

## 신서란 섬유를 이용한 종이 제조와 그 특성

이현철\*·김봉용†

(2003년 10월 17일 접수: 2004년 1월 19일 채택)

### Manufacture and Characterization of Papers Made from New-Zealand Hemp Fibers

Hyun Cheol Lee\* and Bong Yong Kim†

(Received on October 17, 2003: Accepted on January 19, 2004)

#### ABSTRACT

This study was carried out to investigate the characteristics of handsheets made from nonwoody New-Zealand hemp (*Phormium tenax*) fibers that was not used before in Korea.

The results were as follows :

1. Physical properties of bleached phormium fiber were satisfactory for handsheet forming. Specially, tensile strength was improved by adding bleached phormium fiber.
2. Opacity of handsheet with phormium pulp was fine, therefore it can be useful fiber to improve opacity of light-weight printing paper.
3. Filler retention rate was improved when phormium pulp was added, while drainage time was increased.
4. Phormium fiber has good characteristics as pulp for paper manufacture. So it can be valuable non-wood fiber resource if drainage problem is solved.

*Keywords* : New-Zealand hemp fiber, tensile strength, opacity, retention, drainage

---

• 본 연구는 농림부 농림기술개발사업의 일환으로 연구된 결과의 일부임  
• 경북대학교 농업생명과학대학 임산공학과(Department of Wood Science and Technology, College of Agriculture and Life Sciences, Kyungpook National University, Daegu, 702-701, Korea)  
\* 현재소속 : (주)알바니인터내셔널코리아(Chungju, Korea)  
† 주저자(Corresponding author) : E-Mail ; bykim@knu.ac.kr

## 1 서론

우리나라는 목재자원이 부족하고 제지용 펄프의 국내 자급률이 20% 미만인 열악한 제지산업 기반을 가지고 있다. 따라서 원료 가격변동과 환율에 따라 수익성은 물론 원료 수급에도 큰 영향을 받게 된다. 비목질계 펄프는 전술한 제지산업의 당면 과제와 우리나라의 고질적인 자원부재를 해결할 가장 좋은 방법이 될 수 있다. 우리나라 실정에 맞고 현장 적용이 가능한 소재를 찾을 수만 있다면 현재 미미한 수준에 그치고 있는 비목질계 펄프 사용은 더 이상 남의 나라 이야기만은 아닌 것이다. 이와 같은 맥락에서 국내 적용이 가능한 비목질계 펄프 소재를 찾아 검토하였으며, 본 연구에서는 우선적으로 신서란을 선택하여 신서란 섬유의 제지 원료로의 적용 가능성을 알아보게 되었다.

New-Zealand가 원산지인 용설란과(龍舌蘭科 Agavaceae) 다년생 상록 초본식물인 신서란은 *Phormium tenax* Forst.라는 학명을 가지고 있으며, New Zealand flax 혹은 New Zealand hemp라고 불리어진다<sup>1)</sup>. 온대지방에서 경작할 수 있는 유일한 경질섬유(hard fiber)로서 잎은 원산지에서 완전히 성장했을 때 길이 1.0~1.2 m, 폭 5.0~12.5 cm 정도이며, 10~21°C에서 잘 생육한다고 알려져 있다. 우리나라 제주도에서도 원산지에서와 거의 동일한 생육상태를 보이며 잘 자라는 것으로 보아 기후와 토질이 신서란 재배에 매우 적합한 것으로 생각된다<sup>2)</sup>.

번식은 씨뿌리기도 가능하지만 주로 포기나누기를 이용하며, 심은 후 2년째부터 매년 잎을 1회 수확할 수 있다. 외국의 경우 밧줄, 자루감 식물로서 사용되어 왔고, 남미에서는 신발바닥, 매트 등의 상품에도 사용한다고 한다. 국내에서는 선박용 로프, 그물, 범포 등의 소재로 제주도에서 오래 전부터 재배되었으나 화학섬유로 대체된 이후 일부 관상용재배를 제외하고는 야생에서 자생하고 있다<sup>3)</sup>.

생장조건과 섬유형태 등으로 볼 때, 신서란은 국내 적용 가능한 펄프원료로서 매우 유리한 특성을 가지고 있는 듯 하다. 그러나 호주와 뉴질랜드의 전통 종이제조 외에는 아직까지 현대적 제지산업에 적용되었거나 연구된 적이 없기 때문에 관련 자료

나 데이터는 전무한 실정이다 따라서 본 연구는 신서란을 원료로 하여 제조한 펄프를 기존 제지공정에 일정량 투입 배합함으로써 종이의 일반적인 물성의 개선 및 특수기능 향상에 도움이 되는 제지용 펄프로서의 사용 가능성을 알아보고, 향후 국내 적용 가능한 비목질계 펄프소재 중 하나인 신서란 섬유의 제지특성을 구명하기 위하여 수행되었다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 공시재료

#### 2.1.1 펄프

상업용 NBKP를 실험실상에서 Niagara beater를 이용하여 여수도 450 mL CSF로 고해하여 주원료로 사용하였다. 신서란 섬유는 실험실에서 제조하였으며 주로 표백하여 사용하였으나, 항목별 비교대상에 따라 미표백 신서란 섬유도 사용하였다. Fig. 1은 완성된 표백 신서란 섬유의 그림이다.

#### 2.1.2 첨가제

충전물로는 공업용 탈크를 사용하였다. 사이즈제는 중성사이징을 위해 국산 AKD emulsion을 사용하였으며 정착제로는 PAM을 사용하였다.

### 2.2 실험방법

#### 2.2.1 수초지 제조

Standard handsheet former를 사용하여 TAPPI 표준시험법 T 205 om-814)에 따라 수초

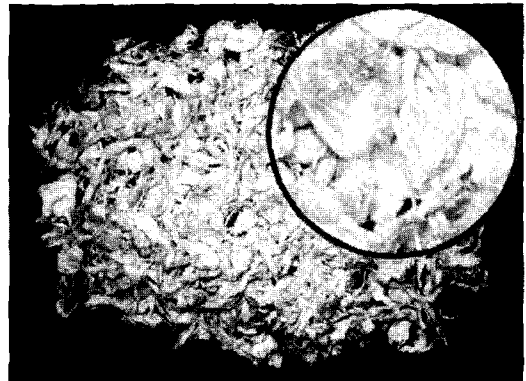


Fig. 1. Bleached phormium pulp.

지를 제조하였고, 펄프는 NBKP를 기본으로 하여 신서란 섬유의 배합을 15%까지 점차 증량하였으며, 사이즈제 첨가시는 펄프 슬러리 상태에서 투입 후 2분간 교반하여 수초지를 제조 하였다. 완성된 수초지는 건조링에 끼워 상온에서 자연건조 하였다.

### 2.2.2 강도 물성

인장강도는 Hounsfield사의 인장강도 측정기를 사용하였으며 내절강도는 MIT형을 사용하였고 강도 측정시 가해진 압력은 1 kgf로 고정하였다. 각각의 수초지에 대해 10번씩 측정하였으며 최대치와 최소치는 제외하고 평균하여 강도 값으로 채택하였다.

### 2.2.3 광학적 물성

Technidyne사의 Micro S-5를 사용하여 백색도와 불투명도는 TAPPI 표준시험법에 따라 측정하였다<sup>5,6)</sup>. 각각의 수초지에 대해 10번씩 측정하였으며 최대치와 최소치는 제외하고 평균하였다.

### 2.2.4 투기도, 보수치, 탈수시간 및 사이즈도

투기도와 보수도는 각각 양연식 측정법과 원심분리법에 의한 탈수법으로 측정하였다.<sup>7,8)</sup> 또한 탈수시간은 수초지 제조시 물빠짐에 의한 지필형성까지의 시간으로 하였으며, 사이즈도 측정은 Stöckigt 사이즈도 시험법을 따랐다.<sup>9)</sup>

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 신서란 섬유 배합에 따른 강도의 변화

#### 3.1.1 인장강도의 변화

Fig. 2는 미표백 신서란 섬유를 NBKP와 섞어 제조한 수초지들의 열단장을 나타낸 것이다. 충전물인 활석이 20% 투입된 수초지의 인장강도가 조금 더 낮게 나오고 있으나 충전물의 투입에 따른 강도 저하는 크지 않았다. 이것은 보류제를 사용하지 않았기 때문에 실제 활석의 보류율이 낮아 섬유간 결합의 방해가 많이 발생하지 않은 때문으로 판단된다. 또한 미표백 신서란 섬유의 배합이 증가할수록 약간의 인장강도 감소가 일어나고 있는 것을

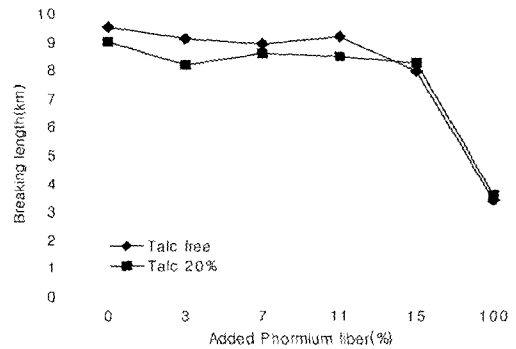


Fig. 2. Changes of breaking length with adding phormium fiber ( Pulp : NBKP, Unbleached P.fiber).

알 수가 있다.

표백 신서란 섬유가 첨가된 Fig. 3에서는 신서란 섬유의 첨가량이 증가할수록 인장강도가 증가하는 경향을 보였다. 표백 신서란 섬유는 미표백 신서란 섬유를 정련 및 표백함으로 미표백시보다 섬유가 유연해지고, 섬유간 결합력과 자체강도가 높아져 표백 신서란 섬유의 배합에 따른 종이의 인장강도가 서서히 높아지는 경향을 보여주고 있다. 표백 신서란 섬유 사용시 미표백 신서란 섬유를 사용한 경우보다 활석을 투입하였을 때 인장강도의 감소가 크게 일어나게 되는데, 이것은 활석 보류율의 차이에 기인되는 것으로 판단된다.

#### 3.1.2 내절강도의 변화

내절강도의 경우 Fig. 4와 같이 특이한 경향을 나타내었다. 표백 신서란 섬유 펄프가 7%까지 투입

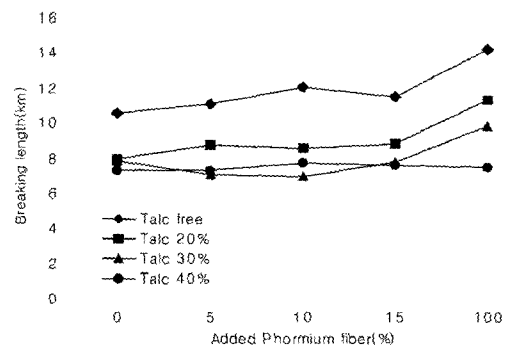


Fig. 3. Changes of breaking length with adding phormium fiber ( Pulp : NBKP, Bleached P. fiber).

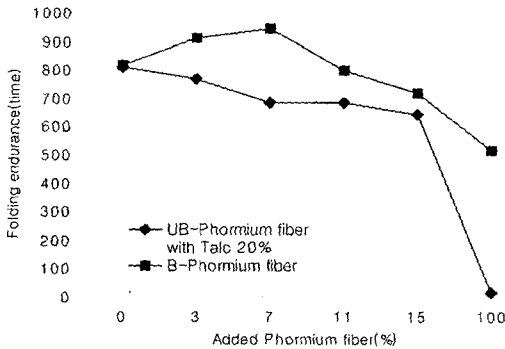


Fig. 4. Changes of folding endurance with adding phormium fiber (Pulp : NBKP, Unbleached & Bleached P. fiber).

되었을 때에는 내절강도가 증가하였다가 그 이상의 배합에서는 다시 떨어지는 경향을 보였다. 강도적으로 우위인 표백 신서란 섬유가 투입되면 처음 7%까지 내절강도는 향상하게 된다. 회분함량의 측정결과 NBKP는 0.4%로 상당히 낮은 반면에 표백 신서란 섬유는 1.5%로 신서란 섬유가 NBKP 대비 많은 양의 회분을 포함하고 있으며 또한 세포내강이 침엽수에 비해 상대적으로 작으므로 내절강도에는 불리하게 작용하였다고 할 수 있다. 따라서 7%를 기점으로 하여 내절강도는 다시 저하되는 것으로 생각된다. 한편 미표백 신서란 섬유의 경우에는 인장강도 때와 마찬가지로 투입량이 증가할수록 강도는 떨어졌다. 역시 유연성과 결합성능이 떨어지는 미표백 신서란 섬유는 내절강도에 있어서도 부정적인 효과를 나타내었다.

### 3.2 광학적 성질에 있어 신서란 섬유의 영향

#### 3.2.1 백색도

Fig. 5는 표백 신서란 섬유 첨가에 따른 백색도의 영향을 여러 활석의 투입조건에서 비교한 것이다. 우선 활석의 투입에 따라 뚜렷한 백색도의 증가를 확인할 수 있다. 이것은 활석의 백색도가 펄프의 백색도보다 높아서 나타나는 물리적 현상으로 설명이 가능하다. 표백 신서란 섬유의 투입증가에 따른 백색도의 변화는 미미하나 약간 떨어지는 경향을 보이고 있으며, 이것도 표백된 신서란 섬유 자체의 백색도가 NBKP와 비교하여 약간 떨어지기 때문으로 생각된다. 뒷장에서 다시 설명할 충전물의 보류

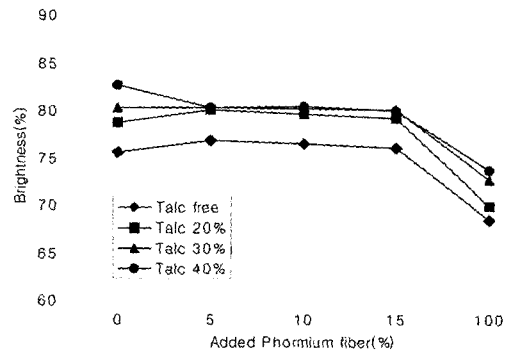


Fig. 5. Changes of brightness with adding phormium fiber (Pulp : NBKP, Bleached P. fiber).

증가에 따른 백색도의 향상 결과는 신서란 섬유 펄프를 100%로 하여 수초지를 제조하였을 때를 보면 확실하게 알 수 있다. 따라서 신서란 섬유가 투입됨에 따른 백색도의 변화는 섬유자체의 백색도가 가장 큰 영향을 끼치므로 펄프 제조시 목표하는 백색도에 따라 얼마든지 종이의 백색도 개선이 가능하리라 생각된다.

#### 3.2.2 불투명도

백색도에서와 마찬가지로 충전물의 첨가는 5% 포인트 가까이 불투명도를 향상시키고 있다. Fig. 6에서 보면, 신서란 섬유 투입량을 증가시키는 경우 서서히 불투명도는 증가하는데, 이것은 신서란 섬유 자체의 회분함량이 NBKP보다 약 5배 정도 많은 것이 종이의 불투명도를 증가시키는 가장 큰 요인 중의 하나라고 생각된다. 충전물인 활석이 투입되면 불투명도의 향상 정도는 더욱 분명하게 나타나고 있다. 이것은 활석의 높은 굴절률에 기인하는 것으로 생각된다. 활석의 보류가 높아짐에 따라 수초지의 불투명도가 높아지는 것을 볼 수 있으나 활석이 30% 이상 투입 되었을 경우 불투명도의 차이가 거의 없는 것은 실제 활석 보류율의 증가가 미미하기 때문으로 판단된다. 결론적으로 신서란 섬유가 투입되면 불투명도는 서서히 증가하고, 충전물이 투입될 때 그 효과는 더욱 커지므로 인쇄용지 등과 같이 충전물의 투입이 많고 높은 불투명도를 요구하는 지층에 있어 회분 함량이 많은 신서란 섬유의 적정 사용은 매우 바람직한 방법이라고 할

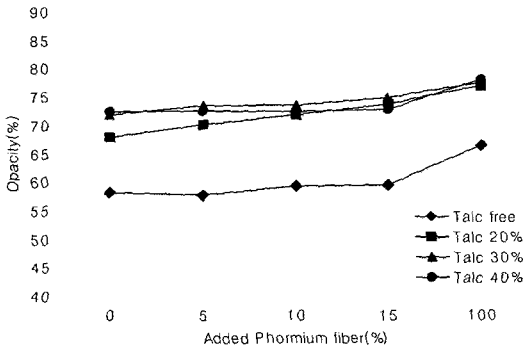


Fig. 6. Changes of opacity with adding phormium fiber (Pulp : NBKP, Bleached P. fiber).

수 있다.

### 3.3 신서란 섬유 첨가에 따른 종이의 구조적 특성

Table 1은 미표백 신서란 섬유와 표백 신서란 섬유의 투입비를 달리하며 제조한 수초지의 투기도를 측정한 것이다. 미표백 신서란 섬유가 경질섬유인 까닭에 투입량이 늘어남에 따라 투기도의 수치가 급격하게 떨어지는 것을 볼 수 있으며 이것은 종이의 투기성이 높아진다는 것을 의미한다. 이에 비해 표백 신서란 섬유는 투입량이 증가함에 따라 오히려 투기성이 저하되었다. 투기성이 높아진다는 이야기는 지필이 다공성 구조화되어 종이 속의 기공이 증가한다는 것이다. NBKP와 비교하여 섬유 길이가 3-4배에 달하면서 폭은 6분의 1 정도<sup>10)</sup>인 신서란 섬유는 내강이 크지 않으므로 수초지 제조 시 프레스에 따른 섬유압착의 효과를 크게 볼 수 없다.

Table 1. Changes of porosity with adding phormium fiber

Added amount	Unit : sec	
	A	B
0%	340	600
3%	253	623
7%	143	657
11%	102	740
15%	10.5	803

A : Unbleached P. fiber with 20% Talc, B: Bleached P. fiber

미표백 신서란 섬유의 경우 뻗뻗하고 상당히 짧은 경질섬유 형태를 띄게 되는데, 지필 형성시 네트워크 구조상에 미세한 틈새를 많이 만들고 와이어 상으로의 유실 또한 상당량 있을 것으로 판단된다. 따라서 미표백 신서란 섬유 배합 종이의 경우 투기성은 NBKP만으로 수초지를 제조할 때보다 높아질 수밖에 없는 것이다. 그러나 표백 신서란 섬유의 경우 섬유의 형태가 거의 원형대로 유지되어 있으며, 정련 및 표백에 따른 섬유의 유연성 및 그에 따른 결합성의 증가로 신서란 섬유의 배합에 따라 투기성이 낮아지는 결과를 보여주고 있어 정련 및 표백공정이 신서란 섬유의 구조적 특성 및 물성을 상당히 향상시키는 결과를 초래하고 있다. 또한 초본식물과 목본식물의 세포벽과 벽공의 차이도 표백 신서란 섬유를 배합한 종이의 투기성이 떨어지는 현상에 일정부분 관여할 것으로 생각된다.

Fig. 7의 SEM 사진을 비교해 보면 두 종이간의

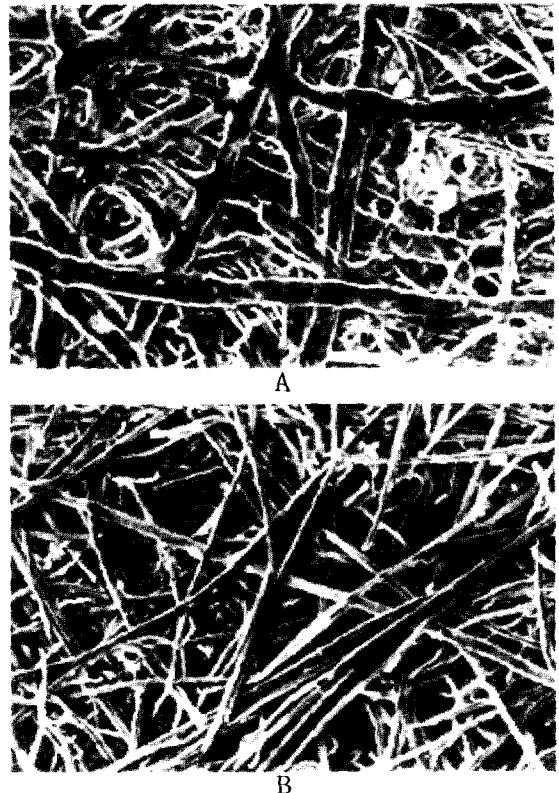


Fig. 7. Scanning electron micrographs of paper surfaces (× 100) A: NBKP paper, B: Bleached P. fiber paper.

차이는 분명해진다. NBKP만으로 된 A의 사진과 표백 신서란 섬유만으로 된 수초지 B의 사진을 보면 섬유형태만큼이나 조직의 네트워크 형태가 뚜렷이 구별된다. 같은 압력으로 프레스를 했음에도 불구하고 신서란 섬유로 제조된 수초지는 상대적으로 압축되지 않았으며 오히려 공극으로 보이는 구조적인 특징들을 확인할 수 있다.

### 3.4. 신서란 섬유 첨가에 따른 충전물의 보류

#### 3.4.1 탈수시간과 보수치

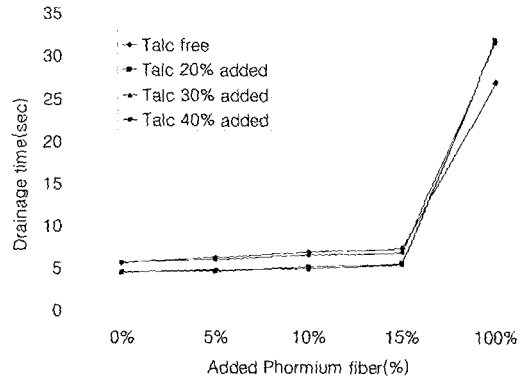
Fig. 8은 신서란 섬유의 첨가에 따른 탈수시간의 변화를 나타낸 것이다. 15%까지 투입됨에 따라 탈수시간은 1~2초 정도 늘어나고 있다. 앞서 SEM사진에서 언급한 구조적인 특징에도 불구하고 신서란 섬유의 탈수시간이 늘어나는 현상은 수초지의 구조적인 면에서 충분한 설명이 되지 않았다. 이에 섬유의 보수치를 측정해 본 결과를 Table 2에서 보면 신서란 섬유의 보수치가 고해전은 1.5배 정도 고해후는 2배 정도로 NBKP보다 상당히 높은 것을 알 수 있었다. 즉 섬유의 보수치 차이가 조직적인 공극에도 불구하고 탈수시간을 늘리는 결과를 보인 것으로 판단된다.

**Table 2. Water retention value of NBKP and phormium fiber.**

	NBKP	Bleached phormium fiber
Before beating	75.2%	117.9%
After beating	115.6%	247.7%

#### 3.4.2 충전물의 보류도

보수치가 높은 신서란 섬유의 첨가는 수초지 제조시 탈수시간을 증가시켰다. 증가된 탈수시간과 충전물의 보류와의 관계를 규명하기 위하여 신서란 섬유 첨가에 따른 활석 보류율을 측정 해 보았다. NBKP와 신서란섬유 모두의 회분을 미리 측정된 뒤 수초지에 남은 회분량을 통해 충전물인 활석의 보류율을 계산하였다. Table 3에서 알 수 있는 바와 같이 신서란 섬유의 투입량 증가는 곧 상당한 정도의 활석 보류율 향상을 가져 왔다. 물론 탈수시간의 증가만으로 이러한 높은 보류향상이 있다고는 생각



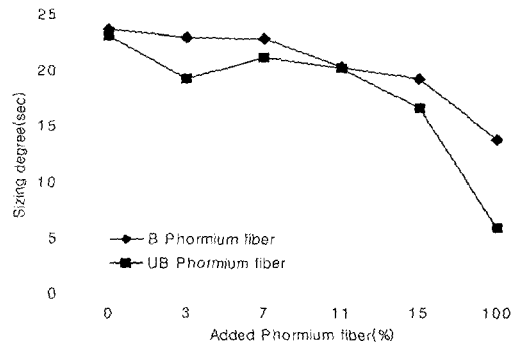
**Fig. 8. Changes of drainage time with adding phormium fiber (Pulp : NBKP, Bleached P. fiber).**

되지 않지만, 일반적인 제지공정에서 탈수시간과 보류가 밀접한 관계가 있는 것처럼 자연 탈수만의 느린 물빠짐에 따른 활석의 보다 적은 손실에 기인된 것으로 생각된다.

**Table 3. Changes of Talc retention rate with adding phormium fiber**

Added amount of phormium fiber	Retention amount	Retention rate
0%	0.0918g	38.25%
5%	0.1049g	43.71%
10%	0.1150g	47.92%
15%	0.1204g	50.17%
100%	0.1829g	76.21%

NBKP with 20% Talc, Bleached P. fiber



**Fig. 9. Changes of sizing degree with adding phormium fiber (Pulp : NBKP, Unbleached & Bleached P. fiber, Talc 20% added, AKD : 0.3%, PAM : 0.2%).**

### 3.5 신서란 섬유 첨가에 따른 사이즈도의 변화

Fig. 9는 신서란 섬유 첨가에 따른 사이즈도의 변화를 나타낸 것이다. 첨가된 신서란 섬유의 표백 여부에 상관없이 신서란 섬유의 배합비가 증가할수록 사이즈도는 떨어지고 있다. 물론 15%까지의 사이즈도 저하 정도는 5초 정도에서 그치고 있으나 이는 초기 사이즈도의 25%에 해당하는 유의성이 있는 수치라고 할 수 있다. 지금까지의 양호한 제지 용펄프로서의 특성과는 달리 사이즈도에서 그 성능이 떨어지는 원인은 아직까지 뚜렷하지 않으며 구멍이 요구 된다고 하겠다. 표백한 신서란 섬유의 첨가에 따른 사이즈도의 저하율이 조금 낮기는 하지만, 표백여부에 상관없이 공히 사이즈도가 저하된다는 것은 신서란 섬유의 강한 친수성과 지필의 공극구조에도 원인이 있는 것으로 생각된다.

### 3.6 신서란 섬유 첨가 종이의 내구성

신서란 섬유가 배합된 종이의 내구성을 시험하기 위하여 마이크로웨이브를 이용하여 일정시간 수초지를 열화시켰다. Fig. 10에서 알 수 있듯이 마이크로웨이브처리 후 신서란 섬유가 포함된 수초지의 인장강도가 미미하게 떨어지는 경향을 보였다. 수초지의 열화가 진행됨에 따라 NBKP만으로 제조된 수초지와 신서란 섬유가 포함된 수초지간의 인장강도 차이가 서서히 줄어드는 것을 알 수 있다. 즉 신서란 섬유의 강도적인 내구성은 NBKP와 같은 화학펄프에 비해 약간 떨어진다는 것을 확인했다.

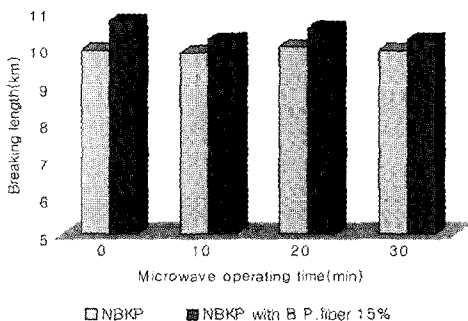


Fig. 10. Changes of breaking length by microwave treatment (Pulp : NBKP, Bleached P. fiber).

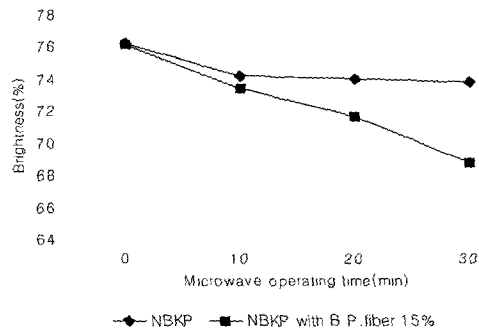


Fig. 11. Changes of brightness by microwave treatment (Pulp : NBKP, Bleached P. fiber).

Fig. 11은 열화에 따른 백색도의 변화를 나타내었다. 역시 양쪽 모두 열화에 따른 백색도 저하를 보여준다. 그러나 강도의 저하가 미미했던 것과는 달리 신서란이 포함된 수초지의 백색도 저하는 NBKP만의 수초지보다 저하정도가 큰 것을 알 수 있다. 신서란 섬유의 제조과정에서 제거되지 않은 잔존 리그닌과 알칼리의 영향으로 생각할 수 있는 신서란섬유 배합 종이의 백색도 저하 현상은 적절한 표백방법의 개선으로 어느 정도 개선될 것으로 생각된다.

## 4. 결론

국내 미이용 비목질계 섬유자원인 신서란을 제지용 펄프원료로서의 이용 가능성을 확인하고 신서란 섬유의 제지특성을 구명하기 위하여 연구한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 표백 신서란 섬유의 강도적 성질은 우수하였으며, 신서란 섬유의 첨가로 인장강도를 개선할 수 있었다.
2. 신서란 섬유는 불투명도 특성이 양호하였으며, 경량지 제조시 적당량을 첨가하여 불투명도 문제점을 해결할 수 있는 유용한 섬유로 판단되었다.
3. 충전물의 보류가 높은 특성을 보였으나, 탈수 시간이 증가하는 것과 사이징 적성상의 문제점이 있었다.
4. 신서란 섬유는 고유한 제지적성을 갖고 있어 탈수성을 개선하면 제지용 펄프원료로서 유용한 비

목질 자원이 될 것으로 판단되었다.

## 인용문헌

1. 브리태니커 세계 대백과사전, 한국 브리태니커, 2001.
2. 김문정, Phormium Tenax 섬유 의 물리 · 화학적 특성, 경북대학교 대학 원 석사학위논문, pp.2-3, 24-25, 42 (1999),
3. 두산 세계 대백과사전, 두산 (2001).
4. TAPPI T 205 om-81 "Forming handsheets for physical tests of pulp", TAPPI.
5. TAPPI T 452 om-87 "Brightness of pulp, paper and paperboard (Directional reflectance at 457 nm)", TAPPI.
6. TAPPI T 425 om-86 "Opacity of paper (15°/Diffuse illuminant A, 89% reflectance backing and paper backing)", TAPPI.
7. TAPPI T 460 om-83 "Air resistance of paper", TAPPI.
8. J. TAPPI No. 26.
9. 박상진 외, 목재과학 실험서, 광일문화사, p. 586 (1993).
10. 김봉용 외, 미이용 농산자원인 신서란의 고기능 섬유 화학 기술 및 이 섬유를 이용한 초경량 인쇄용지 개발, 농림부 연구개발보고서, 2002.