	12.16		
0.125%	69.85	12.14	12.26	16.28	0.64
0.25%	67.09	9.39	13.94	16.35	0.75
0.5%	72.13	12.57	8.44	15.81	0.54
1%	67.86	11.19	13.16	16.91	0.73
2%	70.75	12.25	12.65	15.84	0.61
3%	61.60	6.06	7.59	19.96	0.99

Table 8. Dyeability of Enzyme Retted Kenaf Fiber After Removing the Non-Cellulosic Matters (C. I. Reactive Dye Red 120)

Specimens	L	a	b	ΔE	K/S
reference	79.33	-0.46	6.78		
0.125%	54.48	39.52	-3.92	48.27	3.11
0.25%	52.87	37.22	-3.53	49.65	3.22
0.5%	54.15	38.12	-4.66	47.47	3.11
1%	57.09	43.29	-4.76	50.41	2.85
2%	54.08	40.49	-3.08	49.11	3.20
3%	54.83	41.01	-4.50	49.67	3.16

값에는 큰 차이가 없는 것을 알 수 있었다. <Table 8>은 레팅한 케냐프 섬유에 잔류하는 비셀룰로오스 성분의 함량에 따라 염색성에 차이가 있는가를 나타낸 것이다. 펙틴, 리그닌, 헤미셀룰로오스를 차례로 제거한 시료를 C.I. Reactive Red 120 염료로 염색한 결과 위의 비셀룰로오스를 제거하지 않은 케냐프 섬유의 경우 <Table 7>와 마찬가지로 효소 농도에 관계없이 K/S값에는 큰 차이가 없었다.

<Table 7>과 <Table 8>의 결과를 비교하기 위해 비셀룰로오스를 제거하기 전과 후의 K/S를 그래프로 나타내었다(Fig. 4). 전제적으로 펙틴, 리그닌, 헤미셀룰로오스 등 비셀룰로오스를 제거한 케냐프 섬유의 염색성이 이들 비셀룰로오스를 제거하지 않은 케냐프 섬유의 염색성보다 월등히 좋았다. 이로부터 펙틴, 리그닌, 헤미셀룰로오스 등의 비셀룰로오스 성분은 셀룰로오스보다 염색성이 낮으며 이들이 많이 함유된 경우 케냐프 섬유의 염색성이 떨어진다는 것을 알 수 있다.

본 연구에서 조사한 케냐프 섬유의 효소 레팅효과를 전반적으로 살펴볼 때 중효소레팅한 케냐프 섬유는 선행연구에서 관찰하였던 물로 레팅한 케냐프 섬유와 유사한 색과 광택을 지녔으며 그 물성도 유사하였다.

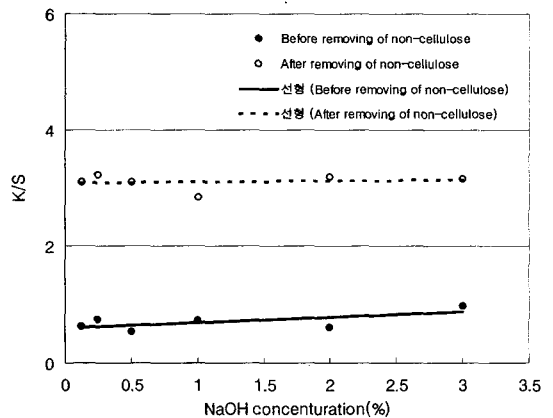


Fig. 4. K/S Values of kenaf fibers dyed with C. I. Reactive Dye Red 120

IV. 결 론

본 연구에서는 펙틴아제를 이용한 효소레팅의 효과를 조사하고 chelator의 첨가가 레팅의 효과에 미치는 효과를 살펴보았으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 효소레팅은 효소와 함께 chelator를 사용하였을 때에만 높은 효과를 얻을 수 있으며 효소나 chelator 단독으로는 레팅효과가 나타나지 않았다.

2. Chelator로 사용한 EDTA와 oxalic acid 중 EDTA가 더 높은 레팅효과를 나타내었으며 EDTA의 농도는 1%가 최적임을 확인하였다.

3. 본 연구에서 사용한 0.125~3% 효소 농도 안에서는 레팅효과에 큰 차이가 없었으며 0.125%만으로도 높은 레팅효과를 나타내었다.

4. 레팅은 실온 상태에서 처리하여도 충분한 효과를 거둘 수 있으며 처리온도를 높이면 레팅시간을 단축시킬 수 있다.

5. 효소레팅한 케냐프 섬유는 원래의 셀룰로오스 I의 구조를 갖고 있었으며 효소 농도에 따라 결정화도에도 차이가 없었다.

6. 효소레팅을 완료한 케냐프 섬유에는 비셀룰로오스 성분이 헤미셀룰로오스, 리그닌, 펙틴의 순으로 잔류하고 있었으며 이들의 함유율은 효소농도에 따라 차이가 없었다.

7. 효소레팅한 케냐프 섬유의 염색성은 효소 농도에 따라 차이가 없었다.

8. 펙틴, 리그닌, 헤미셀룰로오스가 잔류하는 케냐프 섬유는 이들이 제거된 케냐프 섬유보다 염색성이 낮았다.

참고문헌

이혜자, 한영숙, 유혜자, 송경현, 이진숙, 김정희, 안춘순. (2003). 국내 재배 케냐프를 이용한 의류 소재 개발 연구(II). *한국의류학회 춘계 학술대회*, 2003.

한영숙, 유혜자, 이혜자, 이진숙, 김정희, 송경현, & 안춘순. (2003). 국내 재배 케냐프를 이용한 의류 소재 개발 연구. *한국의류학회지*, 27(7), 862-871.

Abbott, T. P., Tjarks, L. W., & Bagby, M. O. (1987). Kenaf lignin structure by correlation of CNR, FTIR, and chemical analysis. *Proceedings of TAPPI 1987 Pulping Conference (Washington D.C.) Book 1*, 177-183.

Abou-Zeid, N.Y., Higazy, A., & Hebeish, A. (1984). Graft Copolymerization of Styrene, Methylmethacrylate, and Acrylonitrile onto Jute Fibers. *Die Angevandte Makro-*

molekulare Chemie, 121, 69-87.

Adamsen, A. P. S., Akin, D. E., & Rigsby, L. L. (2002). Chelating agents and enzyme retting of flax. *Textile Research Journal*, 72(4), 296-302.

Akin, D. E., Epps, H. H., Archibald, D. D., & Sharma, H. S. S. (2000). Color measurement of flax retted by various means. *Textile Research Journal*, 70(10) 852-858.

Akin, D. E., Foulk, J. A., & Dodd, R. B. (2002). Influence on flax fibers of components in enzyme retting formulations. *Textile Research Journal*, 72(6), 510-514.

Aravindanath, S. (1984). Is Mercerization of cotton related to its bilateral structure?. *Textile Research Journal*, 54(2), 883-885.

Evans, J. D., Akin, D. E., Morrison III, W. H., & Himmelsbach, D. S. (2002). Modifying dew-retted flax fibers by means of an air-atomized enzyme treatment. *Textile Research Journal*, 72(7), 579-585.

Henriksson, G., & Akin, D. E., Rigsby, L. L., Patel, N., & Eriksson, K. L. (1997). Influence of chelating agents and mechanical pretreatment on enzymatic retting of flax. *Textile Research Journal*, 67(11), 829-836.

Henriksson, G., Akin, D. E., Slomczynski, D., & Eriksson, K. L. (1999). Production of highly efficient enzymes for flax retting by *Rhizomucor pusillus*. *Journal of Biotechnology*, 68, 115-123.

Isogai, A. & Usuda, M. (1989). Crystallinity indexes of cellulosic materials. *Sen-I Gakkaishi*, 46(8), 324-329.

Kugler, D. E. (1990). *Non-wood Fiber Crops; Commercialization of Kenaf for Newsprint*. Advances in new crops, Timber Press, Portland, OR, USA, 289-292.

Morrison, W. H., Akin, D. E., Ramaswamy, G., & Baldwin, B. (1996). Evaluating chemically retted kenaf using chemical, histochemical, and microspectrophotometric analyses. *Textile Research Journal*, 66(10), 651-656.

Ramaswamy, G. M., Craft, S., & Wartelle, L. (1995). Uniformity and softness of kenaf fibers for textile products. *Textile Research Journal*, 65(12), 765-770.

Rymysz, T. A. (1999). *Utilization of Kenaf Materials*. Forest Products Society, June 30, Boise, Idaho.

Sharma, H. S. S., Faughey, G., & Lyons, G. (1999). Comparison of physical, chemical, and thermal characteristics of water-, dew-, and enzyme-retted flax fibers. *Journal of Applied Polymer Science*, 74(1), 139-143.

http://www.ipa.info/what_is_pectin.html 2001.