

뽕나무를 이용한 새로운 한지의 제조(제2보)

- 인피부 및 전간부 섬유·한지의 특성 -

최 태 호[†] · 조 남 석^{*}

New Korean Traditional Papermaking from *Morus spp.*(II) - Properties of the Hanjis Made from Bast Fiber and Whole Stalk Fiber -

Tae-Ho Choi[†] and Nam-Seok Cho^{*}

ABSTRACT

Excellence of the Korean traditional paper(Hanji) can be proved by literatures and legacies handed down from generations. However, with the problems pertaining to a majority of traditional manufactures, Hanji industry was declined because of low productivity, insufficient supply of raw material, and reduced demand. Therefore, modernization of the Hanji technology and development of new uses are very important.

This study was carried out to investigate the papermaking characteristics of *Morus spp.*(*M. alba*, *M. bombycis*, and *M. lhou*) for new Hanji, modernize manufacturing process of Hanji by grafting on developed modern pulping and papermaking technology, develop the various uses, and establish the foundation for development of high value-added products.

Hanjis made from *M. lhou*, whole stalk, and sulfomethylated pulp gave better sheet formation and higher brightness than those of the others.

Physical properties of Hanji which made from bast fiber pulps were better than those of whole stalk pulps. Hanji which made from *M. bombycis* bast fiber and whole stalk pulps were not so good sheet strength as other species. Sulfomethylated whole stalk pulps were shown better sheet strength than alkali and alkali-hydrogen peroxide whole stalk pulps.

• 본 논문은 1995년도 한국과학재단 Post-Doc. 지원에 의해 수행된 연구의 일부임.
• 충북대학교 농업과학기술연구소(Agricultural Science & Technology Institute, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea).
* 충북대학교 산림과학부(School of Forest Resources, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea).
† 주저자(Corresponding author)

1. 서론

우리 나라의 한지 제조업은 닥나무 인피섬유를 주로 사용하고 있으며, 국산 닥나무 인피섬유의 생산량 감소로 인하여 태국 등지로부터 한지 원료를 수입하고 있다. 그러나 이들 원료로 생산한 한지는 국산 닥나무 인피섬유로 제조한 한지에 비하여 품질이 열등하고 발목성의 불량 등 여러 가지 문제점을 야기하고 있다.

따라서, 현재 국내에서는 미이용 상태에 있는 뽕나무의 인피섬유 및 전간부의 펄프를 이용하여 새로운 형태의 한지를 제조하고, 이들 한지의 특성을 분석 비교하여 새로운 한지 원료로서의 이용 가능성을 검토하였다. 아울러 새로운 펄프화법을 도입하여 한지 펄프를 제조하고, 인피부뿐만 아니라 줄기 전체를 원료로 하여 인피섬유 특유의 장섬유 부분과 목질부의 단섬유 부분이 효과적으로 혼합된 새로운 유형의 한지 제조 특성을 구명코자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 재료

2.1.1 한지 펄프

백상계(*Morus alba* Linne) 개량뽕, 산상계(*Morus bombycis* Koidz) 홍울뽕 및 노상계(*Morus lhou* Koidz) 대륙뽕의 인피부 및 전간부를 알칼리법, 알칼리-과산화수소법 및 설포메틸화법으로 증해한 전보¹⁾의 펄프를 사용하였다.

2.1.2 분산제

시판 polyacrylamide(PAM : 분자량 수백만, 중립상사)를 사용하였다.

2.2 방법

2.2.1 지료의 조성

인피부 및 전간부 펄프를 헤리기를 이용하여 해

리한 다음, 지료 각 3.91 g[발규격 3.2자×2.2자 기준, 장당 5돈(몸배) 지에 해당하는 지료량]을 0.03% PAM 용액 5,000 mL에 넣고 고르게 분산되도록 저어 주었다.

2.2.2 한지의 제조

조성된 지료를 특수 제작한 한지 초지기를 사용하여 초지하였으며, 초지용 발은 화선지 제조용을 사용하였다. 초지된 습지는 스테인레스 스틸 판에 종이 면이 안쪽, 습취 면포가 바깥쪽을 향하도록 붙이고 실온에서 약 6시간 자연 탈수 및 건조를 행한 다음, 60℃로 조절된 열풍 항온건조기에서 2시간 건조하였다.

2.2.3 조습처리

소정의 방법으로 초지된 한지는 TAPI T 402 am-88에 의거 관계습도 50.0±2.0%, 온도 23.0±1.0℃에서 24시간 조습하였다.

2.2.4 한지의 물리적, 광학적 및 기계적 특성

제조된 한지의 물리적, 광학적 및 기계적 특성은 TAPPI test methods에 의거하여 측정하였고, 시이트의 formation은 Noram사의 REED N.U.I METER (Model MK II)를 사용하여 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 인피부 펄프 초지 한지의 특성

뽕나무 각 계통별 3품종의 인피부를 알칼리법, 알칼리-과산화수소법 및 설포메틸화법으로 펄프를 제조하고 이들 펄프를 특수 제작한 한지 수초지기를 이용하여 한지를 초지하였다. 아울러 초지된 각각의 한지에 대하여 물리적 및 기계적 특성을 측정된 결과를 Table 1에 나타냈다.

각 계통별 품종의 인피부 펄프를 이용하여 초지한 한지의 평량은 품종간에 큰 차이가 없는 것으로 나타났으나, 백상계 개량뽕의 평량이 다른 두 품종에 비하여 다소 낮은 것으로 나타났다. 이것은 백상계 개량뽕의 섬유장이 다른 두 품종의 섬

Table 1. Physical and mechanical properties of bast fiber pulps

Pulping methods Species	Alkali			Alkali-H ₂ O ₂			Sulfomethylated		
	<i>alba</i>	<i>bombycis</i>	<i>lhou</i>	<i>alba</i>	<i>bombycis</i>	<i>lhou</i>	<i>alba</i>	<i>bombycis</i>	<i>lhou</i>
Grammage(g/m ²)	29.1	31.1	31.4	30.9	31.3	32.9	31.6	32.3	32.2
Density(g/cm ³)	0.16	0.16	0.16	0.15	0.16	0.15	0.15	0.16	0.16
Brightness(%)	28.2	25.3	29.1	29.9	25.4	31.2	41.0	40.1	44.3
Opacity(%)	52.7	50.3	56.2	53.8	51.1	57.6	51.0	50.9	53.6
Formation(NUI)	41.3	43.8	41.4	38.4	46.7	34.6	34.9	40.8	40.2
Burst index(kPa · m ² /g)	1.28	0.85	1.59	2.25	1.16	1.58	1.21	0.91	1.13
Tear index(mN · m ² /g)	5.15	1.87	4.06	4.49	2.19	2.95	3.12	3.05	3.16
Breaking length(km)	1.35	0.70	1.28	1.09	0.81	0.80	0.84	1.04	1.03
TEA(J/m ²)	6.14	4.06	9.33	9.61	5.85	6.90	6.67	7.75	7.16
Folding endurance(time)	16.8	4.0	17.3	20.3	4.5	6.4	7.5	9.3	10.5

유장보다 짧았던 것에 기인된다고 사료된다.

펄프화법별로는 설포메틸화법으로 제조한 한지의 평량이 다른 펄프화법으로 제조한 한지보다 높게 나타났다. 이것은 펄프화 과정에서 섬유 리그닌에 설폰기의 도입으로 인한 친수성의 증가가 주된 원인이라 사료된다.

펄프화법 및 품종에 따라서 제조된 한지의 평량차가 발생하는 것은 초지시 유세포 등을 포함한 미세분들이 보류되지 못하고 초지발 사이를 통과하기 때문이라 생각된다. 계통별 뽕나무 인피섬유 단독으로 초지한 한지의 평량은 동일한 조건으로 제조한 닥나무 인피섬유 단독으로 초지한 한지의 평량 34.5~36.9 g/m²보다는 낮은 것으로 나타났다.²⁻⁵⁾

제조된 한지의 밀도 변화는 세 가지 품종 모두 거의 동일한 범위를 나타내고 있어 품종간의 차이를 확인할 수 없었다. 펄프화법별 밀도 변화도 품종간의 경우와 마찬가지로 펄프화법 상호간에 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

각 계통별 품종의 인피섬유 펄프로 제조한 한지의 밀도는 0.15~0.16 g/cm³의 범위로, 동일조건으로 제조한 닥나무 인피섬유 단독 초지 한지의 밀도 0.20~0.21 g/cm³³⁾보다 낮은 것으로 나타났다.

각각의 펄프화법으로 제조한 뽕나무 계통별 품종의 인피부 펄프를 이용하여 초지한 한지의 formation, 백색도, 불투명도 등 광학적 성질을 분석한 결과를 Figs. 1-3에 나타낸 것과 같다.

Fig. 1은 각 품종의 인피부 펄프 단독 초지시, 시이트 formation 변화를 나타낸 것으로서 종이의 formation은 지료, 초지기 및 완성지료의 조

성 등 많은 인자들의 영향을 받으며, 종이의 인쇄 및 필기 적성에 대단히 중요한 영향을 미친다.

품종별 제조 한지의 formation 변화는 산상계 홍을뽕이 40.8~46.7 NUI로 다른 두 품종에 비하여 비교적 불량한 것으로 나타났으며, 백상계 개량뽕(34.9~41.3 NUI) 및 노상계 대륙뽕(34.6~41.4 NUI)은 비슷한 수준으로 조사되었다. 펄프화법별 한지의 formation 변화는 알칼리법으로 제조한 한지가 가장 불량하며, 설포메틸화법으로 제조한 한지가 가장 양호한 것으로 나타났다.

뽕나무 인피부 펄프를 이용하여 초지한 한지의

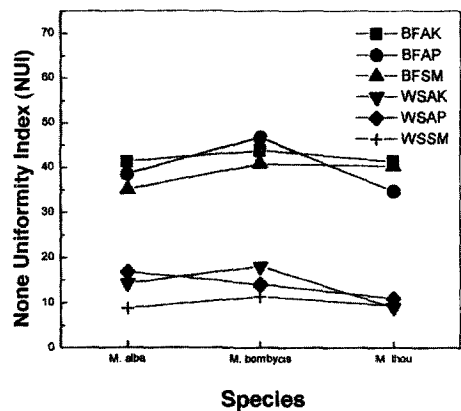


Fig. 1. Relationship between species and formation.

BF : Bast fiber; **WS :** Whole stalk
AK : Alkali pulp; **AP :** Alkali-H₂O₂ pulp
SM : Sulfomethylated pulp

formation은 닥나무 인피부 펄프 단독으로 초지한 한지의 21.6~27.1 NUI, 시판 화선지류의 15.6~20.4 NUI 및 수록 창호지의 26.0 NUI⁴⁾보다 불량한 것으로 나타났다.

Fig. 2는 각 품종의 백색도 변화를 나타낸 것으로서 뽕나무 인피 펄프 단독으로 초지한 한지의 백색도 변화를 살펴보면, 노상계 대륙뽕의 한지가 다른 두 품종에 비하여 비교적 높게 나타났으며, 백상계 개량뽕 및 산상계 홍올뽕은 거의 동일하였다.

펄프화법별 백색도의 변화는 알칼리법과 알칼리-과산화수소법의 한지가 각각 25.3~29.1% 및 25.4~31.2%로 거의 동일하였으며, 설포메틸화법 한지가 40.1~44.3%로 매우 높게 나타났다.

뽕나무 인피 펄프 단독 초지 한지의 백색도를 닥나무 인피 펄프 단독 초지 한지⁴⁾와 비교했을 때 알칼리 펄프화법으로 제조한 한지는 비슷한 값을 나타냈으나, 설포메틸화법 및 알칼리-과산화수소법으로 제조한 한지는 다소 백색도가 떨어지는 것으로 조사되었다. 이것은 원료인 인피섬유를 닥나무의 경우, 수액의 이동이 정지된 늦가을~초겨울에 걸쳐 삶아서 획득하는 반면, 뽕나무는 수액 이동이 가장 왕성한 5월에 삶지 않고 생으로 박피하여 획득하는 관계로 원료 내에 색소 관련 추출물이 많이 포함^{1,6)}되어 있기 때문으로 사료된다.

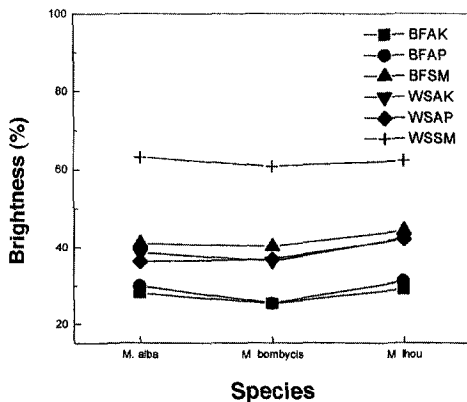


Fig. 2. Relationship between species and brightness.

Fig. 3은 각 계통별 품종의 인피 펄프로 초지한 한지의 불투명도 변화를 나타낸 것으로 품종별로는 산상계 홍올뽕이 50.3~51.1%로 다른 두 품종보다 낮았으며, 백상계 개량뽕 및 노상계 대

륙뽕은 각각 51.0~53.8%와 53.6~57.6%로 나타났다. 펄프화법에 따른 불투명도의 변화는 알칼리법 및 알칼리-과산화수소법으로 제조한 한지가 50.3~56.2% 및 51.1~57.6%로 비슷하였으며, 설포메틸화법으로 제조한 한지의 불투명도가 50.9~53.6%로 다소 낮았다.

뽕나무 인피 펄프를 이용하여 초지한 한지의 불투명도는 닥나무 인피 펄프를 이용하여 초지한 한지의 불투명도 57.1~67.8%⁴⁾보다 낮게 나타났다.

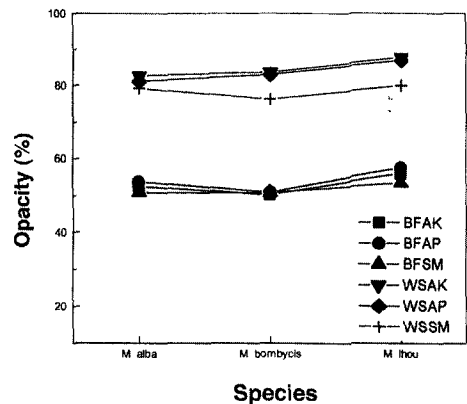


Fig. 3. Relationship between species and opacity.

각 계통별 품종의 인피부 펄프를 이용하여 초지한 한지의 파열강도, 인열강도, 인장강도, TEA 및 내절도 등 기계적 성질을 분석한 결과를 Figs. 4-8에 나타냈다.

Fig. 4는 인피부 펄프 단독으로 초지한 한지의 파열강도 변화를 나타낸 것으로서, 산상계 홍올뽕의 파열지수가 0.85~1.16 kPa·m²/g으로 다른 품종들보다 낮았으며, 백상계 개량뽕은 1.21~2.25 kPa·m²/g을 나타냈다. 펄프화법에 따른 파열지수의 변화는 알칼리-과산화수소법으로 제조한 한지가 가장 높게 나타났으며, 설포메틸화법으로 제조한 한지가 비교적 낮았다.

뽕나무 인피부 펄프 단독 초지 한지의 파열지수는 3종류의 펄프화법으로 제조한 닥나무 인피부 펄프 단독 초지 한지의 파열지수 1.81~2.15 kPa·m²/g⁴⁾과 비슷하였다.

뽕나무 각 품종의 인피부 펄프를 이용하여 초지한 한지의 인열강도 변화는 Fig. 5에 나타낸 것과 같다.

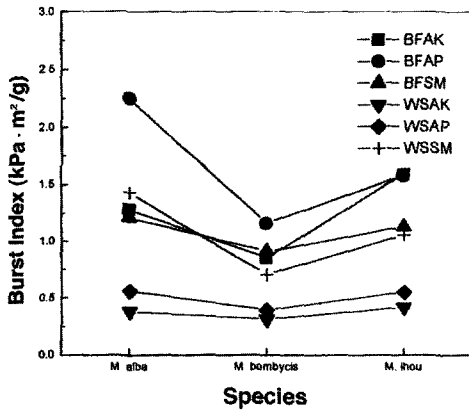


Fig. 4. Relationship between species and burst index.

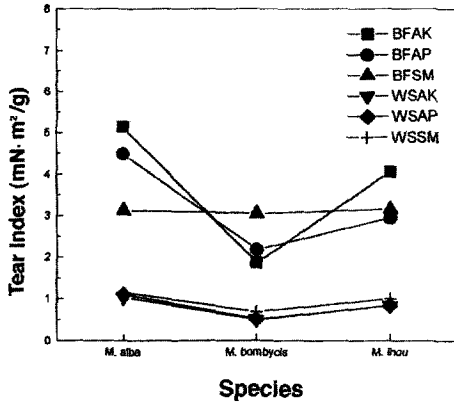


Fig. 5. Relationship between species and tear index.

품종에 따른 인열지수의 변화는 백상계 개량종이 3.12~5.15 mN · m²/g으로 가장 높았으며, 2.95~4.06 mN · m²/g의 노상계 대륙종 및 1.87~3.05 mN · m²/g의 산상계 홍을종순이었다. 펄프화법별 인열지수의 변화는, 전반적으로 알칼리법으로 제조한 한지의 인열지수가 높게 나타났으며, 설포메틸화법으로 제조한 한지는 3.05~3.16 mN · m²/g의 범위로 품종간에 큰 차이를 보였던 다른 펄프화법과는 달리 품종간에 큰 차이가 없었다.

뽕나무의 인피부 펄프로 초지한 한지의 인열지수는 닥나무 인피부 펄프 단독으로 초지한 한지의 인열지수 7.50~7.82 mN · m²/g⁴⁾보다는 낮았으나 수록 창호지의 4.63 mN · m²/g⁴⁾과는 비슷한 값을 나타냈다.

뽕나무의 각 품종별 인피부 펄프를 이용하여 초지한 한지의 열단장 변화는 Fig. 6에서 보는 바와 같이 백상계 개량종이 0.84~1.35 km로 노상계 대륙종의 0.80~1.28 km와 비슷하였으며, 산상계 홍을종이 0.70~1.04 km로 가장 낮았다. 펄프화법별로는 알칼리법으로 제조한 한지가 산상계 홍을종을 제외하고 가장 높은 값을 나타냈으며, 알칼리-과산화수소법으로 제조한 한지가 전반적으로 낮은 값을 나타냈다.

이와 같은 뽕나무 인피부 펄프를 이용하여 초지한 한지의 열단장은 닥나무 인피부 펄프 단독으로 초지한 한지의 1.40~2.15 km⁴⁾보다 낮은 값을 나타냈는데, 이것은 뽕나무 인피부 함유에 있어서 하나의 단점인 피목과¹⁾ 그것에서 유래된 불순물들 때문이라 사료된다.

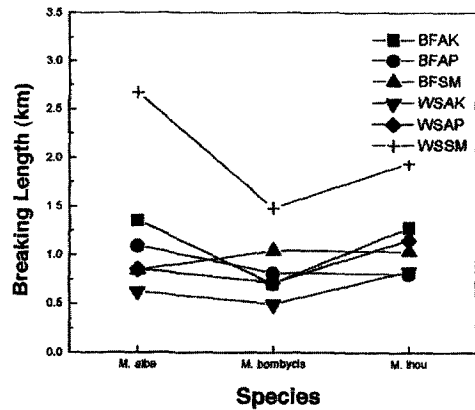


Fig. 6. Relationship between species and breaking length.

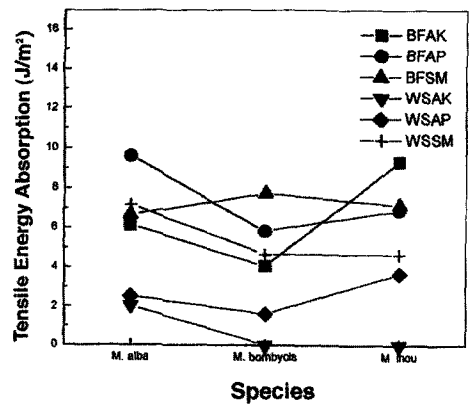


Fig. 7. Relationship between species and TEA.

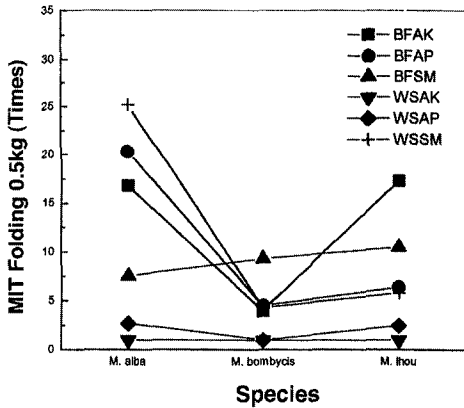


Fig. 8. Relationship between species and folding endurance.

Fig. 7은 각 품종별 인피부 펄프를 이용하여 초지한 한지의 인장에너지흡수를 나타내 것으로서 열단장이 높았던 백상계 개량빵 및 노상계 대륙빵의 인장에너지흡수가 각각 6.14~9.61 J/m²와 6.90~9.33 J/m²로 비슷한 값을 나타냈으며, 산상계 홍을빵이 4.06~7.75 J/m²로 낮은 값을 나타냈다. 펄프화법별 인장에너지흡수는 설포메틸화법으로 제조한 한지가 인장강도에서와 마찬가지로 품종간에 큰 차이가 없이 6.67~7.75 J/m²의 범위로 나타났으며, 알칼리법으로 제조한 한지가 노상계 대륙빵의 경우를 제외하고 낮은 값을 나타냈다.

Fig. 8은 각 품종별 인피부 펄프를 이용하여 초지한 한지의 내절도 변화를 나타낸 것으로서, 설포메틸화법으로 제조한 한지를 제외한 모든 펄프화법에서 백상계 개량빵의 내절도가 7.5~20.3

회로 가장 높게 나타났으며, 노상계 대륙빵 6.4~17.3회, 산상계 홍을빵 4.0~9.3회순이었다. 빵나무 인피부 펄프로 초지한 한지의 이와 같은 내절도 분포는 닥나무 인피부 펄프 단독으로 초지한 한지의 내절도 28~119회⁴⁾보다는 낮았다.

3.2. 전간부 펄프 초지 한지의 특성

빵나무 각 계통별 품종의 전간부에 대하여 알칼리법, 알칼리-과산화수소법 및 설포메틸화법 등 펄프화법을 달리하여 펄프를 제조하고 이들 펄프를 이용하여 초지한 한지의 물리적 성질 및 기계적 특성을 측정된 결과는 Table 2에 나타난 것과 같다.

전간부 펄프를 이용하여 초지한 한지의 평량 변화를 살펴보면, 산상계 홍을빵이 다른 품종에 비해 다소 높게 나타났으나 백상계 개량빵 및 노상계 대륙빵과 큰 차이는 없었다. 펄프화법별로는 알칼리법 및 알칼리-과산화수소법으로 제조한 한지간에는 큰 차이가 없었으며, 설포메틸화법으로 제조한 한지의 평량이 다소 낮았다.

전간부 펄프로 초지한 한지의 평량이 동일한 조건으로 초지한 인피부 펄프의 한지보다 낮게 나타났는데, 이것은 장섬유인 인피부와는 달리 전간부 펄프에는 목질부에서 유래된 유세포 등 미세섬유가 다량 포함되어 있어 초지시 이것들이 지층 중에 보류되지 못하고 초지발 사이를 통과하는 양이 증가했기 때문이라 사료된다.

빵나무 전간부 펄프를 이용하여 초지한 한지의 평량은 닥나무 전간부 펄프를 이용하여 동일한 조

Table 2. Physical and mechanical properties of whole stalk pulps

Pulping methods	Alkali			Alkali-H ₂ O ₂			Sulfomethylated			
	Species	alba	bombycis	lhou	alba	bombycis	lhou	alba	bombycis	lhou
Grammage(g/m ²)		28.1	29.3	27.9	27.9	30.3	28.8	26.0	26.8	26.8
Density(g/cm ³)		0.15	0.15	0.16	0.17	0.17	0.17	0.23	0.17	0.17
Brightness(%)		38.6	36.3	42.4	36.2	36.8	42.2	63.1	60.8	62.3
Opacity(%)		82.6	83.7	87.7	81.1	83.0	86.9	79.3	76.3	80.0
Formation(NUI)		14.2	18.0	8.9	16.7	14.0	10.9	8.7	11.3	9.3
Burst index(kPa · m ² /g)		0.38	0.31	0.42	0.56	0.39	0.55	1.43	0.70	1.06
Tear index(mN · m ² /g)		1.04	0.50	0.83	1.12	0.51	0.85	1.15	0.69	1.01
Breaking length(km)		0.62	0.49	0.83	0.85	0.71	1.15	2.67	1.48	1.94
TEA(J/m ²)		2.03	0.00	0.00	2.54	1.61	3.67	7.19	4.67	4.67
Folding endurance(time)		1.0	1.0	1.0	2.7	1.0	2.5	25.2	4.3	5.8

건에서 초지한 한지의 평량 $30.1 \sim 36.8 \text{ g/m}^2$ ⁵⁾ 보다는 낮게 나타났다. 이것은 원료의 채취시기에 따른 차이¹⁾로, 뽕나무가 상대적으로 미숙섬유를 많이 포함하고 있어 펄프 중의 미세분의 양이 증가했기 때문으로 사료된다.

각 계통별 품종의 전간부 펄프로 초지한 한지의 밀도 변화를 살펴보면 백상계 개량뽕의 설포메틸화법으로 제조한 한지의 0.23 g/cm^3 을 제외한 세 품종 모두 $0.15 \sim 0.17 \text{ g/cm}^3$ 의 범위로 큰 차이가 없었다. 펄프화법별로는 알칼리법으로 제조한 한지가 $0.15 \sim 0.16 \text{ g/cm}^3$ 로 비교적 낮은 값을 나타낸 반면, 알칼리-과산화수소법 및 설포메틸화법으로 제조한 한지는 백상계 개량뽕의 경우를 제외하고 0.17 g/cm^3 로 동일한 값을 나타냈다.

뽕나무 전간부 펄프를 이용하여 초지한 한지의 밀도는 인피부 펄프 단독으로 초지한 한지의 밀도 $0.15 \sim 0.16 \text{ g/cm}^3$ 와 같거나 다소 높게 나타났다.

전간부 펄프 단독으로 초지한 한지의 품종에 따른 formation 변화를 살펴보면, Fig. 1에서 보는 바와 같이 백상계 개량뽕이 $8.7 \sim 16.7 \text{ NUI}$, 산상계 홍울뽕이 $11.3 \sim 18.0 \text{ NUI}$ 였으며, 노상계 대륙뽕이 $8.9 \sim 10.9 \text{ NUI}$ 로 다른 품종에 비해 양호한 것으로 나타났다. 펄프화법별로는 알칼리법 및 알칼리-과산화수소법으로 제조한 한지는 비슷하였으나 알칼리-과산화수소법의 한지가 다소 불량하였으며, 설포메틸화법으로 제조한 한지가 가장 양호하였다.

뽕나무 전간부 펄프를 이용하여 초지한 한지의 formation은 닥나무 전간부 펄프 단독으로 초지한 한지의 $8.2 \sim 17.2 \text{ NUI}$ 와 비슷한 값을 나타냈으며, 시판종인 화선지류의 $15.6 \sim 20.4 \text{ NUI}$ 및 수록 창호지의 26.0 NUI ^{4,5)}보다는 양호한 formation을 나타냈다. 한편 전간부 펄프를 이용하여 초지한 한지의 formation은 인피부 펄프를 이용하여 동일한 조건에서 초지한 한지의 $34.6 \sim 46.7 \text{ NUI}$ 보다 월등히 양호하였다. 이것은 목질부 펄프에 포함되어 있는 다량의 단섬유들이 초지시 인피부의 장섬유들에 의해 형성된 섬유들간의 공극을 메워 주기 때문이라 사료된다.

Fig. 2는 뽕나무 각 품종의 전간부 펄프를 이용하여 초지한 한지의 백색도를 나타낸 것으로서 백상계 개량뽕과 노상계 대륙뽕이 각각 $36.2 \sim 63.1\%$ 및 $42.2 \sim 62.3\%$ 로 나타났으며, 산상계 홍울뽕이 $36.3 \sim 60.8\%$ 로 다른 두 품종에 비해

다소 낮았다. 펄프화법별 백색도의 변화는 알칼리법 및 알칼리-과산화수소법으로 제조한 한지는 거의 동일한 반면, 설포메틸화법으로 초지한 한지는 다른 두 가지 펄프화법보다 월등히 높은 $60.8 \sim 63.1\%$ 의 백색도를 나타냈다. 따라서 설포메틸화법으로 제조한 한지는 고백색도를 요구하는 제품을 제외하고는 표백을 하지 않아도 이용이 가능할 정도로 높은 백색도를 나타냈다.

전반적으로 전간부 펄프를 이용하여 초지한 한지의 백색도가 인피부 펄프를 이용하여 초지한 한지의 백색도보다 높은 값을 나타냈다. 또한 닥나무 인피부 펄프 단독으로 초지한 한지의 백색도 $35.0 \sim 57.5\%$ 보다는 다소 높은 값을 나타냈으며, 표백처리한 시판 화선지류 및 수록 창호지의 백색도 $48.1 \sim 79.3\%$ 및 67.3% ^{4,5)}보다는 다소 낮은 것으로 조사되었다.

Fig. 3은 각 품종별 뽕나무 전간부 펄프를 이용하여 초지한 한지의 불투명도를 나타낸 것으로 노상계 대륙뽕의 불투명도가 $80.0 \sim 87.7\%$ 로 다른 품종에 비하여 다소 높았으며, 산상계 홍울뽕이 $76.3 \sim 83.7\%$, 백상계 개량뽕은 $79.3 \sim 82.6\%$ 로 세 품종 중에서 가장 낮은 값을 나타냈다. 펄프화법에 따른 불투명도의 변화는 알칼리법 및 알칼리-과산화수소법의 한지는 비슷한 경향을 나타냈으나 알칼리법 한지의 불투명도가 다소 높았으며, 백색도가 높았던 설포메틸화법으로 제조한 한지의 불투명도가 가장 낮은 값을 나타냈다.

뽕나무 전간부 펄프를 이용하여 초지한 한지의 불투명도는 동일한 방법으로 초지한 인피부 한지의 불투명도 $50.3 \sim 57.6\%$ 보다 월등히 높았으며, 닥나무 전간부 펄프 단독으로 초지한 한지의 불투명도가 $80.4 \sim 85.9\%$ ⁵⁾와 비슷한 경향을 나타냈다. 한편 뽕나무 전간부 펄프를 이용하여 초지한 한지의 불투명도는 시판 화선지류의 $57.8 \sim 65.1\%$ 및 수록 창호지의 60.8% ⁴⁾보다는 상당히 높은 값을 나타냈다.

뽕나무 전간부 펄프를 이용하여 초지한 한지의 파열강도를 측정된 결과는 Fig. 4에서 보는 바와 같이 인피부 펄프를 이용하여 초지한 한지의 경우와 마찬가지로 산상계 홍울뽕의 강도가 $0.31 \sim 0.70 \text{ kPa} \cdot \text{m}^2/\text{g}$ 로 가장 낮은 값을 나타냈으며, 백상계 개량뽕과 노상계 대륙뽕은 $0.38 \sim 1.43 \text{ kPa} \cdot \text{m}^2/\text{g}$ 및 $0.42 \sim 1.06 \text{ kPa} \cdot \text{m}^2/\text{g}$ 으로 비슷한 강도 값을 나타냈다. 한편 펄프화법별로는 설포메틸화법으로 제조한 한지가 $0.70 \sim$

1.43 kPa·m²/g으로 다른 펄프화법으로 제조한 한지보다 높은 강도 값을 나타냈으며, 알칼리-과산화수소법 및 알칼리법으로 제조한 한지의 파열지수는 각각 0.39~0.56 kPa·m²/g과 0.31~0.42 kPa·m²/g으로 알칼리법으로 초지한 한지의 강도 값이 다소 낮았다.

전간부 펄프를 이용하여 초지한 한지의 파열지수는 동일한 조건으로 초지한 인피부 한지의 파열지수 0.85~2.25 kPa·m²/g에 비해 상당히 낮은 값을 나타냈는데, 이같은 강도차의 원인은 전간부 펄프에는 장섬유인 인피섬유의 양이 적고 상대적으로 많은 양의 단섬유가 포함되어 있기 때문이라 사료된다.

각각 펄프화법으로 제조한 뽕나무 전간부 펄프를 이용하여 초지한 한지의 파열지수는 닥나무 전간부 펄프 단독초지 한지의 파열지수 1.08~2.58 kPa·m²/g⁵⁾보다 낮은 강도 값을 나타냈으나, 시판 화선지류의 0.60~1.29 kPa·m²/g⁴⁾과는 비슷하였다.

Fig. 5는 뽕나무 전간부 펄프를 이용하여 초지한 한지의 인열지수를 나타낸 것으로서 산상계 홍울병이 0.51~0.69 mN·m²/g으로 인피부 한지에서와 마찬가지로 가장 낮은 강도 값을 나타냈으며, 백상계 개량병은 1.04~1.15 mN·m²/g으로 노상계 대륙병의 0.83~1.01 mN·m²/g보다 높은 강도 값을 나타냈다. 펄프화법별 인열강도의 변화는 세 가지 펄프화법 모두 비슷한 경향을 나타냈으나 설포메틸화법으로 제조한 한지가 다소 높은 강도 값을 나타냈으며, 알칼리법 및 알칼리-과산화수소법의 한지는 거의 동일한 강도 값을 나타냈다.

전간부 펄프를 이용하여 초지한 한지의 인열지수는 동일한 조건에서 초지한 인피부 한지의 인열지수 1.87~5.15 mN·m²/g보다 상당히 낮은 강도 값을 나타냈다. 이와 같은 강도 값의 차이는 전간부 펄프에 포함되어 있는 장섬유인 인피섬유의 양에 기인된다. 한편, 뽕나무 전간부 펄프를 이용하여 초지한 한지의 인열지수는 닥나무 전간부 펄프 단독으로 초지한 한지의 인열지수 0.97~1.63 mN·m²/g 및 시판 화선지류의 0.75~2.21 mN·m²/g^{4,5)}보다 다소 낮은 강도 값을 나타냈다.

Fig. 6은 뽕나무 각 계통별 품종의 전간부 펄프를 이용하여 초지한 한지의 열단장을 나타낸 것으로서 노상계 대륙병이 0.83~1.94 km로 다른

품종에 비하여 높은 강도 값을 나타냈으며, 백상계 개량병이 0.62~2.67 km, 노상계 홍울병이 가장 낮은 0.49~1.48 km를 나타냈다. 펄프화법별 강도의 차이는 설포메틸화법이 가장 높은 강도 값을 나타냈으며, 알칼리-과산화수소법, 알칼리법순으로 한지의 열단장이 감소하였다.

뽕나무 전간부 펄프를 이용하여 초지한 한지의 열단장은 같은 조건으로 초지한 인피부 한지의 열단장 0.70~1.35 km와 비슷한 강도 값을 가지는 것으로 나타났으며, 닥나무 전간부 펄프 단독으로 초지한 한지의 열단장 2.39~5.39 km 및 시판 화선지류의 1.55~2.89 km^{4,5)}보다 낮은 것으로 나타났는데 이것은 초지시 습압이 부족했기 때문으로 사료된다.

뽕나무 전간부 펄프를 이용하여 초지한 한지의 인장에너지흡수는 Fig. 7에서 보는 바와 같이 백상계 개량병이 2.03~7.19 J/m²로 가장 높은 값을 나타냈으며, 노상계 대륙병 3.67~4.67 J/m², 산상계 홍울병 1.61~4.67 J/m²의 순이었으며, 알칼리법으로 제조한 산상계 홍울병 및 노상계 대륙병의 한지는 측정이 불가능하였다. 펄프화법별로는 설포메틸화법으로 제조한 한지가 가장 높은 값을 나타냈으며, 알칼리-과산화수소법, 알칼리법의 순으로 감소하였다.

Fig. 8은 각각의 펄프화법으로 제조한 전간부 펄프를 이용하여 초지한 한지의 내절도를 나타낸 것으로서, 품종별로는 백상계 개량병의 설포메틸화법을 제외하면, 백상계 개량병과 노상계 대륙병이 거의 동일한 경향을 나타냈으며, 산상계 홍울병의 내절도가 가장 낮았다. 펄프화법별로는 설포메틸화법으로 제조한 한지가 4.3~25.2회로 다른 펄프화법보다 높게 나타났으며, 알칼리법과 알칼리-과산화수소법으로 제조한 한지는 각각 1.0회 및 1.0~2.7회로 매우 낮았다.

뽕나무 전간부 펄프를 이용하여 초지한 한지의 내절도는 동일한 조건으로 초지한 인피부 한지의 내절도 4.0~20.3회에 비하여 매우 낮은 값을 나타냈다. 한편, 닥나무 전간부 펄프 단독으로 초지한 한지의 내절도 7~173회⁵⁾보다는 낮은 값을 나타냈으나 설포메틸화법으로 제조한 한지는 시판 화선지류의 내절도 6~19회⁴⁾ 비슷한 강도를 나타냈다.

4. 결론

본 연구에서는 현재 국내에서 미이용 상태에 있는 뽕나무의 인피섬유 및 전간부 펄프를 이용하여 새로운 형태의 한지를 제조하고 이들 한지의 특성을 분석 비교하여, 한지 원료로서의 이용 가능성을 검토하였다. 아울러 새로운 펄프화법을 도입하여 기존의 한지 펄프와 다른 펄프를 제조하고, 인피부 뿐만 아니라 줄기 전체를 원료로 하여 인피섬유 특유의 장섬유 부분과 목질부의 단섬유 부분을 효과적으로 혼합한 새로운 유형의 한지 제조 특성을 구명코자 하였다. 얻어진 한지의 특성을 요약하면 다음과 같다.

1. 제조한 한지의 formation은 인피부 펄프로 제조한 한지보다 전간부 펄프로 제조한 것이 우수하였다. 품종별로는 노상계 대륙뽕이 우수하였으며 산상계 홍을뽕이 가장 불량하였다. 펄프화법에 있어서는 설포메틸화법으로 제조한 한지가 우수하였다.

2. 백색도는 전간부 펄프가 인피부 펄프보다 우수하였으며, 품종별로는 노상계 대륙뽕이 양호한 것으로 나타났다. 펄프화법에 있어서는 설포메틸화법으로 제조한 한지의 백색도가 다른 펄프화법으로 제조한 한지보다 월등히 우수하였다.

3. 불투명도는 전간부 펄프가 인피부 펄프보다 월등히 높았으며, 노상계 대륙뽕이 다른 품종들보다 높았다. 펄프화법별로는 알칼리법 및 알칼리-과산화수소법은 비슷한 경향을 나타냈으며, 설포메틸화법이 낮았다.

4. 제조한 한지의 부위별 강도적 특성을 분석한 결과, 인피부 펄프로 제조한 한지가 모든 강도에서 전간부 펄프로 제조한 한지보다 우수하였다.

5. 계통별 품종에 따른 강도특성은 백상계 개량뽕 및 노상계 대륙뽕이 비슷한 특성을 나타냈으나 인피부에서는 백상계 개량뽕이, 전간부에서는 노상계 대륙뽕이 다소 양호하였으며, 산상계 홍을뽕이 인피부 및 전간부 모두에서 불량하였다.

6. 펄프화법별 강도특성은 인피부에서는 펄프화법에 따른 변화가 심하게 나타났으며, 설포메틸화법으로 제조한 한지의 강도가 비교적 일정한 경향을 나타냈다. 전간부 펄프로 제조한 한지에 있어서는 설포메틸화법의 한지가 가장 우수한 강도특성을 나타냈으며, 알칼리법으로 제조한 한지의 강도가 가장 불량하였다.

인용문헌

1. 최태호, J. Korea TAPPI 31(3):96 (1999).
2. 趙南奭, 崔泰鎬, 閔斗植, J. Korea TAPPI 4(3):19 (1992).
3. 崔泰鎬, 닥나무를 利用한 새로운 傳統韓紙의 製造, 忠北大學校 大學院 博士學位論文 (1994).
4. 崔泰鎬, 趙南奭, J. Korea TAPPI 30(2):74 (1998).
5. 崔泰鎬, 趙南奭, J. Korea TAPPI 30(2):85 (1998).
6. 최태호, 뽕나무를 이용한 새로운 전통한지의 제조, 한국과학재단 박사후 연수과정 결과보고서 (1996).