

대용섬유자원으로써 어저귀를 이용한 한지제조(제2보)*¹ -인피 및 목질부 섬유를 이용한 한지 제조-

정선화*^{2†} · 조남석*³ · 최태호*³

Manufacturing of Korean Paper(Hanji) with Indian Mallow (*Abutilon avicennae Gaertner*) as the Alternative Fiber Resources(II)*¹ - Manufacturing of The Hanjis Made from Bast Fiber and woody core fibers -

Seon-Hwa Jeong*^{2†} · Nam-seak Cho*³ · Tae-Ho Choi*³

요 약

생장속도가 빨라서 단위면적당 Biomass의 생산량이 많은 어저귀(Indian mallow, *Abutilon avicennae* G.)를 원료로 하여 펄프화하였으며, 제조한 한지의 물리적·기계적·현미경적 특성에 관하여 비교 검토하였다.

제조한 한지의 특성을 살펴보면 광학적, 강도적, 현미경적인 특성에서 설포메틸 펄프화법이 우수한 결과를 나타냈고, 장섬유인 인피부 펄프에 대한 단섬유인 목질부 펄프의 혼입량 증가에 따른 변화에 있어 지질(밀도, 백색도, 불투명도, 지합)의 변화는 점차 증가했으나, 강도는 감소하는 경향을 나타냈다.

ABSTRACT

This study was carried out to investigate the sheet properties of Indian mallow Hanji, made by different pulping methods, such as alkali and sulfomethylated pulpings, and different stock compositions, various mixing ratios of bast fiber and woody core fibers. Indian mallow hanjis made from the sulfomethylated pulps had higher brightness and sheet strength than the alkali pulps. It was found that the brightness of sulfomethylated pulp was enough high without an extra-bleaching. In the mechanical properties of Indian mallow hanjis mixed with bast fiber and woody core stalk pulps, the sheet strength

*¹ 접수 2003년 1월 15일, 채택 2003년 3월 28일

*² 충북대학교 농업과학기술연구소, Institute of Agriculture Science & Technology, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea

*³ 충북대학교 농과대학 임산공학과, Dept of Forest Products, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea

† 주저자(corresponding author) : 정선화(e-mail: jeongsh@empal.com)

were decreased as woody core pulps contents were increased. The sheet formation were increased as the increase of woody core pulps contents, while the sheet strength decreased. Although the sulfomethylated pulping resulted in higher pulp yield, no morphological differences of fiber surfaces were shown as compared to the different pulping methods.

Keywords: Indian mallow, bast fiber, woody core fiber, alkali pulping, sulfomethylated pulping

1. 서 론

한지 펄프 제조 방법은 인피를 상압에서 장시간 증해함으로써 섬유의 손상, 펄프 수율의 감소, 에너지 및 시간의 낭비와 함께 많은 노동력이 소요되고 있다. 한편 가성소다만을 사용하여 증해함으로써 펄프의 착색이 심하여 표백을 하여야만 원하는 백색도 제품 생산이 가능하며, 발생하는 흑갈색의 증해 폐액과 염소 화합물의 표백제는 수질오염을 일으켜 인근 주민 및 감독관청으로부터 공해산업이라는 압력이 겹쳐 영세한 한지제조업은 조업을 중단해야 할 위기에 처해있다. 이러한 문제점들을 해결하기 위하여 조(1993)는 표백이 필요없는 무공해 전통한지의 제조한 관한 연구 보고를 통하여 대안을 제시하였다.

또한 국산 닥나무 인피섬유의 생산량 감소로 인하여 태국 등지로부터 한지 원료를 수입하고 있으나, 이들 원료로 생산한 한지는 국산 닥나무 인피섬유로 제조한 한지에 비하여 품질이 열등하고 발목성의 불량 등 여러 가지 문제점을 야기하고 있다(정 등, 1999., 문 등, 1992). 따라서 대체섬유작물을 선발, 보급하자는 취지 하에 비목질계 섬유자원을 이용한 종이제조에 관한 연구보고들이 활발히 진행되고 있다. Meijer 등(1994)은 hemp 펄프의 수율측정 및 인피부와 목질부의 해부학적, 화학적 특징을 밝혔고, Groot(1995)는 hemp 섬유의 목질부를 이용한 펄프 및 종이의 생산에 관해 보고하였고, Hara(1976)는 광학현미경과 주사전자현미경을 이용해 아마 섬유의 구조적인 특징을 밝혔고, 이밖에도 짚류(Tosaka 등, 1984), Linter(Cheng 등, 1994), 갈대(Hata 등, 1975), 케나프(Sabharwal 등, 1994), 아바카(Peralta, 1996), 대나무(Wai 등, 1984), 황마(Akhtaruzzamman 등, 1995) 등의 비목질계 섬유자원을 이용한 종이관련 연구들이 발표되었다.

본 연구는 미이용 또는 저이용 섬유자원의 활용화 및 한지 대용섬유자원의 추구라는 관점에서 비목질계 섬유이며 일년생초본류인 어저귀(Indian mallow)의 인피부 및 목질부를 고수율의 새로운 펄프화법으로 한지 펄프를 제조하고 이들 한지의 특성을 비교·분석하여 새로운 한지 원료로서의 이용 가능성을 검토하고자 하였다.

2 재료 및 방법

2.1. 공시재료

2.1.1. 펄프

어저귀의 인피부 및 목질부를 알칼리, 설포메틸화법으로 증해한 진보(정 등, 2002)의 펄프를 사용하였다.

2.1.2. 분산제

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

2.2. 한지의 제조

2.2.1. 지료의 배합

원료의 인피부·목질부를 Table 1과 같은 혼합비로 배합된 지료를 만들어 분산제인 PAM 용액을 넣고 고르게 분산시켰다.

2.2.2. 초지

2.2.1에서 조성된 지료를 TAPPI Standard 원형수 초지기를 이용하여 평량 60 g/m²으로 초지하고 압착

Table 1. Mixing ratios of pulps

Hanji samples	Pulps(%)	
	Bast fiber	Woody core
B100 : C0	100	0
B60 : C40	60	40
B40 : C60	40	60
B0 : C100	0	100

및 건조를 실시하였다.

2.3. 종이의 물성 조사

소정의 방법으로 초지된 한지는 TAPPI Standard T 402 om-88에 의거 조습 처리하였으며, 제조된 한지의 물리적, 광학적 특성은 TAPPI Standard methods에 의거하여 측정하였다. 한지의 formation은 Noram사의 REED N.U.I METER(Model MK II)를 사용하여 측정하였다.

2.4. 펄프 및 한지의 주사전자현미경(SEM) 관찰

각각의 펄프화법으로 제조한 인피부 및 목질부 펄프를 동결건조한 다음, 주사전자현미경(Hitachi社, Model

S-570)을 사용하여 관찰하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 인피부 및 목질부 펄프 혼합 초지 한지의 특성

알칼리 펄프화법과 설포메틸 펄프화법으로 각각 혼합초지한 한지의 물리적 특성을 측정된 결과를 Table 2와 Table 3에 나타냈다.

3.1.1. 지질의 변화

혼합률에 따른 겉보기 밀도, 지합, 투기도 등 지질의 변화를 검토한 결과, 인피부에 대한 목질부 펄프 혼합률과 종이의 밀도와 관계는 두 종류의 펄프 모두 단섬유인 목질부 펄프 혼합율이 증가할수록 밀도가 증가하는 것으로 나타났다. 펄프화법에 따라서는 설포메틸화법이 알칼리화법에 비하여 상승하는 경향을 보였으며, 두 펄프화법 모두 목질부 단독초지 시 최대값을 나타냈다. 종이의 지합은 두 종류의 펄프 모두 목질부 펄프의 혼합량이 증가할수록 인피 펄프 단독으로 초지하였을 때보다 지합이 향상되었음을 알 수 있었다.

펄프화법에 따라서는 알칼리화법보다 설포메틸화

Table 2. Physical properties of Hanjis mixed with bast fiber and woody core pulps cooked by alkali pulping method

Mixing ratio(%)	B100 : C0	B60 : C40	B40 : C60	B0 : C100
Freeness(ml, C.S.F.)	660	610	600	560
Grammage(g/m ²)	62	62	59	57
Thickness(mm)	0.16	0.13	0.12	0.09
Apparent density(g/cm ³)	0.36	0.44	0.50	0.61
Brightness(ISO, %)	27	29	29	29
Opacity(ISO, %)	97	98	98	98
Light scattering coefficient(m ² /kg)	31	29	28	26
Light absorption coefficient(m ² /kg)	12	14	14	15
Formation(N.U.L)	42	32	23	17
Air permeability(sec.)	N/A	4.4	11	480

* N/A : Not applicable

Table 3. Physical properties of Hanjis mixed with bast fiber and woody core pulps cooked by sulfomethylated pulping method

Mixing ratio(%)	B100 : C0	B60 : C40	B40 : C60	B0 : C100
Freeness(ml, C.S.F.)	670	630	630	530
Grammage(g/m ²)	62	60	60	56
Thickness(mm)	0.17	0.14	0.12	0.09
Apparent density(g/cm ³)	0.39	0.48	0.51	0.61
Brightness(ISO, %)	47	49	50	52
Opacity(ISO, %)	80	88	88	88
Light scattering coefficient(m ² /kg)	30	29	27	24
Light absorption coefficient(m ² /kg)	2.4	3.0	3.3	4.1
Formation(N.U.I.)	25	16	16	9.4
Air permeability(sec.)	N/A	16	83	520

※ N/A : Not applicable

법의 지합 수치가 더 낮게 나타나 설포메틸화법으로 제조한 어저귀 한지의 지합이 양호함을 알 수 있다. 한지의 투기도는 두 펄프화법 모두 목질부의 혼합량이 증가할수록 투기도가 낮아지는 경향을 보였다. 특히 인피 섬유 단독초지시에는 측정이 어려울 정도로 매우 낮았으며, 목질부 함량이 60% 이상이면 현저히 증가되는 것으로 나타났다. 이러한 현상은 목질부의 짧고 미세한 섬유들이 섬유간 및 섬유표면의 공간을 채우는 역할을 하면서 섬유간 결합을 강하게 하였으며, 인피섬유만으로 만든 한지의 경우에는 투기도를 측정할 수 없을 정도로 낮았다. 두 가지 펄프화법에 따라서는 초기에는 거의 차이가 없다가 목질부 펄프의 혼합량이 60% 이상 첨가된 이후에는 설포메틸화법이 약간 높게 나타났다.

3.1.2. 광학적 성질의 변화

백색도 변화는 인피섬유 단독 초지의 경우 설포메틸화법이 47%로 알칼리화법의 27%보다 높은 값을 나타내었으며, 혼합량에 따른 백색도는 두 펄프화법 모두 단섬유인 목질부의 혼합량이 증가할수록 상승됨을 알 수 있었으며, 설포메틸 펄프화법이 높게 나타났다. 불투명도는 인피 펄프 단독초지인 경우 백색도가 훨씬 높았던 설포메틸화법이 80.3%로 알칼리화법의 97.3%보다 낮았으며, 전체적으로 설포메틸화법의 불

투명도가 낮은 경향을 나타냈다. 목질부 펄프의 혼합초지의 경우 혼합율이 증가할수록 알칼리 펄프화법으로 제조한 한지에는 거의 변화가 없었으나, 설포메틸화법으로 제조한 한지에 있어서는 목질부 펄프가 혼합될수록 불투명도가 약간씩 상승하는 경향을 보였다.

비산관계수는 인피 펄프 단독초지의 경우 두 펄프화법간에는 뚜렷한 차이가 없었으나, 목질부 펄프의 혼합량이 증가할수록 비산관계수가 감소하였고, 목질부 단독초지시 가장 많이 감소하는 경향을 나타냈다. 설포메틸화법이 알칼리화법보다 약간 낮은 비산관계수를 나타내었는데, 이는 설포메틸화법으로 증해한 펄프가 섬유간 결합이 우수하다는 것을 의미한다. 비흡수계수의 변화는 두 가지 펄프화법 중 알칼리 펄프화법이 높은 수치를 나타내었다. 이는 알칼리화법으로 제조한 펄프에 빛을 흡수할 수 있는 성분들이 상대적으로 많이 포함되어 있기 때문이라 생각된다. 또한 펄프화법에 관계없이 두 가지 펄프화 방법 모두 목질부 펄프의 혼합량이 증가할수록 비흡수계수 또한 증가한다는 사실을 알 수 있었다.

3.1.3. 기계적 성질의 변화

장섬유인 인피 펄프에 단섬유의 목질부 펄프의 혼합이 파열강도, 인열강도, 인장강도, 내절도 및 단섬

Table 4. Mechanical properties of Indian mallow Hanjis mixed with bast fiber and woody core pulps cooked by alkali pulping method

Mixing ratio(%)	B100 : C0	B60 : C40	B40 : C60	B0 : C100
Grammage(g/m ²)	62	62	59	57
Apparent density(g/cm ³)	0.36	0.44	0.50	0.61
MIT folding endurance(times)	10	19	25	13
Burst index(kPa · m ² /g)	16	20	19	14
Tear index(mN · m ² /g)	18	12	93	33
Tensile index(Nm/g)	27	33	36	45
Breaking length(km)	28	33	3.7	4.6
Zero-span tensile strength(kg/mm)	95	93	83	6.1

Table 5. Mechanical properties of Indian mallow Hanjis mixed with bast fiber and woody core pulps cooked by sulfomethylated pulping method

Mixing ratio(%)	B100:C0	B60:C40	B40:C60	B0:C100
Grammage(g/m ²)	62	60	60	56
Apparent density(g/cm ³)	0.39	0.48	0.51	0.61
MIT folding endurance(times)	11	22	27	17
Burst index(kPa · m ² /g)	16	22	20	17
Tear index(mN · m ² /g)	20	12	11	4.1
Tensile index(Nm/g)	30	34	43	53
Breaking length(km)	3.1	3.4	4.4	5.5
Zero-span tensile strength(kg/mm)	9.6	9.9	83	63

유 강도의 지표인 zero-span 인장강도 등 기계적 성질을 Table 4 및 5에 나타냈다.

3.1.3.1. 파열강도

인피섬유 단독초지 시 파열지수는 설포메틸화법이 1.6 kPa · m²/g으로 알칼리화법 1.6 kPa · m²/g과 대동소이하였고, 목질부 펄프의 혼합량에 따른 파열강도의 변화는 목질부 펄프의 혼합량이 40%일 때 두 펄프화법 모두 가장 높은 파열강도를 나타냈으며, 설포메틸화법이 2.2 kPa · m²/g으로 알칼리화법 2.0 kPa · m²/g보다 높게 나타났다. 그러나 그 이상의 혼합량에서는 목질부 펄프의 혼합량이 증가할수록 낮은 파열강도를 나타냈다. 이는 장섬유인 인피 펄프에 단섬유인 목질부 펄프를 40% 혼합한 경우에는 장섬유의 불충분한 지합이 개선되어 종이의 밀도 증가와 함께 파열강도가 증진되었기 때문으로 생각된다.

3.1.3.2. 인열강도

인피 펄프 단독초지시 각 펄프화법별 인열강도는 알칼리화법이 18 mN · m²/g으로 설포메틸화법 20 mN · m²/g보다 낮았다. 목질부 펄프 혼합에 따른 인열강도의 변화는 목질부 펄프의 혼합량이 증가할수록 감소하는 경향을 나타냈다. 인피부 단독초지에서와 마찬가지로 설포메틸화법의 인열강도가 높게 나타났다.

3.1.3.3. 열단장

인피 펄프 단독초지의 경우 설포메틸화법이 3.1 km로 알칼리화법 2.8 km보다 높은 강도를 나타냈다. 목질부 펄프 혼합초지에 의한 열단장의 변화는 목질부 펄프의 혼합량이 증가할수록 열단장도 높아짐을 알 수 있었다. 목질부 혼합량 60% 이상이 되면서 설포메틸화법은 그 상승폭이 더욱 커지면서 알칼리화법보다

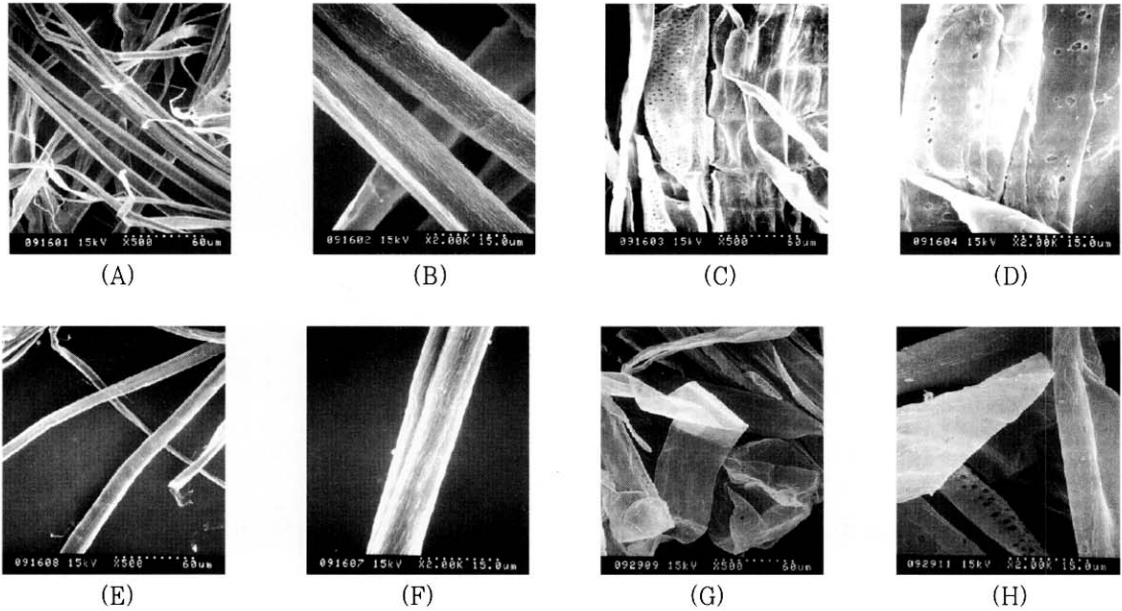


Fig. 1. Scanning electron micrographs of pulps(Non-beating).

- | | |
|-------------------------------------|---|
| (A) bast fiber alkali pulp, ×500 | (E) bast fiber sulphomethylated pulp, ×500 |
| (B) bast fiber alkali pulp, ×2.00 K | (F) bast fiber sulphomethylated pulp, ×2.00 K |
| (C) woody core alkali pulp, ×500 | (G) woody core sulphomethylated pulp, ×500 |
| (D) woody core alkali pulp, ×2.00 K | (H) woody core sulphomethylated pulp, ×2.00 K |

높은 열단장을 나타냈다.

3.1.3.4. 내절도

인피 펄프 단독초지 경우 두 가지 펄프화법에서 거의 유사한 값을 나타냈고, 목질부 펄프를 혼합한 혼합초지의 경우는 목질부 펄프의 혼합량이 60%에 이를 때까지 내절도는 증가하였으나 그 이후로 감소하였다. 각 펄프화법별 경향을 보면 두 가지 방법에서 비슷한 경향을 보였고 설포메틸화법이 다소 높게 나타났다.

3.1.3.5. zero-span 인장강도

전체적으로 단섬유의 혼합량이 증가할수록 zero-span 인장강도가 감소함을 알 수 있었다. 각 펄프화법별로는 그다지 차이가 없었으며, 알카리 펄프화법에서는 인피부 단독초지 시, 설포메틸 펄프화법에서는 목질부 펄프 40% 혼합하였을 때의 제조 한지에서 최대값을 얻을 수 있었다.

3.2. 펄프 및 제조 한지의 주사전자현미경 관찰

3.2.1. 펄프의 주사전자현미경적 특성

펄프의 형태적 특성을 파악하기 위하여 주사전자현미경으로 관찰하였으며, 그 결과를 Fig. 1에 나타내었다. 인피부 펄프는 두 종류 펄프 모두 섬유 표면이 손상을 받지 않아 매끈할 뿐만 아니라 통직한 형태를 유지하고 있으며, 목질부 펄프는 인피부 펄프에서와 마찬가지로 두 종류 펄프 모두 섬유 표면이 거의 손상을 받지 않았음을 관찰할 수 있었으며, 목섬유 및 도관요소의 벽공들도 완전한 형태를 유지하고 있었다. 이상과 같이 주사전자현미경을 통하여 각 펄프의 섬유 형태를 관찰한 결과 두 가지 펄프화법간에는 외관상 뚜렷한 차이가 없었다.

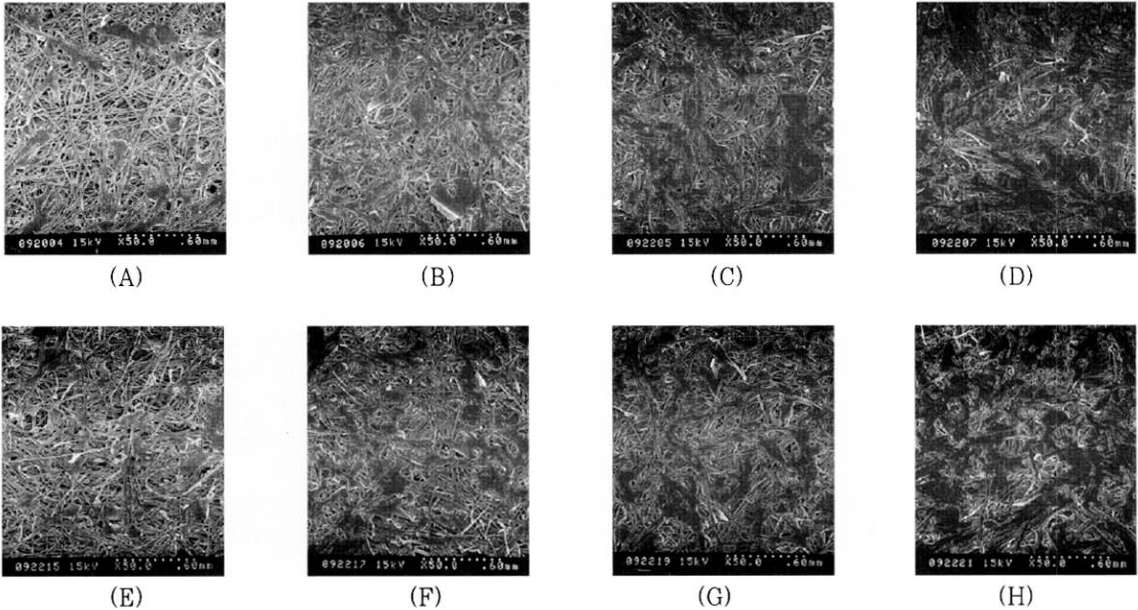


Fig. 2. Scanning electron micrographs of Hanjis.

- | | |
|--|---|
| (A) alkali bast fiber100 | (E) sulfomethylated bast fiber100 |
| (B) alkali bast fiber60 : woody core40 | (F) sulfomethylated bast fiber60 : wood core40 |
| (C) alkali bast fiber40 : woody core60 | (G) sulfomethylated bast fiber40 : woody core60 |
| (D) alkali woody core100 | (H) sulfomethylated woody core100 |

3.2.2. 제조 한지의 주사전자현미경적 특성

펄프를 소정의 혼합비로 혼합초지한 한지의 특성을 파악하기 위해서 주사전자현미경으로 관찰하였다. (A)와 (E)는 인피 펄프 단독으로 초지한 한지의 SEM 사진으로써, 알칼리화법으로 초지한 한지는 섬유간 결합이 다소 엉성한 상태인 것에 비하여 설포메틸 펄프화법으로 초지한 한지는 섬유간 결합이 상대적으로 비교적 양호한 것처럼 보였다. 이와 같은 사실은 앞서 검토한 인피 펄프 단독초지 시의 물성과도 잘 부합된다. (B), (C)와 (F), (G)는 인피 펄프와 목질 펄프의 혼합비를 각각 60:40, 40:60의 혼합비로 초지한 한지의 SEM사진으로써 단섬유인 목질부 펄프의 혼합으로 인하여 인피 펄프 단독으로 초지한 한지보다 섬유간의 공극이 많이 감소한 것을 관찰할 수 있었으며, 목질부 펄프의 혼합량이 많을수록 섬유간 결합이 다소 양호함을 알 수 있었다. 펄프화법에 따라서는 설포메틸화법이 알칼리 펄프화법에 비해 섬유간 결합이

양호하게 나타난 것처럼 보였는데 이는 설포메틸 펄프 제조시 셀룰로오스 및 헤미셀룰로오스의 붕괴가 적었고 섬유에 설포기가 도입됨에 따라 섬유의 친수성이 향상되어 섬유의 유연성 증가를 가져와 섬유간 결합이 다른 펄프들보다 양호했기 때문이라 생각된다. (D), (H)는 목질부 펄프를 단독으로 초지한 한지의 SEM 사진이다. 단섬유 100%로 이루어진 한지이기 때문에 섬유간의 공극이 거의 없을 정도로 매우 양호한 섬유간 결합을 이루고 있었으며, 설포메틸화법으로 초지한 한지가 좀더 양호한 섬유간 결합을 이루고 있었다.

4. 결론

본 연구는 우리 나라에서 미이용상태에 있는 일년생 초본류인 어저귀를 이용하여 인피부 및 목질부 펄프를 이용한 새로운 형태의 한지를 제조하여 그 특성

을 검토하였으며, 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 인피 펄프 단독으로 초지한 경우 설포메틸화법으로 제조한 한지의 밀도, 백색도 및 강도 등이 알칼리화법에 비해 모두 양호하게 나타되며, 불투명도와 비산관계수 및 비흡수계수는 알칼리화법에 비해서 낮았다.

2. 인피부 펄프에 대한 목질부 펄프의 혼합초지의 경우 한지의 밀도는 두 펄프화법이 거의 유사한 값을 나타냈고, 백색도는 설포메틸화법이 매우 높았으며, 목질부 펄프의 혼합량이 증가할수록 불투명도는 증가하였고, 비산관계수는 감소하는 경향을 나타냈다. 종이의 지합은 목질부 펄프의 혼합량이 증가할수록 향상되었으며, 종이의 강도에 있어 내절도는 목질부 펄프의 혼합량이 60%까지 증가함에 따라 강도 또한 증가하다가 목질부 단독으로 초지하였을 경우에는 오히려 강도가 저하되는 경향을 나타냈다. 인열강도는 목질부 펄프의 혼합량 40%까지 강도가 상승하다가 그 이후로는 감소하였다. 그러나 열단장과 인장 강도에 있어서는 목질부 펄프의 증가에 따라 강도 또한 계속적으로 증가됨을 알 수 있었다. 단섬유강도의 지표인 제로스펜 인장강도는 단섬유의 혼합량이 증가함에 따라 점차 감소하는 경향을 나타냈다.

3. 목질부 단독으로 초지한 경우 밀도와 투기도에서는 다른 인피부와 목질부 혼합초지에 비해 높게 나타났으나, 지합은 가장 낮은 수치를 나타내 양호한 지합의 형태를 보여주었다. 전체적으로 설포메틸화법이 알칼리화법에 비해 양호한 경향을 나타냈다. 백색도는 설포메틸화법이 52%로 알칼리화법의 29%보다 월등하게 높게 나타났고, 불투명도는 그다지 큰 차이가 없었고, 비산관계수는 가장 낮게 나타났고, 비흡수계수는 가장 높게 나타났다.

4. 주사전자현미경을 이용하여 펄프 및 제조한 한지를 관찰한 결과, 섬유 표면의 형태학적 특징은 크게 발견할 수 없었다. 육안적, 현미경적, 강도적인 면을 고려할 때 설포메틸화법에 의한 인피부 40 : 목질부 60의 혼합비율로 초지한 한지가 우수한 지층형성을 이루어 가장 양호한 평활성을 나타내었다.

참 고 문 헌

1. 趙南奭, 漂白이 필요없는 無公海 傳統韓紙의 製造에 關한 研究(第一報), 木材工學 21(2): 49~56 (1993).
2. 정동찬 외 4, 전통과학기술조사연구Ⅲ-염색, 한지, 옷질, 국립중앙과학관 학술총서9, 국립 중앙과학관, pp. 99~130 (1995).
3. 文星筆, 全恩淑, 위흡, 姜錫根, 韓紙 製造時 發生되는 樹脂斑點 障害의 改善(第一報), Korea Tappi 24(2): 15~21 (1992).
4. Meijer de E. P. M & Van der Werf H. M. G, Evaluation of current methods to estimate pulp yield of Hemp, Industrial Crops and Products 2 : 111~120 (1994).
5. Birgitte de Groot, Hemp pulp and paper production-Paper from hemp woody core, Journal of the International Hemp Assosiation 2: 31~34 (1995).
6. Hiroshi Hara, Study on the Morphology of Paper-making Flax, JPPS 30(10): 37~42 (1976).
7. Kunio Tosaka, Jisuke Hayashi, Studies on Alkali-Oxygen Pulping Process Part II: Effect of Alkali Soaking and Oxygen Cooking Condition on Pulping of Rice Straw, JPPS 38(2): 63~71 (1984).
8. Zhisheng Cheng, Jarmo Leminen, Kari Ala-Kaila, Hannu Paulapuro, The basic drainage properties of chinese wheat straw pulp, Tappi Pulping Conference proceedings, pp. 735~744 (1994).
9. Katsumi Hata, Murao Sogo, Toru Yamasaki, Oxygen-Alkali Method Cooking of Crude Linters, JPPS 29(1): 38~44 (1975).
10. Harmohinder S. Sabharwal, Masood Akhtar, Robert A. Blanchette, Raymond A. Young, Biomechanical pulping of kenaf, Tappi J. 77(12): 105~112 (1994).
11. Peralta Aurora G, Pulp produced from decorticated abaca fiber, Tappi J. 79(3): 263~266 (1996).
12. Nwe Ni Wai, Makio Hashike, Koji Murakami, Evaluation of the Optical Properties of Bamboo Pulp Scheets, JPPS 30(12): 1018~1026 (1984).
13. Akhtaruzzaman A. F. M., Shafi M., Pulping of jute, Tappi J. 78(2): 106~112 (1995).