

# 닥나무 인피섬유의 수초지 제조 적합성 및 물성평가

김학상 · 김봉용<sup>†</sup>

(2008년 6월 24일 접수:2008년 8월 29일 채택)

## Manufacturing and Characterization of Handsheets Made from Bast Fiber of Paper Mulberry

Hak Sang Kim and Bong Yong Kim<sup>†</sup>

(Received June 24, 2008; Accepted August 29, 2008)

### ABSTRACT

Mechanical properties of paper mulberry bast fiber handsheets were investigated to study the characteristics of bast fiber in terms of being suitable for modern paper making process. Tensile, tear and burst strength of handsheets made from bast fiber of paper mulberry were better than those of NBKP handsheets. Smoothness of bast fiber was higher but stiffness was lower than NBKP. Sizing performance of bast fiber were worse. 3D image analysis showed that handsheets of bast fiber had inferior formation and more pores comparing to NBKP.

**Keywords** : *bast fiber, paper mulberry, handsheet, sizing, mechanical properties, formation*

### 1. 서 론

최근 한지를 이용한 기능성 제품들을 보면 미용팩, 기능성 내의, 벽지 등 그 이용 분야가 점점 더 확대 되어 가고 있다. 이에 따라 한지의 주원료인 닥섬유에 대한 연구가 다양하게 진행되고 있다. 특히 닥섬유는 섬유장이 평균 8.67 mm, 섬유폭은 평균 22.5  $\mu\text{m}$ , 막벽두께는 평균 5.2  $\mu\text{m}$  정도이며 일반적인 목재섬유에 비해 상당한 차이를 나타낸다.<sup>1)</sup> 기존의 한지 특성과 관련된 여러 연구는 전통적인 초지 방법을 이용한 연구가 주를 이루

고 있다. 그러나 닥섬유를 이용한 고기능화 및 고강도 종이의 제조를 위한 연구의 일환으로 닥섬유를 이용하여 현대적 방법으로 고해하고 실험실적 종이 제조방법에 따라 수초지를 제조하여 물성 및 특성을 평가한 연구는 거의 사례가 없는 실정이다. 따라서 본 실험은 닥섬유를 이용한 고물성 양지의 제조 검토라는 측면에서 가치가 있을 것으로 판단된다. 또한 이는 닥섬유가 향후 다양한 기능성 입자와의 결합 또는 기타 다른 목질섬유와의 초지적성 및 결합 능력의 평가에 있어서도 유익한 기초자료로 활용할 수 있다고 하겠다.

• 경북대학교 임산공학과(Department of Wood science and Technology, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea)

<sup>†</sup> 교신저자(Corresponding author): E-mail; bykim@knu.ac.kr

이에 본 연구는 시중에 판매되고 있는 닥섬유 한지를 이용하여 해리한 후 실험실적 제조방법에 따라 수초지를 제조하고 NBKP 수초지와 비교를 통해 닥나무 섬유 수초지의 다양한 물성 평가를 실시하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 공시펄프 및 첨가제

본 실험에 사용한 닥섬유는 시중에 판매되고 있는 닥섬유를 원료로 한 한지를 해리하여 사용하였다. 그리고 닥섬유를 목질섬유 펄프와 비교하기 위해 상업용 NBKP를 사용하였다. 또한 사이징 특성을 알아보기 위해 T사에서 제공받은 중성 사이즈제인 AKD(Alkyl ketene dimer) emulsion과 정착제로는 중성초지에 효과적인 Kymene를 사용하였다.

### 2.2 실험방법

#### 2.2.1 수초지 제조

한지를 해리 후 Niagara 고해기로 수초지의 지합을 최대한으로 고려한 수준인 여수도 230 ml CSF 까지 고해 처리하여 닥섬유 펄프를 얻었다. NBKP는 일반 고해수준인 390 ml CSF 까지 고해처리 하였다. 수초지는 Standard handsheet former를 이용하여 TAPPI 표준시험법 T 205 om-81에 따라 제조하였다. stiffness의 경우 clark형 측정기를 이용하였으며 수초지의 평량이 높으면 길이가 긴 종이시료가 필요하므로 수초지의 크기가 제한되어 정확한 측정을 위해 수초지를 평량 40 g/m<sup>2</sup>로 초지하였다. 이를 제외한 물성 측정에 있어서는 평량 60 g/m<sup>2</sup>로 초지하였다.

#### 2.2.2 강도 물성 평가

인장강도 및 신장률의 측정은 TAPPI T 404 om-87에 따라 Hounsfield사의 인장강도 측정기를 사용하였고 내절강도는 TAPPI T 511 om-83에 의하여 MIT 형을 사용하였다. 내절강도 측정 시 인장하중은 0.4 kg으로 하였고 stiffness는 TAPPI T 451 cm-84에 따라 Clark 형을 사용하였으며 인열강도는 TAPPI T 41 om-82에 의하여 Elmendorf 형을 사용하였다. 또한 파열강도는 TAPPI T 403 om-85에 따라 Mullen 저압형 시험기를 사용하였다.

#### 2.2.3 사이즈도 및 curl 평가

사이즈도 측정은 Stöckigt 사이즈도 시험법을 이용하였다. 그리고 curl은 Yasuda사의 curl 시험기로 측정하였으며 curl 측정시 접수구의 폭은 10 mm로 하였다.

#### 2.2.4 Image 분석

video image analyzer를 이용하여 수초지를 통과하는 빛을 측정하는 방법으로 3D image 분석과 기공도 분포를 분석하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 닥섬유 종이의 강도

#### 3.1.1 인장강도 및 신장률

닥섬유는 지합을 최대한으로 고려하여 여수도 230 ml CSF로, NBKP는 평상 고해수준인 여수도 390 ml CSF로 고해하여 각각 제조한 수초지의 인장강도와 신장률을 Fig. 1에 나타내었다. 닥섬유의 고해특성은 고

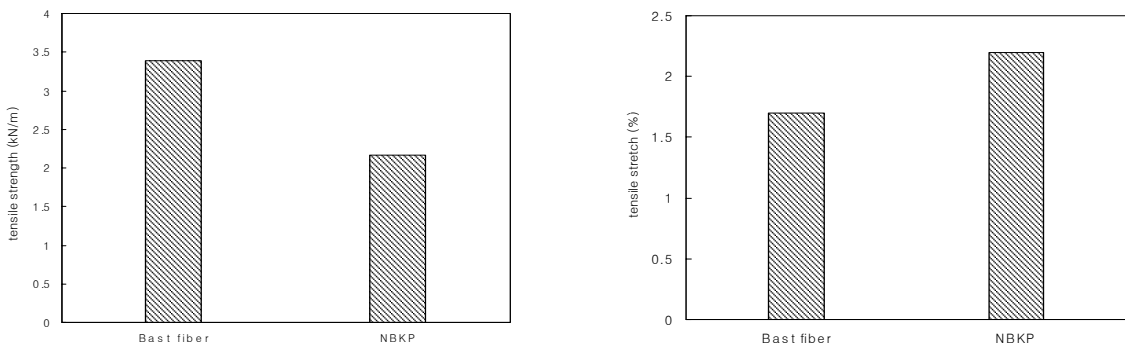


Fig. 1. Tensile strength and stretch of handsheets made from paper mulberry bast fiber and NBKP.

해시간이 많이 소요되고 미세섬유의 발생이 적음을 관찰할 수 있었다. 이것은 섬유장이 길어 절단을 많이 해야 되고 또한 질기고 매끄러운 표면특성을 가지는 닥섬유 고유의 물성에 기인하는 것으로 생각된다. Fig. 1에서 보는 바와 같이 닥섬유 수초지는 NBKP 수초지에 비하여 우수한 인장강도 특성을 나타내고 있다. 이는 방향성을 가지지 않는 수초지에서 질기고 단단한 닥섬유 자체의 강도가 NBKP에 비하여 상당히 높음을 나타낸다고 볼 수 있다. 반면 신장률의 변화에서는 닥섬유에 비하여 NBKP 수초지가 높음을 볼 수 있다. 이는 닥섬유의 고유특성과 결합면적 및 점탄성적 성질에 기인하는 신장률은 닥섬유가 NBKP에 비해 낮아 강도적인 측면에서는 닥섬유 종이 유리할 것으로 판단된다.

3.1.2 Stiffness 및 내절강도

종이의 강직성, 유연성과 관련된 물성치를 평가하는 방법이 stiffness와 내절강도의 측정이라고 할 수 있다. 닥섬유 수초지와 NBKP 수초지의 stiffness를 비교해보면 Fig. 2에서와 같이 닥섬유에 비하여 NBKP가 더

크음을 알 수가 있다. 또한 내절강도에서는 닥섬유가 NBKP에 비하여 월등히 우수함을 관찰할 수 있다. 즉, 닥섬유 수초지가 NBKP에 비하여 더욱 유연하고 강도 면에서 우수함을 알 수 있다. 이러한 닥섬유 종이의 강도적 성질의 우수함이 종이의 내구성에도 연관되어 나타날 수 있다고 생각된다. 앞선 실험에서 닥섬유 신장률의 변화는 NBKP에 비하여 낮은 성질을 나타내었다. 그러나 stiffness에서는 닥섬유 종이 낮음을 알 수 있었다. 이는 닥섬유의 섬유 축방향에서의 변형률보다 섬유 수직방향에서의 횡변형률이 NBKP보다 더 크음을 나타낸다고 할 수 있겠다.<sup>2)</sup>

3.1.3 파열강도 및 인열강도

Fig. 3은 닥섬유와 NBKP 수초지의 파열강도와 인열강도를 나타내고 있다. 닥섬유가 NBKP에 비하여 모든 강도에서 우수함을 보이고 있다. 이는 닥섬유의 해부학적 성장과 물리적인 특성이 반영된 결과이다. 즉 닥섬유가 섬유자체의 강도와 섬유간의 결합강도 면에서 NBKP보다 높다는 것을 알 수 있다. 또한 닥섬유 자체

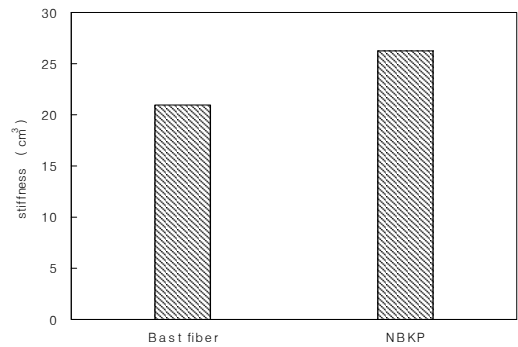
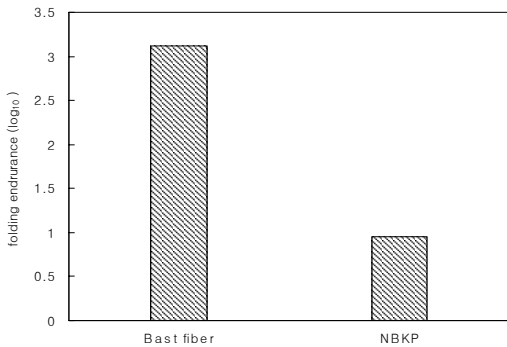


Fig. 2. Stiffness and folding endurance of handsheets made from paper mulberry bast fiber and NBKP.

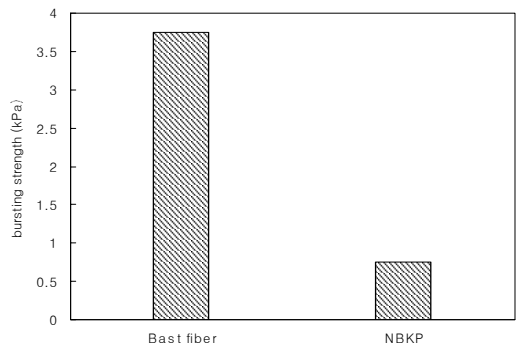
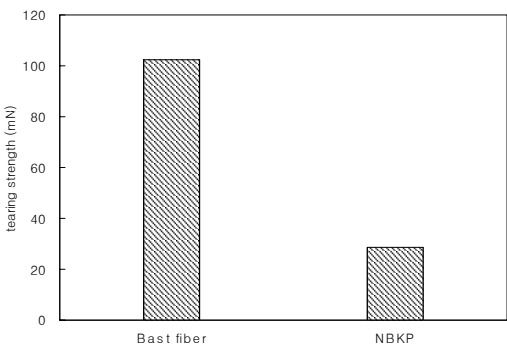


Fig. 3. Tearing and bursting strength of handsheets made from paper mulberry bast fiber and NBKP.

의 미량 화학성분인 wax와 유지도 약간의 섬유간 결합 증대 효과를 가져올 수도 있으며 강도적 특성 발현에 영향을 미친다고 예상할 수도 있다.<sup>3)</sup>

### 3.2 사이징 및 curl 특성

닥섬유와NBKP 수초지 모두 사이징 처리를 하지 않았을 때는 사이징이나 curl의 특성 발현이 거의 일어나지 않았다. 따라서 Fig. 4는 사이징 처리 후의 사이징 발현 특성과 curl을 실험한 결과이다. 닥섬유의 겉보기 특성에서 보면 상당한 광택을 나타냄을 관찰할 수가 있었다. 이는 닥섬유 자체의 유지성분이 어느정도 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 그러나 이러한 특성이 사이징 발현에서는 그다지 큰 영향을 보이지는 않았고 사이징 처리 후의 특성에서도 NBKP에 비하여 사이징 발현 특성이 나쁨을 볼 수 있다. 이러한 결과는 사이징 특성을 나타내는 AKD의 보류에 있어 닥섬유가 NBKP에 비하여 낮음과 AKD 입자의 불균일한 분포에도 기인하는 것으로 판단된다. Curl 특성은 일정량의 물을 흡수함에 있어서 휘는 정도를 각도로 평가한다. 그래서 사

이징 효과가 낮을수록 curl의 발현 정도가 크게 나타날 수 있다. Fig. 4에서 보는 바와 같이 curl의 발현에 있어서 닥섬유 종이와 NBKP 종이에 비해 크게 나타났다. curl은 일반적으로 섬유의 배향성에 따른 두께방향에서의 밀도의 변화가 가장 큰 원인으로 알려져 있다.<sup>4)</sup> 본 실험에서는 수초지인 관계로 섬유의 배향성은 무시되므로 종이 자체의 흡수성과 섬유의 특성이 curl 발현에 가장 큰 원인이라고 할 수 있다. 이에 따라 닥섬유 수초지는 사이징 특성 발현에서 볼 수 있듯이 종이의 두께 방향에서의 물의 흡수성은 상당히 빠르지만 curl의 발현 속도는 느림을 알 수 있었다. 본 실험에서도 닥섬유는 길이가 NBKP에 비하여 길고 섬유간 결합에 있어서 NBKP에 비하여 보다 넓은 공극을 보유하여 물의 보유량의 증가가 curl 특성에 영향을 미친 것으로 볼 수 있다.

### 3.3 Video image 분석

#### 3.3.1 3D image 분석

Video image analyzer를 이용하여 3D 이미지를 분석하였다. 3D 이미지는 종이 표면의 평활도를 눈으로

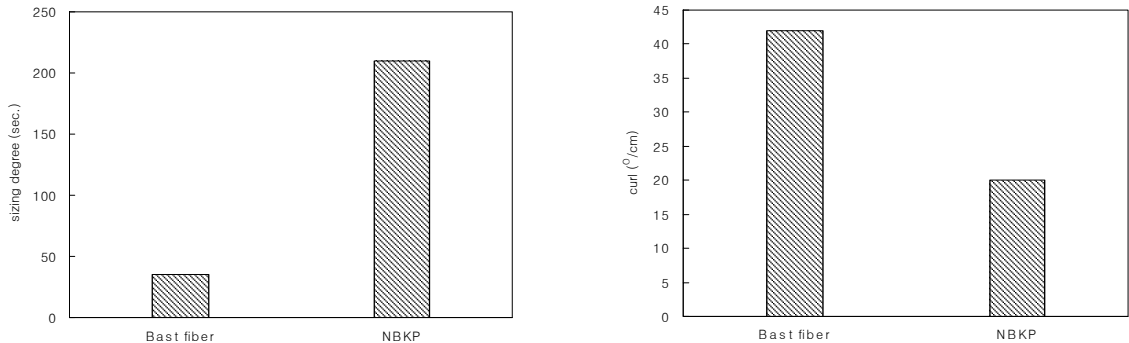


Fig. 4. Sizing degree and curl of handsheets made from paper mulberry bast fiber and NBKP.

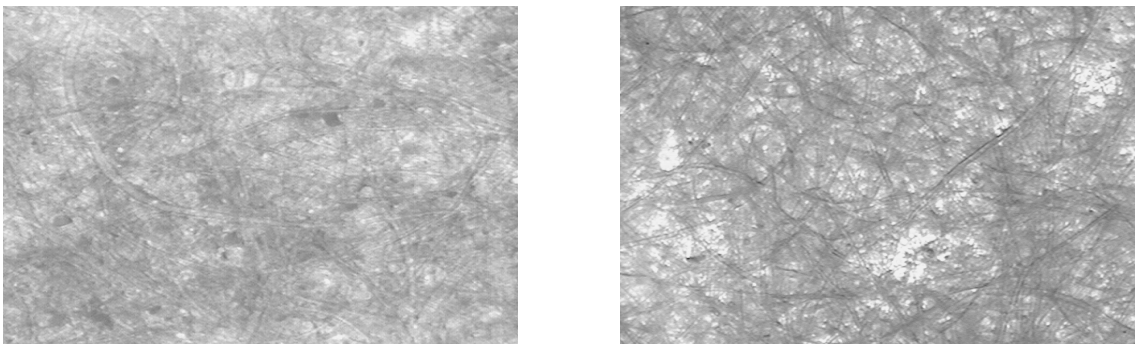


Fig. 5. Image of handsheets made from paper mulberry bast fiber(left) and NBKP(right) (×500).

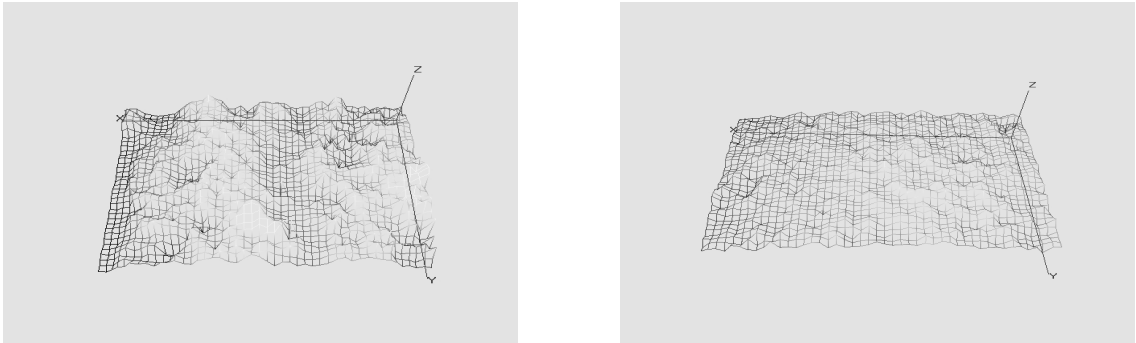


Fig. 6. 3D image of handsheets made from paper mulberry bast fiber(left) and NBKP(right) ( $\times 500$ ).

Table 1. Pore properties of handsheets made from paper mulberry bast fiber and NBKP

	Total pore number	Average pore size ( $\mu\text{m}$ , diameter)	Total pore area (%)
Bast fiber handsheet	1324	81	31.22
NBKP handsheet	1476	50	19.28

쉽게 평가할 수 있는 방법이다. Fig. 5는 video image analyzer를 이용하여 수초지의 표면을 500배 확대한 이미지이다. 닥섬유 수초지가 NBKP 수초지에 비하여 섬유 길이가 길고 폭이 넓은 것을 관찰할 수 있다. 또한 각 수초지의 3D 이미지 또한 Fig. 6에 나타내었다. 3D 이미지에서 볼 수 있듯이 닥섬유 수초지가 NBKP 수초지에 비하여 표면의 평활성이 상당히 나쁨을 알 수가 있다. 이는 닥섬유 자체의 초기 해부학적인 특성의 영향이 크고 NBKP에 비하여 섬유간의 엉킴(interlacing)이 쉽게 발생하기 때문에 생각되며 닥섬유에 있어서 엉킴의 발생은 닥섬유에 함유된 다량의 장섬유가 주된 원인으로 판단되어진다.<sup>5)</sup> 또한 Fig. 2의 stiffness 측정에서 알 수 있었던 것처럼 닥섬유의 보다 유연함도 함께 영향을 미친 것으로 볼 수 있다.

### 3.3.2 기공도

Table 1과 Fig. 7은 video image analyzer를 통해서 얻은 이미지(Fig. 5)를 바탕으로 분석한 것이다. 기공도는 전체 면적에 있어서 투과된 빛의 양을 측정하여 나타낸다.<sup>6)</sup> 섬유의 고해당도와 섬유간의 결합면적 그리고 지합과 밀접한 관련이 있다. Table 1에서 보듯이 닥섬유 수초지가 NBKP 수초지에 비하여 기공의 수는 적지만 기공의 평균크기 및 총면적 비율은 높음을 알 수 있다. 또한 Fig. 7은 기공의 총면적 비율을 나타낸 그래프

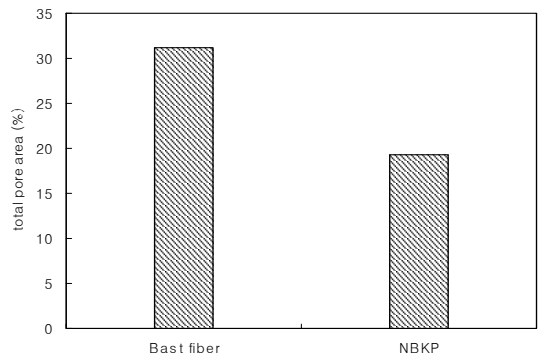


Fig. 7. Total pore area of handsheets made from paper mulberry bast fiber and NBKP.

로 닥섬유가 상당히 높음을 알 수 있다. 즉, 닥섬유 수초지는 NBKP 수초지에 비하여 기공도가 높음을 알 수 있다. 그러나 Fig. 6에서 보듯이 고르지 못한 지합의 영향으로 기공의 크기에 있어서 불균일성을 관찰할 수 있다.

## 4. 결론

닥섬유를 이용한 실험실적 수초지 제조 시 섬유간의 엉킴(interlacing) 현상의 극복이 가장 큰 문제점으로 파악되었으며 수초지의 물성 평가에 있어서는 다음과

같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 종이의 대표적인 물성이라고 할 수 있는 인장, 인열, 파열강도에 있어서 닥섬유 수초지의 물성이 NBKP 수초지에 비하여 우수함을 관찰할 수 있었다.

2. Stiffness와 내절도의 평가에 있어서 닥섬유 수초지는 NBKP 수초지에 비하여 보다 유연하고 내절도가 우수함을 발견할 수 있었다.

3. 사이징 발현 특성은 닥섬유 수초지가 좋지 않음을 알 수 있었으며 curl도 닥섬유 수초지가 NBKP 보다 크게 나타나 치수안정성의 측면에서 문제가 될 것으로 예상된다.

4. Video image analyzer를 통한 3D 이미지 분석과 기공도 분석에 있어서 닥섬유 수초지의 표면 평활도 및 지합은 NBKP 수초지에 비하여 낮음을 알 수 있었고, 기공도에 있어서는 닥섬유 수초지가 NBKP 수초지에 비하여 총 기공의 수는 적지만 개개의 기공 사이즈는 비교적 큼을 관찰할 수 있었다.

## 인용문헌

1. 최태호, 조남석, 닥나무를 이용한 새로운 전통한지의 제조(제1보), 펄프·종이기술 28(1): 49-59 (1996).
2. 조남석, 최태호, 민두식, 닥나무류를 이용한 새로운 한지 개발에 관한 연구(제2보), 펄프·종이기술 24(3): 19-26 (1992).
3. 최태호, 조남석, 최인호, 정택상, 초지법에 따른 한지의 물성비교, 펄프·종이기술 33(4): 21-27 (2001).
4. Olli Suontausta, Pulp and paper testing, pp.184-185 (1999).
5. 문성필, 임금태, 섬유의 손상이 적은 한지제조 (제4보), 펄프·종이기술 32(4): 58-65 (2000).
6. Marie Claude Béland, Patrice J. Mangin, Surface analysis of paper, pp.5-15 (1995).