

## 케나프를 이용한 수초지 제조에 관한 연구

임옥 · 이해자<sup>†</sup> · 유혜자\* · 한영숙\*\*

한국교원대학교 가정교육과, \*서원대학교 의류학과, \*\*신성여자고등학교

### The Prodoction of Kenaf Hand-Made Paper

Lim Ock · Hyeja Lee<sup>†</sup> · Hyeja Yoo\* · Youngsook Han\*\*

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

\*Dept. of Clothing & Textiles, Seowon University

\*\*Shinsung Girls' Highschool, Cheju

(2007. 3. 22. 접수)

#### Abstract

Hanji, the korean traditional papers were mostly made from mulberry paper. But the production and demand of hanji have decreased rapidly because mulberry paper yields were insufficient and handworked hanji procedures were complicated. Recently, the researches on hanji were carried out to improve the properties of hanji. Kenaf fibers have been interested as a substitute resource of mulberry paper for hanji production. In this research, Kenaf pulps were manufactured with removal methods of lignin or hemicellulose from kenaf fibers and paper mulberry pulps with traditional alkali methods. Kenaf papers, paper mulberry, and kenaf/paper mulberry mixed papers were manufactured with their pulps. The crystallinity, fiber length, color of the pulps and tensile strength, tear strength, water absorption of the papers were investigated. The results were as follow:

The removal rates of lignin of chemical retted kenaf fibers with sodium chlorite reaction for 40 minutes were 70% and were higher than 40% of double retted fibers. Paper mulberry pulps has less lignin and hemicellulose than kenaf differently. The crystallinity of paper mulberry pulps were very low with 60%, but kenaf pulps were 90%. The chemical retted CR-40-1 pulps were similar with paper mulberry pulps on fiber length & fibrillation of fibers. Tensile strength of paper mulberry were higher than kenaf papers because of fibrillation of paper mulberry, but tear strength were lower. Tensile strength and tear strength were improved on kenaf/paper mulberry 30/70 mixed papers.

**Key words:** Kenaf pulps, Paper mulberry pulps, Kenaf papers, Paper mulberry papers, Kenaf/paper mulberry mixed papers; 케나프 펄프, 닥 펄프, 케나프 수초지, 닥 수초지, 케나프/닥 혼방 수초지

#### I. 서 론

한지는 삼국시대부터 제조하기 시작하여 고려시대

에는 '고려지'라고 알려질 만큼 국가정책 산업으로 양성되었으며 조선시대에는 일부 지역을 제외하고 거의 전국적으로 한지 제조업이 발달하였다. 전통 한지는 광택이 우아하고 부드러우며 질기고 통풍이 잘 되어 예로부터 서화용과 생활 공예품은 물론 창호지나 장판지까지 그 쓰임이 매우 다양하였다. 이러한 전통 한지의 우수성은 원료로 가장 많이 사용되었던

<sup>†</sup>Corresponding author

E-mail: hjee@knue.ac.kr

본 연구는 학술진흥재단 우수여성 과학자 지원(2차년도)에 의해 연구됨(RE20050037).

닥나무에서 그 원인을 찾을 수 있다.

닥나무(*Broussonetia*)는 뽕나무과의 낙엽활엽 관목으로 우리나라에 널리 자생하던 비 목재 식물이며 한지의 주 원료였으나 개화기 이후부터 목재 펄프를 원료로 하는 양지가 대량으로 저렴하게 공급되면서 그 수요는 급속히 줄어들게 되었다. 따라서 닥나무의 재배지와 생산량도 함께 감소하였고 현재에는 한지 원료로서 수요가 매우 어려운 실정이다(전철, 1996).

최근 들어 전통 한지의 우수성이 재조명되고, 한지의 품질이나 제조 과정을 개선하려는 노력이 활발하며(문성필, 임금태, 2000), 의상이나 벽지의 소재로까지 용도가 확대되면서 한지에 대한 관심이 높아지고 있는 것은 매우 고무적인 일이다. 더불어 생산량이 부족한 닥나무를 대체하면서 전통 한지의 특성을 살릴 수 있는 새로운 한지 원료에 대한 연구(민춘기 외, 2001; 박성민, 1997; 최태호, 이연숙, 2003)는 시기적으로 의미있는 일이며 특히 닥나무를 대체할만한 원료 가운데 비 목재 식물인 케나프는 한지 원료로써도 대체 가능성이 커서 주목할 만하다.

우리나라에서 케나프는 1960년대에 케나프 품종과 섬유용 양마의 육종에 관한 연구(박종문, 1968)를 시작으로 관상용 작물로 꾸준히 재배하여 왔다. 케나프 섬유에 대한 연구는 의류용 소재로 사용하기 위하여 레팅 방법에 따른 섬유 특성 연구(이혜자 외, 2003)를 비롯하여 케나프 세섬화를 위한 연구가 진행된 바 있다(이미경, 2005).

케나프 섬유는 다른 인피 섬유에 비해 펙틴, 헤미셀룰로오스, 리그닌 등 비 셀룰로오스의 함량이 많기 때문에 촉감이 거칠고 뻣뻣하여(Lewin & Pearce, 1985) 그동안 의류용 소재로는 사용이 어려웠으므로 의류용 소재로 개발하기 위하여 리그닌과 헤미셀룰로오스를 제거하여 그 특성을 살펴본 바 있다. 케나프 섬유는 리그닌의 제거 정도에 따라 섬유의 길이에 많은 변화가 생겼는데 리그닌을 완전히 제거할 경우에는 케나프 섬유의 길이가 방적이 불가능할 정도로 매우 짧아져서 펄프화되므로 종이제조가 가능하였다(이혜자 외, 2006).

케나프를 이용하여 한지를 제조한 선행연구(방명혁, 1999; 조남석, 최태호, 1996)는 알칼리-과산화수소법, 셀포메틸화법(조남석, 1995)으로 펄프를 제조하였는데 섬유 길이가 목재 펄프와 같은 상태로 지나치게 짧아져서 닥 섬유와 같이 길이가 긴 전통 수초지를 제조하고자 하는 본 연구와는 차이가 있다.

본 연구에서는 케나프 인피부를 화학 레팅과 효소와 물레팅의 이중레팅을 하여 얻은 케나프 섬유를 리그닌과 헤미셀룰로오스를 부분 제거하는 방법으로 펄프를 제조하여 펄프의 제반 특성을 살펴보고 있으며 이 펄프로 케나프 수초지를 제조하여 그 특성을 검토하여 닥나무 한지의 대체 가능성을 고찰하였다.

## II. 실험

### 1. 시 료

케나프 펄프 제조용 시료는 케나프 인피부를 화학적레팅과 효소/물레팅의 이중레팅으로 얻은 케나프 섬유를 사용하였다. 화학적 레팅을 위해서는 케나프 인피부를 2%의 수산화나트륨 수용액에서 100°C로 60분간 처리한 후 1% 초산 수용액으로 중화시켜 케나프 섬유를 얻었으며 효소/물레팅의 이중레팅을 위해서는 케나프 인피부를 0.125% 펙틴아제 수용액에서 온도 50°C로 1일 침지하고, 실온에서 4일간 침지하여 케나프 섬유(이혜자 외, 2003)를 얻었다. 닥은 껍질을 벗겨 건조시킨 피닥을 구입하여 사용하였다.

### 2. 펄프의 제조

#### 1) 케나프 펄프

케나프 펄프는 케나프 섬유에서 비셀룰로오스 성분인 펙틴, 리그닌 그리고, 헤미셀룰로오스를 부분 제거하여 제조하였다. 펙틴은 케나프 섬유와 닥 섬유를 85°C, 0.5% 암모니움옥살레이트 수용액에서 24시간 처리하여 제거하였다. 리그닌은 케나프 섬유를 0.7% 아염소산나트륨 수용액에서 초산으로 pH 4.5로 조절하고 100°C에서 40분 동안 처리한 다음(이하 CR-40-0으로 칭함), 아황산수소나트륨 수용액 2%에서 10분간 침지시켜 부분 제거하고 헤미 셀룰로오스는 리그닌이 제거된 케나프 섬유를 1, 5, 10, 17.5%의 수산화나트륨 수용액에서 5분 동안 처리한 후 수세하고 묽은 초산으로 중화시켜 부분 제거하였다(신동소, 1983).

본 연구에서는 화학적 레팅한 케나프 섬유를 0.7% 아염소산나트륨 수용액에서 40분 처리하여 리그닌을 부분 제거한 펄프를 CR-40-0이라 하고, 이 펄프에서 헤미셀룰로오스를 부분 제거하기 위하여 사용한 수산화나트륨 수용액의 농도 0, 1, 5, 10, 17.5%에 따라 CR-40-1, CR-40-5, CR-40-10, CR-40-17.5로 구분하

였다. 이중 레팅한 케나프 섬유도 화학적 레팅한 케나프 섬유와 동일한 조건으로 처리하였는데 섬유의 길이가 다소 길어서 블랜더로 20초간 갈아서 펄프로 제조한 후 각각 DR-40-0, DR-40-1, DR-40-5, DR-40-10, DR-40-17.5로 구분하였다.

## 2) 닥 펄프

닥 펄프는 건조된 피닥을 약 30분간 물에 불린 다음 10%의 수산화나트륨 수용액에서 95°C로 5시간 이상 처리하고 2시간 동안 방치하여 제조하였다. 닥은 수차례 수세하여 마지막 행구는 단계에서 묽은 초산으로 중화시키고(이승철, 2002) 전통적인 종이 뜨는 과정에서 피브릴을 발생시키기 위해 돌에서 짓이기는 고해과정을 거치는데 요즈음은 기계화하여 고해기를 제작해 사용하고 있다. 본 연구에서는 피브릴을 일으키기 위해 예비실험을 거쳐 일반 닥 섬유의 섬유길이 8.2mm인 것(이승철, 2002)과 유사한 정도를 나타내도록 블랜더로 20초간 분쇄하였다. 케나프 섬유와 비교하기 위해 닥 펄프는 리그닌과 헤미셀룰로오스를 부분 제거하기 위하여 사용한 수산화나트륨 수용액의 농도 0, 1, 5, 10, 17.5%에 따라 PM-40-0, PM-40-1, PM-40-5, PM-40-10, PM-40-17.5라고 구분하였다.

## 3) 펄프의 특성

케나프 펄프와 닥 펄프의 펙틴, 리그닌, 헤미셀룰로오스의 함량을 구하기 위해서 펙틴, 리그닌, 헤미셀룰로오스를 단계별로 제거하여 제거된 비셀룰로오스의 량(g)과 제거 후 시료의 무게를 측정하였고 레팅한 시료의 총 무게에 대한 제거 후 무게의 백분율로 평가하였다(이해자 외, 2006).

### (1) 비셀룰로오스의 함량 분석

**펙틴의 함량 분석:** 각 펄프 100g을 0.5% 암모늄옥살레이트 수용액 1000ml에 넣고 85°C에서 24시간 처리하여 펙틴을 제거하였다. 펙틴의 함량은 100에서 레팅한 케나프 섬유의 무게에 대한 암모늄옥살레이트 처리 후의 무게백분율(A)을 뺀 값으로 하였다.

**리그닌의 함량 분석:** 펙틴을 제거한 펄프를 0.7% 아염소산나트륨 용액으로 pH 4.5에서 100°C, 2시간 처리하고 수세한 다음, 2% 아황산수소나트륨 용액으로 25°C에서 10분간 침지 후 수세하여 리그닌을 완전 제거하였다. 리그닌의 함량은 레팅한 시료 무게에 대한 아염소산나트륨으로 처리한 후의 무게백분율

(B)를 A에서 뺀 값으로 하였다. 리그닌을 부분 제거하기 위해서는 처리시간을 40분으로 하였으며 부분 제거한 비율은 2시간 처리한 것에 대한 퍼센트로 하였다.

**헤미셀룰로오스의 함량 분석:** 리그닌을 제거한 시료 펄프를 수산화나트륨 17.5% 수용액으로 45분간 처리하고 동량의 물을 넣고 5분간 방치한 다음 수세하였다. 10% 초산으로 중화한 후 수세하여 헤미셀룰로오스를 완전 제거하였다. 헤미셀룰로오스의 함량은 레팅한 시료 무게에 대한 수산화나트륨 처리 후의 무게의 백분율(C)을 구한 다음 B에서 C를 뺀 값으로 하였다. 여기서 C는 레팅한 케나프 섬유의 무게에 대한 셀룰로오스의 함량 백분율이기도 하다. 헤미셀룰로오스의 부분 제거는 수산화나트륨을 1, 5, 10, 17.5%에서 5분간 처리한 것을 17.5%에서 45분 처리한 것에 대한 비율로 하였다.

### (2) 섬유 길이

화학레팅과 이중레팅한 케나프 섬유를 리그닌과 헤미셀룰로오스를 부분 제거하기 위하여 아염소산나트륨 수용액과 수산화나트륨 수용액에서 처리하여 제조한 10종류의 펄프와 닥 펄프의 평균 섬유 길이를 측정하였다.

### (3) 결정화도

결정화도는 화학레팅과 이중레팅한 케나프 섬유, 레팅 후 리그닌을 제거한 펄프, 이를 수산화나트륨 수용액으로 처리하여 헤미셀룰로오스가 부분 제거된 펄프, 그리고 닥 펄프 등에 대하여 X-Ray 회절분석(XDS-2000, Scintact)에 의해 측정하였다.

## 3. 수초지 제조

1) 케나프 수초지와 닥 수초지, 케나프/닥 혼합지 제조  
케나프 수초지는 케나프 펄프를 미리 30배의 물에 담가 교반기로 저어서 헤리시킨 다음 농도 0.02g/액비 1 : 250의 폴액(polyethylene oxide)에 고르게 분산시켜 20cm×24cm의 나무틀을 이용하여 종이를 제조하였다. 이 때 수차례 예비실험을 거쳐 일정한 두께 0.35mm±0.03, 무게 60±5g/m<sup>2</sup>가 되도록 하였다. 닥 수초지도 동일한 방법으로 종이를 제조하였다.

케나프/닥 혼합지는 케나프 펄프와 닥 펄프를 일정한 무게 비율 0/100, 30/70, 50/50, 70/30, 100/0(%)로 혼합하여 종이를 제조하였다. 이때, 혼합지에 사용한 케나프 펄프는 섬유 길이와 리그닌과 헤미셀룰로오

스를 부분 제거한 펄프의 상태를 고려하고 예비로 제조해본 결과 닥 펄프와 유사한 시료는 CR-40-1이라 판단되어 CR-40-1을 선택하였다.

2) 수초지의 물성

제조한 케나프 펄프 10종류와 닥 펄프로 제조한 수초지 및 케나프/닥의 혼합 펄프(0/100, 30/70, 50/50, 70/30, 100/0%)로 초지한 수초지의 겉보기 밀도, 흡수도, 인장강도, 인열강도, 강연도를 측정하였다.

겉보기 밀도는 수초지의 두께와 평량으로 계산하여 'g/cm<sup>3</sup>'으로 나타내었다. 흡수도는 바이레크(Birack)법을 이용하였다. 인장강도는 인장강도시험기를 이용하여 측정하여 'kgf'로 나타냈다. 인열강도는 펜듈러법(Pendulum Method)법으로 측정하여 'g'으로 나타냈다. 강연도는 칸틸레버(Cantilever)법으로 측정하여 플렉스 강연도로 계산하여 'cm · g'으로 나타냈다.

색은 색차계(Spectronic, JS 555, Japan)를 이용하여 L, a, b, ΔE를 측정하였다. Brightness와 Opacity는 분광광도계(Elrepho 3300, Datacolor, U.S.A)를 이용하여 측정하였으며 표면 상태는 실체현미경(Leitz, de/Laborlux D, Olympus, Japan) 30배율로 관찰하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 케나프 펄프의 특성

펄프제조 원료인 화학레팅과 이중레팅으로 얻어진 케나프 섬유, 닥 섬유의 비셀룰로오스 성분을 분석하여 <Table 1>에 나타내었다.

화학적 레팅한 케나프 섬유와 이중레팅한 케나프 섬유의 비셀룰로오스 성분의 합이 31.4%와 33.23%로 나타난 반면 <Table 1>에서 보는 바와 같이 닥 섬유는 팽팽함을 나타내는 비셀룰로오스 함량이 7.88%로 케나프 섬유보다 훨씬 적게 나타났으며 손으로 만져보아도 매우 유연하고 부드러워 오래전부터 종이

원료로 사용되어온 역사를 읽을 수 있었다. 이는 비셀룰로오스가 적을수록 유연하다는 결과와도 일치한다(Lewin & Pearce, 1985).

화학 및 이중레팅한 케나프 섬유와 닥 섬유와 그리고 이들로부터 펙틴, 리그닌, 헤미셀룰로오스를 부분 혹은 완전 제거한 후 무게를 측정하여 <Table 2>에 나타내었다.

1) 리그닌

<Table 2>의 CR-40-0에서는 리그닌이 11.73g으로서 리그닌이 완전히 제거되었다고 추측되는 CR-120의 리그닌 함량 17.36g의 70.10%가 제거된 것으로 나타났다. 리그닌이 제거된 만큼 셀룰로오스와의 결합이 절단되면서 섬유가 번들 상태에서 분리되고 세섬화되어 부드러운 섬유가 되었다. 그러나 DR-40-0에서는 리그닌 7.45g가 제거되어 DR-120에서 나타난 전체 리그닌 함량 17.20g의 43.31%만 제거되었다. 이처럼 리그닌의 제거량이 다른 이유는 레팅 방법에서 찾을 수 있다. 즉, 이중레팅은 효소레팅과 물레팅을 한 것이므로 섬유간의 팽윤이 일어나지 않아 리그닌의 결속이 보다 단단한 채로 남아 있었기 때문으로 볼 수 있다. 따라서 이중레팅한 케나프 섬유를 단 섬유화하기 위해서는 화학적 레팅한 섬유보다 아염소산나트륨 처리시간을 증가시킬 필요가 있음을 확인할 수 있다.

닥 섬유의 경우 PM-40-0의 리그닌은 1.47g으로 이는 PM-120의 전체 리그닌 함량 2.44g 가운데 60.24%만 제거된 것이다. 닥 섬유의 경우는 케나프 섬유에 비해 전체 리그닌 함량이 매우 적기 때문에 아염소산나트륨 수용액에 케나프 섬유와 같은 조건으로 처리한 후에도 단섬유화의 진행이 뚜렷이 나타나지 않았다.

2) 헤미셀룰로오스

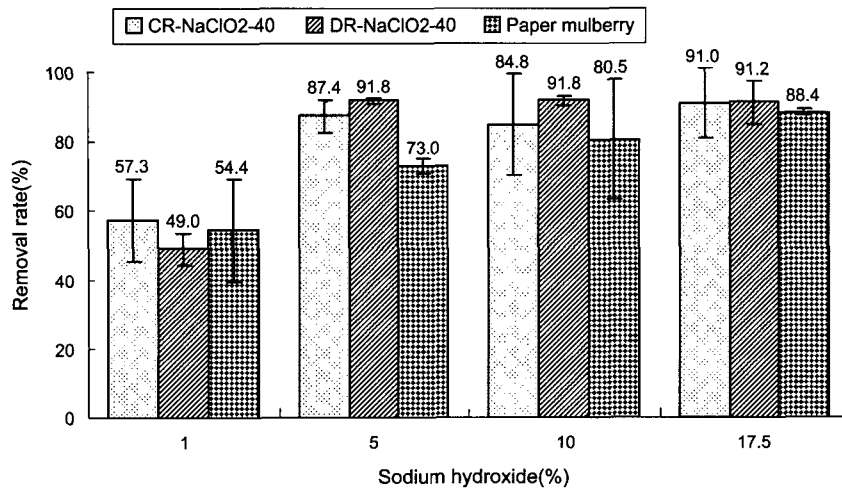
헤미셀룰로오스의 부분 제거는 <Table 2>와 같고 제거된 양을 총 함량에 대해 백분율로 환산한 결과는

Table 1. The composition of Kenaf and Paper mulberry fibers

Fibers	Compositions(%)			
	Pectin	Lignin	Hemicellulose	Cellulose
CR-kenaf	2.25	17.36	11.79	68.60
DR-kenaf	2.22	17.20	13.81	66.77
Paper mulberry	3.29	2.44	2.15	92.12

**Table 2. The fiber composition of kenaf and paper mulberry after removing noncellulosic materials(\*CR: Chemical retting \*\*DR:Double retting \*\*\*PM : Paper mulberry)**

Specimens	Sample weight(g)	Pectin remove		Lignin remove		Hemicellulose remove	
		Removed pectin(g)	Sample weight after pectin removing(g)	Removed lignin(g)	Sample weight after lignin removing(g)	Removed hemicellulose(g)	Sample weight after hemicellulose removing(g)
CR-0	100.00	2.25	97.75				
CR-40	100.00	2.25	97.75	11.73	86.02		
CR-120	100.00	2.25	97.75	17.36	80.39	11.79	74.23
CR-1	100.00	2.25	97.75	11.73	86.02	6.75	79.27
CR-5	100.00	2.25	97.75	11.73	86.02	9.55	76.47
CR-10	100.00	2.25	97.75	11.73	86.02	10.00	76.02
CR-17.5	100.00	2.25	97.75	11.73	86.02	10.73	75.29
DR-0	100.00	2.22	97.78				
DR-40	100.00	2.22	97.78	7.45	90.33		
DR-120	100.00	2.22	97.78	17.20	80.58	13.81	66.77
DR-1	100.00	2.22	97.78	7.45	90.33	6.76	83.57
DR-5	100.00	2.22	97.78	7.45	90.33	12.67	77.66
DR-10	100.00	2.22	97.78	7.45	90.33	12.67	77.66
DR-17.5	100.00	2.22	97.78	7.45	90.33	12.60	77.73
PM-0	100.00	3.29	96.71				
PM-40	100.00	3.29	96.71	1.47	95.24		
PM-120	100.00	3.29	96.71	2.44	94.27	2.15	92.12
PM-1	100.00	3.29	96.71	1.47	95.24	1.17	93.45
PM-5	100.00	3.29	96.71	1.47	95.24	1.57	93.22
PM-10	100.00	3.29	96.71	1.47	95.24	1.73	93.51
PM-17.5	100.00	3.29	96.71	1.47	95.24	1.90	93.27

**Fig. 1. Removal of hemicellulose from sodium chlorite treated kenaf & paper mulberry fibers after sodium hydroxide treatment(reaction time: 5 mins).**

<Fig. 1>에 나타내었다. 화학레팅한 케나프 섬유의 헤미셀룰로오스의 제거량은 수산화나트륨 수용액의 농도 1, 5, 10, 17.5%에서 전체 헤미셀룰로오스 함량 11.79g에 대하여 각각 약 57.3, 87.4, 84.8 그리고 91.0%가 제거된 것이다. 이중레팅한 케나프 섬유의 헤미셀룰로오스의 제거량은 수산화나트륨 수용액의 농도 1, 5, 10, 17.5%에서 전체 헤미셀룰로오스 함량 13.81g에 대하여 각각 약 49.0, 91.8, 91.8 그리고 91.2%가 제거된 것이며, 수산화나트륨 수용액의 농도 5% 이상에서 대부분이 제거되었다. 닥 섬유의 헤미셀룰로오스의 제거량은 전체 헤미셀룰로오스 함량 2.15g에 대하여 각각 약 54.4, 73.0, 80.5 그리고 88.4%가 제거되었다.

3) 섬유 길이

<Fig. 2>에 각 펄프별 섬유의 길이를 나타낸 것을 보면 리그닌만 제거한 CR-40-0는 8.22mm, DR-40-0는 14.76mm이며 리그닌을 제거한 시료로부터 다시 헤미셀룰로오스를 제거하면 7.74~2.67mm로 많이 짧아졌다. 반면 이중레팅한 시료의 경우는 DR-40-0가 단섬유화가 되지 않은 상태여서 헤미셀룰로오스 제거 처리 후에도 섬유 길이는 10.86~8.32로 나타났다. 닥 펄프는 전통적인 펄프화법, 즉 고농도의 알칼리 수용액에서 처리하여 제조한 PM-0의 경우는 8.1mm를 나타냈는데 여기서 이중레팅한 DR-40-0와 닥 펄프 PM-0는 고해과정 대신에 20초간 블렌더로 분쇄한 결과이다.

케나프 펄프의 평균 길이에 변화를 준 요인은 다음과 같이 고찰할 수 있다. 첫째 레팅 방법에 따라 다른 양상을 보였다. 케나프 인피부를 수산화나트륨에 처리하는 화학레팅은 이 때 사용된 알칼리가 셀룰로오스 성분을 팽윤시키므로(정의현, 2004) 케나프 섬유의 셀룰로오스 분자 사이가 멀어지고 분자간의 결

합이 느슨하게 되었으며 리그닌 제거시 아염소산나트륨 처리에서 섬유 길이가 짧아졌다.

반면, 효소와 물로 처리한 이중레팅은 케나프 섬유를 수산화나트륨만큼 섬유를 팽윤시키지 못하여 분자 간격에 변화를 주지 못하였다. 이 같은 결과는 케나프 섬유를 아염소산나트륨에 처리하였을 때 레팅 방법에 따라 각각 리그닌 제거 정도가 다르게 나타났다. 화학레팅한 케나프 섬유는 아염소산나트륨에 40분간 처리하였을 때(CR-40-0) 리그닌이 70.10%까지 제거되어 펄프화가 상당히 진행되었고, 이중레팅한 케나프 섬유는 리그닌이 43.31%만이 제거되어(DR-40-0) 섬유의 상태에 거의 변화가 없어 섬유 길이도 짧아지지 않았고 펄프화의 진행도 없었다.

다음으로 헤미셀룰로오스의 제거를 위한 수산화나트륨 처리의 차이이다. 화학레팅한 케나프 섬유는 아염소산나트륨에 처리하였을 때(CR-40-0) 이미 리그닌이 70.10%까지 제거되어 단섬유화가 상당히 진행된 상태에서 수산화나트륨의 농도가 1, 5, 10, 17.5%로 높아질수록 헤미셀룰로오스와 결합이 쉽게 절단되어 섬유의 길이는 더욱 짧아졌다. 그러나 이중레팅한 케나프 섬유는 아염소산나트륨에 처리한 후(DR-0) 리그닌의 43.31%만이 제거되어 남아 있는 리그닌의 양이 많았으므로 섬유 길이에 거의 변화가 없고 펄프화가 거의 일어나지 않았다. 아직 많이 남아 있는 리그닌과 셀룰로오스의 결합으로 인해 이 섬유를 수산화나트륨 수용액의 농도를 높여 가며 처리하여도 섬유 길이의 변화가 크지 않았다.

따라서 케나프의 펄프화에 큰 영향을 주는 요인은 레팅 방법에 의한 차이와 리그닌의 제거 정도임을 알 수 있었으며, 이중레팅한 케나프 섬유는 리그닌을 효과적으로 제거하기 위해서는 아염소산나트륨에 처리

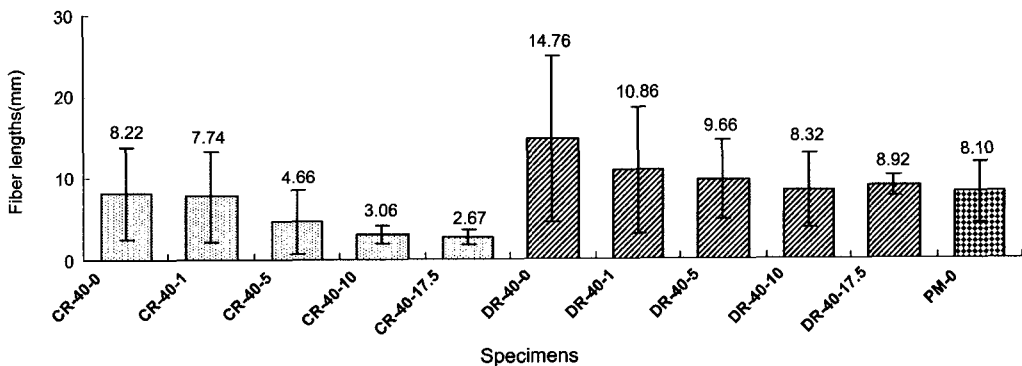


Fig. 2. The fiber mean lengths of kenaf pulps & paper mulberry pulps.

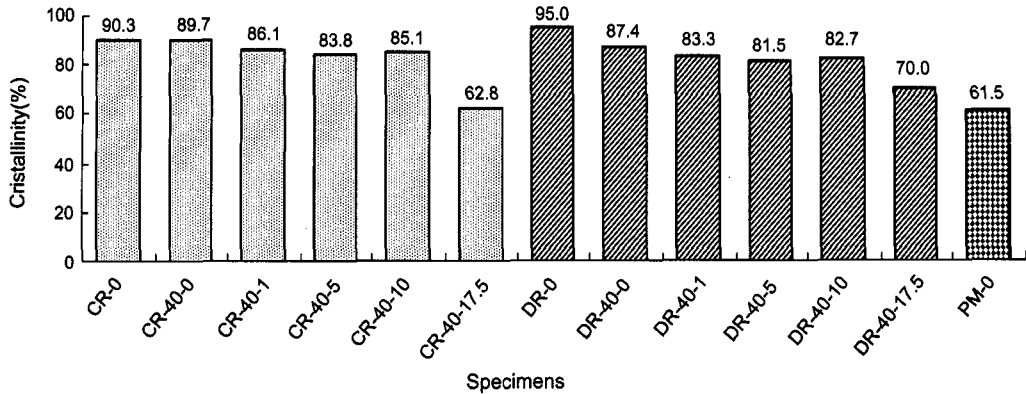


Fig. 3. The fiber crystallinity of kenaf pulps & paper mulberry pulps.

하는 시간을 좀 더 증가시켜야 함을 확인할 수 있었다.

닥 섬유는 10%의 수산화나트륨 수용액에서 5시간 처리하였을 때 일부 단섬유화가 진행되었으나, 수초지로 초지하기에는 섬유 길이가 다소 길었다. 섬유의 길이가 길게 남겨진 이유는 전통적인 닥 펄프 제조 과정에서 시행되는 고해과정을 대신하여 블랜더로 20초 동안 분쇄한 때문이며 이 결과 일반적으로 고해를 거친 닥 펄프 길이 8.2mm(이승철, 2002)와 유사한 결과 8.19mm를 보였다.

이와 같이 섬유 길이와 리그닌과 헤미셀룰로오스를 부분 제거한 펄프의 상태를 고려할 때 닥 펄프와 가장 유사한 시료는 CR-40-1이라 판단하여 이 결과를 토대로 케나프/닥 혼합지를 제조할 때 CR-40-1을 선택하여 사용하였다.

#### 4) 결정화도

화학레팅과 이중레팅하여 얻어진 섬유 CR-0, DR-0의 결정화도는 각각 90.3%, 95.0%로 높았다. 화학레팅의 결정영역이 이중 레팅에 비해 상대적으로 다소 적었으며 리그닌을 부분 제거한 CR-40-0의 결정화도는 89.7%, DR-40-0은 87.4%로 레팅만 한 시료들에 비해 저하되었다. 헤미셀룰로오스를 제거한 시료의 결정화도는 수산화나트륨의 농도가 높아질수록 결정화도가 약간씩 저하되는 양상을 보였으며 특히 수산화나트륨 농도가 17.5%인 CR-40-17.5, DR-40-17.5의 결정화도는 각각 62.8%와 70.0%로 급격히 저하되었으며 섬유 길이가 짧아져서 펄프화가 촉진되었다. 닥 펄프의 결정화도는 케나프 섬유나 케나프 펄프에 비해 매우 낮은 61.5%를 나타내었다.

## 2. 대체 수초지의 제조

### 1) 케나프 수초지의 특성

**물리적 특성:** 화학적 레팅한 케나프 섬유로 제조한 펄프 CR-40-0, CR-40-1, CR-40-5, CR-40-10, CR-40-17.5와 이중레팅을 한 케나프 섬유로 제조한 펄프 DR-40-0, DR-40-1, DR-40-5, DR-40-10, DR-40-17.5, 그리고 닥 펄프로 수초지를 초지하였다. 이들의 흡수도, 인장강도, 인열강도, 강연도를 측정하여 <Table 3>에 나타내었다.

겉보기 밀도는  $0.17\text{g/cm}^3 \sim 0.19\text{g/cm}^3$ 로 대체로 균일하였다. 케나프 수초지의 흡수도는 5.0~7.5cm의 흡수도를 나타낸 반면 닥 수초지는 케나프 수초지보다 흡수도가 높아 9.0cm를 나타내어 차이를 보였다. 이는 물의 흡수에 영향을 줄 수 있는 성분인 셀룰로오스의 함량이 92.12%로 높고 결정화도도 낮고 유연하고 부드러운 펄프이기 때문이라 생각할 수 있다. 반면 케나프 섬유의 흡수도가 닥 섬유보다 상대적으로 낮은 이유는 덜 제거되고 남은 비셀룰로오스 성분 때문이라고 판단된다.

인장강도는 화학적 레팅한 그룹이 이중레팅한 그룹보다 전체적으로 높았다. 이것은 화학적 레팅한 케나프 섬유는 아염소산나트륨 처리로 이미 펄프화가 일어난 반면 이중레팅한 케나프 섬유는 펄프화가 덜 일어난 데서 원인을 찾을 수 있다. 수초지의 강도는 서로 엮이는 피브릴화가 매우 중요하다. 화학적 레팅과 이중레팅한 케나프 섬유 모두 리그닌 만을 제거한 CR-40-0, DR-40-0보다 1%의 수산화나트륨 수용액에서 헤미셀룰로오스를 제거한 펄프로 초지한 수초지 CR-40-1, DR-40-1에서 강도가 더 높은 데 헤미셀룰

**Table 3. The physical properties of korean traditional papers made with kenaf pulps and paper mulberry pulps**

Specimens		Physical properties				
		Apparent density (g/cm <sup>3</sup> )	Water absorption degree(cm)	Tenacity (gf)	Tearing strlength (g)	Flex stiffness (cm/g)
Kenaf	CR-40-0	0.18	4.7(0.44)	165.4(59.8)	1880( 87.2)	0.28
	CR-40-1	0.17	6.1(0.85)	389.4(39.4)	1801(154.6)	0.68
	CR-40-5	0.17	7.1(0.30)	134.0(21.8)	1807(133.2)	0.45
	CR-40-10	0.17	5.9(0.85)	71.4( 5.3)	1883( 70.2)	0.08
	CR-40-17.5	0.17	5.6(0.57)	66.2( 7.0)	1780(110.0)	0.09
	DR-40-0	0.17	6.7(0.29)	111.5( 9.7)	1850(118.7)	0.86
	DR-40-1	0.17	5.0(0.20)	328.3(91.9)	1997( 51.3)	0.67
	DR-40-5	0.19	6.0(0.56)	153.0(23.8)	1950( 72.1)	0.47
	DR-40-10	0.17	5.5(0.80)	116.0(10.5)	1953( 60.3)	0.43
	DR-40-17.5	0.17	5.5(0.80)	105.5(14.4)	1883( 5.8)	0.46
Paper mulberry		0.17	9.2(0.37)	434.0(26.2)	337( 15.3)	0.20

Mean(SD)

로오스를 제거하는 과정에서 피브릴이 많이 생긴 것이 높은 강도의 원인인 것으로 사료된다. 그러나 화학적 레팅한 케나프의 경우 수산화나트륨 수용액 농도가 10, 17.5%로 높아졌을 때는 인장강도가 저하되는 양상을 보였는데 이는 펄프의 길이가 3.06 mm, 2.67mm로 지나치게 짧아진 때문으로 보인다.

닥 펄프로 초지한 수초지의 인장강도는 434(gf)로 케나프 수초지보다 질긴 성질을 보였는데, 이는 닥 섬유 자체가 섬유 길이는 길면서 섬유의 잔털(피브릴화)도 케나프 섬유보다 매우 많이 일어나서 이러한 미세한 섬유들이 엉킴이 많아지고 이로 인해 섬유간

의 결합이 강하게 이루어졌기 때문으로 생각된다.

반면 닥 펄프로 초지한 수초지의 인열강도는 337g으로 케나프 수초지1780~1883, 1850~1997g과 큰 차이를 보였다. 이와 같은 닥 수초지의 인열강도의 특성을 보강하기 위하여 케나프 펄프를 혼합하는 방법을 고려할 수 있다.

강연도는 화학레팅한 케나프 수초지 CR-40-1에서 높게 나타났는데 리그닌과 헤미셀룰로오스의 부분 제거로 펄프의 피브릴화가 잘 생성된 때문으로 생각할 수 있으며 CR-40-10, CR-40-17.5는 섬유 길이가 급격히 작아지면서 섬유끼리의 결속력이 떨어진 때

**Table 4. The brightness, opacity & color values of korean traditional papers made with 10 kinds kenaf pulps and paper mulberry pulps**

Specimens		Brightness	Opacity	Color value		
				L	a	b
Standard plate		100	100	98.26	-0.01	-0.35
Kenaf	CR-40	71	76	94.74	-1.36	+6.98
	CR-40-1	73	75	94.73	-1.14	+5.08
	CR-40-5	73	73	95.64	-0.92	+4.08
	CR-40-10	71	71	95.30	-1.02	+4.69
	CR-40-17.5	65	73	94.65	-1.13	+5.79
	DR-40-0	54	71	91.66	-2.21	+10.94
	DR-40-1	61	75	93.24	-1.67	+8.36
	DR-40-5	66	78	93.67	-1.21	+5.80
	DR-40-10	63	77	94.42	-1.38	+6.69
	DR-40-17.5	65	73	94.16	-1.44	+7.02
Paper mulberry		40	83	82.47	-0.75	+15.04



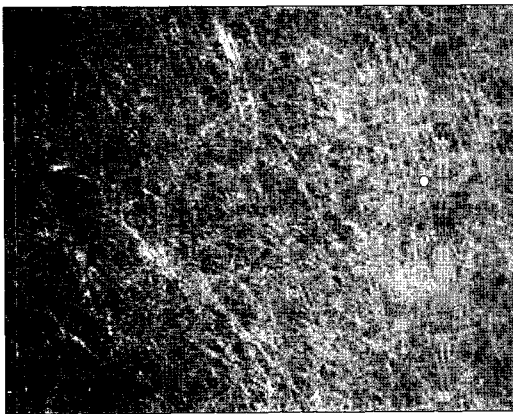
문에 강연도가 급격히 저하되었다 여겨진다. 이에 비해 닥 수초지는 0.20으로 매우 유연한 특성을 나타내었다. 따라서 닥 수초지와 같이 유연하고, 강도는 높은 케나프 펄프를 제조할 필요가 있다.

**색:** 케나프 펄프 수초지와 닥 수초지의 색차, Brightness와 Oparacy를 측정된 결과는 <Table 4>와 같다. 펄프를 제조하기 전 레팅한 케나프 섬유는 누런색이었으나, 이를 아염소산나트륨에 처리하여 리그닌을 제거한 케나프 수초지는 표백이 되어 L은 91.66 이상으로 값이 증가하였다. 닥 수초지의 L값이 82.47, b값이 다소 높아 좀 더 누런색을 띄었다. 종이의 Brightness는 외관 가치를 결정하는데 있어서 가장 중요한 특성으로 백색도가 높을수록 제품 가치도 올라간다. 화학 레팅한 케나프 섬유를 이용하여 초치된 수초지의 Brightness는 71, 73, 73, 71, 65%를 나타내었으며 이중레팅을 한 케

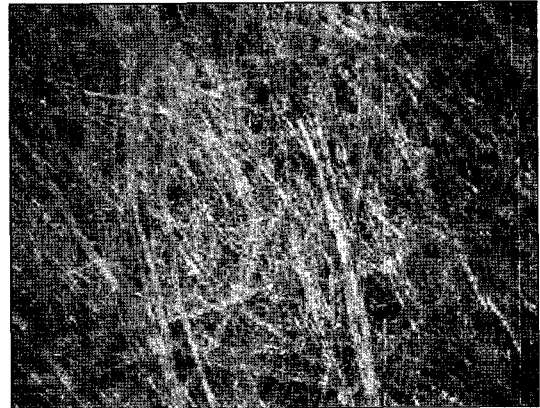
나프 섬유로 제조한 수초지의 Brightness는 54, 61, 66, 63, 65%로 화학레팅한 케나프 수초지보다 비교적 낮았다. 이는 이중레팅한 케나프 펄프에서 갈색을 띄는 리그닌의 제거 정도가 43.31%로 적음으로 인해 백색도의 차이가 분명하였다. 닥 수초지는 아염소산나트륨 처리 과정이 없었으므로 백색도가 매우 낮았다.

불투명도(Opacity)는 가시광선에 대한 차단력으로 종이를 투과한 광선량으로 결정되는데 화학레팅을 한 케나프 섬유로 제조한 수초지는 71~76%, 이중레팅을 한 케나프 섬유로 제조한 수초지는 71~78%를 나타내어 유사하였으나 닥 수초지의 불투명도는 83%를 나타내었다.

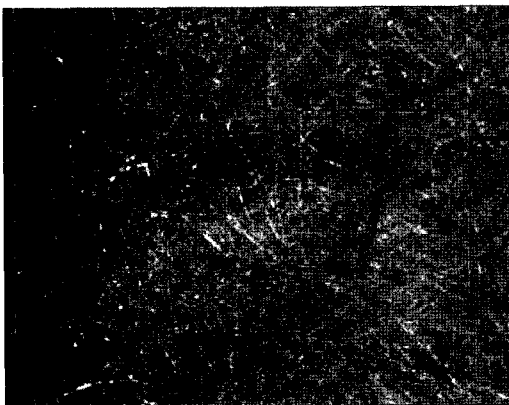
**표면관찰:** 전통 수초지에서 섬유 길이가 중요한 요소 중의 하나이므로 케나프 수초지 중 화학레팅과 이중레팅한 후 리그닌과 헤미셀룰로오스를 부분 제거한 CR-40-1, DR-40-10, 닥 수초지, 케나프/닥 혼합지



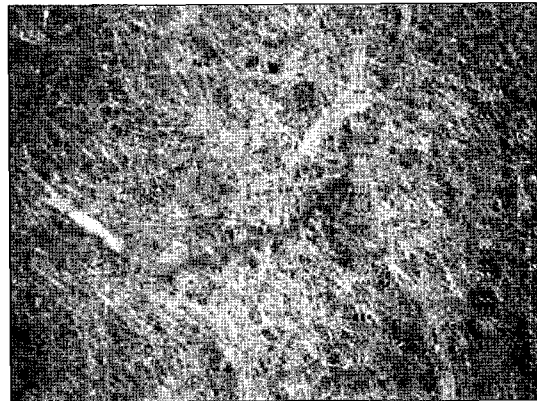
CR-40-1



DR-40-10



Paper mulberry



Kenaf/ Paper mulberry (30/70)

Fig. 4. Appearance photographs of the korean traditional papers made with the kenaf CR-40-1, the kenaf DR-40-10, the paper mulberry and the kenaf/paper mulberry blended pulp.

**Table 5. The physical properties of korean traditional papers made with kenaf/paper mulberry blended pulps**

(%) Mixing rates (kenaf/ paper mulberry)	Physical properties				
	Apparent density (g/cm <sup>3</sup> )	Water absorption degree(cm)	Tenacity (gf)	Tearing resistance (g)	Flex stiffness (cm/g)
100 / 0	0.17	6.1(0.85)	358	1801(154.6)	0.68
70 / 30	0.17	9.4(0.38)	409	1725( 43.3)	0.32
50 / 50	0.17	10.1(0.66)	410	1523(446.7)	0.38
30 / 70	0.17	9.5(0.82)	613	1468(412.0)	0.32
0 / 100	0.17	9.2(0.37)	434	337( 15.3)	0.20

Mean(SD)

의 표면을 실체현미경 30배율로 관찰하여 <Fig. 4>에 나타내었다. CR-40-1은 리그닌과 헤미셀룰로오스가 부분 제거되고 섬유 길이가 7.74mm인 시료이며 DR-40-10은 리그닌이 43.35% 부분 제거되었고 헤미셀룰로오스는 거의 제거되어 섬유 길이가 8.32mm인 시료이나 블랜더로 분쇄하였어도 리그닌 제거가 적었으므로 섬유 번들이 남아있는 형상을 관찰할 수 있다. 닥 수초지는 고해 대신에 블랜더로 분쇄하였어도 피브릴화된 섬유의 양상도 눈에 띈다. 이에 비해 케나프/닥 혼합지는 상태가 우수하다.

이와 같은 결과를 통해 전통 수초지의 제조에서는 섬유의 피브릴이 중요한 조건임을 확인할 수 있었다.

## 2) 케나프/닥 혼합지의 특성

케나프/닥 혼합지는 CR-40-1과 닥 펄프를 0/100, 30/70, 50/50, 70/30, 100/0%의 무게 비율로 혼합하여 초지하여 겉보기 밀도, 흡수도, 인장강도, 인열강도 그리고 강연도 등의 물리적 특성을 측정하여 <Table 5>에 나타내었다.

**물리적 특성:** 케나프/닥 혼합지의 겉보기 밀도는 모두 0.17(g/cm<sup>3</sup>)로 케나프/닥 혼합지는 모두 같은 정도로 조밀함을 나타냈다. 흡수도는 케나프/닥 펄프의 혼합비가 케나프 수초지보다 모두 높았는데 이는 닥 펄프의 셀룰로오스 함량이 높은 것에서 원인을 찾을 수 있다. 케나프/닥 펄프 혼합비율이 0/100인 혼합지의 흡수도는 9.2cm로 케나프/닥 펄프 혼합비율이 100/0인 혼합지의 흡수도 6.1cm보다 높지만 닥 펄프가 30% 이상 혼합되어 초지하면 케나프 수초지보다 흡수도가 훨씬 증가하였다. 인장강도는 케나프/닥의 혼합비율이 0/100인 닥 수초지가 434gf으로 100/0인 케나프 수초지 358gf보다 높아 닥 섬유의 질긴 특성이 확인되었다. 이는 닥 펄프가 유연하고 잔털이 많아 생성되는 특성인 것으로 생각된다. 닥 펄프는 전

통적인 한지 제작법에서는 잔털인 피브릴이 많이 생길수록 고해를 하는데 본 연구에서는 블랜더로 처리하여 잔털이 적게 일어났음에도 케나프보다 높았다. 케나프 펄프에 닥 펄프를 혼합하면 인장강도는 닥 종이만큼 점차 향상되었는데 특히 케나프/닥 펄프의 비율을 30/70로 혼합하면 인장강도가 618gf로 향상되는 상승 효과가 나타났다.

케나프/닥 혼합지의 인열강도는 케나프/닥 펄프의 혼합 비율이 0/100인 혼합지가 337g, 100/0인 혼합지가 1801g이었고, 케나프/닥 펄프의 비율이 30/70, 50/50, 70/30으로 케나프 펄프의 양이 증가할수록 인열강도는 1468, 1523, 1725g으로 닥 펄프에 혼합하는 케나프 펄프의 비율이 커질수록 증가하였다. 이러한 결과는 케나프/닥 펄프 비율에 따른 인열강도의 이른치인 776, 1069, 1361g에 비해 2배, 1.5배, 1.3배 증가한 값으로서 케나프 펄프에 유연하고 잘 발달한 닥 펄프의 피브릴이 결합되어 상승효과가 나타나 강한 수초지가 만들어졌다고 볼 수 있다.

케나프/닥 혼합지의 강연도는 케나프/닥 펄프의 비율이 100/0일 때 0.68, 케나프/닥 펄프의 비율이 0/100일 때 0.20로서 가장 유연하던 것이 30/70, 50/50, 70/30로 케나프의 양이 증가되면서 중간 정도의 값을 나타내었다.

이러한 결과에서 케나프/닥 혼합지는 흡수도, 인장강도, 강연도 등 대부분의 물성이 두 펄프가 혼합되면서 상승효과를 나타냈음을 확인할 수 있었다.

## IV. 결론 및 제언

본 연구는 케나프 인피부를 화학레팅과 이중레팅하여 섬유화한 후 리그닌과 헤미셀룰로오스를 부분 제거하는 실험실적인 방법으로 케나프 펄프를 제조하고 초지하였으며 또한 닥 수초지, 케나프/닥 혼합지를 중

이를 제조하였다. 케나프 펄프와 수초지에 대한 기본 특성을 살펴본 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째 화학적 레팅한 시료와 이중레팅한 시료를 같은 조건에서 리그닌을 제거하여 펄프화하였을 때 화학레팅한 케나프 섬유는 전체 리그닌의 70% 정도가 제거되어 이 상태만으로도 수초지로 초지할 수 정도로 펄프화가 되었으나, 이중레팅한 케나프 섬유는 43% 정도의 리그닌이 제거되어 거의 펄프화가 일어나지 않았다. 이는 알칼리에 의한 화학적 레팅이 물과 효소에 레팅한 이중레팅 시료보다 섬유 변들이 더 팽윤되고 분자쇄의 결정이 깨지고 느슨해진 때문이라 생각된다. 헤미셀룰로오스 제거에 의한 펄프화는 화학레팅한 섬유에서는 수산화나트륨 농도가 증가할수록 섬유 길이가 짧아지고 결정성이 저하하면서 급격히 이루어졌다. 그러나 이중레팅한 시료에서는 화학적 레팅한 시료에 비해 섬유길이나 결정성이 서서히 저하하였다. 닥 섬유는 전체 리그닌 함량과 헤미셀룰로오스 함량이 극히 적어 알칼리에 의한 레팅 만으로 부드럽고 유연한 펄프가 얻어진다. 닥 펄프와 가장 유사한 펄프로는 케나프 길이 면에서 CR-40-1 펄프라 할 수 있다.

둘째 케나프 펄프와 닥 펄프를 수작업으로 초지한 수초지의 인장강도는 닥 수초지가 더 높았으며 화학적 레팅한 그룹이 이중레팅한 그룹보다 강하고 이들 그룹 중 CR-40-1, DR-40-1이 더 높았는데 이는 수초지가 단지 섬유 길이 뿐만 아니라 레팅 과정과 리그닌, 헤미셀룰로오스 제거 과정에서 생기는 섬유의 피브릴이 수초지를 결속시키는 요소이기 때문이라 생각된다. 닥 수초지와 유사한 섬유길이의 시료가 CR-40-1이었는데, 닥 수초지가 더 인장강도가 높은 것에서 예를 찾을 수 있다. 반면 인열강도는 케나프 수초지가 닥 수초지보다 더 높았다.

셋째 케나프 수초지에서 인장강도와 강연도에서 우수하고 섬유 길이에서 닥과 유사한 펄프 CR-40-1과 닥을 혼합한 혼합지에서 인장강도가 닥 수초지나 케나프 수초지보다 우수하였고 인열강도는 케나프 수초지가 닥 수초지보다 우수하였다. 특히, 케나프/닥 30/70 혼합지는 주요 물성이 닥 수초지나 케나프 수초지보다 향상되는 결과를 보여 케나프/닥 혼합지의 제조도 의미가 있는 것으로 판단된다.

이와 같은 결과로서 케나프 펄프의 닥 펄프 대체 가능성은 의미있다고 생각한다.

## 참고문헌

- 문성필, 임금태. (2000). 섬유 손상이 적은 한지 제조 (제4보). *한국펄프·종이공학회*, 32(4), 58-65.
- 민춘기, 조중연, 신준섭, 류윤희. (2001). 텐셀 섬유를 활용한 한지의 제조. *펄프·종이기술*, 33(4), 35-41.
- 박성민. (1997). *벗짚으로 제조한 펄프의 제조방법에 따른 물리적 특성 연구*. 경희대학교 대학원 석사학위 논문.
- 박종문. (1968). 섬유용 양마의 육종에 관한 연구. *한국작물학회지*, 4(1), 115-124.
- 방명혁. (1999). *광초점 현미경(CLSM)과 섬유 분포지수(FDI)에 의한 케나프 인피부와 목질부 혼합 펄프의 초지특성 분석*. 충북대학교 대학원 석사학위 논문.
- 신동소. (1983). *임산화학*. 서울: 향문사.
- 이미경, 이해자, 유혜자, 한영숙. (2005). 케나프의 물과 요소를 이용한 이중레팅과 면섬유화에 관한 연구. *한국의류학회지*, 29(7), 938-947.
- 이승철. (2002). *우리가 정말 알아야 할 우리 한지*. 서울: 현암사.
- 이혜자, 안춘순, 김경희, 유혜자, 한영숙, 송경현. (2003). 케나프 섬유 분리에 대한 화학적 레팅 효과. *한국의류학회지*, 27(9/10), 1144-1152.
- 이혜자, 유혜자, 한영숙. (2006). 비셀룰로오스 함량에 따른 케나프 섬유의 특성 변화. *한국의류학회지*, 30(11), 1681-88.
- 전철. (1996). 전북지방의 닥나무 한지 생산의 통계적 고찰과 한지산업의 육성방안. *원광대학교 논문집*, 31(2), 129-150.
- 정의현. (2004). *Carboxymethylcellulose 제조공정을 이용한 수용성 섬유제조 및 Pilot plant 개발 연구*. 연세대학교 대학원 석사학위 논문.
- 조남석. (1995). 닥나무류를 이용한 전통한지 제조기술의 개선에 관한 연구 (I). *한국문화재보존과학회*, 4(1), 43-52.
- 조남석, 최태호. (1996). 속성섬유 자원인 양마로부터 전통한지 제조 특성. *펄프·종이기술*, 28(4), 7-16.
- 최태호, 이연숙. (2003). 벗짚 추출물을 이용한 한지의 천연색 발현. *임산에너지*, 22(3), 43-48.
- Abbott, T. P., Tjarks, L. W., & Bagby, M. O. (1987). Kenaf lignin structure by correlation of CNR, FTIR, and chemical analysis, proceeding. *TAPPI 1987 pulping conference(Washington D.C.) book*, 1, 177-183.
- Lewin, M. & Pearce, E. M. (1985). *Fiber chemistry handbook of fiber science and technology: Volume IV*. New York: Marcel Dekker Inc.