

비셀룰로오스 함량에 따른 케나프 섬유 특성변화

이혜자[†] · 한영숙* · 유혜자**

한국교원대학교 가정교육과, *신성여자고등학교, **서원대학교 의류직물학과

The Change of Kenaf Fiber Characteristics by the Contents of Noncellulosic Material

Hyeja Lee[†] · Youngsook Han* · Hyeja Yoo**

Dept. of Home Economics Edu., Korea National University of Education

*Shinsung Girls' Highschool, Cheju

**Dept. of Clothing & Textiles, Seowon University

(2006. 5. 22. 접수)

Abstract

The effects of removal of lignin or hemicellulose on the cottonizing and pulping characteristics of kenaf fiber were studied by comparing the conditions of non-cellulosic material contents, fiber lengths and dyeability. And the effects of lignin or hemicellulose on dyeability of the kenaf fiber using CI Direct Green 26 and CI Direct Red 81 were investigated. The results were as follows.

The lignin contents decreased and the kenaf fiber became shorter and finer as the reaction time with sodium chlorite increased. The hemicellulose could be removed by treating sodium hydroxide solution to the fiber from which the lignin partly removed. The 80% of hemicellulose could be removed by 5% of sodium hydroxide solution in 5 minutes. But if lignin were not removed at all, hemicellulose could not be removed. The fiber lengths proper for apparel were obtained after treating sodium chlorite for 10-20 minutes and those for pulping were obtained after treating sodium chlorite for 40 minutes. The kenaf fibers from which lignin and hemicellulose partly removed were dyed with CI Direct Green 26 and CI Direct Red 81. Their dyeability increased as the removal rates of lignin increased. The ΔE values of kenaf fiber dyed with CI Direct Green 26 were lower than CI Direct Red 81.

Key words: Removal of lignin and hemicellulose, Length of kenaf fiber, Stiffness of kenaf fiber, Cottonizing, Dyeability of kenaf fiber; 비셀룰로오스 제거, 케나프 섬유길이, 케나프 섬유유연성, 세섬화, 케나프 염색성

I. 서 론

모시, 삼베, 케나프 섬유, 옥수수대 섬유 등 리그노셀룰로오스 섬유들은 짧은 싱글 셀들이 모여 이루어

진 멀티 셀룰라 섬유이며 리그닌, 헤미셀룰로오스와 같은 비셀룰로오스와 함께 번들 상태를 이루고 있으므로 거칠고 뻣뻣하다. 리그닌은 미들 라멜라의 셀룰로오스 단섬유들과 에스테르 결합으로 번들을 형성하는 주요 결합물이며 헤미셀룰로오스는 식물의 세포벽을 구성하는 다당으로 분자량이 작고 리그닌과 물리, 화학적으로 긴밀히 결합되어 있다. 비셀룰로오스가 많이 함유된 리그노셀룰로오스 섬유의 번들 상

[†]Corresponding author

E-mail: hjlee@knue.ac.kr

본 연구는 학술진흥재단 우수여성과학자지원에 의해 연구됨(RE20050037).

태를 해섬하기 위해서는 단단히 결합된 리그닌 결합을 제거하는 것이 필요하다. 헤미셀룰로오스는 리그닌이 제거된 후에는 약한 알칼리에서도 쉽게 용해된다.

라미와 삼베 같은 마섬유는 중국, 우리나라, 일본 등 동양 3국에서 섬유 번들을 제고 이어주는 등 수작업으로 옷감을 제조하여 왔으나 국내에서는 21세기 들어 수작업이 어려워지고 있어 기계를 이용하여 방적사를 제조하려는 시도가 있었다(김정태, 2000; 장덕호, 2002). 케나프 섬유의 경우에도 cottonizing법으로 기계적으로 세섬화하거나(Epps et al., 2001) 케나프 번들을 수작업으로 세섬화하며 레이온 섬유와 혼방하여 제직한 바 있다(이혜자 외, 2004). 이러한 과정을 거쳐 세섬화된 케나프 섬유도 고급 의류로 제품화하기에는 아직 거칠어 이를 개선하기 위해 화학적인 방법을 이용하여 리그닌과 헤미셀룰로오스를 제거하였고 비 셀룰로스 물질이 완전히 제거되었다. 그 결과 면 솜과 동일한 형상의 케나프 섬유를 얻을 수 있었으나 너무 단섬유화되고 가늘어져 의류로 제조하기에 역시 부적합하였다(이혜자 외, 2003). 이처럼 리그닌과 헤미셀룰로오스의 제거는 케나프 섬유를 세섬화하고 유연하게 하는데 필요하지만 완전히 제거하면 단섬유 및 펄프화가 진행되므로 의류용 섬유제조를 어렵게 한다(이미경 외, 2005; Reddy & Yang, 2005).

리그닌은 목질화된 식물의 세포에 존재하며 이 세포들이 상호 교착하여 조직을 강고히 하고 있는 물질로 phenylpropane(C0-C3)계의 구성단위가 탄소-탄소 결합 또는 에테르결합으로 축합되었으며 반드시 메톡실기(-OCH₃)를 함유하고 있다. 리그닌은 대부분 세포벽과 세포벽 사이를 이어주는 세포 간층(middle lamella)에 존재하며 셀룰로오스와의 에스테르 결합을 하는 마섬유의 주요결합물이다. 리그닌의 분자식과 분자량은 정확히 구명되지는 않았으나 일반적으로 20,000-40,000정도로 본다(황병호 외, 2005). 펄프나 섬유의 원료인 식물의 리그닌은 보통 syringyl propane, guaiacyl propane, hydroxyphenyl propane로 분류되는데 케나프 섬유(밀둥 부분)는 syringyl propane과 guaiacyl propane의 리그닌으로 이루어져 있고 그 비율이 7:1인 것으로 알려져 있다(Morrison III et al., 1999).

헤미셀룰로오스는 셀룰로오스와 펙틴, 리그닌을 제외한 육상식물의 세포벽을 구성하는 다당으로 정의되며 그 구성 당의 종류와 아세틸기의 유무에 따라 o-acetyl-4-o-methylglycoylan, glycomannan, o-acethyl galacto glycomannan 등 여러 형태의 헤미셀룰로오스

가 있으며 리그닌과 물리 화학적으로 긴밀하게 결합되어 있다.

따라서 케나프 섬유를 다양한 의류 제품에 효율적으로 이용하기 위해서는 섬유 내에 존재하는 리그닌과 헤미셀룰로오스를 부분 혹은 완전 제거하면서 이에 따른 세섬화나 펄프화 정도와 섬유 유연성과 섬유장의 관계를 파악할 필요가 있다.

본 연구에서는 케나프 섬유를 화학적으로 레팅한 뒤 리그닌과 헤미셀룰로오스를 일부 혹은 완전 제거하면서 케나프 섬유가 세섬화와 유연화되는 정도를 살펴보았으며 이 과정에서 나타난 섬유의 특성을 리그닌과 헤미셀룰로오스 함량, 섬유의 길이, 염색성의 차이로 살펴보고자 하였다. 리그닌이나 헤미셀룰로오스 등의 비셀룰로오스는 염색할 때 염료의 소비율을 저하시키는 것으로 알려져 있으므로 리그닌과 헤미셀룰로오스가 제거된 정도는 염색성을 이용하여 확인할 수 있다. 염색은 보통 아마, 모시, 황마 등 리그노 셀룰로오스 섬유염색에 주로 쓰이는 직접염료인 CI Direct Green 26(G 26)과 CI Direct Red 81(R 81)을 사용하여 염료의 분자크기, 분자형태에 따른 케나프섬유의 염색성을 확인하였다.

II. 실험

1. 시료의 레팅

진주 농업기술원에서 분양받은 케나프씨를 청주시와 청원군에서 재배하였고 재배한 지 120일이 되는 케나프 줄기의 인피부(bark)를 목질부(core)로부터 분리하여 사용하였다. 인피부는 건조시켜 보관한 후 시료의 균일성을 위하여 밑둥에서 60cm까지를 사용하였다. 레팅은 1% NaOH 수용액에서 100°C로 60분간 화학적 레팅을 하였고 레팅이 끝난 후 1% 초산 용액으로 중화시킨 후 수차례 수세한 후 자연 건조하였다(이혜자 외, 2004).

2. 비셀룰로오스 제거 반응

리그닌의 제거는 0.7% 아염소산나트륨 수용액으로 pH 4.5로 조절하고 액비 1:30으로 100°C에서 10, 20, 40, 60, 120분 처리한 뒤 수세하였다. 다음 2% 아황산수소나트륨 용액으로 액비 1:20으로 25°C에서 10분 간 침지 후 수세 건조하여 리그닌을 부분, 혹은

완전 제거하였다(신동소 외, 1983).

헤미셀룰로오스의 제거는 리그닌이 부분 혹은 완전 제거된 시료를 농도 1, 5, 10, 17.5% NaOH 수용액에 액비 1:30으로 실온에서 5, 10, 20, 30분 간 처리하고 수세한 다음 초산 수용액으로 중화한 후 다시 수세하여 그 제거 상태를 비교하였다(신동소 외, 1983).

3. 케나프섬유의 비셀룰로오스 분석

비 셀룰로오스의 함량은 펙틴, 리그닌, 헤미셀룰로오스를 각각 제거한 후 레팅한 시료의 총 무게에 대한 무게백분율로 구하였고 이 때 시료의 무게는 1일 동안 표준상태에 방치한 후 측정하였다.

1) 펙틴의 함량 분석

레팅한 시료 5g을 0.5% 암모늄 옥살레이트 용액 250ml에 넣고 85°C에서 24시간 처리하여 펙틴을 제거하였다. 아래와 같이 계산한 후 펙틴의 함량은 레팅한 시료의 무게에서 A를 뺀 값으로 하였다.

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

2) 리그닌의 함량 분석

펙틴을 제거한 시료를 0.7% 아염소산나트륨용액으로 pH 4에서 100°C에서 2시간, 액비 1:50으로 처리하고 수세한 다음 2% 아황산수소나트륨 용액으로 25°C에서 액비 1:20으로 10분간 침지 후 수세 하여 리그닌을 제거하였다. 아래와 같이 계산한 후 리그닌의 함량은 위의 A에서 B를 뺀 값으로 하였다. 리그닌을 부분제거하기 위해서는 처리시간을 10~120분으로 달리하였다.

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

헤미셀룰로오스의 함량 분석 : 리그닌을 제거한 시료를 수산화나트륨 17.5% 수용액으로 액비 1:25에서 45분 간 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. 헤미셀룰로오스의 부

분 제거를 위해서는 수산화나트륨을 1, 5, 10%로, 처리시간을 5~30분으로 하였다.

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

4. 염 색

염료는 보통 아마, 모시, 황마 등 리그노 셀룰로오스 섬유염색에 주로 쓰이는 직접염료인 CI Direct Red 81(R 81)와 CI Direct Green 26(G 26)으로 염색하였다. CI Direct Red 81는 디아조구조이며 분자량이 663이고 두 개의 음이온 설포네이트기를 지니고 있다. CI Direct Green 26은 트리아조 구조이며 분자량이 1306으로 상대적으로 크며 4개의 음이온 설포네이트기와 카르복실기, 수산기 등을 지니고 있다. 리그닌과 헤미셀룰로오스를 부분 혹은 완전 제거한 케나프 시료를 염료 1% 농도(owf), 20% 황산나트륨(owf), 액비는 1:50(w/v)으로 하여 30°C에서 승온하여 90°C에서 20분간 염색되고 60°C에서 끝내는 80분 프로그램으로 자동염색기(대립, 한국)로 염색하였다. 염색한 건조시료의 색은 분광측색계(Color Techno System JS555, Japan)를 이용하여 ΔE 값으로 나타내었다.

세섬화와 펄프화 정도는 대학원생과 교수 10명이 촉감에 따라 5등급(매우 좋음), 4등급(좋음), 3등급(보통), 2등급(나쁨), 1등급(아주 나쁨)의 5단계로 주관적으로 평가하였다.

III. 결과 및 고찰

수산화나트륨 1%에서 화학적 레팅으로 얻어진 케나프섬유는 펙틴이 2.25%, 리그닌 17.36%, 헤미셀룰로오스가 11.79%, 셀룰로오스 68.60%로 조성되었다(Table 1).

Table 1. Characteristics of kenaf fiber

Type	Pectin	Lignin	Hemicellulose	Cellulose
Contents(%)	2.25	17.36	11.79	68.60

1. 리그닌의 제거

케나프 섬유는 다른 마섬유보다 리그닌을 많이 함유하고 있으며 다량의 리그닌이 단섬유들을 번들상

Table 2. The lignin contents and removal rates in kenaf fibers according to the reaction time with 0.7% sodium chlorite

Reaction times with 0.7% sodium chlorite(mins.)	Contents of noncellulosic materials(%)			Removal rates of lignin (%)
	Pectin	Hemicellulose	Lignin	
0	2.25	17.79	17.37	0
10	2.25	17.79	12.40	4.97
20	2.25	17.79	9.76	7.61
40	2.25	17.79	5.64	11.73
60	2.25	17.79	5.44	11.93
120	2.25	17.79	0	17.37

태로 결속하여 섬유를 거칠고 뻣뻣하게 만들며 갈색을 띄고 있다(Reddy & Yang, 2005). 아염소산나트륨은 산화제로서 셀룰로오스와는 반응성이 적지만 페놀성 혹은 비페놀성 벤젠환에 공격된 에틸렌기 전자가 풍부한 리그닌을 공격하기 쉬우므로(황병호 외, 2005) 리그닌을 효율적으로 제거할 수 있다.

본 실험에서 화학적 레칭한 후 아염소산나트륨을 처리하지 않았을 때 17.36%였던 리그닌 함량은 아염소산나트륨 처리 시간을 10, 20, 40, 60, 120분으로 달리하며 증가시켰을 때 시간에 따라 비례적으로 제거되었다. 이 제거된 비율을 전체 리그닌 함량(17.36%)에 대해 환산하면 각각 8.7, 43.8, 70.1, 67.5, 100% 제거되었으며 처리 시간의 크기에 따라 부분 혹은 완전 제거됨을 알 수 있었다. 아염소산나트륨 처리시간을 40분 이상으로 하면 초기 리그닌의 거의 70% 이상이 제거되었으므로 리그닌이 제거된 만큼 셀룰로

오스와 결합이 절단되면서 섬유가 번들 상태에서 분리되고 세척화되어 부드러운 섬유가 되었다. <Table 4>의 결과를 보면 리그닌 함량이 줄어들면서 섬유길이도 점점 짧아지고 있으며 아염소산나트륨으로 0~120분간 처리하면 길이는 15.2~60.9mm의 범위를 나타냈다.

2. 헤미셀룰로오스의 제거

아염소산나트륨을 0~60분간 처리하여 리그닌을 부분 혹은 완전 제거한 케나프 섬유 시료에 추가적으로 다양한 농도의 수산화나트륨으로 5분 처리하여 헤미셀룰로오스를 제거하였고 그 결과를 <Fig. 1>에 나타냈다. 수산화나트륨의 농도를 달리하여 처리하였으며 그 결과 수산화나트륨의 농도에 따라 헤미셀룰로오스 제거 정도가 달라짐을 확인할 수 있었다. 즉 수

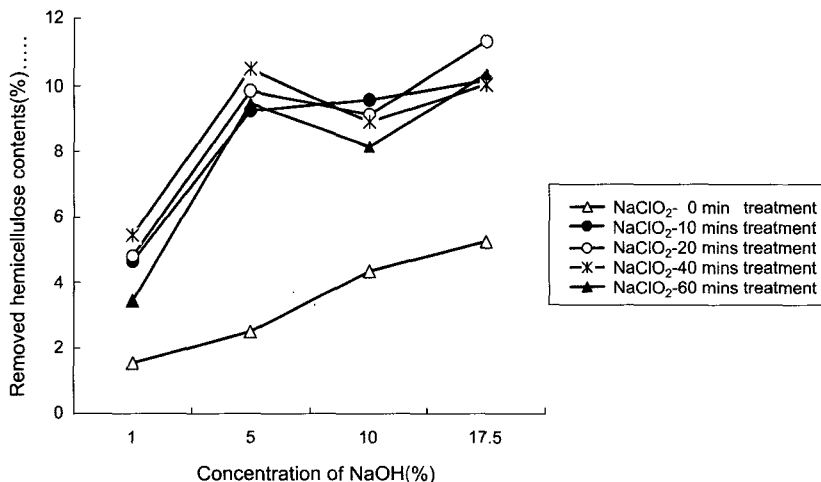


Fig. 1. Hemicellulose contents of sodium chlorite treated kenaf fibers after sodium hydroxide treatment

Table 3. Removed hemicellulose contents of the sodium chlorite treated kenaf fibers after sodium hydroxide treatment

Reaction times with sodium chlorite (mins.)	Reaction times with sodium hydroxide (mins.)	Concentrations of sodium hydroxide(%)			
		1	5	10	17.5
0	5	1.54(13.54)	2.51(22.08)	43.66(38.43)	5.27(46.35)
10	5	4.67(41.07)	9.24(81.27)	9.58(84.26)	10.15(89.27)
	10	4.67(41.07)	9.62(84.61)	10.24(90.06)	9.24(81.27)
	20	4.78(42.04)	10.93(96.13)	9.24(81.27)	11.26(99.03)
	30	4.95(43.54)	10.70(94.11)	10.59(93.14)	11.37(100)
20	5	4.82(42.39)	9.84(86.54)	9.14(80.39)	11.33(99.65)
40	5	5.47(48.11)	10.48(92.17)	8.88(78.10)	10.05(88.39)
60	5	3.45(30.34)	9.47(83.29)	8.12(71.42)	10.33(90.85)

*(): removal rate of hemicellulose to initial hemicellulose content 11.79%

산화나트륨의 농도가 증가하면 헤미셀룰로오스의 제거도 증가하였다. 또한 리그닌이 제거되지 않은 시료와 부분 혹은 완전 제거된 시료들의 제거 경향은 다르게 나타났다. 리그닌을 17.37% 함유한 초기의 아염소산나트륨을 처리하지 않은 NaClO₂-0 시료의 경우 점진적인 변화가 있었던 반면 아염소산나트륨을 처리하여 리그닌이 제거된 시료들인 NaClO₂-10~NaClO₂-60의 경우는 상대적으로 저 농도인 5%의 수산화나트륨을 처리하여도 헤미셀룰로오스의 제거가 뚜렷히 증가하였으며 5% 이후 17.5%까지는 증가율이 둔화되었다.

화학적 레팅한 케나프섬유를 아염소산나트륨으로 60분까지 처리하여 리그닌을 제거한 시료를 헤미셀룰로오스의 제거를 위해 농도 1, 5, 10, 17.5%의 수산화나트륨 용액에 30분까지 시간의 변화를 주면서 침지하였고 그 결과는 <Table 3>과 같다.

아염소산나트륨으로 10분 처리한 시료의 경우 헤미셀룰로오스의 제거 정도를 관찰하였을 때 수산화나트륨 용액에 5분 처리하여 제거된 헤미셀룰로오스는 농도에 따라 각각 4.67, 9.24, 9.58, 10.15%를 나타내었으며 전체 헤미셀룰로오스 함량 11.79%에 대하여 백분율로 환산하면 41.07, 81.27, 84.26, 89.27% 제거된 것으로 수산화나트륨의 농도가 증가하면 제거율도 증가되었고 1%에서 5% 사이가 가장 급격히 증가하였다.

그러나 아염소산나트륨으로 10분 처리한 동일한 시료에서 수산화나트륨 농도 1, 5, 10, 17.5%에서 처리시간을 각각 5, 10, 20, 30분으로 증가시켰을 경우 헤미셀룰로오스의 제거율은 시간 증가에 비례하여

증가하지는 않았고 각각 4.67→4.95%, 9.24→10.70%, 9.58→10.59%, 10.15→11.37%로 0.32~1.01% 라는 미미한 증가에 그쳤다. 헤미셀룰로오스는 알칼리에 의해 팽윤되었다가 수축되는 과정에서 제거되는데 본 실험에서 수산화나트륨 처리시간 보다는 수산화나트륨의 농도가 중요한 변수로 작용하였다.

화학적 레팅한 케나프섬유로부터 아염소산나트륨 처리시간에 변화를 주고 리그닌을 부분 제거한 후 리그닌의 제거 조건이 헤미셀룰로오스 제거에 미치는 효과를 고찰하였다. 아염소산나트륨 처리시간을 10분으로 했을 경우는 헤미셀룰로오스 제거가 5분에서 거의 이루어졌다. 마찬가지로 아염소산나트륨 처리시간 20, 40, 60분 처리한 시료의 경우는 아염소산나트륨 40분 처리한 시료까지는 아염소산나트륨 10분 처리한 시료와 결과가 거의 유사했다. 그러나 60분 처리한 시료에서는 오히려 헤미셀룰로오스 제거율이 감소하는 경향을 나타냈는데 그 이유를 고찰하여 보면 아염소산으로 60분 동안 장시간 처리하여 리그닌을 제거하는 과정에서 헤미셀룰로오스도 함께 제거되었기 때문으로 추측된다. 탈리그닌이 60% 이상을 넘어서면 소량이지만 헤미셀룰로오스의 구성하는 당류 중에서 glucomanani이 용출된다고 한 것과 일치한다(황병호 외, 2005).

리그닌을 제거하지 않은 시료에서는 수산화나트륨의 농도 1, 5, 10, 17.5%에서 5분 처리하였을 때 제거된 헤미셀룰로오스의 양이 매우 적어 1.54~5.27%를 나타냈는데 이를 전체 셀룰로오스에 대해서 환산하면 50% 이하로 제거된 것이다. 이러한 결과는 헤미

셀룰로오스의 제거는 리그닌을 약간이라도 제거한 시료에서 용이하다고 할 수 있음을 의미한다(황병호 외, 2005). 즉, 리그닌을 제거함으로써 리그닌과 헤미셀룰로오스 사이의 결합이 끊어지고 이에 따라 헤미셀룰로오스 용출이 물리적으로 용이하게 되기 때문으로 생각된다.

헤미셀룰로오스를 제거하기 위해 수산화나트륨을 처리하면 헤미셀룰로오스의 카르복실기와 리그닌의 페놀성 수산기, 메톡실기, 에테르 결합이 끊어지고 알데하이드 기능기가 적어져 비결정 영역에서 수산그룹이 생성된다(Chattopadhyay et al., 1999). 헤미셀룰로오스를 제거하면 섬유 구조가 느슨하게 되어 섬유를 세섬화시키고 알파셀룰로오스를 증가시킨다. 따라서 단섬유화가 일어나게 되어 섬유의 길이는 짧아지게 되고 펄프화가 진행된다. 헤미셀룰로오스는 분자량이 약 150 정도 되는 셀룰로오스로서 약 알칼리에서도 5분 안에 용해되었으며 케나프 셀룰로오스의 분자량도 저하시켜 펄프화를 촉진시켰다. 펄프화를 섬유길이 10mm 이하로 규정할 경우 본 연구에서 수산화나트륨 농도가 증가할수록 이런 펄프화 속도가 빠르게 진행되었으며 리그닌의 완전 제거는 셀룰로오스와 헤미셀룰로오스와의 결합을 절단하여 케나프 섬유변들의 결합이 풀어져 세섬화를 촉진시켰음을 알 수 있었다. 그러나 단섬유 길이를 너무 작게 하고 펄프화되므로 의류용 섬유의 품질에는 적당하지 않아 리그닌의 함량을 조절할 필요가 있다.

화학적 레팅한 케나프 시료를 펙틴을 제거한 후 아염소산 나트륨처리시간을 달리하여 리그닌을 부분제거하고 수산화나트륨 처리농도와 시간에 따라 처리하는 헤미셀룰로오스의 제거는 케나프섬유를 유연화시키고 세섬화되는데 그 정도를 등급으로 표시하였다(Table 4).

케나프 섬유는 레팅한 시료를 그대로 의류용으로 사용하기에 거칠고 뻣뻣하므로 세섬화하여야 한다.

Table 4. Fiber grades of sodium chlorite and sodium hydroxide treated kenaf fibers

Reaction times with sodium chlorite(mins.)	Concentrations of sodium hydroxide(%)				
	0	1	5	10	17.5
0	1	1	1	1	1
10	3	4	5	5	5
20	3	4	5	5	5
40	5	5	5	5	5
60	5	5	5	5	5

<Table 4>에서 나타낸 바와 같이 아염소산 처리 시간이 10분과 20분까지는 의류용 섬유 제조가 가능한 만큼 세섬화가 이루어졌다고 판단되며 유연성도 증가하였다. 수산화나트륨 처리 농도는 1%에서는 헤미셀룰로오스의 제거율이 낮으며 섬유가 번들상태를 그대로 유지되어 4급으로 평가되었으며 수산화나트륨 처리농도 5% 이상의 농도에서는 5등급으로 의류용 섬유제조에 적합하도록 번들이 풀리고 세섬화되었다. 리그닌을 제거하지 않은 섬유를 헤미셀룰로오스를 제거한 시료들은 화학적 레팅한 시료 그대로와 거의 같이 거칠고 뻣뻣하여 모두 1등급으로 판정되었다.

화학적 레팅하여 펙틴을 제거한 케나프섬유를 아염소산나트륨을 60분까지, 수산화나트륨을 17.5% 농도까지 처리하여 리그닌과 헤미셀룰로오스를 제거한 후 섬유의 길이를 측정할 결과는 <Table 5>와 같다.

아염소산나트륨 처리시간을 40분 이상으로 하면 리그닌이 70% 이상 제거되면서 수산화나트륨 처리농도 0, 즉 수산화나트륨 처리 이전에 이미 세섬화와 함께 섬유길이가 20mm 정도로 되었으며 이 상태에서도 <Table 4>를 보면 5등급이었다. 이 시료를 헤미셀룰로오스 제거하기 위해 수산화나트륨 농도를 1, 5, 10, 17.5%로 높일수록 섬유의 길이가 더욱 짧아지고 있으며 펄프화가 일어나고 있다.

Table 5. Fiber length(mm) of sodium chlorite and sodium hydroxide treated kenaf fibers

Reaction times with sodium chlorite(mins.)	Concentrations of NaOH(%)				
	0	1	5	10	17.5
0	61.9(6.69)	38.5(1.85)	30.8(1.49)	35.8(2.05)	40.2(2.02)
10	49.8(4.05)	41.2(2.70)	30.0(2.17)	38.2(2.51)	40.8(2.03)
20	37.6(2.69)	59.8(4.13)	43.5(3.38)	23.7(0.77)	35.8(3.03)
40	20.6(0.50)	7.9(0.42)	5.3(0.47)	2.9(0.09)	2.9(0.12)
60	29.6(1.67)	4.0(0.12)	3.7(0.23)	4.3(0.34)	3.0(0.10)

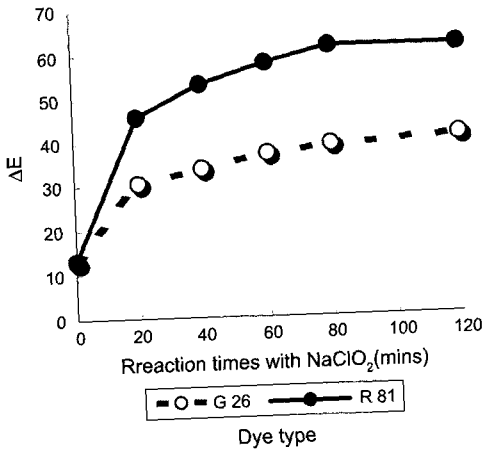


Fig. 2. Color differences of the sodium chlorite treated kenaf fibers which were dyed with CI Direct green 26 and Red 81

3. 리그닌과 헤미셀룰로오스 함량과 염색성

화학적 레칭한 케나프 시료를 펙틴을 제거한 후 아염소산나트륨으로 시간을 달리하여 리그닌을 제거한 후 직접염료로 염색하여 리그닌 제거 정도에 따른 염색성을 살펴보았다. 보통 아마, 모시, 황마 등 리그노셀룰로오스 섬유염색에 주로 쓰이는 직접염료인 CI Direct Green 26(G 26)과 CI Direct Red 81(R 81)로 염색하였으며 그 결과는 <Fig. 2>에 나타났다.

<Fig. 2>에서 보면 G 26이 R 81보다 전체적으로 염색성이 낮게 나타났다. G 26은 trisazo 구조로서 4개의 음이온 설포네이트기, 카르복실기, 수산기를 갖고 있고 분자량이 1306으로 상대적으로 크며 분자모양이 선상이 아니다. 따라서 분산력이 낮아 염색성이 낮다 (Cheek & Roussel, 1989). 반면 R 81은 디아조 형으로 두개의 음이온 설포네이트기를 지니고 분자량이 663으로 상대적으로 낮아 분산력이 증가하며 염색성이 높다. 직접염료의 염색에서는 분자크기, 분자형태가 섬유소 섬유 염색에 중요 인자가 되는데 본 실험의 케나프 섬유의 염색에도 이와 같이 직접 염료의 종류에 따라 염색성이 다르게 나타남을 알 수 있었다.

<Table 2>와 <Fig. 2>의 실험 결과를 통해 리그닌 제거율과 두 종류의 염료와의 관계를 고찰하였다. 리그닌을 제거하기 위해 아염소산나트륨 처리시간을 10, 20, 40, 60분으로 증가시키면 리그닌 제거율이 4.97, 7.61, 11.73, 11.93으로 높아졌고 아염소산나트륨 처

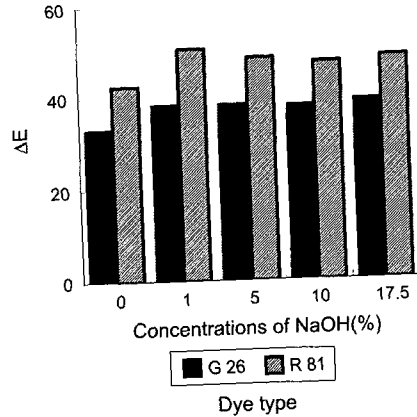


Fig. 3. Color differences of the sodium chlorite and sodium hydroxide treated kenaf fibers which were dyed with CI Direct green 26 and Red 81

리 시간이 증가하면 색차는 상승하였다. 이러한 결과는 리그닌이 많이 제거될수록 염색성은 향상된다는 것임을 확연히 나타낸다. 또한 리그노셀룰로오스 섬유에서 리그닌이 염색에 영향을 미쳤으며 리그닌을 함유하지 않은 섬유가 염료 소비율이 높았던 것 (Mishra & Venkatesh, 1994)과 같은 결과이다.

아염소산나트륨으로 10분 처리하여 리그닌이 제거된 케나프 섬유를 헤미셀룰로오스를 제거하기 위해 다양한 농도의 수산화나트륨 용액에서 5분간 처리한 후 직접 염료로 염색하였고 그 결과는 <Fig. 3>에 나타났다.

<Fig. 3>에 나타난 결과를 보면 G 26이 R 81보다 전체적으로 염색성이 낮게 나타났으며 이는 <Fig. 2>에서와 같이 직접염료 분자의 크기와 분자형태의 영향을 받기 때문으로 생각된다. <Table 3>과 <Fig. 3>의 결과를 통해 케나프 섬유에서 헤미셀룰로오스의 제거가 염색성에 미치는 영향을 고찰해 보면 수산화나트륨 농도가 1, 5, 10, 17.5%로 높아지면 헤미셀룰로오스가 제거되지 않은 시료에 비해 염색성이 약간 향상됨을 알 수 있었다. 헤미셀룰로오스의 제거가 염색성에 영향을 주었으며 헤미셀룰로오스가 제거될수록 섬유의 구조가 느슨하게 되고 표면적을 넓어져 염료흡착이 증가되는 것으로 생각된다. 이와 같이 섬유의 염색성은 섬유의 구조적 차이, 결정성, 자유 수산기의 활동성, 카르복실기들의 존재에 기인하는데 (Wang & Ramaswamy, 2005) 셀룰로오스와 달리 특히 리그노셀룰로오스의 리그닌은 수산기를 봉쇄하여 염료

소비율을 저하시킴으로 염색성이 감소되는 것으로 결론지을 수 있었다.

IV. 결 론

케나프의 목질부를 화학적 레팅을 하여 얻어진 케나프 섬유는 리그닌이나 헤미셀룰로오스와 같은 비셀룰로오스 함량이 높아 다소 거칠고 뻣뻣하다. 본 연구에서는 케나프 섬유의 리그닌과 헤미셀룰로오스를 부분 혹은 완전 제거하여 세섬화와 유연화 되어가는 과정을 섬유의 길이, 리그닌과 헤미셀룰로오스 함량, 결정성, 염색성의 변화로 살펴보았다.

1. 케나프 섬유는 아염소산나트륨 농도와 처리시간을 달리하여 리그닌을 부분 제거할 수 있으며 처리시간이 길어질수록 섬유길이가 짧아지고 가늘어져 세섬화되었다.

2. 리그닌을 부분 제거한 후에는 수산화나트륨 농도 5%와 5분 이내에서 헤미셀룰로오스의 80%를 제거할 수 있으며 리그닌이 제거되지 않은 상태에서는 쉽게 제거되지 않았다.

3. 의류제조용 섬유에 적합한 섬유길이는 아염소산나트륨 10~20분 처리하여 리그닌을 부분 제거하여 얻어졌다. 40분 이상 처리하여 헤미셀룰로오스를 제거하면 섬유 길이가 짧아져 펄프 제조에 적합하였다.

4. 리그닌과 헤미셀룰로오스를 부분 제거한 케나프 섬유를 G 26과 R 81로 염색한 결과 분자량이 크고 선상구조가 아닌 G 26의 염색성이 낮았다. 두 염료 모두 리그닌이 많이 제거될수록 염색성이 높아졌다.

참고문헌

- 김정태. (2000). 대마사 제조 방법, 특허 2000-0033102.
- 신동소, 임기균, 조동석, 조병목. (1983). *임산화학*. 서울: 향문사.
- 이미경, 이해자, 유혜자, 한영숙. (2005). 케나프의 물과 효소를 이용한 이중레팅과 면섬유화에 관한 연구. *한국의류학회지*, 29(7), 938-947.
- 이혜자, 한영숙, 유혜자, 김정희, 송경현, 안춘순. (2003). 케나프 섬유 분리에 대한 화학적 레팅 효과. *한국의류학회지*, 27(9/10), 1144-1152.
- 이혜자, 한영숙, 유혜자, 김정희, 송경현, 안춘순. (2004). 케나프 섬유 분리에 대한 화학적 레팅 효과. *한국의류학회지*, 28(9/10), 1281-1291.
- 장덕호. (2002). *삼베 모시 탁나무 수의 옷감제조*. 특2002-0068447.
- 한영숙, 유혜자, 이해자, 이진숙, 김정희, 송경현, 안춘순. (2003). 국내 재배 케나프를 이용한 의류 소재 개발 연구. *한국의류학회지*, 27(7), 862-871.
- 황병호, 윤병호, 조남석, 이종윤. (2005). *최신목재화학*. 서울: 선진문화사.
- Chattopadhyay, D. P., Samanta, A. K., Nanda, R., & Thakur, S. (1999). Effect of caustic pretreatment at varying tension level on dyeing behavior of jute, flax and ramie. *Indian Journal of Fiber & Textile Research*, 24(March), 74-77.
- Cheek, L. & Roussel, L. (1989). Mercerization of ramie: comparisons with flax and cotton, part 2: Effects on dyeing and behavior. *Textile Research Journal*, 59(9), 541-546.
- Epps, H. H., Akin, D. E., Foulk, J. A., & Dodd, R. B. (2001). Color of enzyme-retted flax fibers affected by processing, cleaning, and cottonizing. *Textile Research Journal*, 71(10), 916-921.
- Gatewood, B. M., Roberts, M. J., Lumley, Amy C., & Lewis, A. M. (1998). Dyeing behavior of wheat straw: A non-conventional lignocellulosic fiber. *Textile Chemist and Colorist*, 30(4) 39-44.
- Imada, K., Harada, N., & Yoshida, T. (1992). Recent development in optimizing reactive dyeing of cotton. *Textile Chemist and Colorist*, 24(9), 83-87.
- Mishra, S. P. & Venkatesh, V. (1994). Comparative study of dyeing behavior of sisal fibers and cotton fibers with direct dyes. *Colourage*, 41(11), November, 39-40.
- Morrison III, W. H., Akin, D. E. Archibald, D. D., & Dodd, R. B. (1999). Chemical and instrumental characterization of maturing kenaf core and bast. *Industrial crops and products*, 10, 21-34.
- Mukherjee, A., Ganguly, P. K., & Sur, D. (1993). Structural mechanics of jute: The effect of hemicellulose or lignin removal. *J. Text. Inst.*, 84(3), 348-353.
- Ramaswamy, G. N. & Wang, J. (1999). Mercerization and dyeing of Kenaf/Cotton blend fabrics. *Textile Chemist and Colorist*, 31(3), 27-31.
- Reddy, N., & Yang Y. (2005). Structure and properties of high quality natural cellulose fibers from cornstalk. *Polymer*, xx(xxxx), 1-7.
- Romandoschi, S., Collier, B. J., Romanoschi, O., & Collier, J. R. (1999). Kenaf properties. *Processing and Product of Mississippi State University. U.S.A.* 195-202.
- Wang, J. & Ramaswamy, G. N. (2005). Effect of chemical processing on hemp and kenaf dyeing properties. *AATCC review*, March, 21-24.