

## 맹종죽의 죽령별 알칼리 펄프화 특성

윤승락<sup>†</sup> · 조현진<sup>\*1</sup> · 박병수<sup>\*1</sup> · 강하영<sup>\*1</sup> · 강규영<sup>\*2</sup>

(2006년 4월 26일 접수: 2006년 8월 18일 채택)

## Alkali Pulping Charactics of Moso Bamboo

(*Phyllostachys pubescens* Mazel) with Various Ages

Seung-Lak Yoon<sup>†</sup>, Hyun-Jin Jo<sup>\*1</sup>, Byung-Su Park<sup>\*1</sup>, Ha-Young Kang<sup>\*1</sup>  
and Kyu-Young Kang<sup>\*2</sup>

(Received on April 26, 2006: Accepted on August 18, 2006)

### ABSTRACT

To use bamboo in the pulp industry, the anatomical characteristics of 60-day-old, 1-year-old, 2-year-old, and 3-year-old moso bamboo (*Phyllostachys pubescens* Mazel), and the characteristics of fiber and sheet of alkali pulp made of moso bamboo were investigated.

Moso bamboo is composed of metaxylens and parenchyma cells in the inner part of the wall, and thick-walled small bundle sheathes near the outer walls. Moso bamboo showed the heterogeneity in anatomical structure. The longest fibers were shown in the middle part, and the widest width in the inner part. The lignin contents were 14.4% in 60-day-old bamboo, which was not lignified yet. The lignin contents in bamboo above 1 year were approximately 25%.

The yields of alkali pulp of moso bamboo were in the range between 41 and 47%, and the yields tend to decrease with the increase of ages. The lignin contents of 60-day-old bamboo were 2.1% and those of bamboo above 1 year showed approximately 4% to 5% increment.

The length, width, and curl index of fiber in alkali pulp appeared to be similar in all ages. However, coarseness increased slightly with the increase of bamboo ages. The dis-

• 진주산업대학교 인테리어재료공학과(Department of Interior Materials Engineering, Jinju National University, Jinju, 660-758, Korea)

\*1 국립산림과학원 임산공학부(Korea Forest Research Institute, Seoul, 130-712, Korea)

\*2 Department of Wood Science, University of British Columbia, V6T 1Z4, Canada

† 주저자(Corresponding author):E-mail:slyoon@jinju.ac.kr

tribution of long fiber was shown much in 60-year-old bamboo. The optical and mechanical properties of moso bamboo tended to decrease with the increase of bamboo age.

**Keywords** : bamboo, *Phyllostachys pubescens* Mazel, alkali pulp, fiber properties of bamboo, coarseness, fiber distribution

## 1. 서론

최근 지구 환경보호에 삼림이 큰 역할하고 있다는 사실과 인식이 고조되면서 삼림보호 측면에서 입목 벌채를 자제하고 있다. 그런 관계로 펄프재의 공급이 원활하지 못하다. 목재펄프의 대체용 펄프로서 비목재펄프에 관심을 갖고 있고, 생산량도 매년 증가 추세에 있으며, 제지용 목재섬유 자원을 비목재 섬유로 대체하고자 하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 제지용 비 목재섬유로는 닥나무, 삼지닥나무, 뽕나무 등의 인피섬유가 한지제조에 오래 전부터 사용되어져 오고 있다. 그 외에 벚짚, 대나무, 아바카, 크네프 등의 비목재섬유의 이용에 대한 연구<sup>1-6)</sup>가 진행되고 있다. 최근 비목재펄프 생산량이 가장 많은 나라는 중국이며 전 세계 생산량의 70%를 차지하고 있다.

특히, 대나무로 만들어 사용하던 생활용품들이 플라스틱과 비닐류의 소재로 대체되면서 대나무의 소비가 감소되고 있다. 대나무의 신용도 개발이 시급한 상황에서 대나무 펄프 생산량은 1998년에 전 세계적으로 2,346만톤이 생산되고 있다. 대나무 펄프는 제지용 비목재 섬유전체 생산량에 약 8%를 차지하고 있다. 대나무 펄프의 품질은 침엽수와 활엽수펄프 품질의 중간 정도이며, 중국에서는 마섬유 및 인피섬유와 혼합하여 제조한 화선지는 최고급으로 판매되고 있다.

대나무는 벼과, 대나무아과에 속하는 상록성 목본인 키 큰 풀을 말하며, 식물학 문헌에는 75속에 1,000여 종이 넘게 기재되어 있지만, 우리나라에는 왕대속(*Phyllostachys*), 조릿대속(*Sasa*) 및 해장

죽속(*Arundinaria*)의 3속 15종의 대나무가 자라고 있다. 국내의 대나무 축적량이 많지 않지만 대나무의 신용도 개발을 위한 연구는 활발히 진행되었다. 대나무의 재질 특성<sup>7)</sup>, 가공성<sup>8)</sup>, 대나무 Zephyr board 제조에 대한 연구<sup>9-11)</sup>가 진행되었다.

제지용 대나무 펄프에 관한 연구는 오래전부터 인피섬유와 혼합하여 고급 화선지<sup>12)</sup>를 제조하기 위하여 수행되어져 왔다. 일본의 川内工場<sup>13)</sup>에서는 인근의 맹종죽림 663 ha에서 벌채하여 대나무 펄프를 제조하고 있다. 목재섬유와 10-30% 정도를 혼합하여 양질의 종이를 생산하고 있다. 대나무 화학펄프 제조 및 표백에 대한 연구의 결과가 Kang 등<sup>14,15)</sup>에 의해 보고되었다. 윤 등<sup>16)</sup>은 맹종죽의 죽령별 알칼리 펄프 제조를 목적으로 전보에서는 맹종죽의 조직적 관찰에 대한 결과를 보고하였다.

본 연구에서는 대나무 자원을 펄프용재로 이용하기 위해 맹종죽 60 일생의 신죽, 1년, 2년, 3년생의 조직 및 각 부위의 세포를 관찰하고, 알칼리펄프를 제조하여 섬유 및 슈트의 특성에 대하여 검토하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 공시재료

맹종죽(*Phyllostachys pubescens* Mazel) 60일생(신죽으로 표기) 및 1, 2, 3년생을 국립 산림과학원 남부산림연구원 구내 죽림에서 각 3본씩 벌채하여 공시재료 사용하였으며, 공시죽의 길이 및 직경은 Table 1과 같다.

**Table 1. Length and diameter of bamboo**

Years of bamboo	Length(m)	Diameter(cm)
60 days	10.6 / 9.9~11.5	8.4 / 7.4~9.3
1 year	12.6 / 10.3~13.5	8.6 / 8.1~9.3
2 years	12.6 / 11.2~13.6	8.9 / 8.2~9.6
3 years	13.1 / 11.8~14.0	8.7 / 8.1~9.9

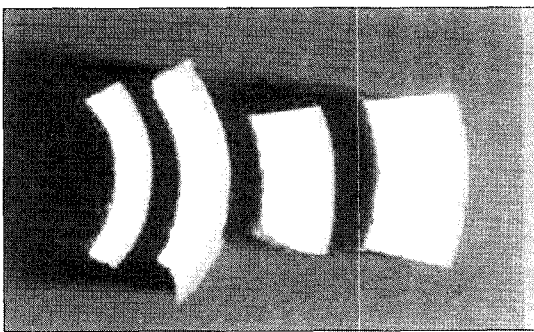
**2.2 실험방법**

**2.2.1 조직 및 섬유의 현미경적 관찰**

맹종죽의 각 수령별로 목편을 채취하여 활주식 마이크로톰으로 두께 20-25 μm로 절편을 제작한 후, 현미경 관찰용 영구프레파라트를 제작하였다. 또한, 세포형태를 정밀하게 관찰하기 위하여 각 부위별로 1×1 mm 정도의 축목을 채취하여 Schurz용액으로 해리하였다. 맹종죽의 조직적 특징 및 세포의 크기를 광학, 편광현미경으로 관찰, 측정하였다.

**2.2.2 칩 제조**

대나무를 벌채하여 90 cm로 절단 후 활죽기로



**Fig. 1. Chips of bamboo.**

활죽한 다음 1.5×3.0 cm의 크기의 칩을 제조하였다. 칩 두께는 Fig. 1에서와 같이 대나무 길이에 따라 칩의 두께가 약 4, 6, 8, 11 mm로 차이가 있었다.

**2.2.3 증해 조건 및 수율 측정**

대나무 펄프는 5 L 용량의 고압 증해부를 사용하여 Table 2의 조건으로 알칼리 펄프를 제조한 후, 세척하고 제조된 펄프는 총 수율, 정선수율, 리젝트 수율 및 탈리그닌율을 측정하였다. 각 펄프의 리그닌은 Klason lignin 측정법에 의해 측정하였다.

**2.2.4 맹종죽 펄프의 섬유 특성 및 분포 측정**

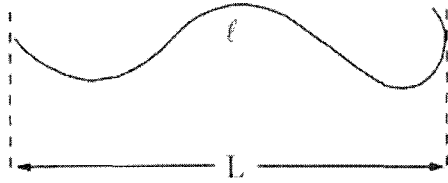
맹종죽 펄프 섬유의 분포는 FQA(Fiber Quality Analyzer, OpTest Equipment Inc., Canada)에서 측정되었다. 1 L의 증류수에 4 mg의 펄프를 해리시켜, 초당 25-40개(EPS 25-40)의 섬유가 센서를 통과하게 하였다. 측정된 항목은 미세섬유의 함량, 섬유의 길이 및 폭, Coarseness, Curl index이다. Coarseness는 일정량의 섬유길이를 측정하여 m당 무게를 mg으로 표시한 것이고, Curl index는 Fig. 2의 식<sup>17)</sup>에 의해 계산되었다.

**2.2.5 수초지 제조 및 슈트의 물리강도적 성질 측정**

각 수령별 알칼리 펄의 슈트 제조는 여수도 32° SR로 고해한 후 평량 60 g/m<sup>2</sup>의 수초지를 TAPPI Standard에 의해 제조하였다. 슈트의 물리 및 강도

**Table 2. Cooking conditions of bamboo**

Active alkali (%/Na <sub>2</sub> O)	Cooking temperature (°C)	Time to cooking temperature (min)	Cooking time (min)	Liquor to bamboo ratio
20	170	90	90	1:4



$$\text{Curl index} = \left( \frac{l}{L} - 1 \right)$$

Fig. 2. Definition of fiber curl index.

적 성질은 평량, 밀도, 열단장, 인열지수, 파열지수, 백색도를 TAPPI Standard에 의해 측정하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 맹종죽 조직 및 죽령별 섬유형태

대나무의 조직은 Fig. 3과 같이 원생목부와 후생 사부, 후생목부로 구분되고 이들 주위를 후막섬유 조직인 유관속초가 둘러싸고 있으며 이들 전체를 유관속으로 구분하고 있다. 죽간의 외부 쪽은 후막 섬유 양이 많음에 비하여 내부 쪽은 유관속의 발달이 저조하다. 후막섬유는 대나무 펄프의 원료로서 이용된다.

Fig. 3의 위 부분의 맹종죽 조직 사진에서 ①, ②, ③ 부근의 세포를 분리하여 각 세포를 촬영한 것이 아래의 ①은 유관속초(維管束鞘), ②는 후생 목부(後生木部), ③은 유세포(柔細胞)의 사진이다. 대나무 표층에는 외부로 부티의 충격에 견디기 위하여 세포 크기가 작고 단단한 유관속초로 구성되어 있다. 내부에는 후생목부와 유세포가 주로 구성되어 있다.

Fig. 3의 사진에서 보면 외층, 중간층, 내층에 구성되어 있는 세포 및 세포 수가 다르다. 죽령별로 각 부위에서 일정 크기의 죽편을 채취하여 섬유 길이 및 폭을 측정하였다. 그 결과는 Table 3과 같다.

60일생 신죽의 섬유 길이 및 폭은 1년생 이상의

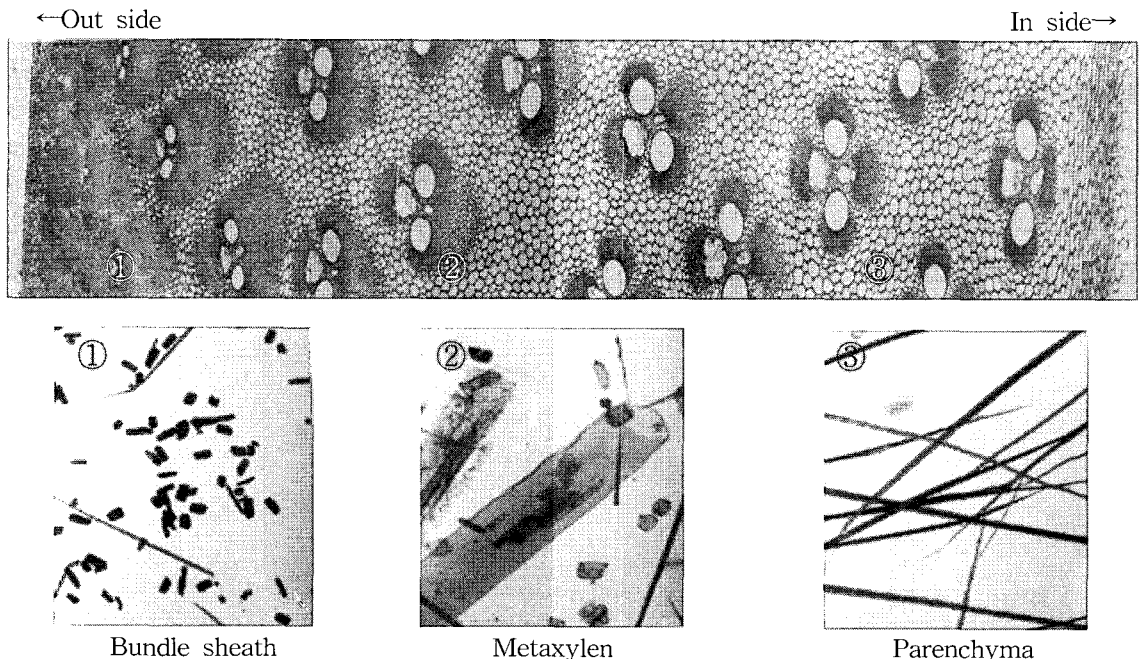


Fig. 3. Photomicrograph of tissue and fiber of bamboo.

**Table 3. Fiber width and length of years and region of bamboo tissue**

Years of bamboo	Outer part		Middle part		Inner part	
	Fiber Length (mm)	Fiber Width (μm)	Fiber Length (mm)	Fiber Width (μm)	Fiber Length (mm)	Fiber Width (μm)
60 days	0.52	18	4.73	13	0.71	36
1 year	0.56	21	4.75	12	0.68	37
2 years	0.52	22	4.61	13	0.74	35
3 years	0.51	21	4.49	12	0.80	36

것과 동일하였다. 이것은 뿌리에서 올라와 60일이 지나면 다 자란 것을 의미한다. 그 후는 목질화만 진행된다.

각 수령별 동일 부위별로 섬유 길이 및 폭을 비교하면 모두 동일하였다. 그러나, 부위별로는 섬유의 길이와 폭이 상당히 다른 것을 알 수 있다. 섬유 길이는 중간층의 섬유가 가장 길고, 외층의 섬유가 가장 짧았다. 세포벽은 내층에 있는 섬유가 가장 넓었다. 그것은 각 부위를 구성하고 있는 세포의 형태가 다르기 때문이다.

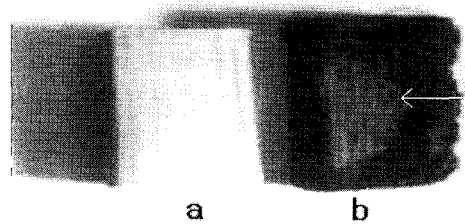
**3.2 펄프 수율**

신죽(60일생), 1, 2, 3년생 맹종죽의 펄프 수율은 Table 4와 같다. 신죽은 정선수율이 높고, 리젝트 수율이 매우 낮으며, 총 수율은 1년생 이상의 대나무보다 높았다. 그것은 신죽 내의 리그닌 함량이 낮은 것 때문이다. 1년생 이상부터는 목질화가 진행되어 리그닌함량이 높아진 관계로 리젝트 수율이 높고, 총 수율은 상대적으로 신죽보다 낮았다. Kang 등<sup>14)</sup>이 보고한 담양산 왕대 2년생 알칼리 펄프의 총 수율을 44.2%로 보고하였다. 본 실험의 펄프수율의 결과와 일치하고 있다.

1년생 이상의 대나무에서 리젝트 수율이 높아지는 이유는 Fig. 1에서와 같이 대나무의 부위별로

두께가 다르기 때문이다. 목재에서는 평균적으로 두께가 4 mm 이상이면 약액의 침투가 곤란하다.

Fig. 4에서 두께가 두꺼운 맹종죽 칩(a)은 증해 후 미증해된 칩(b)은 화살 표시된 부분만 약액이 침투되었고, 희게 보이는 중앙부분에는 약액이 침투되지 않았다.



**Fig. 4. Uncooked chip(a) and cooked chip(b) of bamboo.**

**3.3 펄프의 리그닌 함량**

4종의 맹종죽 펄프의 리그닌 함량 및 탈리그닌율은 Table 5와 같다. 맹종죽의 리그닌 함량은 목질화가 진행되지 않은 신죽(60일생)에서는 14.4%인데, 목질화가 진행된 1년생 이상부터는 약 25%가 된다. 대나무의 조성분에 대하여 Morimoto<sup>18)</sup>는 셀

**Table 4. Yields of bamboo pulp**

Years of bamboo	Screened yield(%)	Reject yield(%)	Total yield(%)
60 days	45.7	1.5	47.2
1 year	40.2	5.2	45.4
2 years	33.1	9.5	42.6
3 years	32.9	8.4	41.3

**Table 5. Lignin contents and delignification ratio of bamboo pulp**

Years of bamboo	Lignin content(%)		Delignification of bamboo(%)
	Bamboo	Pulp	
60 days	14.4	2.1	92.4
1 year	25.4	4.5	90.2
2 years	25.7	4.9	89.1
3 years	25.5	5.1	88.2

물로스 52.7%, 리그닌 26.6%, 펜토산 23.6%, 회분 1.2%로 보고하고, Tamolang 등<sup>19)</sup>은 대나무 리그닌의 함량을 20-25%로 보고하였다. 본 실험의 리그닌 함량과 비슷하였다.

대나무의 그리닌 함량은 제조된 펄프 내의 리그닌 함량과 밀접한 관계를 갖고 있다. 신죽 펄프의 리그닌 함량은 2.1%인데 비하여, 1년생 이상의 펄프 내 리그닌 함량은 4.5% 이상이었다. 펄프의 리그닌 함량은 Kang 등<sup>14)</sup>이 보고한 Kappa No. 31.0 (리그닌 함량 4.65%)과 비슷하였다. 탈리그닌 율은 나이가 어린 대나무일수록 높았다. 신죽, 1년생의 탈리그닌율은 90% 이상이고, 2년생 이상부터는 90% 이하였다.

### 3.4. 맹종죽 죽령별 알칼리 펄프의 섬유 특성

맹종죽 알칼리 펄프를 FQA로 분석한 섬유의 특성은 Table 6과 같다.

각 수령별 알칼리 펄프의 미세섬유 함량은 신죽(60일생)이 4%로 가장 낮고, 다음은 3년생이다. 1, 2년생은 약 10% 정도이다. 1년생부터 미세섬유의 함량이 증가되는 것은 작은 알맹이 모양의 유관속 초가 많이 생성되기 때문으로 생각되어진다. 미세섬유의 함량은 조직 특성과 펄프화 조건에 의해 크게 좌우되는데, 본 결과는 펄프화 조건이 일정하기

때문에 맹종죽 내의 구성세포 즉 조직적인 것이 크게 영향되었다고 생각된다. 그러나 그 차이는 크지 않았다.

죽령별 펄프의 섬유 길이는 약 1.3 mm 정도로 비슷하였다. 섬유 폭은 12-14  $\mu\text{m}$  범위이며, 신죽이 약간 좁았다. Table 3의 맹종죽의 부위별 섬유 길이는 외층 약 0.5 mm, 중간층 약 4.6 mm, 내층 약 0.7 mm이었고, 폭은 외층 약 21  $\mu\text{m}$ , 중간층 약 13  $\mu\text{m}$ , 내층 약 35  $\mu\text{m}$ 이었다. Maddern 등<sup>5)</sup>이 보고한 대나무의 섬유길이는 2.7 mm, 폭은 15  $\mu\text{m}$ 이었고, Morimoto<sup>18)</sup>는 길이 1.5-2.5 mm, 폭 11-21  $\mu\text{m}$ 이라고 보고하였다.

Coarseness는 섬유단위길이당 무게를 나타내는 것으로 이것을 지배하는 요인으로는 섬유의 두께, 도관과 세포내강의 크기, 섬유의 비중 등이다. 신죽부터 수령이 증가하면 Coarseness는 조금씩 상승하는 경향을 나타내고 있다. Coarseness는 0.082-0.106 mg/m으로서 Kang 등<sup>20)</sup>이 보고한 Jack pine의 0.161-0.414 mg/m에 비해 매우 낮았지만, 활엽수<sup>17)</sup>의 0.14 mg/m과는 비슷하였다.

Curl Index는 섬유의 휨 정도를 나타내는 것으로 수치가 높을수록 섬유의 휨의 정도가 심하다는 것이다. 각 펄프의 Curl Index 범위는 0.07에서 0.08 범위이다. 죽령별 펄프의 Curl Index 동일하며 펄

**Table 6. Fiber properties of bamboo pulp measured by FQA**

Years of bamboo	Fines (%)	Fiber Length (Lw, mm)	Fiber Width ( $\mu\text{m}$ )	Coarseness (mg/m)	Curl Index
60 days	4.0	1.34	12.3	0.082	0.079
1 year	10.2	1.23	14.3	0.094	0.072
2 years	10.2	1.28	14.2	0.100	0.069
3 years	6.0	1.36	14.2	0.106	0.069

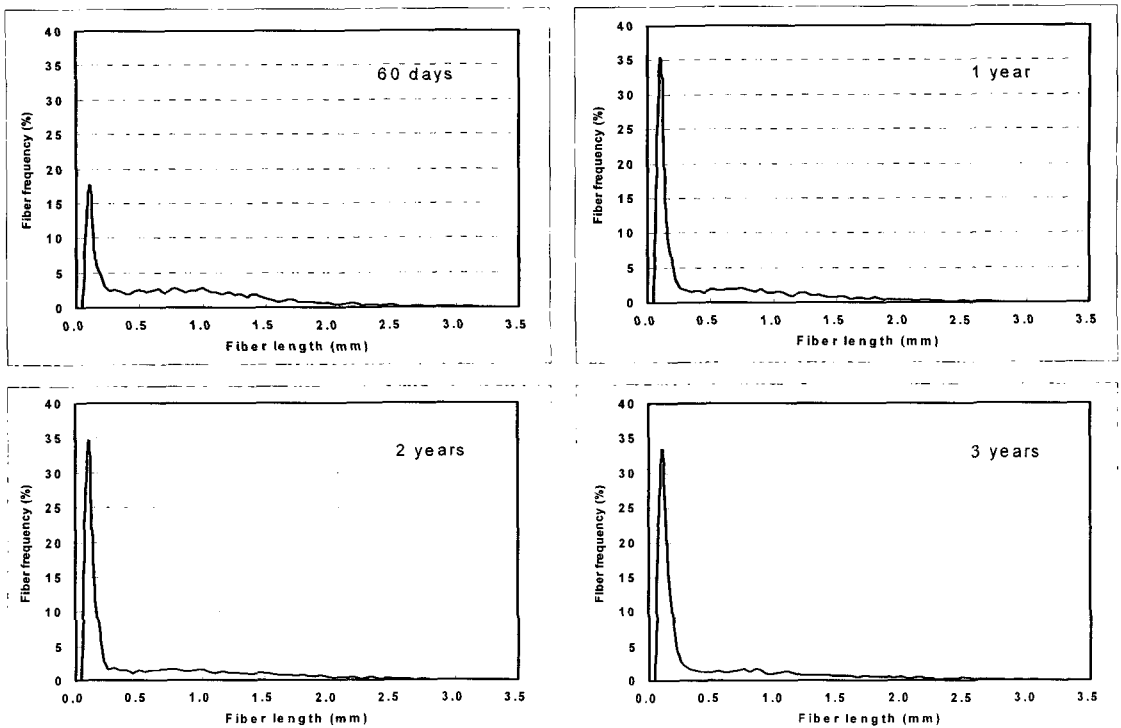


Fig. 5. Fiber distribution of bamboo pulp.

포별 특별한 경향은 없다. Robertson 등<sup>17)</sup>이 보고한 침엽수의 Curl Index는 0.07, 활엽수 0.125와 비교해보면 침엽수 섬유와는 비슷하지만, 활엽수 섬유보다는 낮았다.

### 3.5 맹종죽 죽령별 펄프의 섬유장 분포 특성

대나무는 수피가 없는 까닭에 표피부분의 세포는 매우 작고 딱딱하다. 그런 관계로 섬유의 길이는 다양하다. 수령별(60 days, 1 year, 2 years, 3 years) 알칼리 펄프의 섬유장 분포는 Fig. 5와 같다.

신죽(60일생)의 경우는 섬유 길이가 0.5 mm까지의 섬유분포가 낮은 반면, 0.5-1.5 mm까지의 섬유분포가 높았다. 1년생 펄프 내 섬유 분포는 0.5 mm까지의 섬유 분포가 높고, 0.5-1.5 mm까지의 섬유 분포는 작았다. 1년생 펄프의 섬유 분포 경향은 2년생과 3년생 펄프의 섬유분포와 동일한 경향을 나타내고 있다. 즉, 신죽과 1년생 이상의 섬유분

포는 다른 경향을 나타내고 있다.

### 3.6 맹종죽 펄프의 물리·강도적 성질

대나무 펄프의 물리, 강도적 성질은 Table 7과 같다. 죽령별 쉬트의 밀도는 죽령이 높을수록 높았다. 펄프의 백색도는 리그닌 함량이 적은 신죽(60일생)이 40.1%로 가장 높았으며, 목질화가 진행된 1년생 이상부터는 24% 이하로 낮아졌다. Kang 등<sup>14)</sup>이 보고한 백색도는 22.0%이었다.

신죽의 열단장은 9.3 km, 파열지수는 6.0 kPam<sup>2</sup>/g로 가장 높았다. 1년생 이상에서도 열단장 약 7 km, 파열지수는 4.0 kPam<sup>2</sup>/g 이상으로서 목본류 펄프의 강도적 성질과 동일하거나 우수하였다. 인열지수 및 내절도는 1년생 펄프가 약간 높은 경향을 보이고 있다. 종합적으로 광학적, 강도적 성질을 평가하면 신죽이 가장 우수하며, 맹종죽 1년생 이하에서의 펄프 제조가 2년생 이상의 맹종죽보다 효과적으로 예측된다.

**Table 7. Physical properties of bamboo pulp**

Years of bamboo	Brightness (%)	Density (g/cm <sup>3</sup> )	Breaking length (km)	Tear index (mN·m <sup>2</sup> /g)	Burst index (kPa·m <sup>2</sup> /g)
60 days	40.1	0.69	9.3	18.1	6.0
1 year	24.2	0.65	7.9	19.6	4.5
2 years	19.2	0.75	7.2	15.5	4.5
3 years	19.3	0.76	6.7	13.5	4.3

## 4. 결론

대나무 자원을 펄프용재로 이용하기 위해 맹종죽 60일생(신죽), 1년, 2년, 3년생의 조직 및 각 부위의 세포를 관찰하고, 알칼리펄프를 제조하여 섬유 및 슈트의 특성에 대하여 검토한 결과는 다음과 같다.

1. 대나무 표층에는 외부로부터의 충격에 견디기 위하여 세포 크기가 작고 단단한 유관속초로 구성되어 있다. 내부에는 후생목부와 유세포가 주로 구성되어 있다.

2. 대나무 조직 내의 부위별 섬유의 길이와 폭이 상당히 다르다. 섬유 길이는 중간층의 섬유가 가장 길고, 외층의 섬유가 가장 짧았다. 세포벽은 내층에 있는 섬유가 가장 넓었다. 그것은 각 부위를 구성하고 있는 세포의 형태가 다르기 때문이다.

3. 맹종죽의 리그닌 함량은 목질화가 진행되지 않은 신죽에서는 14.4%인데, 목질화가 진행된 1년생 이상부터는 약 25%이었다.

4. 알칼리 펄프 수율은 41-47%의 범위이고, 죽령이 높을수록 수율이 감소하고, 리그닌 함량은 신죽이 2.1%이었고, 죽령이 높아질수록 4-5% 범위로 증가되었다.

5. 죽령별 펄프의 섬유 길이, 폭 및 Curl Index는 동일하였지만, Coarseness는 신죽부터 수령이 증가하면 조금씩 상승하는 경향을 나타내고 있다.

6. 신죽 펄프의 섬유분포는 섬유 길이 0.5 mm까지의 분포가 낮고, 0.5-1.5 mm까지의 분포가 높았다. 1년생 이상은 0.5 mm까지의 섬유 분포가 높고, 0.5-1.5 mm까지의 섬유 분포는 낮았다. 즉, 장섬유 분포는 신죽이 높았다.

7. 맹종죽 펄프의 광학적, 강도적 성질은 죽령이 증가되면 감소하는 경향을 보이고 있고, 신죽이 가

장 우수하였다. 맹종죽 펄프는 2년생 이상보다 1년생 이하에서 제조하는 것이 효과적이었다.

## 인용문헌

1. Kang, C.-H. and Park, S.-J., Development of Pulping Methods of Rice-straw Chemical Pulp with Higher Yield and Lower Kappa Number. *J. Korea TAPPI*, 32(2):58-67 (2000).
2. Kang, C.-H. and Park, S.-J., Studies on the Bleaching of Rice-Straw Chemical Pulp. *J. Korea Tappi* 32(3):65-74 (2000).
3. Lee, M.-K. and Yoon, S.-L., Utilization of Kenaf Cultivated in Korea( I ) -Growth and Anatomical Characteristics of Kenaf Cultivated in Korea-. *J. Korea TAPPI* 35(4):68-74 (2003).
4. Zenaida, I. de Guzman, Berana, N. B., and Antonio M. Reyes. Abaca, Kenaf and Pineapple Fibers for Nonwoven Fabrics. *NSTA Technology Journal/Jan.-Mar.* 82:77-87 (1982).
5. Maddern, Kenneth N., and French, J., Papermaking Properties of Some Australian Non-Wood Fibres. *Appita* 42(6):433-437 (1989).
6. Maddern, Kenneth N. and French, J., The potential application of non-wood fibres in papermaking: Australian perspective. *Appita* 48(3):191-197 (1995).
7. So, W.-T., Kim, Y.-S., Chung, W.-Y. and Lee, H. W., Wood Characteristics of *Phyllostachy bambusoides*, *Phyllostachy nigra* var. *henonis*, and *Phyllostachy pubescens* Grown in Damyang District, Mokchae Konghak 27(2):7-14 (1999).
8. Lee, H.-W. and Kim, B.-N., Study on the Machinability of Korean Domestic Bamboo Species, *Mokchae Konghak* 27(1):56-63 (1999).



9. Kim, Y.-J., Jung, K.-H., Park, S.-J. and Roh, J.-K., A Morphological Comparison of Bamboo Zephyr Produced from *Phyllostachys nigra* var. *henonis* and Indonesian *Gigantochloa apus*, *Mokchae Konghak* 29(2):84-90 (2001).
10. Jung, K.-H., Kim, Y.-J., Roh, J.-K. and Park, S.-J., Effect of Hot-Pressing Time and Temperature on Properties of Bamboo Zephyr Boards, *Mokchae Konghak* 31(2):77-83 (2003).
11. Kim, Y.-J., Roh, J.-K. and Park, S.-J., Effect of Zephyr Producing Method on Properties of Bamboo Zephyr Boards, *Mokchae Konghak* 31(4):24-30 (2003).
12. Cheon, C., A Study on the Development of hwaseonji from Bamboo Pulp, *Mokchae Konghak* 20(2):43-50 (1992).
13. Nakano, T., Development and Production of Bamboo Furnished Paper and Development of its Use. *Japanese Journal of Paper Technology* 44(9):1-5 (2001).
14. Kang, C.-H. and Park, S.-J., Studies on the Production of Various Chemical Pulp from Bamboo. *J. Korea TAPPI* 32(3):57-64 (2000).
15. Kang, C.-H. and Park, S.-J., Studies on the Multistage Bleaching of Bamboo Chemical Pulp. *J. Korea TAPPI* 33(4):49-54 (2001).
16. Yoon, S.-L., Kim, J.-K., Park, B.-S., Jo, H.-J. and Kang, H.-Y., Analytical characteristics of Moso bamboo for pulp manufacturing, 2001 proceedings of the Korean Society of Wood Science and Technology Annual Meeting, pp.297-299 (2001).
17. Robertson, G., Olson, J., Allen, P., Chan, B., and Seth, R., Measurement of fibre length, coarseness, and shape with the fibre quality analyzer. *Tappi J.* 82(10):93-98 (1999).
18. Morimoto, M., Utilization of Nonwood Plant Fibers for Pulping -The status Quo and Future. *Japan Tappi* 51(6):65-84 (1997).
19. Tamolang, F.N., Lopez, F.R., Semana, J. A., Casin, R.F. and Espiloy, Z. B., Properties and utilisation of Philippine bamboo. In "Bamboo Research in Asia" G. Lessard and A. Chouinard(Eds), IDRC, pp.189-200 (1980).
20. Kang, K.-Y., Zhang, S. Y. and Mansfield, S. D., The effects of initial spacing on wood density, fibre and pulp properties in jack pine. *Holzforchung* 58(5):455-463 (2004).