

식물섬유 수초지의 제조와 물성에 대한 연구

이혜자[†] · 임희정 · 배현영 · 모태화 · 유혜자* · 한영숙**

한국교원대학교 가정교육과, *서원대학교 의류학과, **신성여자고등학교

The Properties and Production of Hand-Made Paper Made from Various Plant Fibers

Hyeja Lee[†] · heejung Lim · Hyun young Bae · Taewha Mo · Hyeja Yoo* · Youngsook Han**

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

*Dept. of Clothing & Textiles, Seowon University

**Shinsung Girls' Highschool, Cheju

접수일(2008년 4월 23일), 수정일(2008년 7월 4일), 게재확정일(2008년 7월 24일)

Abstract

This studies were carried out in order to develop environmentally-friendly fiber materials and substitute resources of Paper mulberry. Various plant fibers such as New Zealand flax, Indian mallow, Kuzu vine and Yucca were used as raw materials of hand-made papers. We retted these 4 kinds of plant fibers and removed non-cellulose. After retting, the pulping rate(%) and the length of fibers in pulps were measured. The physical characteristics of papers made of various plants fiber were investigated and the probabilities of practical use were considered. The results were as follow: The non-cellulose contents of plant fibers were 30~40% and those contents must be lower down to 8% to be able to manufacture the hand made papers. The lignin in pulps were removed almost and the hemicellulose were partially removed to reach up to appropriate level of the pulp rates and fiber lengths. The more hemicellulose removed, the finer fiber thickness were and rapidly the lower Hanji tensile strength were. But the tear strength of these plants of hand-made papers do not decreased so much as tensile strength. So the property of 4 types of plant fibers might be of great advantages to make hand-made papers. Both tensile and tear strengths of Hanji of New Zealand flax, Indian mallow, Kuzu vine and Yucca were higher than Paper mulberry hand-made paper. When 30% of mulberry paper were mixed, the mixing effect showed maximum. Because of the functions of all plant fiber hand-made papers showed better than those of Paper mulberry hand-made paper, 4 types of plant fibers could be substitute Paper mulberry.

Key words: Plants fibers, Non-cellulose, Indian mallow, Kuzu vine, Han-made paper; 식물섬유, 비셀룰로오스, 어저귀, 칩, 수초지

I. 서 론

[†]Corresponding author

E-mail: hjlee@knue.ac.kr

본 연구는 학술진흥재단 2007년도 우수여성과학자 지원 연구(R20070059)지원으로 수행되었음.

섬유의 쓰임새는 날로 그 범위가 넓어져 의류뿐 아니라 산업용 섬유로도 그 영역을 넓혀가고 있다. 산업용섬유는 자동차산업, 항공우주산업, 해양산업, 소방복 같은 특수의류, 건축용 섬유 등과 같은 분야에

서 광범위하게 사용되며 고부가가치를 지닌다. 미국, 일본, 유럽 등 선진국에서는 이미 자국의 섬유생산량 중 70% 가량을 산업용 섬유가 점유할 정도로 많이 쓰이고 있으나 우리나라는 아직 20% 정도에 그치고 있어 개발의 여지가 많다(이전숙 외, 2000). 또한 산업용 섬유 원료는 대부분 합성섬유로서 환경문제가 유발되기 때문에 산업용 소재에 마섬유 등과 같은 천연소재로 대체하려는 시도를 하고 있다. 예로써 최근 자동차 내장재용 부직포 원료로 사용된 유리섬유나 합성섬유를 대신하여 친환경적 섬유인 아마, 대마, 황마, 케나프 등과 같은 식물줄기섬유를 이용하기 위한 연구가 진행되고 있다(이해자 외, 2006).

이들 식물섬유는 산업용 섬유 뿐 만 아니라 종이의 원료가 되므로 종이 산업 분야에서의 활용면에서도 그 역할을 기대해 볼 수 있다. 특히 국내에서 전통적으로 생산되어온 종이인 한지는 창호지, 벽지에 주로 사용되었으나 최근 의상으로써 용도가 확대되면서 한지에 대한 관심이 높아지고 있다. 한지의 우수성이 재조명되고 한지의 품질이나 제조과정을 개선하려는 노력이 활발하며(조남석, 최태호, 1996) 한지를 제조하여 수의를 제조하는 등 새로운 활로를 모색하고 있다(장덕호, 2002). 또한 닳나무 펄프를 전통 한지로 제조한 후 일정 가늘기로 자른 다음 이를 꼬아 만드는 닳나무 한지 종이사가 개발되어 가벼운 의류로 변신하고 있다(박태영 외, 2005). 근래에는 면섬유에 은코팅을 하거나 코팅 후 워싱 처리하여 한지의 가볍고 버서거리는 느낌을 얻기도 하며(김은애 외, 2005) 전통 한지의 특성을 살릴 수 있는 새로운 한지 원료의 개발이 이루어지고 있는데 벼짚이나(박성민, 1997) 텐셀(민춘기 외, 2001)로 한지를 제조한 연구도 있다.

식물섬유인 뉴질랜드마, 어저귀, 칩 등은 오래 전부터 의류 및 생활도구 등에 여러모로 쓰여 왔다. 뉴질랜드가 원산지인 뉴질랜드마는 잎을 골라낸 다음 기계로 으깨고 문질러 깍질을 벗겨내 섬유를 얻은 후 인조섬유가 없던 3~40년 전 농작업 및 어로용 끈 등으로 쓰였으며(Carr et al., 2005) 지금은 포장용 상자의 강화제나 천연벽지 등으로 이용되고 있다. 칩은 덩굴 식물로서 삼태기나 바구니 등을 엮고, 단단히 잡아매야 하는 곳 등에 널리 쓰였으며 삶거나 찌서 섬유를 얻어 갈포를 짜기도 하였다. 이러한 식물섬유 원료는 의류소재로서는 삼베, 모시에 밀리고 끈 등의 재료로서는 합성섬유에 밀려 그 사용이 감소되어 왔다. 그러나 수작업으로 옷감을 얻어야 하는 삼베나

모시는 매우 비싸 기계화를 시도하고 있고 합성섬유를 원료로 하는 산업용 섬유는 환경오염의 문제를 야기하고 있어 경제적이고 친환경적인 식물섬유 자원을 확보하는 것이 필요하다. 더구나 국내에서는 한지의 활용가능성이 증가하면서 닳 섬유 수요가 늘어가고 있는 이 때 생산량이 부족한 닳나무를 대체할만한 식물섬유 원료를 발굴하는 일은 매우 필요하다.

본 연구자들은 다양한 식물섬유의 레팅에 따른 섬유화 과정(배현영 외, 2007)과 비셀룰로오스가 많은 케나프섬유의 펄프화에 대한 연구(이해자 외, 2006)를 수행한 바 있다. 선행연구에서 식물섬유를 레팅을 하여 섬유를 얻었을 경우 뉴질랜드마, 어저귀 그리고 칩의 물성은 모시와 유사하였으며 실유카는 닳과 같이 부드러운 성능을 지니는 결과를 얻었다. 또한 이러한 연구를 통해 비 셀룰로오스가 많은 식물섬유는 직접 의류소재로 사용하는 것보다는 종이를 만들어 새로운 소재를 개발하는 것이 닳나무 대체 자원의 개발이라는 면에서 의의가 있을 뿐 아니라 새로운 종이 섬유사를 제조하는 전 단계라는 점에서 의미가 있음을 확인하였다. 따라서 본 연구에서는 어저귀, 뉴질랜드마, 칩, 실유카 등의 4종의 식물섬유를 섬유화하고 펄프화하여 수초지를 제조한 뒤 제반 물성을 살펴보았다. 식물섬유를 펄프화 하는 데 있어 펄프화 과정에 따라 펙틴, 리그닌, 헤미셀룰로오스와 같은 비셀룰로오스의 함량을 측정하였다. 비셀룰로오스를 제거하는 정도에 따라 펄프화 비율과 펄프의 평균길이를 측정하였으며 식물섬유 펄프로 제조한 수초지에 대한 물성을 측정하여 식물섬유의 수초지로의 활용성을 살펴보았다.

II. 실 험

1. 원료섬유의 채취

어저귀(Indian mallow; 이하 IM이라 칭함)는 2007년 10월말 충북 청원군 내에서 재배하고 채취하여 사용하였으며 뉴질랜드마(New Zealand flax; 이하 NZ라 칭함)는 제주에서 잘 자란 잎을 밀등을 잘라 채취하여 시료로 사용하였다. 칩(Kuzu vines; 이하 KV라 칭함)은 7월~10월 충북의 야산에서 덩굴을 채취하였으며 실유카(Yucca; 이하 YC라 칭함)는 충북일원의 정원에서 잘 자란 잎을 밀등까지 잘라내어 채취하였다.

2. 레팅

어저귀와 칩은 식물을 채취하여 물에 통째로 1~2 일 정도 담가두었다가 목질부와 인피부를 분리하여 0.5%의 펙틴아제 수용액에서 55°C, 24시간 침지한 후 실온에서 4일간 방치하여 섬유화하였다(이미경 외, 2005). 실유카, 뉴질랜드마는 0.4% 묽은 황산용액에 100°C에서 1시간 동안 가열하여 엽록소를 용해하였으며 이를 수세하여 섬유를 얻었다(Aguilar-vega & Cruz-ramos, 1995).

3. 펄프의 제조

1) 식물섬유 펄프의 제조

모든 식물섬유는 0.5% 암모늄 옥살레이트 용액에 85°C에서 24시간 처리하여 레팅으로서 제거되지 않았던 펙틴을 제거하였다. 펙틴을 제거한 다음 아염소산나트륨 용액으로 120분 처리하여 리그닌을 제거하였으며 리그닌을 제거한 후 수산화나트륨 17.5% 용액에서 45분간 침지하여 헤미셀룰로오스를 제거하였으며 제거율(%)은 무게비율로 계산하였다(이혜자 외, 2003; Abou-Zeid et al., 1984). 펙틴이 제거된 시료의 리그닌의 제거는 칩과 실유카의 경우 아염소산 나트륨 용액으로 60분 처리하여 리그닌을 부분 제거하였다. 이를 다시 수산화나트륨 1, 5, 10% 수산화나트륨 용액에서 5, 10, 15분간 침지하여 헤미셀룰로오스를 부분 제거하여 펄프를 제조하였다. 상대적으로 리그닌이 많아 뻣뻣한 뉴질랜드마와 어저귀는 아염소산 나트륨 용액으로 120분 처리하여 리그닌을 제거한 후 수산화나트륨 1, 5, 10% 수산화나트륨 용액에서 5, 10, 15분간 침지하여 헤미셀룰로오스를 부분 제거하여 펄프를 제조하였다.

2) 식물섬유 중 펄프의 비율

펄프의 비율은 건조시료 1.0g을 250ml 비커에 물과 함께 담아 충분히 풀어 준 후 핀셋을 이용하여 10mm 이상되는 길이의 섬유를 분리해 냈으며 이를 여러 번 반복하였다. 10mm 미만의 섬유를 고운 망에 걸러 물기를 꼭 짜낸 후 건조시켜 무게를 재고 전체에 대한 무게비율을 계산하여 펄프의 비율로 하였다.

3) 식물섬유의 길이

펄프의 섬유길이는 펄프의 비율과 10mm 이하의

길이 0.1g, 10mm 이상 길이의 섬유 0.1g 각각의 평균 길이를 종합하여 평균길이를 측정하였다.

4) 닥 펄프

닥(Paper mulberry; 이하 PM이라 칭함) 펄프는 닥의 겉껍질을 벗긴 피닥(신평한지)을 약 30분간 물에 불린 다음 12%의 수산화나트륨 수용액에서 95°C로 5시간 이상 가열처리하고 2시간 동안 방치한 후 수세하여 제조하였다.

4. 수초지 제조

1) 식물섬유 수초지와 닥 수초지

식물섬유 수초지 제조를 위한 펄프는 펄프의 비율과 펄프의 평균길이를 고려하여 칩과 실유카는 아염소산나트륨 용액으로 60분 처리하고 수산화나트륨 1, 5, 10% 수산화나트륨 용액에서 15분간 침지하여 제조하였다. 어저귀와 뉴질랜드마는 아염소산 나트륨 용액으로 120분 처리한 후 수산화나트륨 1, 5, 10% 수산화나트륨 용액에서 5분간 침지하여 펄프를 제조하였다.

식물섬유 수초지액은 식물섬유 펄프를 미리 30배의 물에 담가 교반기로 저어서 해리시켜 제조하였고 섬유길이가 10mm 이상의 펄프는 고해과정을 대신하여 블랜더로 20초간 분쇄하여 사용하였다. 위의 펄프액에 풀을 첨가하여 수초지액을 만들었으며 이 때 사용되는 풀은 현재 전통 수초지 제조에 많이 쓰이는 PAM (polyacrylamide)였고 펄프의 섬유길이와 펄프의 피브릴화에 따른 물성의 차이를 비교하고자 농도를 적게 하였다. 풀의 농도는 0.02g/l로 하고 액비 1:250의 풀액에 고르게 분산시켜 15cm×20cm의 나무틀을 이용하여 초지하였다. 이 때 수차레 예비실험을 거쳐 일정한 두께 0.25mm±0.03, 무게 40±5g/m²가 되도록 하였다. 닥 수초지도 동일한 방법으로 초지하였다.

2) 식물섬유/닥 혼합지 제조

식물섬유/닥 혼합지는 식물섬유 펄프 중 어저귀와 뉴질랜드마는 아염소산나트륨으로 120분 처리한 후 수산화나트륨으로 5%로 5분 처리한 펄프를 닥 펄프와 0/100, 30/70, 50/50, 70/30, 100/0의 비율로 혼합하여 초지하였다. 칩과 실유카는 아염소산나트륨으로 60분 처리한 후 수산화나트륨 5% 농도로 15분 처리한 펄프와 닥 펄프를 무게비율로 혼합하여 초지하였다.

3) 수초지의 물성

식물섬유 펄프로 초지한 수초지 및 식물섬유/닥의 혼합 펄프로 초지한 수초지의 겉보기 밀도, 흡수도, 인장강도, 인열강도, 강연도를 측정하였다.

겉보기 밀도는 수초지의 두께와 평량으로 계산하여 'g/cm³'으로 나타내었다. 흡수도는 바이레크(Birack)법을 이용하였다. 인장강도는 인장도시험기를 이용하여 측정하여 'gf'로 나타냈다. 인열강도는 엘멘도프형 인열강도시험기로 펜듈러법(Pendulum Method)법으로 측정하여 'g'으로 나타냈다. 강연도는 칸틸레버(Cantilever)법으로 측정하여 플렉스 강연도로 계산하여 'cm.g'으로 나타냈다.

식물섬유 수초지의 형태적 특성은 SEM(Scanning Electron Microscope: HITACHI S-2500C)을 이용하여 100배의 배율로 부직포 조직의 표면을 측정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 펄프의 특성

1) 식물섬유의 조성

어저귀, 뉴질랜드마, 칩, 실유카, 닥의 펙틴, 리그닌, 헤미셀룰로오스, 셀룰로오스의 조성은 <Table 1>과 같다. 닥을 포함한 식물섬유의 펙틴의 함량은 1.84~3.29%로 유사하게 나타났다. 그러나 리그닌은 크게 차이가 나서 닥이 2.44로 가장 낮고 어저귀가 가장 많아 15.19%를 나타내었다. 잎섬유인 실유카와 뉴질랜드마는 리그닌이 8.81, 9.10%를 나타내어 낮은 반면 헤미셀룰로오스가 어저귀와 칩섬유보다 상대적으로 많아 25.84, 24.40.을 나타냈으며 펙틴, 리그닌, 헤미셀룰로오스를 제외한 셀룰로오스의 함량은 닥을 제외하고 어저귀, 뉴질랜드마, 칩섬유, 실유카가 60.15~66.17%를 나타내었다. 뉴질랜드마와 실유카는 잎섬

유의 하나인 헤네켄이 리그닌 8%, 헤미셀룰로오스가 28%로 보고된 것과 비교할 때 유사한 결과를 나타내어 잎 섬유들이 유사한 섬유조성을 하고 있음을 알 수 있다(Csaurang-Martinez et al., 1991). 어저귀는 청마라고도 하는 줄기섬유로서 양마라고 하는 케나프섬유의 펙틴 2.25, 리그닌 17.36, 헤미셀룰로오스 11.79, 셀룰로오스 68.60%와 유사한 조성을 나타내었다(배현영 외, 2007). 닥은 셀룰로오스가 92.12%이고 비셀룰로오스 함량이 7.88%로 매우 낮아 부드럽고 유연한 섬유로 종이 원료로 사용되어온 바탕이 된다.

이와 같은 결과는 식물섬유가 닥과 같은 펄프를 얻기 위해서는 비셀룰로오스를 닥과 같은 수준으로 낮추어야 한다는 점을 시사한다.

2) 리그닌의 제거

펄프를 제조하기 위한 첫 단계로 리그닌을 싸고 있는 섬유와 섬유 사이의 펙틴질을 제거해야 한다. 펙틴질은 식물섬유가 큰 차이 없이 약 2~3% 정도를 나타내고 있다. 펄프가 되기 위해서는 리그닌을 대부분 제거하여야 하는데 그 이유는 리그닌이 제거되지 않을 경우는 헤미셀룰로오스가 제거되지 않기 때문이다(황병호 외, 2005). 아염소산나트륨을 120분 처리하였을 때 리그닌이 대부분 제거된다고 가정하고(이해자 외, 2003; Abou-Zeid et al., 1984) 이에 대비하여 60분 처리하였을 때 어느 정도 제거되는지를 조사하여 <Table 2>에 나타내었다. 어저귀의 리그닌 함량은 시간 60분 처리하였을 때 9.79g을 나타내고 120분에서 15.19g을 나타내어 약 64.5%의 리그닌이 제거되었다. 뉴질랜드마도 60분 처리하였을 때 5.65g을 나타내고 120분 처리할 경우 리그닌 함량이 9.10g로서 약 62.0%의 리그닌이 제거되었다. 따라서 어저귀와 신서란의 리그닌 처리조건은 아염소산나트륨으로 120분 처리하는 조건인 각각 IM-120, NZ-120으로 하였다.

Table 1. The composition of pectin, lignin, hemicellulose, cellulose on Indian mallow, New Zealand flax, Kuzu vines, Yucca and Paper mulberry fibers

Fibers	Compositions(%)			
	Pectin	Lignin	Hemicellulose	Cellulose
Indian mallow	2.79	15.19	21.78	60.15
New Zealand flax	1.84	9.10	24.40	64.66
Kuzu vines	2.19	11.32	20.33	66.17
Yucca	2.12	8.81	25.84	63.23
Paper mulberry	3.29	2.44	2.15	92.12

Table 2. The composition of Indian mallow, New Zealand flax, Kuzu vines, Yucca and Paper mulberry fibers after removing noncellulosic materials

Specimens	Sample weight(g)	Pectin remove		Lignin remove	
		Removed pectin(g)	Sample weight after pectin removing(g)	Removed lignin(g)	Sample weight after lignin removing(g)
IM-0	100.00	2.79	97.21	0	0
IM-60				9.79	87.42
IM-120				15.19	82.02
NZ-0	100.00	1.84	98.16	0	0
NZ-60				5.65	92.51
NZ-120				9.10	89.06
KV-0	100.00	2.19	97.81	0	0
KV-60				10.54	87.27
KV-120				11.32	86.49
YC-0	100.00	2.12	97.88	0	0
YC-60				7.77	90.11
YC-120				8.81	89.07
PM	100.00	3.29	96.71	2.44	94.27

반면 짙은 아염소산나트륨으로 120분 처리한 경우 리그닌 11.32g였던 것이 60분 처리하면 10.54g 제거되므로 약 93.1%가 제거되었다. 실유카도 120분 처리 시 리그닌 함량 8.81g였던 것이 60분 처리하면 7.77g 제거되므로 약 88.2%를 나타내었다. 따라서 칩과 실유카의 리그닌 처리조건은 각각 KV-60, YC-60으로 하였다.

3) 헤미셀룰로오스의 제거

섬유 중 펄프의 비율과 길이; 식물섬유의 펙틴 제거, 리그닌 제거의 다음 단계인 헤미셀룰로오스 제거는 수산화나트륨 17.5%에서 45분 처리하면 거의 완성된다(이혜자 외, 2003; Abou-Zeid et al., 1984). 그러나 섬유길이가 매우 짧아지므로 전통 한지로서의 의미가 없어져 헤미셀룰로오스를 부분 제거해야 한다. 헤미셀룰로오스를 부분 제거하기 위해 수산화나트륨 농도를 1, 5, 10%에서 5, 10, 15분 처리하여 펄프화의 비율과 펄프의 길이를 측정하였고 그 결과를 <Table 3>에 나타냈다. 4종류 모두 수산화나트륨 농도가 높아지고 처리시간을 늘릴수록 펄프화비율은 높아지고 동시에 펄프의 길이는 매우 짧아지는 경향을 나타내었다.

어저귀 IM-120, 뉴질랜드마 NZ-120에서는 처리시간이 10, 15분으로 길어질수록 섬유 평균길이가 4.7mm까지 너무 짧아졌다. 펄프의 평균길이는 펄프화 되지 않

은 섬유와의 평균값이므로 펄프 비율이 10 mm 이하인 경우가 많고 섬유의 길이를 고려한다면 수초지 제조조건을 20mm 전후의 길이가 합당하다고 보았다. 따라서 어저귀 IM-120은 11.9~25.3mm, 뉴질랜드마 NZ-120은 8.0~24.2mm를 나타낸 5분 처리가 적당하다고 여겨진다. 칩 KV-60, 실유카 YC-60에서는 각 처리시간 5분과 10분에서는 아직 긴 섬유들이 많이 분포하여 평균길이가 다소 길었으므로 5.4~13.95, 17.2~24.2mm를 나타내는 나타난 15분 처리가 적당하다고 판단하였다.

따라서 수초지를 제조할 펄프의 조건은 어저귀 IM-120와 뉴질랜드마 NZ-120은 수산화나트륨 1, 5, 10% 농도로 5분 처리로 하고 칩은 KV-60 실유카 YC-60은 수산화나트륨 1, 5, 10% 농도로 15분 처리한 시료로 하였다.

헤미셀룰로오스의 양, 펄프의 비율과 섬유의 길이를 고려하여 수초지를 제조하기 위해 IM-120, NZ-120의 시료를 수산화나트륨 농도 1, 5, 10%에서 5분 처리하였을 때와 KV-60, YC-60의 시료를 수산화나트륨 농도 1, 5, 10%에서 15분 처리한 펄프의 헤미셀룰로오스의 함량을 측정하고 헤미셀룰로오스의 제거율을 계산하여 <Fig. 1>에 나타내었다.

헤미셀룰로오스는 수산화나트륨 17.5%에서 45분간 제거하는 것으로 보고되었으므로(이혜자 외, 2003; Abou-Zeid et al., 1984) 본 연구에서는 이보다 낮은

Table 3. Pulp ratio and the mean lengths of Indian mallow, New Zealand flax, Kuzu vines, Yucca and Paper mulberry fibers according to NaOH concentrations and NaOH treatment times (unit: %(mm))

Specimen	NaOH treatment times(min.)	% NaOH Cocentration		
		1	5	10
IM-120	5	80.2 (25.3)	93.6 (26.5)	84.7 (11.9)
	10	76.6 (17.7)	85.4 (11.6)	86.9 (8.0)
	15	87.1 (8.9)	84.9 (8.2)	94.6 (4.7)
NZ-120	5	17.2 (24.2)	66.1 (15.0)	62.0 (8.0)
	10	66.1 (14.4)	50.3 (19.0)	71.6 (9.0)
	15	69.4 (9.7)	73.3 (6.5)	91.1 (3.9)
KV-60	5	67.1 (34.1)	81.1 (19.7)	81.5 (15.1)
	10	84.1 (18.4)	80.6 (13.2)	92.7 (9.0)
	15	86.9 (13.9)	91.0 (9.7)	95.8 (5.4)
YC-60	5	18.2 (67.1)	25.0 (37.2)	31.0 (30.1)
	10	22.4 (35.8)	30.9 (19.2)	40.9 (21.6)
	15	25.6 (24.2)	28.1 (24.3)	44.7 (17.2)

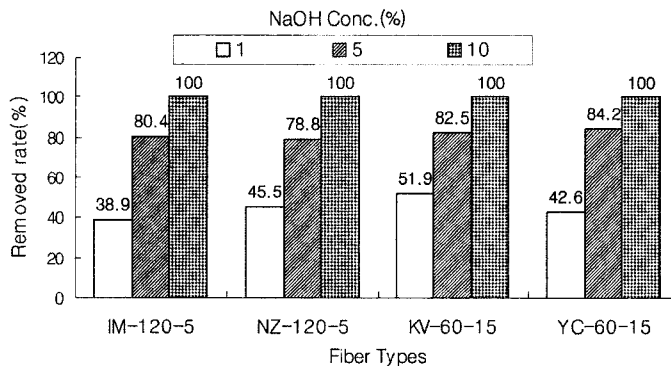


Fig. 1. The hemicellulose removed rates(%) of Indian mallow, New Zealand flax, Kuzu vines and Yucca pulps.

농도에서 처리함으로써 헤미셀룰로오스를 부분 제거하고자 하였다. 그러나 <Fig. 1>에서 보듯이 수산화나트륨 농도 1%에서 헤미셀룰로오스의 제거가 어저귀가 38.9%, 뉴질랜드마가 45.5%, 칩이 51.9%, 실유카가 42.6%를 나타내어 약 40~50%가 제거되었다. 5% 농도에서는 어저귀가 80.4%, 뉴질랜드마가 78.8%, 칩이 82.5%, 실유카가 84.2%가 제거되어 약 80% 정도가 제거되었으며 10% 농도에서는 모든 섬유에서 100%의 헤미셀룰로오스가 제거되었다.

2. 식물섬유 수초지의 제조

1) 식물섬유 수초지의 특성

어저귀 IM-120와 뉴질랜드마 NZ-120는 수산화나트륨 1, 5, 10% 농도로 5분 처리로 하고 칩 KV-60와

실유카 YC-60는 수산화나트륨 1, 5, 10% 농도로 15분 처리한 펄프로 초지하여 수초지를 제조하였다. 이들의 겉보기 밀도, 흡수도, 인장강도, 인열강도, 강연도를 측정하여 <Table 4>에 나타내었다.

겉보기 밀도는 0.10~0.13g/cm³로 균일하였다. 어저귀와 뉴질랜드마가 조금 두텁게 제조되어 0.11~0.14g/cm³였으며 칩과 실유카는 0.10~0.11g/cm³였다. 흡수도는 각 섬유마다 수산화나트륨 농도가 높을수록 흡수도가 높았는데 이는 펄프의 비율이 높고 펄프의 길이가 짧은 것과 관련이 있으며 식물섬유 중 뉴질랜드마의 흡수가 가장 높은 것이 눈에 띈다.

인장강도는 어저귀, 뉴질랜드마, 칩, 실유카 수초지 모두에서 수산화나트륨 농도가 1, 5, 10%로 높아질수록 낮았다. 수초지의 강도는 서로 영기는 피브릴화가 매우 중요한데 1%에서는 모든 섬유에서 헤미셀룰로

Table 4. The physical properties of hand-made papers made with Indian mallow, New Zealand flax, Kuzu vines, Yucca and Paper mulberry

Specimens	Physical properties				
	Apparent density (g/cm ³)	Water absorption degree(cm)	Tenacity(gf)	Tearing strlength(g)	Flex stiffness(cm.g)
IM-120-1	0.13	5.0	924.0 (274.8)	1300	39.8 (3.1)
IM-120-5	0.12	8.7	502.5 (83.6)	1225	20.8 (10.0)
IM-120-10	0.14	6.8	95.0 (49.1)	990	6.5 (2.8)
NZ-120-1	0.12	8.0	1430.3 (369.5)	1475	35.7 (3.9)
NZ-120-5	0.11	11.2	1518.5 (187.1)	1200	32.3 (3.0)
NZ-120-10	0.12	11.4	564.5 (97.4)	1025	20.9 (7.0)
KV-60-1	0.10	5.4	903.5 (116.2)	1325	24.9 (3.1)
KV-60-5	0.10	9.0	689.0 (131.9)	1175	23.8 (3.9)
KV-60-10	0.11	7.2	442.3 (67.3)	1150	23.3 (4.9)
YU-60-1	0.10	7.5	469.3 (78.7)	833	20.0 (6.4)
YU-60-5	0.10	8.5	502.5 (73.2)	808	28.6 (1.1)
YU-60-10	0.10	8.5	247.3 (62.7)	819	23.8 (0.7)
PM	0.11	9.0	319.5 (70.4)	750	15.0 (4.2)

오스가 약 40~50% 정도만이 제거되어 퍼브릴 발생은 적으나 펄프의 평균길이가 길고 이들 섬유와의 응집성이 있어 인장강도가 높았다. 그러나 수산화나트륨 농도가 5%에서는 약 70~80% 정도 제거되었으며 수산화나트륨 농도가 10%로 높아질수록 헤미셀룰로오스가 모든 섬유에서 100% 제거되면서 섬유가 짧아져 강도는 매우 낮아졌다. 특히 뉴질랜드마와 어저귀는 리그닌이 거의 없는 상태에서 헤미셀룰로오스가 100% 제거되었기 때문에 급격한 강도 저하가 나타났다. 칩과 실유카는 아염소산나트륨을 60분 처리하였기 때문에 리그닌이 적은 양이지만 남아있어 점진적으로 낮아졌을 것으로 보이며 따라서 수산화나트륨을 저 농도로 처리하는 것이 바람직하다고 생각된다. 식물섬유 중에서는 뉴질랜드마가 가장 강도가 높고 질기며 실유카가 가장 부드럽고 약한 펄프임을 알 수 있었다. 칩과 실유카의 경우도 거의 같은 결과를 나타내었다. 본 실험 결과에서 가장 중요하고 긍정적인 현상은 닥 수초지에 비해 거의 모든 식물섬유의 강도가 높게 나타났다. 이는 닥의 경우 리그닌이나 헤미셀룰로오스가 매우 적은 원료이면서 제조과정 상 12% 이상의 수산화나트륨 용액에서 장시간 끓이는 과정에서 비셀룰로오스의 성분이 대부분 제거되었기 때문이다. 이에 비해 식물섬유는 리그닌이나 헤미셀룰로오스가 부분적으로 남아 있었기 때문에 닥과 비교하였을 때 강도가 크게 나타난 것으로 보인다. 이처럼 수초지에

서는 비셀룰로오스의 함량이 강도에 크게 기여한다고 할 수 있으므로 원하는 강도를 얻기 위해서는 처리조건을 조절하여 비셀룰로오스 함량에 변화를 주면 가능할 것으로 보인다.

인열강도는 인장강도와 같이 종이의 물성으로서 매우 중요하며 비셀룰로오스의 정도에 따른 강도의 차이가 인장강도 만큼 크지는 않았으나 전체적으로 비슷한 경향을 띠었다. 뉴질랜드마가 가장 높으며 어저귀, 칩 그리고 실유카의 순서로 나타났다. 헤미셀룰로오스의 제거에 따른 인열강도의 저하 정도가 완만하여 수초지의 강도를 보완할 수 있는 요소가 될 수 있을 것으로 보인다.

강연도는 어저귀, 뉴질랜드마가 높았고 그 다음으로 칩, 실유카 순이었으며 수초지에서 수산화나트륨 농도가 높아질수록 유연성은 것으로 나타났는데 이것 또한 펄프 평균길이가 짧아지는데서 원인을 찾을 수 있다. 수초지가 강연성이 높은 것은 퍼브릴이 적고 펄프화가 덜 된 섬유가 많이 남아 있다는 증거로 생각된다.

이와 같은 결과를 통해 식물섬유 어저귀, 뉴질랜드마, 칩, 실유카 수초지는 모두 닥 수초지보다 인장강도, 인열강도, 강연도 등 모든 물성에서 높은 값을 나타냈으므로 식물섬유는 닥섬유를 대체할 수 있는 소재로서 충분히 활용가능성이 높은 섬유라 할 수 있다.

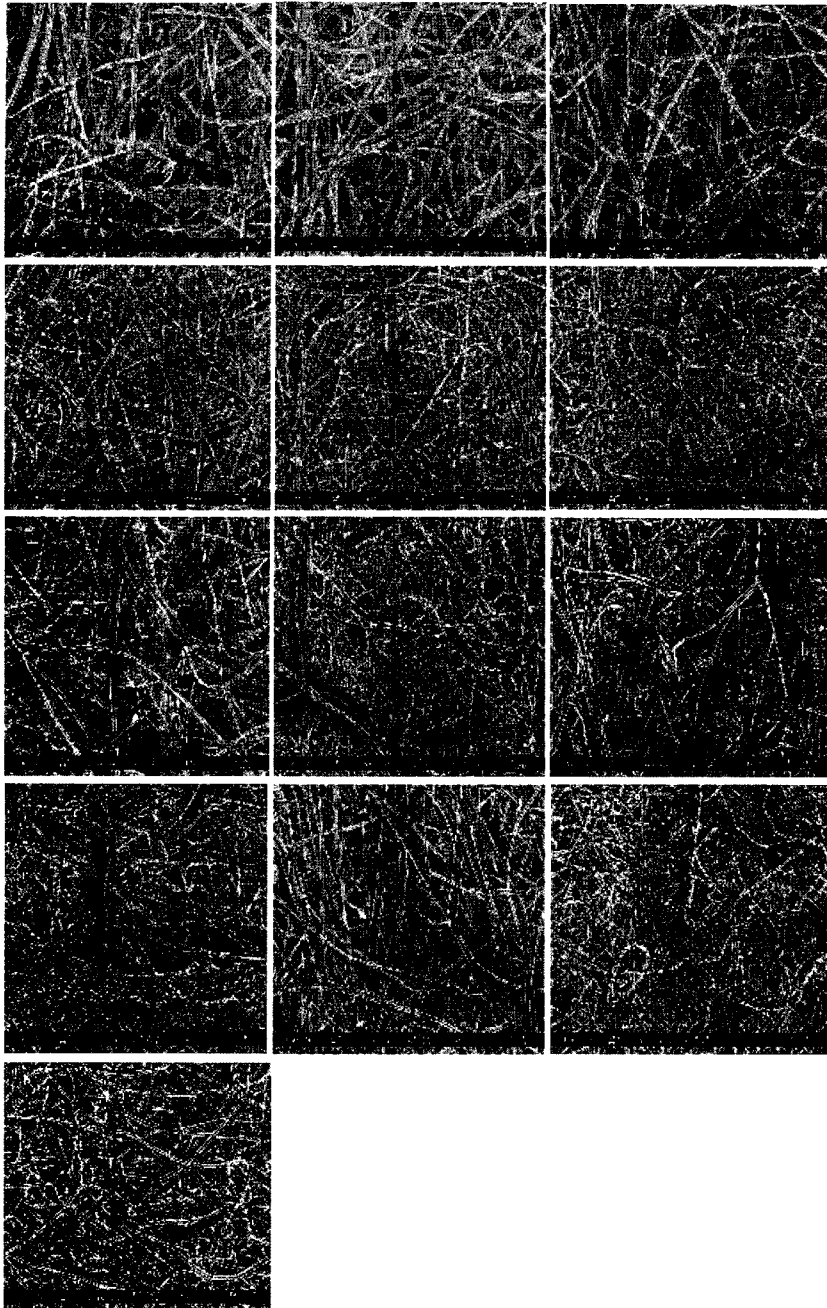


Fig. 2. The surface scanning electron microscope($\times 100$) of the hand-made papers by Korean traditional method which were Indian mallow(IM), New Zealand flax(NZ), Kuzu vines(KV), Yucca(YC) and Paper mulberry fibers(PM).

2) 식물섬유 수초지의 형태적 특성

수초지의 표면을 100배 확대하여 나타낸 <Fig. 2>를 보면 어저귀, 뉴질랜드마, 칩, 실유카 등 모든 시료

에서 헤미셀룰로오스가 40% 정도 제거된 수산화나트륨 1% 처리농도에서 섬유 굵기가 굵았으며 5% 처리에서는 좀 더 가늘어진 것을 볼 수 있으며 헤미셀

물로오스가 거의 100% 제거된 수산화나트륨 처리 10%에서는 섬유길이가 매우 가늘어진 것을 볼 수 있다. 이는 헤미셀룰로오스가 제거되면서 셀룰로오스의 사슬이 끊어지기 때문이다.

종류별로 살펴보면 어저귀와 칩섬유보다 뉴질랜드마와 실유카섬유의 굵기가 전체적으로 더 가는 것을 알 수 있다. 특히 뉴질랜드마섬유의 섬도는 닥수초지보다 가늘고 피브릴이 많아 섬유결속력이 크므로 인장강도, 인열강도가 증가하는데 기여하였다고 본다. 섬유의 섬도에 따라 흡수도도 증가하였는데 이는 모세관현상에 기인한다고 할 수 있다. 닥 수초지는 섬도가 전체적으로 균일하였으며 식물섬유 수초지와 유사한 조건을 본다면 어저귀와 칩은 수산화나트륨 5% 처리와 유사하며 뉴질랜드마와 실유카는 닥 수초지보다 더 가는 것으로 나타났다.

3) 식물섬유/닥 혼합지의 특성

어저귀, 뉴질랜드마, 칩, 실유카 등 4종의 식물섬유

모두 수산화나트륨 5% 농도로 처리하여 얻은 펄프 IM-120-5, NZ-120-5, KV-60-5, YC-60-5 을 닥과 혼합하여 식물섬유/닥 혼합 수초지를 제조하고 그 물리적 특성을 <Table 5>에 나타내었다. 인장강도나 인열강도가 높은 식물섬유 수초지를 인장강도나 인열강도가 낮은 닥 수초지와 혼합 수초지를 제조하였기 때문에 특성은 중간 정도로 기대하였다. 그러나 식물섬유들은 비셀룰로오스가 많고, 피브릴이 적은 반면 닥섬유는 비셀룰로오스가 적고 피브릴이 많아 혼방효과가 있었다. 식물섬유/닥 혼합지의 인장강도와 인열강도를 비교해 보면 닥을 30% 혼합했을 때 혼방효과가 나타나 IM70/PM30, KV70/PM30, YC70/PM30 혼합지에서 강도가 높아졌다. 뉴질랜드마/닥 혼합지의 경우는 이러한 경향과 다소 다르게 닥의 혼합비가 높을수록 강도가 점진적으로 감소하여 닥 수초지에 근접하였으므로 상대적으로 혼방효과는 없었다. 강연도도 인장강도나 인열강도와 비슷한 경향을 나타내었다.

Table 5. The physical properties of hand-make papers mixed with plant fibers and Paper mulberry fibers Mean(SD)

(%)Mixing rates (plant fibers Paper mulberry)	Physical properties				
	Apparent density (g/cm ³)	Water absorption degree(cm)	Tenacity(gf)	Tearing resistance(g)	Flex stiffness(cm.g)
IM 100/PM 0	0.12	8.7	502.5 (83.6)	1225	20.8
IM 70/PM30	0.11	7.2	540.0 (68.9)	1300	24.6
IM 50/PM50	0.13	8.2	67.7 (146.1)	1125	28.1
IM 30/PM70	0.12	9.2	331.5 (47.3)	950	14.0
IM 0/PM100	0.11	9.0	319.5 (70.4)	750	15.0
NZ 100/PM 0	0.11	11.2	18.5 (187.1)	1200	32.3
NZ 70/PM30	0.13	10.5	29.8 (170.2)	975	28.6
NZ 50/PM50	0.13	11.0	89.5 (108.2)	850	30.6
NZ 30/PM70	0.12	10.2	452.5 (63.6)	750	29.5
NZ 0/PM100	0.11	9.0	319.5 (70.4)	750	15.0
KV 100/PM 0	0.10	9.0	689.0 (131.9)	1175	23.8
KV 70/PM30	0.12	7.2	776.0 (112.1)	1400	28.8
KV 50/PM50	0.13	9.3	692.0 (64.6)	1250	35.5
KV 30/PM70	0.12	9.7	403.0 (99.6)	950	29.9
KV 0/PM100	0.11	9.0	319.5 (70.4)	750	15.0
YC 100/PM 0	0.10	8.5	352.3 (73.2)	950	28.8
YC 70/PM30	0.13	9.7	407.6 (39.9)	1000	23.6
YC 50/PM50	0.12	3.8	386.0 (70.5)	920	30.0
YC 30/PM70	0.13	5.9	332.2 (70.5)	670	25.1
YC 0/PM100	0.11	9.0	319.5 (70.4)	750	15.0

IV. 결 론

어저귀, 뉴질랜드마, 칩, 실유카의 식물섬유를 레팅을 하고 비셀룰로오스를 제거하는 정도에 따라 펄프화비율과 펄프의 평균길이를 측정하였다. 식물섬유 펄프로 제조한 수초지에 대한 물성을 측정하였고 식물섬유와 닥의 혼합지에 대한 물성도 측정하여 식물섬유의 수초지로의 활용성을 살펴본 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 식물섬유 어저귀, 뉴질랜드마, 칩, 실유카는 비셀룰로오스 함량이 약 30~40%를 지니 수초지를 제조하기 위해서는 닥섬유와 같이 8% 정도로 낮출 필요가 있다.

2. 수초지를 초치할 펄프는 리그닌이 대부분 제거되어야 할 필요가 있으며 헤미셀룰로오스를 부분 제거하면서 일정한 펄프비율과 펄프의 섬유길이를 조절할 필요가 있다.

3. 어저귀, 뉴질랜드마, 칩, 실유카 수초지의 형태학적 특성에서도 헤미셀룰로오스가 많이 제거될수록 섬유의 굵기가 가늘어진 것으로 나타났으며 이에 따라 인장강도가 급격히 저하된 것이라는 것을 보여주었다. 어저귀, 뉴질랜드마의 인장강도는 헤미셀룰로오스의 제거 정도에 따라 영향을 많이 받는 것으로 나타나 헤미셀룰로오스는 펄프강도를 유지하는 근간이 된다고 할 수 있다. 그러나 인열강도는 헤미셀룰로오스제거에 따라 급격히 저하되지 않아 종이에서 필요한 특성으로서 바람직하였다. 식물섬유 모두는 인장강도, 인열강도에서 모두 대조군인 닥 수초지보다 높았다. 닥과의 혼합지에서는 식물섬유를 30% 혼합하는 혼합지에서 혼합효과가 두드러지게 나타났다.

이러한 결과에서 식물섬유 어저귀, 뉴질랜드마, 칩, 실유카 수초지는 모두 닥 수초지보다 모든 물성에서 높은 값을 나타내었으므로 닥섬유를 대체할 수 있는 소재로서 충분히 활용가능성이 높은 섬유라 할 수 있다고 본다.

참고문헌

김은애, 김혜경, 나영주, 신윤숙, 오경화, 유혜경, 전양진, 홍경희. (2005). *패션소재기획과 정보*. 서울: 교문사.
 김정태. (2004). 대마를 원료로 하는 종이 및 그 제조방법. 대한민국 특허출원번호 2004-0012216. 대전: 특허청.
 문성필, 임금태. (2000). 섬유손상이 적은 한지 제조 (제4보). *한국펄프·종이공학회*, 32(4), 58-65.
 민춘기, 조중연, 신준섭, 류운형. (2001). 렌셀섬유를 활용한

한지의 제조. *한국펄프·종이공학회*, 33(4), 35-41.
 박성민. (1997). *벚꽃으로 제조한 펄프의 제조방법에 따른 물리적 특성 연구*. 경희대학교 대학원 석사학위 논문.
 박종문. (1968). 섬유용 양마의 육중에 관한 연구. *한국작물학회지*, 4(1), 115-124.
 박태영, 김동훈, 이근환, 정영식. (2005). 전통 한지 기술을 응용한 한지 종이사 개발동향. *섬유기술과 산업*, 9(2) 117-125.
 배현영, 이해자, 한영숙. (2007). 마섬유의 실용화에 관한 연구. *한국의류학회 춘계학술논문발표집*, 185.
 신동소. (1983). *임산화학*. 서울: 향문사.
 이미경, 이해자, 유혜자, 한영숙. (2005). 케나프의 물과 요소를 이용한 이중레팅과 면섬유화에 관한 연구. *한국의류학회지*, 29(7), 938-947.
 이진숙, 안춘순, 송경현, 유혜자, 이해자, 김정희. (2005). *섬유제품의 성능유지와 관리*. 서울: 형설출판사
 이해자, 유혜자, 한영숙. (2006). 비셀룰로오스 함량에 따른 케나프섬유의 특성 변화. *한국의류학회*, 30(11), 1681-88.
 이해자, 한영숙, 유혜자, 김정희, 송경현, 안춘순. (2003). 케나프섬유 분리에 대한 화학적 레팅효과. *한국의류학회지*, 27(9/10), 1144-1152.
 장덕호. (2002). *삼베 모시 닥나무 수의 옷감제조*, 대한민국 특허출원번호 2002-0068447. 대전: 특허청.
 전철. (1996). 전북지방의 닥나무 한지 생산의 통계적 고찰과 한지 산업의 육성방안. *원광대학교 논문집*, 31(2), 129-150.
 조남석, 최태호. (1996). 속섬유 자원인 양마로부터 전통 한지 제조특성. *펄프·종이기술*, 28(4), 7-16.
 최태호, 이연숙. (2003). 벚빛 추출물을 이용한 한지의 천연색 발현. *임산에너지*, 22(3), 43-48.
 황병호, 윤병호, 조남석, 이종윤. (2005). *최신목재화학*. 서울: 선진문화사.
 Abbott, T. P., Tjarks, L. W., & Bagby, M. O. (1987). Kenaf lignin structure by correlation of CNR, FTIR, and chemical analysis. *Proceeding of TAPPI 1987 pulping conference, USA*, 177-183.
 Abou-Zeid, N. Y., Higazy, A., & Hebeish, A. (1984). Graft copolymerization of styrene, methylmethacrylate, and acrylonitrile onto jute fibers. *Die Angewandte Makromolekulare Chemie*, 121, 69-87.
 Aguilar-vega, M. & Cruz-ramos, C. A. (1995). Properties of henequen cellulosic fibers. *J. Applied Polymer Science* 56, 1245-1252.
 Carr, D. J., Cruthers, N. M., Laing R. M., & Niven, B. E. (2005). Fibers from three cultivars of new zealand flax(Phormium tenax). *Textile research J.*, 75(2), 99-105.
 Cszaurang-Martinez, M. N., Herrera-Franco, P. J., Gonzalez-Chi, P. I., & Aguilar-Vega, M. (1991). Physical and mechanical properties of henequen fibers. *J. Applied Polymer Science*, 43, 749-756.