

뽕나무를 이용한 새로운 한지의 제조(제1보)

- 해부학적, 화학적 성질 및 펄프화 특성 -

최 태 호

New Korean Traditional Papermaking from *Morus spp.*(I)

- Anatomical and Chemical Properties and Pulping Characteristics -

Tae-Ho Choi

ABSTRACT

Anatomical and chemical properties of three mulberry species(*Morus spp.*) were analyzed as an alternative raw material for the paper mulberry(*Broussonetia kazinoki*). The pulping and papermaking characteristics of bast fiber and whole stalks by three different pulping processes, conventional alkali, alkali-hydrogen peroxide, and sulfomethylated, for the Hanji were investigated.

The fiber dimension of *M. bombycis* was the biggest of the species. The fiber length of upper part and the fiber width and cell wall thickness of lower part were bigger than the others. The extractives and ash contents of bast fiber were higher than those of whole stalk, and holocellulose and lignin contents of whole stalk were higher than those of bast fiber. The pulp yields of *M. alba* bast fiber, *M. bombycis* whole stalk, and sulfomethylated pulping were higher than the others.

1. 서론

1970년대까지 우리 나라 농·산촌의 주요 소득원 중의 하나였던 양잠은 도시화에 따른 농촌 인구의 감소와 화학섬유의 발달로 점차 줄어들어 1992년 전국의 뽕밭 면적과 잠견 생산량은 1985년도에 비하여 70% 이상 감소하였다. 그러나 누에고치의 가격은 천연섬유에 대한 선호에 힘입어 배 이상의 가격 상승을 가져왔을 뿐만 아니라^{1,2)} 최근에는 누에 및 뽕나무 관련 건강보조식품들이

크게 각광을 받고 있다. 이렇게 볼 때 양잠은 앞으로 다른 어느 농산물보다 단기간에 고수익을 올릴 수 있는 농가 소득원이 될 수 있으리라 사료된다.

뽕나무 줄기의 약 20~30%를 차지하는 桑皮는 닥나무 인피섬유에 버금가는 해부학적 성질과 삼지닥나무나 산닥나무보다 높은 펄프 수율^{3,4)}을 나타내고 있으며, 강인하고 광택이 풍부함에도 불구하고 우리 나라에서 한지의 원료로 사용되지 않고 있는 이유는 현재와 같은 펄프화법으로는 黑皮의

• 본 논문은 1995년도 한국과학재단 Post-Doc. 지원에 의해 수행된 연구의 일부임.

• 충북대학교 농업과학 기술연구소(Agricultural Science & Technology Institute, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea).

除塵이 곤란하고 蒸煮의 수율이 낮기⁵⁾ 때문이라 생각된다. 따라서 이와 같은 문제점을 해결할 수 있고, 보다 질 좋은 한지 제조용 펄프를 제조할 수 있는 새로운 고수율의 펄프화법 도입이 절실히 필요하게 되었다.

또한 桑皮는 다나무 인피섬유가 생산되지 않는 봄 또는 가을에 잠엽의 부산물을 원료로 이용할 수 있어 수입 대체 및 연속적인 원료 확보가 가능하다. 뿐만 아니라 흑피 생산시 다펀은 달리 삶지 않아도 박피가 가능하여 에너지 및 노동력의 절감을 가져올 수 있으며, 특히 화선지 제조시 값싼 고지 함량의 증가로 야기되는 제품의 내구성 감소, 황변현상, 발묵성 불량 등의⁶⁾ 문제점을 해결할 수 있으리라 사료된다.

따라서 본 연구에서는 현재 재배되고 있는 뽕나무의 3 계통별 대표적 품종에 대하여 해부학적 성질 및 화학적 조성분을 분석하고 인피부 및 전간부를 대상으로 펄프화 특성을 조사하여 한지 원료의 이용 가능성을 검토하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 재료

충북 잠엽검사소에서 재배중인 품종 중에서 백상계(*Morus alba* Linne)는 개량뽕, 산상계(*Morus bombycis* Koidz)는 홍올뽕, 노상계(*Morus lhou* Koidz)는 대륙뽕을 5월 초순에 채취하여 전간부는 음건하고, 인피부는 생으로 목질부와 분리한 다음 음건하여 공시하였다.

공시 품종에 대하여 각각 5본의 시료를 근원부에서 채취한 다음, 전체 수고에 대하여 근원부, 중앙부, 상부로부터 3 cm 길이로 시료를 채취하여 해부학적 특성 측정용 시료로 하였다. 화학적 조성 분석은 인피부 및 전간부를 음건하고, 분쇄하여 40~60 mesh의 분말을 사용하였다.

증해용 원료는 인피부 및 전간부를 음건한 다음 4~5 cm 길이로 절단하고, 인피부는 바로 증해용 원료로 사용하였으며, 전간부는 칩으로 제조하였다.

2.2 실험방법

2.2.1 원료의 해부학적 성질 및 화학적 조성

해섬용 시료를 Schurz 용액($KClO_3 : HNO_3 : H_2O = 1 : 2 : 1$)에 침지시킨 실온에서 2주간 방치시킨 다음, 증류수로 세척하고 safranin 으로 염색한 후 해섬하였다. 해섬한 섬유는 measuring microscope를 이용 섬유장, 섬유폭 및 세포벽 두께를 3부위별로 각각 100개씩 측정하고 이것으로부터 Runkel 계수, 유연계수 및 섬유의 장/폭 비를 구하였다.

인피부 및 전간부에 대하여 추출물 함량, 리그닌, 홀로셀룰로오스 및 회분을 TAPPI Test Methods에 의거 분석하였다.

2.2.2 펄프화 특성

(가) 알칼리 펄프화법^{7,8)}

증해약액으로 NaOH를 사용하여(인피섬유 : 활성알칼리 농도 18%, 액비 1 : 7, 전간부 : 활성알칼리 농도 20%, 액비 1 : 6) 150℃ 및 170℃에서 소정시간 증해하였다.

(나) 알칼리-과산화수소법^{9,10)}

NaOH(인피섬유 : 활성알칼리 농도 18%, 액비 1 : 7, 전간부 : 활성알칼리 농도 20%, 액비 1 : 6)에 H_2O_2 (3%)를 첨가한 증해약액을 사용하여 150℃ 및 170℃에서 소정시간 증해하였고, 킬레이트제로 1% EDTA를 첨가하였다.

(다) 설포메틸화 펄프화법^{11,12)}

1M Na_2SO_3 에 0.3 M 카르보닐 화합물을 첨가한 증해약액을 사용하여 액비 1 : 6으로 170℃ 및 180℃에서 소정시간 증해하였다.

2.2.3 펄프의 수율 및 리그닌 함량

증해가 끝난 펄프를 해리기를 이용하여 해리한 다음, 부후너 여과기로 여과하고 충분히 세척한 후 105℃의 항온건조기에서 소정시간 건조하여 전수율을 구하였다.

펄프의 리그닌 함량은 TAPPI T 236 cm-85에 의거하여 Kappa No.를 구한 다음 Klason 리그닌으로 환산하였으며, 탈리그닌율은 다음 식

으로 구하였다.

$$\text{탈리그닌율(\%)} = \frac{\text{원료의 리그닌 함량} - (\text{펄프 중의 리그닌 함량} \times \text{펄프수율})}{\text{원료의 리그닌 함량}} \times 100$$

3. 결과 및 고찰

3.1 원료의 해부학적 성질

공시재인 뽕나무 인피섬유의 부위별 섬유특성을 분석하기 위하여 각 품종별로 근원부, 중앙부 및 상부로 구분하고, 각각의 섬유장, 섬유폭 및 세포벽 두께를 측정하였다.

백상계 개량뽕의 부위별 섬유장은 상부가 평균 12.60 mm로 가장 길었으며, 중앙부의 섬유장이 평균 6.14 mm로 가장 짧았다. 섬유폭은 근원부가 28.1 μm로 중앙부의 25.4 μm나 상부의 23.3 μm보다 큰 것으로 나타났다. 세포벽의 두께는 7.4 μm 및 7.5 μm로 근원부와 중앙부간에 큰 차이가 없었으며, 상부가 5.6 μm로 가장 작은 것으로 나타났다.

산상계 홍을뽕의 섬유장은 상부가 평균 17.47 mm로 근원부의 7.20 mm나 중앙부의 11.85 mm보다 긴 것으로 나타났으며, 섬유의 폭 및 세포벽 두께는 근원부가 각각 평균 33.7 μm 및 8.2 μm로 중앙부의 30.3 μm 및 7.9 μm나 상부의 26.5 μm 및 7.1 μm보다 큰 것으로 나타났다.

노상계 대륙뽕의 섬유장은 상부가 평균 12.17 mm로 중앙부의 10.92 mm보다 길었으며, 근원부가 7.85 mm로 가장 짧았다. 섬유의 폭은 근원부가 평균 28.2 μm로 중앙부의 28.0 μm나 상부의 24.5 μm보다 큰 것으로 나타났으며, 세포벽의 두께는 중앙부가 평균 7.2 μm로 근원부의 7.1 μm나 상부의 7.0 μm와 큰 차이가 없었다.

한편, 각 품종별 인피섬유의 폭 및 세포벽 두께는 상부가 가장 작은 것으로 나타났다.

Fig. 1은 각 품종의 부위별 섬유장 변화를 나타낸 것으로 뽕나무 인피섬유의 섬유장은 전반적으로 상부로 갈수록 증가하는 경향을 나타냈으며, 3품종 모두 상부의 섬유장이 가장 긴 것으로 나타났다. 백상계의 개량뽕을 제외한 나머지 두 품종은 근원부의 섬유장이 가장 짧은 것으로 나타났으며, 품종별로는 산상계의 홍을뽕 섬유장이 가장

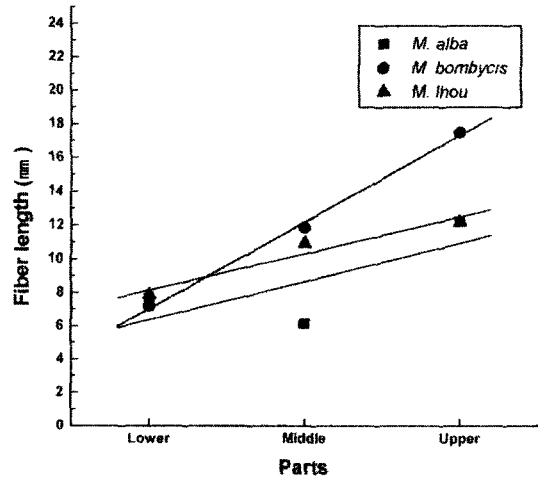


Fig. 1. Variation of the bast fiber length at three parts.

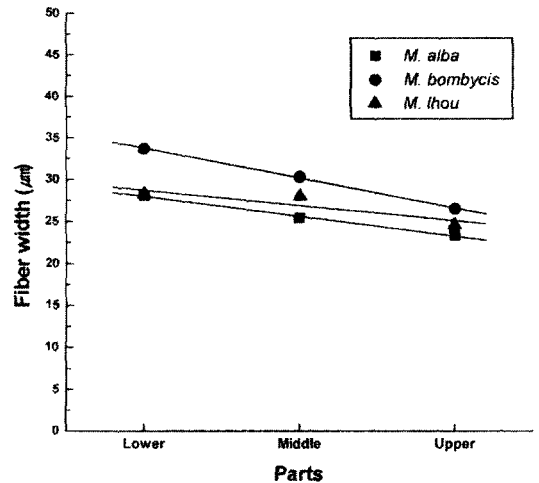


Fig. 2. Variation of the bast fiber width at three parts.

길고 백상계의 개량뽕 및 노상계의 대륙뽕은 거의 비슷한 섬유장 분포를 갖는 것으로 나타났다.

Fig. 2는 각 품종의 부위별 섬유폭 변화를 나타낸 것으로 3품종 모두 근원부의 섬유폭이 가장 넓고 상부로 갈수록 섬유폭이 감소하는 경향을 나타냈다. 품종별로는 섬유장의 경우와 마찬가지로 산상계 홍을뽕의 섬유폭이 가장 넓은 것으로 나타났으며, 백상계의 개량뽕과 노상계의 대륙뽕은 비슷한 섬유폭 분포를 나타냈다.

Table 1. Anatomical properties of the bast fiber of *Morus spp*

Species		<i>M. alba</i>	<i>M. bombycis</i>	<i>M. lhou</i>
Fiber length(mm)	Range	2.62 - 26.45	2.68 - 29.48	2.84 - 30.78
	Average	8.79	12.17	10.31
Fiber width(μm)	Range	10.5 - 51.0	12.5 - 59.0	13.0 - 61.0
	Average	25.61	30.15	26.86
Lumen width(μm)	Range	3.5 - 32.0	4.5 - 48.0	5.0 - 51.0
	Average	11.95	14.69	12.66
Runkel ratio*		1.14	1.05	1.12
Flexibility coefficient**		0.47	0.49	0.47
Fiber length/Fiber width		343	404	384

* (fiber width-lumen width)/lumen width

** lumen width/fiber width

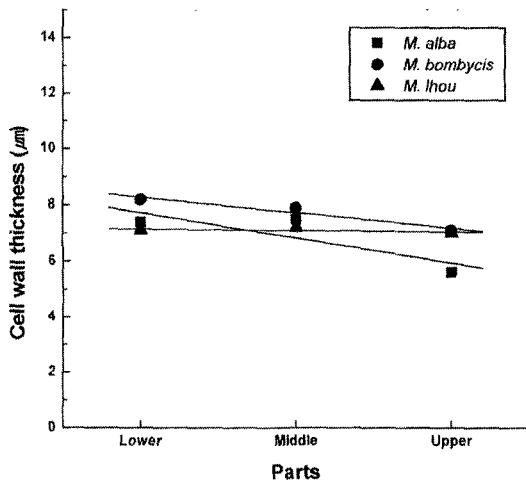


Fig. 3. Variation of the bast fiber cell wall thickness at three parts.

Fig. 3은 부위별 세포벽 두께의 변화를 나타낸 것으로 Fig. 2의 섬유폭 변화의 경우와 마찬가지로 근원부의 세포벽 두께가 가장 두꺼운 것으로 나타났으며, 상부로 갈수록 세포벽의 두께가 감소하는 경향을 나타냈으나 근원부와 중앙부의 차이는 크지 않은 것으로 나타났다. 품종별로는 산상계의 홍울뽕이 가장 두꺼운 것으로 나타났으며, 나머지 두 품종은 거의 비슷한 경향을 나타냈다.

펄프 원료로서 고해 및 제지적성을 판단하기 위한 기초자료로 각 계통별 품종에 대한 인피섬유의 Runkel 계수, 유연계수 및 섬유외의 장/폭 비를 계산한 결과를 Table 1에 나타냈다.

Runkel 계수는 백상계의 개량뽕 및 노상계의 대륙뽕이 거의 비슷한 1.14 및 1.12를 나타냈으며,

산상계의 홍울뽕이 1.05로 가장 낮은 값을 나타냈다. 이것은 최 등¹³⁾이 보고한 뽕나무보다는 높았으나 홍 등⁴⁾이 보고한 뽕나무류의 값과는 거의 비슷하였다. 일반적으로 세포벽이 두꺼운 섬유의 Runkel 계수가 높으며, 이 값이 높으면 인장강도가 낮고, 인열강도는 크며, 흡수성이 좋고, bulky한 제지 특성을 갖는다¹⁴⁻¹⁷⁾고 하였다.

한편, 유연계수는 백상계의 개량뽕 및 노상계의 대륙뽕이 0.47로 동일한 값을 나타냈으며, 산상계의 홍울뽕이 0.49로 다른 품종에 비하여 높게 나타났으나 세 품종 모두 비슷한 값을 나타냈다. 이와 같은 값은 최 등¹³⁾이 보고한 뽕나무의 0.56보다는 낮은 값이었다.

섬유의 장/폭 비는 산상계의 홍울뽕이 404로 백상계 개량뽕의 343 및 노상계 대륙뽕의 384보다 높게 나타났다. 일반적으로 섬유외의 장/폭 비가 높으면 모든 강도가 향상되며, 양호한 제지특성을 나타낸다. 그러나 평균 섬유외의 길이 3 mm 이상인 장섬유의 경우 이들의 중요성이 감소하는데 그것은 섬유외가 너무 길면 덩어리지거나 결절이 일어나 제지적성이 불량해지기 때문이다.¹⁵⁻¹⁷⁾

3.2 원료의 화학적 성질

어떤 수종의 펄프화 적성을 판단하는 데 있어서 원료의 화학적 조성은 매우 중요한 인자이다. 따라서 본 실험에서는 공시재인 뽕나무의 계통별 품종에 대하여 인피부(후피) 및 전간부의 추출물 함량, 리그닌, 홀로셀룰로오스 및 회분의 함량을 분석하였으며, 그 결과는 Table 2와 같다.

Table 2. Chemical properties of the *Morus spp*

Species	<i>M. alba</i>		<i>M. bombycis</i>		<i>M. lhou</i>	
	Bast fiber	Whole stalk	Bast fiber	Whole stalk	Bast fiber	Whole stalk
Extractives(%)						
Cold water	20.6	6.4	18.2	6.4	22.2	5.8
Hot water	21.1	9.4	19.5	7.5	23.2	6.9
1% NaOH	56.0	30.3	55.2	28.2	56.4	27.7
EtOH+C ₆ H ₆	12.8	7.7	16.8	6.7	13.6	5.7
Lignin(%)	10.2	22.4	12.8	21.7	10.4	22.2
Holocellulose(%)	56.6	73.1	57.6	74.1	55.3	72.0
Ash(%)	6.91	2.12	7.28	2.86	7.29	1.90

추출성분의 함량은 인피부가 전간부에 비하여 월등히 높아, 각 계통별 3품종 모두 인피부가 전간부 함량의 두 배 이상으로 나타났다. 일반적으로 펄프 원료의 추출물 함량이 높을 경우 펄프의 수율을 감소시키고, 증해약품의 소비량이 증가하는 것으로 알려져 있다.

인피부의 추출물 함량은 노상계 대륙뿔이 가장 높았으며, 산상계 홍올뿔이 가장 낮은 것으로 나타났다. 추출물 중에서는 알칼리 추출물의 함량이 55% 이상으로 가장 높게 나타났다. 전간부의 추출물 함량은 인피부와는 달리 노상계 대륙뿔이 가장 낮았으며, 백상계 개량뿔이 가장 높게 나타났다.

리그닌의 함량은 전간부가 인피부보다 두 배 이상 높게 나타났다. 인피부의 리그닌 함량은 10.2~12.8% 범위로, 백상계 개량뿔 및 노상계 대륙뿔이 10.2% 및 10.4%로 비슷하였으나, 산상계 홍올뿔이 12.8%로 가장 높았다. 이같은 리그닌의 함량은 닥나무 및 삼지닥나무 인피부의 리그닌 함량과 비슷하나, 16.5%의 산닥나무, 14~23%의 짚류 및 21~31%의 대나무류^{5,13,18})보다는 매우 낮았다. 전간부의 리그닌 함량은 21.7~22.4%의 범위로 백상계 개량뿔과 노상계 대륙뿔이 거의 같은 함량을 나타낸 반면, 산상계 홍올뿔은 인피부와는 달리 21.7%로 가장 낮았다. 이것은 닥나무 전간부의 리그닌 함량 22.3%^{18,19})와 거의 동일하나 소나무의 24.9~31.6%보다는 낮았다.

홀로셀룰로오스의 함량은 전간부가 72.0~74.1%로 인피부의 55.3~57.6%보다 높게 나타났다. 각 계통별 품종에 있어서 인피부의 경우, 산상계의 홍올뿔이 57.6%로 가장 높았으며, 백상계 개량뿔, 노상계 대륙뿔순으로 함량이 감소하였다. 이것은 닥나무의 61.6%^{19,20})보다는 낮은 함량

이나 삼지닥나무의 41.9%, 산닥나무의 45.7~61.5% 및 청단피의 47.4%^{18,21})보다는 높은 것으로 나타났다. 전간부의 경우, 품종간에는 인피부에서와 동일한 경향으로 산상계인 홍올뿔이 74.1%로 가장 높았으며, 백상계의 개량뿔, 노상계의 대륙뿔순으로 감소하였다. 뿔나무류 전간부의 홀로셀룰로오스 함량은 짚류의 37.5~68.1% 및 대나무류의 41.8~49.7%¹⁸)에 비하여 월등히 높았으며, 닥나무의 74.2%^{19,20})와는 비슷한 값을 나타냈다.

인피부의 회분 함량은 6.91~7.29%의 범위로 전간부의 1.90~2.86%에 비하여 월등히 높았다. 이와 같이 인피부섬유의 회분 함량이 높은 것은 셀룰로오스의 붕괴에 의한 것이 아니라 펙틴 등 hexosan에 결합하고 있는 회분¹⁸)에 의한 것으로 여겨진다. 품종별 회분 함량에 있어 인피부섬유의 경우, 백상계의 개량뿔이 6.91%로 가장 낮았고 산상계의 홍올뿔 및 노상계의 대륙뿔은 동일한 함량을 나타냈다. 이것은 닥나무의 5.60% 및 산닥나무의 3.20%^{3,19,20})보다는 높은 함량이다. 전간부의 경우는 산상계의 홍올뿔이 2.86%로 백상계 개량뿔의 2.12% 및 노상계 대륙뿔의 1.90%보다 높았으며, 닥나무 전간부의 회분 함량인 3.43%보다는 다소 낮았다.

3.3 펄프화법이 탈리그닌에 미치는 영향

뿔나무 각 계통별 품종의 인피부에 대한 알칼리법, 알칼리-과산화수소법 및 설포페틸화법의 탈리그닌 효과를 검토한 결과는 Table 3과 같다.

펄프화법에 따른 인피부의 탈리그닌 효과는 전체적으로 94% 이상의 높은 탈리그닌율을 나타냈

Table 3. Pulping characteristics of bast fiber

Pulping method	Species	Temp.(°C)	Time(min)	Yield(%)	Kappa No.	Delignification(%)
Alkali	<i>M. alba</i>	150	60	39.6	9.7	94.4
	<i>M. bombycis</i>			37.2	9.6	37.2
	<i>M. lhou</i>			31.3	9.2	95.8
Alkali-H ₂ O ₂	<i>M. alba</i>	150	60	36.1	9.3	95.0
	<i>M. bombycis</i>			27.8	8.9	97.1
	<i>M. lhou</i>			36.1	9.4	95.1
Sulfomethyl	<i>M. alba</i>	170	60	41.6	11.9	92.7
	<i>M. bombycis</i>			33.6	9.9	96.1
	<i>M. lhou</i>			36.3	10.6	94.5

Table 4. Pulping characteristics of whole stalk

Pulping method	Species	Temp.(°C)	Time(min)	Yield(%)	Kappa No.	Delignification(%)
Alkali	<i>M. alba</i>	170	60	46.4	15.8	95.1
	<i>M. bombycis</i>			46.8	15.9	94.8
	<i>M. lhou</i>			44.6	15.4	95.4
Alkali-H ₂ O ₂	<i>M. alba</i>	170	60	47.0	15.3	95.2
	<i>M. bombycis</i>			47.9	8.9	97.1
	<i>M. lhou</i>			46.0	15.2	95.3
Sulfomethyl	<i>M. alba</i>	180	240	42.1	14.4	95.9
	<i>M. bombycis</i>			44.0	14.5	95.6
	<i>M. lhou</i>			43.4	14.5	95.7

으며, 알칼리 펄프화법에 있어서는 3가지 품종 중에서 백상계 개량뽕의 탈리그닌율이 다른 두 품종보다 다소 낮게 나타났으나 전체적으로는 94% 이상의 높은 탈리그닌율을 나타냈다. 알칼리-과산화수소법에 있어서는 산상계 홍올뽕의 탈리그닌율이 높게 나타났으며, 다른 두 품종은 거의 같은 탈리그닌율을 나타냈다. 설포메틸화법은 외수피에서 기인되는 이물질 및 미증해 물질을 줄이기 위하여 증해온도를 170°C로 상승시켜 증해하였으며, 탈리그닌율은 92~96%로 알칼리법이나 알칼리-과산화수소법과 거의 동등하였다. 품종별 탈리그닌율은 백상계 개량뽕 가장 낮았고 산상계 홍올뽕이 가장 높은 것으로 나타났다. 각 계통별 품종의 탈리그닌율은 산상계 홍올뽕이 3가지 펄프화법 모두에서 가장 높은 것으로 나타났으며, 백상계 개량뽕이 가장 낮은 것으로 나타났다.

각각의 펄프화법에 대한 각 계통별 품종의 전간부 탈리그닌 효과를 검토한 결과를 Table 4에 나타냈다.

알칼리 펄프화법의 경우 3가지 품종 모두 약 95% 이상의 높은 탈리그닌율을 나타냈으며, 인피

부의 펄프화와는 반대로 산상계 홍올뽕의 탈리그닌율이 가장 낮은 것으로 나타났다. 알칼리-과산화수소법은 알칼리 펄프화법과 거의 동등한 탈리그닌율을 나타냈으나 펄프의 수율이 알칼리 펄프화법보다 높게 나타났는데, 이것은 알칼리-과산화수소법의 탈리그닌 선택성이 우수하기 때문이라 사료된다. 품종별로는 산상계 홍올뽕의 탈리그닌율이 다른 두 품종보다 낮은 것으로 나타났다. 설포메틸화법에 의한 각 품종별 탈리그닌율은 모두 95% 이상의 높은 탈리그닌율을 나타냈으며, 다른 펄프화법보다 탈리그닌율이 높은 것은 펄프화 조건의 차이에 따른 것으로 사료된다.

각 펄프화법에 따른 3가지 품종의 탈리그닌 경향을 살펴보면 인피부 펄프화에서 탈리그닌율이 가장 높았던 산상계 홍올뽕이 3가지 펄프화법 모두에서 가장 낮게 나타났으며, 백상계 개량뽕 및 노상계 대륙뽕은 거의 동등한 탈리그닌율을 나타냈다. 펄프화법 별로는 설포메틸화법의 탈리그닌율이 인피부 펄프화의 경우와는 달리 가장 높게 나타났는데 이것은 다른 두 가지 펄프화법보다 상대적으로 심한 펄프화 조건에 기인되는 것으로 사

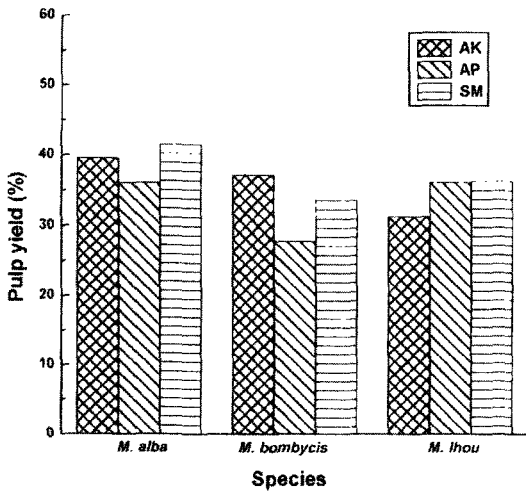


Fig. 4. Relationship between bast fiber pulp yield and species.

AK : Alkali pulp AP : Alkali-H₂O₂ pulp
SM : Sulfomethylated pulp

료된다.

3.4 펄프화법이 수율에 미치는 영향

3.4.1 인피부의 펄프화

각 계통별 품종의 인피부에 대하여 알칼리법, 알칼리-과산화수소법 및 설포메틸화법의 펄프화 특성을 Fig. 4에 나타냈다.

그림에서 보는 바와 같이 품종별로는 백상계 개량병의 펄프 수율이 39.6~41.6%로 가장 높았으며, 노상계 대륙병은 31.3~36.3%, 산상계 홍을병은 27.8~37.2%로 나타났다.

3가지 펄프화법 중 펄프의 수율은 설포메틸화법이 33.6~41.6%로 가장 높았고, 그 다음이 31.3~39.6%의 알칼리법 이었으며, 알칼리-과산화수소법이 27.8~36.1%로 가장 낮게 나타났다. 이와 같이 설포메틸화법이 다른 펄프화법에 비하여 높은 수율을 나타내는 것은 펄프화시 탈리그닌에 대한 선택성이 우수할 뿐만 아니라 증해약액으로 수산화나트륨을 직접 사용하지 않고 수산화나트륨의 생성반응에 의해 생성된 수산화나트륨에 의해 서서히 증해가 일어나기 때문에 셀룰로오스의 붕괴가 적다는 것을 의미한다.

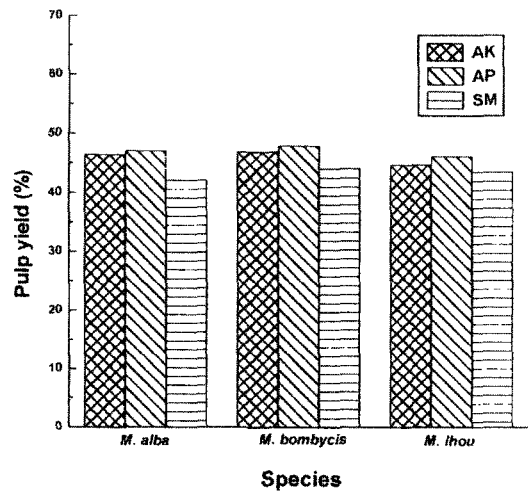


Fig. 5. Relationship between whole stalk pulp yield and species.

동일한 증해조건하에서 각 계통별 품종의 인피부 펄프 수율은 전통적인 한지 원료인 다펀 인피부의 알칼리법 펄프 수율 38.1%, 알칼리-과산화수소법 펄프 수율 39.5% 및 설포메틸화법 펄프 수율 45.2%^{19,20)}보다는 다소 낮지만 비교적 높은 수율을 나타냈다.

또한 탈리그닌율은 다펀보다 높게 나타났는데 이것으로부터 뽕나무의 인피부가 다펀 인피부보다 펄프화가 용이하다는 사실을 알 수 있다.

3.4.2 전간부의 펄프화

Fig. 5는 인피부와 목질부를 분리하지 않은 전간부의 펄프화 특성을 나타낸 것이다.

전간부의 펄프화는 인피부의 펄프화와 달리 증해온도를 170℃로 상승시킴으로써 펄프화가 가능하였으며, 설포메틸화법의 경우는 반응 시간을 증가시키고 증해온도를 180℃로 상승시킴으로써 외수피로부터 기인되는 미증해 물질 및 흑색 오염물질의 제거가 가능하였다.

각 계통별 품종의 펄프 수율은 인피부 펄프화에서 수율이 가장 낮았던 산상계 홍을병의 수율이 44.0~47.9%로 3가지 펄프화법 모두에서 가장 높았으며, 백상계 개량병은 42.1~47.0%, 노상계 대륙병은 43.4~46.0%의 수율을 나타냈다.

펄프화법에 따른 펄프 수율의 변화를 살펴보면, 알칼리-과산화수소법이 46.0~47.9%로 알칼리법

의 44.6~46.8%보다 높았는데, 이것은 알칼리-과산화수소법의 탈리그닌 선택성이 알칼리법보다 우수하기 때문인 것으로 사료된다. 한편, 인피부의 펄프화에서 수율이 가장 높았던 설포메틸화법의 수율이 42.1~44.0%로 가장 낮게 나타났는데, 이것은 다른 펄프화법에 비하여 과도한 증해가 일어났기 때문이라 사료되며, 탈리그닌율에서 이러한 사실을 알 수 있다.

각 계통별 품종의 전간부 펄프 수율을 동일한 증해조건하의 닥나무 펄프 수율과 비교한 결과, 닥나무의 수율 42.3~44.8%와 같거나 다소 높게 나타났으며, 탈리그닌율은 거의 동등한 것으로 조사되었다.

4. 결론

한지 제조용 원료의 확보와 인피섬유의 수입 대체 및 미이용 자원의 합리적 이용이라는 측면에서 현재 재배되고 있는 뽕나무의 3가지 계통의 대표적 품종에 대하여 해부학적 성질 및 화학적 조성분을 분석하고, 인피부뿐만 아니라 줄기 전체를 원료로 하는 전목 펄프화법의 적정 조건을 구명한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 부위별 인피섬유의 변화를 측정한 결과 섬유장은 상부, 섬유폭 및 세포벽 두께는 근원부가 가장 큰 것으로 나타났다. 품종별로는 산상계 홍올병의 섬유장, 섬유폭 및 세포벽 두께가 가장 컸으며, 백상계 개량병 및 노상계 대륙병은 비슷한 섬유특성을 나타냈다. 산상계 홍올병이 섬유의 유연계수 및 장/폭 비는 가장 높고, Runkel 계수는 가장 낮았으며, 백상계 개량병 및 노상계 대륙병은 비슷한 값을 나타냈다.

2. 추출물 및 회분의 함량은 인피부가 전간부보다 월등히 많았으며, 리그닌 및 홀로셀룰로오스의 함량은 전간부가 인피부보다 월등히 높았다. 품종별로는 산상계 홍올병의 인피부가 추출물, 리그닌, 홀로셀룰로오스 및 회분의 함량이 가장 높았으며, 전간부에서는 백상계 개량병이 추출물 및 리그닌, 산상계 홍올병이 홀로셀룰로오스 및 회분의 함량이 높은 것으로 나타났다.

3. 인피부 펄프화의 경우 알칼리법 및 알칼리-과산화수소법은 150℃, 60분, 설포메틸화법은 170℃, 60분으로, 전간부 펄프화의 경우 알칼리법 및 알칼리-과산화수소법은 170℃, 60분, 설포

메틸화법은 180℃, 240분 처리로 95% 이상의 높은 탈리그닌율을 나타냈으며, 전간부의 수율이 인피부의 수율보다 높았다.

4. 품종별 펄프화 특성은 인피부의 경우 백상계 개량병의 수율이 가장 높고, 산상계 홍올병이 가장 낮았으며, 전간부의 경우는 산상계 홍올병의 수율이 가장 높고 노상계 대륙병이 가장 낮았다. 펄프화법별 수율의 변화는 설포메틸화법이 알칼리 및 알칼리-과산화수소법보다 높았다.

인 용 문 헌

1. 농림수산부, 농림수산통계요람, pp. 137-139 (1993).
2. 농협중앙회, '93 농협연감, p. 55 (1993).
3. 崔泰鎬, 特殊林産 靱皮纖維의 펄프品質, 忠北大學校 大學院 碩士學位 論文 (1988).
4. 洪秉和, 文昌國, 辛東詔, 木本植物의 靱皮纖維에 關한 研究(第一報) —사리, 뽕나무類 및 삼지닥나무의 靱皮纖維의 特性에 關하여—, 慶尙大論文集 11:61 (1972).
5. 堀 洸, 小ロット生産の製紙實務, 紙業タイムス社, 東京, pp. 9-22 (1983).
6. 全哲, 목재공학 20(2):43 (1992).
7. Flemming, B. I., G. Kubes, J. M. Macleod, and H. I. Bolker, Tappi 61(6):43 (1978)
8. Yaguchi, T., Mokuzaigakkaishi 25(3):239 (1979).
9. 御田昭雄, 柏原 進, 河村英司, 今井重明, Japan Tappi 37(3):262 (1983).
10. 御田昭雄, 柏原 進, 河村英司, 今井重明, Japan Tappi 37(6):537 (1983).
11. De Groote, R. A. M. C., M. G. Neumann, J. R. Lechat, A. A. S. Curvelo, and J. Alaburda, Tappi J. 70(3):139 (1987).
12. 大井 洋, 中野準三, 石津 敦, Japan Tappi 41(8):708 (1987).
13. 崔泰鎬, 趙南奭, 펄프·종이기술 4(1):32 (1992).
14. Casey, J. P., Pulp & Paper, Chemistry and Technology, 3rd Ed. Vol. 1, pp. 142-154, John-Wiley & Sons Inc., New York (1980).
15. Perdue, E. R. and H. J. Nieschlag, Tappi 44(11):776 (1961).

16. Scott, W. E., and S. Trosset, Properties of Paper: An Introduction, pp. 1-122, TAPPI Press, Atlanta (1989).
17. Smook, G. A., Handbook for pulpan and paper technologists, pp. 3-19, Joint Textbook Committee of the Paper Industry, Atlanta (1982).
18. 前松陸郎, 井川數一, Japan Tappi 16(134):436 (1962).
19. 趙南奭, 崔泰鎬, 閔斗植, 펄프·종이기술 4(3):19 (1992).
20. 崔泰鎬, 닥나무를 이용한 새로운 傳統韓紙의 製造, 忠北大學校 大學院 博士學位論文 (1994)
21. 森本正和, 紙パルプ技術タイムス 27(1):10 (1984).