

뽕나무자원의 새로운 한지제조 특성

이일로*¹ · 최태호 · 조남석[†]
(2006년 4월 3일 접수: 2006년 8월 18일 채택)

A New Hanji Manufacturing from *Morus* Resources

Il-Roh Yi*¹, Tae-Ho Choi and Nam-Seok Cho[†]
(Received on April 3, 2006: Accepted on August 18, 2006)

ABSTRACT

This study was carried out to investigate the sheet properties of *Morus* Hanji, made by different pulping methods, such as alkali, alkali-peroxide and sulfomethylated pulping, and different stocks composed to bast and whole stalk fibers. Two species of *Morus*, *M. alba* and *M. lhou*, were used.

Pulp yield of the whole stalk parts, its brightness and opacity were higher than those of bast part. In particular sulfomethylated pulp has higher brightness of 62~63%, than other pulps (average brightness 30~40%). In mechanical properties, paper made of bast fiber has higher strength than those of the whole stalks. Hanji made from *M. lhou*, whole stalk, and sulfomethylated pulp gave better sheet formation and higher strength than those of the others. Hanji from *M. alba* bast fiber and whole stalk pulps were not so good sheet properties.

Keywords : *Morus hanji, alkali pulping, alkali-peroxide pulping, sulfomethylated pulping, sheet formation, physical property*

1. 서론

한지의 원료로 사용되고 있는 닥나무 흑피의 생산량은 농촌 인구의 감소와 함께 매년 감소하여 상당량을 태국 및 필리핀에서 수입하고 있다. 그러나 이들 나라에서 수입하는 인피섬유는 열대지방

에서 자란 관계로 수지장해를 일으켜 한지의 문제점으로 대두되고 있으며, 이러한 문제로 인하여 화선지 제조시 30% 이상을 첨가하지 못하는 실정이다.^{1,2)} 또한 국산 닥의 경우 흑피 제조 시 삶아야만 박피가 가능하여 에너지 및 노동력의 요구도가 높다는 문제점을 안고 있다. 현재 우리나라의 한지

• 충북대학교 목재종이과학과 (Wood and Paper Science, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea)

*1 대상주식회사 중앙연구소 (R & D Center, Daesang Co. Ltd., Pyokyo-ri, Majang-myon, Ichon, Kyonggi-do 467-813, Korea)

† 주저자(Corresponding Author): E-mail: nscho@chungbuk.ac.kr

제조공장의 경우, 닥나무 인피섬유의 생산 감소로 인하여 외국산 인피섬유를 수입하여 한지를 제조하고 있으나 여러가지 어려움이 많다. 특히 화선지의 제조 시 값비싼 인피펄프보다 값싼 폐지를 많이 사용함으로써 생산된 제품의 내구성 감소, 황변현상, 발묵성 불량 등³⁾ 여러가지 문제점을 야기하고 있다. 또한, 현재의 한지 펄프 제조방법은 인피를 상압에서 장시간 증해하게 되므로 인피섬유의 손상, 펄프수율의 감소, 에너지 및 시간의 낭비와 함께 많은 노동력이 소요되고 있다. 한편, 가성소오다만을 사용하여 증해함으로써 펄프의 착색이 심하여 표백을 하여야만 원하는 백색도의 제품 생산이 가능하며, 발생하는 흑갈색의 증해 폐액과 염소 화합물의 표백제는 환경오염을 일으켜 인근 주민이나 감독관청으로부터 공해산업이라는 압력이 겹쳐 영세한 한지 제조업은 조업을 중단해야 할 위기에 처해 있는 현실이다.

반면 상피(桑皮)의 경우 국내에서 생산되기 때문에 외국에서 수입하는 인피섬유류에서와 같은 문제점이 없고, 닥나무 인피섬유가 생산되지 않는 봄 또는 가을에 잠엽의 부산물로 원료를 생산할 수 있어 수입 대체 및 연속적인 원료 확보가 가능할 뿐만 아니라 원료 생산시 봄에 채취한 뽕나무의 경우는 삶지 않아도 박피가 가능하여 에너지 및 노동력의 절감을 가져올 수 있다. 따라서 우수한 섬유자원임에도 불구하고 현재 거의 이용되지 못하고 폐기되고 있는 양잠의 부산물인 뽕나무자원을 이용하여 부가가치가 높은 공산품을 개발함으로써 잠엽 농가의 새로운 소득원 개발 및 양잠업의 활성화를 가져올 수 있다. 나아가서 뽕나무 줄기의 인피섬유 뿐만 아니라 줄기 전체를 그간의 발달된 펄프 제조 기술⁴⁻⁷⁾을 이용하여 새로운 한지 제조용 원료로서 개발함은 부족한 펄프 원자재의 수입 대체는 물론, 국내 부존자원 및 잠엽 부산물 이용의 극대화라는 측면에서 효과를 기대할 수 있어 그 개발의 의의는 매우 크다고 할 수 있다.

본 연구에서는 한지제조를 위한 대용섬유자원으로 사용한 2 계통의 뽕나무에 대한 해부학적 성질 및 화학적 조성분을 조사하고, 펄프화방법이 인피부 및 전간부로부터 제조한 한지의 물성에 미치는 영향을 구명코자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

국내에서 가장 많이 재배중인 품종으로서 백상계(*Morus alba* Linne)는 개량뽕, 노상계(*Morus lhou* Koidz)는 대륙뽕을 5월 초순에 채취하여 전간부는 음건하고, 인피부는 목질부와 분리한 다음, 음건하여 공시하였다. 인피부는 4~5 cm 길이로 절단하고, 전간부는 칩으로 제조하여 펄프 제조용 시료로 하였다.

2.2 해부학적 성질 측정

수고에 대하여 근원부, 중앙부, 상부의 3 부위로부터 시료를 채취, Schurz용액 ($KClO_3:HNO_3:H_2O = 1:2:1$)에 침지, 해섬하고, safranin으로 염색한 후 Measuring microscope를 이용 섬유장, 섬유폭 및 내강폭을 측정하였다.

2.3 펄프화 실험

증해약액으로 알칼리법 (NaOH사용, 인피섬유:활성알칼리 농도 18%, 액비 1:7, 전간부:활성알칼리 농도 20%, 액비 1:6)⁸⁻¹²⁾를 사용, 알칼리-과산화수소법 (인피섬유:활성알칼리 농도 18%, 액비 1:7, 전간부:활성알칼리 농도 20%, 액비 1:6)에 H_2O_2 (3%)를 첨가한 증해약액을 사용¹³⁻¹⁶⁾ 150°C 및 170°C에서 소정시간 증해하였다. 설포메틸화 펄프화법 증해약액(1 M Na_2SO_3 에 0.3 M 카르보닐 화합물을 첨가)을 사용하여¹⁷⁻¹⁹⁾ 액비 1:6으로 170°C 및 180°C에서 소정시간 증해하였다. 증해가 끝난 펄프를 해리기를 이용하여 해리후 세척한 후 105°C의 항온건조기에서 소정시간 건조하여 전수율을 구하였다. 펄프의 리그닌 함량은 TAPPI T236 cm-85에 의거하여 Kappa No.를 구한 다음 Klason 리그닌으로 환산하였다. Table 1은 뽕나무 한지의 펄프화 조건을 나타냈다.

2.4 한지제조특성

다른 펄프화법으로 제조된 인피부 및 전간부 펄프를 장당 18.75 g에 해당하는 지료를 0.03%의 polyacrylamide(PAM: 분자량 수백만, 중립상사)

Table 1. Pulping conditions of Hanji samples

Hanji name	Pulping method	Cooking solution	Liquid ratio	Temp. (°C)	Time (min)
BF-Ma1	AKP	NaOH, AA [#] 18%	1 : 7	150	60
WS-Ma2		NaOH, AA 20%	1 : 6	170	60
BF-Ma3	APP	NaOH, H ₂ O ₂ (3%), AA 18%	1 : 7	150	60
WS-Ma4		NaOH, H ₂ O ₂ (3%), AA 20%	1 : 6	170	60
BF-Ma5	SMP	1 M Na ₂ SO ₃ ,	1 : 6	170	60
WS-Ma6		0.3 M carbonyl compound	1 : 6	180	240
BF-MI1	AKP	NaOH, AA 18%	1 : 7	150	60
WS-MI2		NaOH, AA 20%	1 : 6	170	60
BF-MI3	APP	NaOH, H ₂ O ₂ (3%), AA 18%	1 : 7	150	60
WS-MI4		NaOH, H ₂ O ₂ (3%), AA 20%	1 : 6	170	60
BF-MI5	SMP	1 M Na ₂ SO ₃ ,	1 : 6	170	60
WS-MI6		0.3 M carbonyl compound	1 : 6	180	240

[#] Active alkali

용액 5 l 에 넣고 고르게 분산되도록 교반하여 특수 제작한 한지 초지기로 초지하였으며, 초지용 발은 화선지 제조용(발 규격 97×66.7 cm)을 사용하였다. 초지된 습지는 스테인레스 스틸 판에 종이면이 안쪽, 면포가 바깥쪽을 향하도록 붙이고 실온에서 약 6시간 자연 탈수 및 건조를 행한 다음, 60°C로 조절된 열풍 향온 건조기에서 2시간 건조하였다. 초지한 한지는 TAPPI T402 om-88에 의거 관계습도 50.0±2.0%, 온도 23.0±1.0°C에서 24시간 조습처리하였다.

한지의 특성으로서 평량, 두께 및 밀도는 TAPPI T220 om-88, T410 om-88 및 T411 om-89에 의거하여, 시이트의 formation은 Noram사의 REED N.U.I Meter (Model MK II)를 사용하여 측정하였다. 광학적 성질로서 백색도는 TAPPI T452 om-92에 의거, 강도적 성질로서 파열강도는 TAPPI T220 om-88 및 T403 om-91, 인열강도는

TAPPI T220 om-88 및 T414 om-88, 인장강도는 TAPPI T220 om-88 및 T494 om-88, 내절도는 TAPPI T220 om-88 및 T511 om-88에 의거하여 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 공시재료의 해부학적 특성

백상계 및 노상계 인피부 섬유층의 해부학적 특성을 Table 2에 나타내었다. 노상계의 인피섬유는 백상계 인피섬유보다 길이가 1.5 mm, 섬유 폭은 1.2 μm, 내강 폭은 0.7 μm 정도 더 큰 것으로 나타났다. 백상계 및 노상계 인피섬유층의 SEM 사진측정 결과, 인피섬유층의 특징인 투명막(translucent membrane)이 관찰되었다.²⁰⁾

Table 2. Anatomical characteristics of *M. alba* and *M. thou* bast fiber

Species	Fiber length (mm)		Fiber width (μm)		Lumen width (μm)	
	Range	Average	Range	Average	Range	Average
<i>M. alba</i>	2.62~26.45	8.79	10.5~51.0	25.61	3.5~32.0	11.95
<i>M. thou</i>	2.84~30.78	10.31	13.0~61.0	26.86	5.0~51.0	12.66

Table 3. Pulping characteristics of *M. alba* and *M. lhou*

Hanji name	Yield (%)	Kappa No.	Delignification (%)
BF-Ma1	39.6	9.7	94.4
WS-Ma2	46.4	15.8	95.1
BF-Ma3	36.1	9.3	95.0
WS-Ma4	47.0	15.3	95.2
BF-Ma5	41.6	11.9	92.7
WS-Ma6	42.1	14.4	95.9
BF-Ml1	31.3	9.2	95.8
WS-Ml2	44.6	15.4	95.4
BF-Ml3	36.1	9.4	95.1
WS-Ml4	46.0	15.2	95.3
BF-Ml5	36.3	10.6	94.5
WS-Ml6	43.4	14.5	95.7

3.2 뽕나무의 펄프화 특성

백상계(*M. alba*)와 노상계(*M. lhou*), 두 뽕나무 품종의 인피부와 전간부를 각각 알칼리, 알칼리-과산화수소, 설포메틸화법으로 펄프화하였다. 수율, Kappa No., 탈리그닌 등을 Table 3에 나타내었다. 인피부 펄프화의 경우 알칼리법 및 알칼리-과산화수소법은 150℃, 60분, 설포메틸화법은 170℃, 60분 처리로 모두 해섬이 용이하였다. 수율은 설포메틸화법이 다른 펄프화법보다 다소 높았고, 탈리그닌은 92~96%로 세가지 펄프화법에서 거의 동등한 탈리그닌을 나타냈다. 전간부 펄프화의 경우 알칼리법 및 알칼리-과산화수소법은 170℃, 60분, 설포메틸화법은 180℃, 240분 처리로 모두 해섬이 용이

하였다. 수율은 설포메틸화법이 다소 낮았는데 이는 다른 방법보다 펄프화 조건이 심하여 과도한 증해가 일어났기 때문이라고 사료된다. 탈리그닌은 세 가지 펄프화법 모두 95% 이상으로 우수하였다. 두 품종 모두 전간부 펄프의 수율이 인피부 펄프의 수율보다 다소 높게 나타났다.

3.3 한지의 물리적 특성

3.3.1 평량 및 밀도

백상계 및 노상계 한지의 겉보기 밀도와 평량을 Fig. 1 및 Fig. 2에 나타내었다. 백상계의 평량은 인피부 펄프로 초지한 한지가 29.1~31.6 g/m², 전

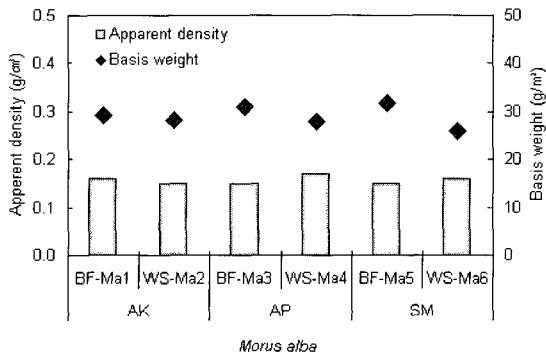


Fig. 1. Comparison of apparent density and basis weight of *M. alba* Hanji.

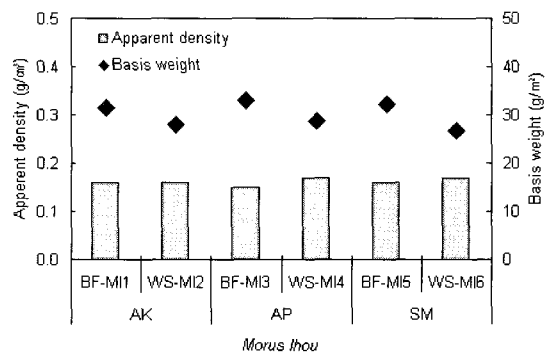


Fig. 2. Comparison of apparent density and basis weight of *M. lhou* Hanji.

간부 펄프로 초지한 한지가 26.0~28.1 g/m²이었다. 겉보기 밀도는 인피부 펄프로 초지한 한지가 0.15~0.16 g/cm³, 전간부 펄프로 초지한 한지가 0.15~0.17 g/cm³으로 나타났다. 노상계의 평량은 인피부 펄프로 초지한 한지가 31.4~32.2 g/m², 전간부 펄프로 초지한 한지가 26.8~28.8 g/m²이었다. 겉보기 밀도는 인피부 펄프로 초지한 한지가 0.15~0.16 g/cm³, 전간부 펄프로 초지한 한지가 0.16~0.17 g/cm³으로 나타났다. 두 품종 모두 전간부 펄프로 초지한 한지의 평량이 인피부 펄프로 초지한 한지보다 다소 낮았는데 이는 초지시 전간부 펄프에 포함된 유세포 등의 미세분들은 섬유장이 짧아 초지발 사이를 통과하기 때문이라고 사료된다.

3.3.2 광학적 특성

펄프의 백색도는 종이의 백색도에 가장 중요한 영향인자로 작용하며, 또한 다양한 인자들로부터 영향을 받는데 특히 물 속에 녹아 있는 철, 구리, 망간 등의 불순물들과의 친화력이 대단히 크고, 펄프 중의 리그닌 함량과 열화에 매우 민감하게 반응한다.²¹⁾ 백상계 및 노상계 한지의 백색도와 불투명도를 Fig. 3 및 Fig. 4에 나타내었다.

백상계의 백색도는 인피부 펄프로 초지한 한지가 28.2~41.0%, 전간부 펄프로 초지한 한지가 36.2~63.1%로 나타났다. 노상계의 백색도는 인피부 펄프로 초지한 한지가 29.1~44.4%, 전간부 펄프로 초지한 한지가 42.2~62.3%로 나타났다. 두 품종 모두 전간부 펄프로 초지한 한지의 백색도가 인피

부 펄프로 초지한 한지보다 다소 높은 값을 나타냈고, 펄프화법별로는 설포메틸화법이 알칼리법, 알칼리-과산화수소법보다 높은 값을 나타냈다. 알칼리법과 알칼리-과산화수소법으로 초지한 한지는 알칼리에 의한 quinone methide 구조가 많이 형성되어 섬유층의 착색으로 백색도가 낮게 나타났으며, 설포메틸법은 펄프화 과정에서 서서히 알칼리가 생성되고 소비되므로 착색구조의 발생이 적고 sulfite 이온의 표백작용 등으로 인하여 제조된 한지의 백색도가 높게 나타났다. 특히 설포메틸화법으로 전간부 펄프를 초지한 한지의 경우, 높은 백색도를 요구하는 제품을 제외하고는 표백을 하지 않아도 이용이 가능할 정도로 백색도가 높았다.

불투명도는 종이에 있어서 매우 중요한 성질의 하나로서 종이의 평량, 염료, 고해 및 습압의 정도, 충전제, 펄프섬유 등 여러가지 인자에 의해서 영향을 받는다. 일반적으로 불투명도는 평량 및 충전제의 양이 증가할수록 증가하며, 고해, 습압, 밀도가 증가하면 감소한다. 또한 불투명도는 섬유층의 영향은 거의 받지 않으나 미세섬유 및 섬유의 직경에 영향을 받는데, 섬유의 크기가 감소할수록 불투명도는 증가하고 표백펄프보다는 미표백펄프의 불투명도가 높다.²¹⁾

백상계의 불투명도는 인피부 펄프로 초지한 한지가 51.0~52.7%, 전간부 펄프로 초지한 한지가 79.3~82.6%로 나타났다. 노상계의 불투명도는 인피부 펄프로 초지한 한지가 53.6~57.6%, 전간부 펄프로 초지한 한지가 80.0~87.7%로서 백상계보

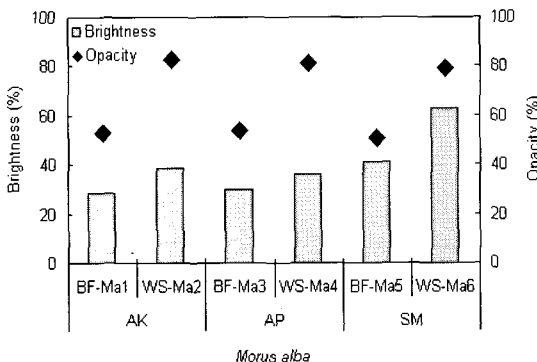


Fig. 3. Comparison of brightness and opacity of *M. alba* Hanji.

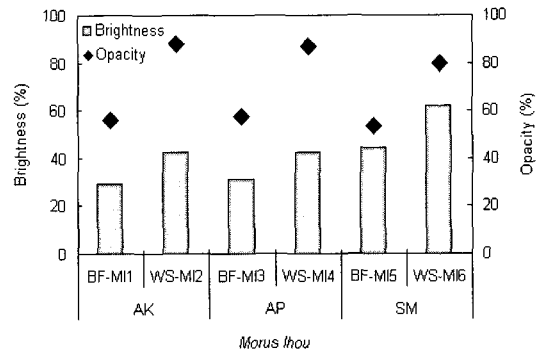


Fig. 4. Comparison of brightness and opacity of *M. lhou* Hanji.

다 높았다. 전간부 펄프로 초지한 한지가 인피부 펄프로 초지한 한지보다 월등히 높은 불투명도를 나타내고 있는 것은 전간부 펄프에 함유되어 있는 미세섬유가 불투명도에 밀접한 관련이 있는 것으로 생각된다. 펄프화법별로는 설포메틸화법이 알칼리법, 알칼리-과산화수소법보다 다소 낮은 것은 설포메틸화법 펄프의 높은 백색도와 관련이 있는 것으로 사료된다.^{4-7,22)}

3.3.3 강도적 특성

두 품종의 인피부 펄프와 전간부 펄프로 초지한 한지의 강도적 특성을 측정하여 지료 조성에 따른 한지의 강도적 특성을 분석하였다. 백상계 및 노상계 한지의 파열지수, 인열지수, 열단장, 인장에너지 흡수, 내절도를 Table 4 및 Table 5에 각각 나타냈

다.

종이의 파열강도는 섬유장과 섬유간 결합이 깊어 관여하는 강도로서 섬유장이 길고 질긴 원질로부터는 밀도가 낮고 파열강도가 높은 종이 제조되고, 섬유장이 짧고 잘 수화된 원질로부터는 밀도가 높고 파열강도 또한 높은 종이 제조된다.²¹⁾ Fig. 5는 백상계 및 노상계 한지의 파열지수를 나타낸 것으로서, 백상계의 파열지수는 인피부 펄프로 초지한 한지가 1.21~2.25 kPa·m²/g, 전간부 펄프로 초지한 한지가 0.38~1.43 kPa·m²/g으로 나타났다. 노상계의 파열지수는 인피부 펄프로 초지한 한지가 1.13~1.59 kPa·m²/g, 전간부 펄프로 초지한 한지가 0.42~1.06 kPa·m²/g으로 나타났다. 두 품종 모두 인피부 펄프로 초지한 한지가 전간부 펄프로 초지한 한지보다 높은 파열지수를 나타냈는데, 그 이유

Table 4. Mechanical properties of *M. alba* Hanji

Sheet name Properties	BF-Ma1	WS-Ma2	BF-Ma3	WS-Ma4	BF-Ma5	WS-Ma6
Burst Index (kPa·m ² /g)	1.28	0.38	2.25	0.56	1.21	1.43
Tear Index (mN·m ² /g)	5.15	1.04	4.49	1.12	3.12	1.15
Breaking Length (km)	1.35	0.62	1.09	0.85	0.84	2.67
TEA (J/m ²)	6.14	2.03	9.61	2.54	6.67	7.19
MIT Folding Endurance (time)	16.8	1.0	20.3	2.7	7.5	25.2

Table 5. Mechanical properties of *M. lhou* Hanji

Sheet name Properties	BF-M11	WS-M12	BF-M13	WS-M14	BF-M15	WS-M16
Burst Index (kPa·m ² /g)	1.59	0.42	1.58	0.55	1.13	1.06
Tear Index (mN·m ² /g)	4.06	0.83	2.95	0.85	3.16	1.01
Breaking Length (km)	1.28	0.83	0.80	1.15	1.03	1.94
TEA (J/m ²)	9.33	2.83	6.90	3.67	7.16	4.67
MIT Folding Endurance (time)	17.3	1.0	6.4	2.5	10.5	5.8

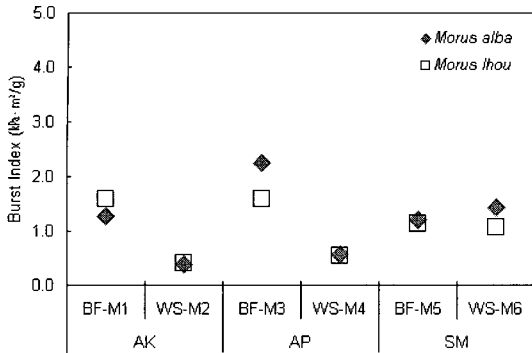


Fig. 5. Burst index of *M. alba* and *M. lhou* Hanji.

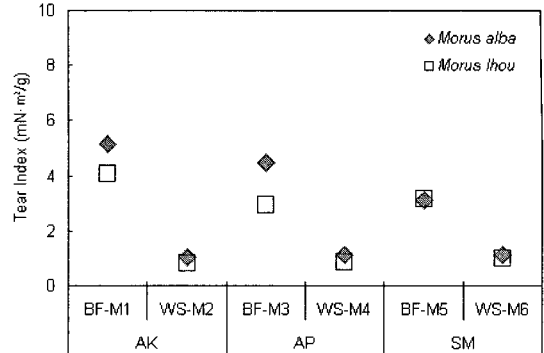


Fig. 6. Tear index of *M. alba* and *M. lhou* Hanji.

는 전간부 펄프에는 장섬유인 인피섬유의 양이 30% 정도로 적고 상대적으로 단섬유가 70% 정도로 많이 있기 때문이라 사료된다. 펄프화법별로는 인피부 펄프로 초지한 한지의 경우 설포메틸화법이 다른 펄프화법에 비해 낮은 값을 나타냈고, 전간부 펄프로 초지한 한지의 경우 설포메틸화법이 다른 펄프화법에 비해 높은 값을 나타냈다.

종이의 인열강도는 섬유장이 길면 길수록 강하며, 고해가 진행되어 섬유간 결합면적이 증가되어 최적 면적을 초과하게 되면 인장강도나 파열강도의 경향과는 달리 인열강도는 저하된다.²¹⁾ 백상계 및 노상계 한지의 인열지수를 Fig. 6에 나타냈다. 백상계의 인열지수는 인피부 펄프로 초지한 한지가 3.12~5.15 mN·m²/g, 전간부 펄프로 초지한 한지가 1.04~1.15 mN·m²/g였으며, 노상계의 인열지수는 인피부 펄프로 초지한 한지가 2.95~4.06 mN·m²/g, 전간부 펄프로 초지한 한지가 0.83~1.01 mN·m²/g로 나타났다. 두 품종 모두 인피부 펄프로 초지한 한지가 전간부 펄프로 초지한 한지보다 높은 값을 나타내는데, 이와 같은 이유는 전간부 펄프에는 인피섬유가 상대적으로 적은 양을 가지고 있기 때문인 것으로 사료된다. 펄프화법별로는 인피부 펄프로 초지한 한지의 경우 알칼리법이 다른 펄프화법보다 높은 값을 나타냈고, 전간부 펄프로 초지한 한지의 경우 펄프화법간의 차이는 미미하였다.

종이의 인장강도 지표로 사용되는 열단장은 단섬유의 강도, 섬유장, 지합 및 섬유간 결합의 양과 질에 의하여 크게 영향을 받으며, 고해도의 증가로

인한 인피섬유의 외부 및 내부 피브릴화가 진행됨에 따라 섬유의 표면적이 증가되고 섬유 표면에 노출된 셀룰로오스 분자의 수산기에 의해 수소결합의 기회가 증대되어 섬유간 결합이 커지게 된다. 아울러 수화된 섬유는 고해가 진행됨에 따라 유연성이 증가되어 섬유간의 결합에 기여하게 된다.²¹⁾

백상계 및 노상계 한지의 열단장을 Fig. 7에 나타내었다. 백상계의 열단장은 인피부 펄프로 초지한 한지가 0.84~1.35 km, 전간부 펄프로 초지한 한지가 0.62~2.67 km였다. 노상계의 열단장은 인피부 펄프로 초지한 한지가 0.80~1.28 km, 전간부 펄프로 초지한 한지가 0.83~1.94 km로 나타났다. 열단장이 낮은 이유는 한지의 제조시 습압(wet press)이 제대로 일어나지 못하여 지층의 형성(consolidation)을 향상시키지 못해 밀도 및 강도의 증가를 도모하지 못했기 때문이라 사료된다. 펄프

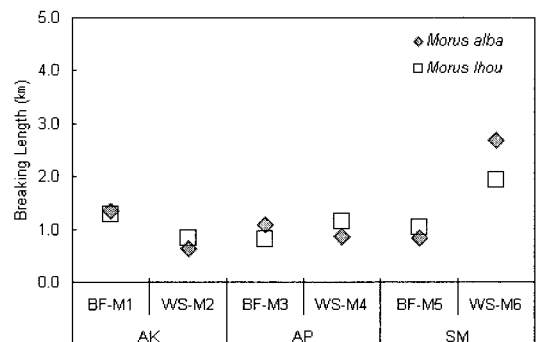


Fig. 7. Breaking length of *M. alba* and *M. lhou* Hanji.

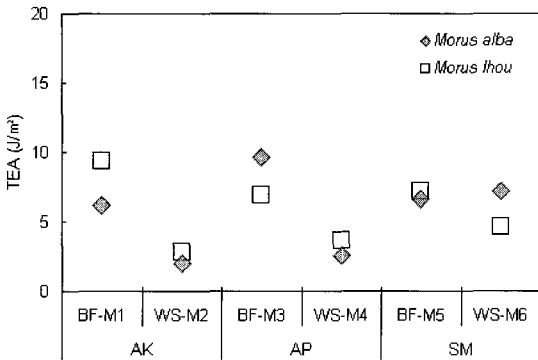


Fig. 8. TEA of *M. alba* and *M. thou* Hanji.

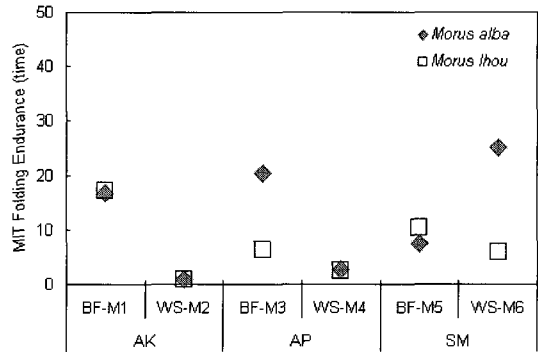


Fig. 9. MIT folding endurance of *M. alba* and *M. thou* Hanji.

화법별로 두 품종 모두 인피부 펄프로 초지한 한지의 경우, 설포메틸화법이 다른 펄프화법에 비해 다소 낮은 값을 나타냈고, 전간부 펄프로 초지한 한지의 경우 설포메틸화법이 다른 펄프화법보다 높은 값을 나타내고 있다.

인장에너지흡수(Tensile energy absorption, TEA)란 시편에 인장하중을 가하였을 때 일어나는 stress-strain 곡선으로 둘러싸이는 면적을 나타내는 것으로서 인장강도와 stretch가 결합되어 나타나는 강도이다. 일반적으로 이것은 인장강도에 비해하며, 이것이 높다는 것은 파괴에 소요되는 에너지의 양도 크다는 것을 의미한다.²¹⁾

백상계 및 노상계 한지의 TEA를 Fig. 8에 나타냈는데, 백상계의 TEA는 인피부 펄프로 초지한 한지가 6.14~9.61 J/m², 전간부 펄프로 초지한 한지가 2.03~7.19 J/m²로 나타났다. 노상계의 TEA는 인피부 펄프로 초지한 한지가 6.90~9.33 J/m², 전간부 펄프로 초지한 한지가 2.83~4.67 J/m²로 나타났다. 두 품종 모두 상대적으로 인피섬유를 많이 함유하고 있는 인피부 펄프로 초지한 한지가 전간부 펄프로 초지한 한지보다 높은 값을 나타냈으며, 전간부 펄프로 초지한 한지의 경우 설포메틸화법으로 초지한 한지가 가장 높은 값을 나타냈으며, 알칼리-과산화수소법, 알칼리법으로 순으로 감소하였다.

종이는 오랜 기간에 걸쳐 발생하는 접힘에 대한 저항 또는 내구성을 필요로 하는데 내절도 시험은 인장강도, 신장률, 압축저항과 여러가지 전단응력

과 변형의 조합을 측정하기 때문에 일반적인 기계적 성질 가운데 가장 복잡한 것이라 할 수 있다.²¹⁾ 백상계 및 노상계 한지의 내절도를 Fig. 9에 나타냈다. 백상계의 내절도는 인피부 펄프로 초지한 한지가 7.5~20.3회, 전간부 펄프로 초지한 한지가 1.0~25.2회였으며, 노상계의 내절도는 인피부 펄프로 초지한 한지가 6.4~17.3회, 전간부 펄프로 초지한 한지가 1.0~5.8회로 나타났다. 두 품종 모두 전간부 펄프로 초지한 한지의 내절도가 낮은 것은 인피섬유에 비해서 섬유벽이 얇고, 길이가 짧은 목질부 섬유가 다량으로 포함되어 있기 때문으로 사료된다. 펄프화법별로 두 품종 모두 인피부 펄프로 초지한 한지의 경우 설포메틸화법이 다른 펄프화법에 비해 다소 낮은 값을 나타냈고, 전간부 펄프로 초지한 한지의 경우 설포메틸화법이 다른 펄프화법보다 다소 높은 값을 나타내고 있다.

4. 결론

본 연구는 뽕나무에 대한 기초적인 자료와 인피부 및 전간부 펄프로 초지한 한지의 특성을 분석하기 위해서 실행되었다. 한지의 물리적, 광학적, 기계적인 특성을 분석하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 인피부 펄프화의 경우 알칼리법 및 알칼리-과산화수소법은 150°C, 60분, 설포메틸화법은 170°C, 60분으로, 전간부 펄프화의 경우 알칼리법 및 알칼

리-과산화수소법은 170℃, 60분, 설포메틸화법은 180℃, 240분 처리로 95% 이상의 높은 탈리그닌율을 나타냈으며 전간부 펄프의 수율이 인피부 펄프의 수율보다 높았다.

2. 두 품종 모두 전간부펄프로 초지한 한지가 인피부펄프로 초지한 한지보다 백색도와 불투명도가 높게 나타났다. 설포메틸화법에 의한 전간부펄프로 초지한 한지의 백색도는 62~63%로 다른 펄프화법에 비해 상당히 높게 나타났다. 펄프화법간의 불투명도의 차이는 미미하였다.

3. 기계적 강도특성은 두 품종 모두 인피부펄프로 초지한 한지가 전간부펄프로 초지한 한지보다 전반적으로 높게 나타났다. 펄프화법별로는 설포메틸화법에 의한 인피부펄프로 초지한 한지는 다른 펄프화법에 비해 다소 강도 특성이 낮게 나타났고, 전간부펄프로 초지한 한지는 다소 높게 나타났다.

인용문헌

- 홍병화, 문창국, 신동소, 목본식물의 인피섬유에 관한 연구(제1보)-싸리, 뽕나무류 및 삼지닥나무의 인피섬유의 특성에 관하여, 경상대논문집 11:61-66 (1972).
- 최태호, 특수임산 인피섬유의 펄프품질, 충북대학교 대학원 석사학위 논문 (1988).
- 森本正和, 和紙の科學, 紙パルプ技術タイムス 27(1):10-15 (1984).
- 崔泰鎬, 趙南奭. 닥나무류를 이용한 새로운 韓紙 개발에 관한 연구(제1보)-해부학적, 화학적 성질 및 펄프화 특성-Korea Tappi 4(1):32-40(1992).
- 趙南奭, 崔泰鎬, 閔斗植. 닥나무류를 이용한 새로운 韓紙 개발에 관한 연구(제2보)-목질부 및 인피부의 혼합 제지특성-Korea Tappi 4(3):19-26 (1992).
- 최태호. 뽕나무를 이용한 새로운 한지의 제조(제1보).-해부학적, 화학적 성질 및 펄프화 특성- 펄프 · 종이기술 31(1):96-104 (1999).
- 최태호. 조남석. 뽕나무를 이용한 새로운 한지의 제조(제2보). -인피부 및 전간부 섬유한지의 특성- 펄프 · 종이기술 31(4):84-92 (1999).
- 文星筆, 全恩淑, 위흠, 姜錫根. 韓紙 製造時 發生되는 樹脂斑點 障害의 改善 (第1報), Korea Tappi 24(2):15-21 (1992).
- Flemming, B.I., Kubes, G., Macleod, J.M. and Bolker, H.I.. Soda pulping with anthraquinone, Tappi 61(6):43-46 (1978).
- Fullerton, T.J.. Soda pulps with AQ, Appita 32(2):117-118 (1978).
- Ghosh, K.L., Venkaresh, V. and Gratzl, J.S.. Quinone additives in soda pulping of hardwoods, Tappi 61(8):57-59 (1978).
- Obst, J.R.. Quinones in alkaline pulping, Tappi 62(1):55-59 (1979).
- 御田昭雄, 柏原進, 河村英司, 今井重明. 過酸化水素のアルカリ溶液を蒸解薬液とするパルプ(PAP)の研究, 第1報, Japan Tappi 37(3):262-271 (1983).
- 御田昭雄, 柏原進, 河村英司, 今井重明. 過酸化水素のアルカリ溶液を蒸解薬液とするパルプ(PAP)の研究, 第2報, Japan Tappi 37(6):537-547 (1983).
- 御田昭雄, 金澤健治, 柏原進, 原信治, 淺見明彦. 過酸化水素のアルカリ溶液を蒸解薬液とするパルプ(PAP)の研究, 第4報, Japan Tappi 39(2):251-259 (1983).
- 御田昭雄, 柏原進, 淺見明彦, 河村英司. 過酸化水素のアルカリ溶液を蒸解薬液とするパルプ(PAP)の研究, 第5報, Japan Tappi 39(6):585-593 (1985).
- 조남석. 中野準三. 설포메틸화에 의한 펄프제조에 관한 연구(제4보).-중해조제가 펄프화에 미치는 영향 및 리그닌특성, 펄프 · 종이기술 27(1): 32-40 (1995).
- 大井洋, 中野準三, 石津敦. 針葉樹材のキノン添加亞硫酸ナトリウム・ホルムアルデヒド 蒸解に關する研究, Japan Tappi 41(8):708-716 (1987).
- 李宗藩, 中野準三. サルファイト改良法による高歩留パルプの製造について, Japan Tappi 28(7):322-328 (1974)
- Ivessalo-Pfäffli, M.-S., Fiber Atlas, Springer (1995).
- Scott, W.E., Abbott, J.C., and Trosset, S. Eds., Properties of Paper: An Introduction 2nd ed., TAPPI PRESS, Atlanta, Georgia (1995).
- 최태호, 닥나무를 이용한 새로운 전통한지의 제조, 충북대학교 대학원 박사학위 논문 (1994).