

대용섬유자원으로써 어저귀를 이용한 한지제조(제1보)*1 - 어저귀의 건물 생산량 및 펄프화 특성 -

정 선 화*2† · 조 남 석*3 · 최 태 호*3

Manufacturing of Korean Paper(Hanji) with Indian Mallow (*Abutilon avicennae Gaertner*) as the Alternative Fiber Resources(I)*1

- Productivity and Pulping Characteristics of Indian Mallow -

Seon-Hwa Jeong*2 · Nam-Seok Cho*3 · Tae-Ho Choi*3

요 약

본 실험은 산림자원의 감소 예방과 지구의 환경보존을 위해서 생장이 빠르고 펄프원자재로 활용할 수 있는 비목재 섬유작물을 도입하는 것을 목적으로 하고 있다. 또한 부족한 한지의 원료인 닥나무를 수입하고 있는 실정에서, 국내에서 자생하고 있는 비목재섬유로 한지를 제조함으로써 수입대체 및 원가절감 등 일석이조의 효과를 거둘 수 있다. 이에 불량한 환경조건에서도 생육이 왕성한 어저귀(*Abutilon avicennae* G.)를 재배하여 그간의 진보된 펄프 제조기술을 적용하여 새로운 제지용 원료로 개발함으로써 부족한 원자재는 물론이거니와 국내 부존 자원 이용의 극대화를 꾀하고자 실시하였다. 또한 폐기처리되는 농산물의 이용극대화를 꾀하기 위해 전목펄프화를 실시하였다.

그 결과 어저귀는 성장속도가 빠르고 수확기가 짧으며 집약적 재배 및 관리가 가능하여 단위면적당 최대의 수확량을 올릴 수 있었다. 어저귀 인피부의 섬유장은 2.4 mm로써 목재섬유 중 소나무와, 비목재섬유 중 케나프와 매우 유사한 결과를 보여주었고, 화학성분의 분석결과 어저귀 섬유는 추출성분의 함량이 높고 리그닌이 적은 것이 특징적으로 나타났다. 펄프화와 관련하여 인피부는 150℃에서 48~57%, 전간부는 170℃에서 43~51%의 높은 수율을 나타냈고, 설포메틸 펄프화법의 수율이 더 높게 나타났다. 펄프의 탈리그닌율도 두가지 펄프화법 모두 90% 이상의 높은 탈리그닌율을 나타내었다.

* 1 접수 2001년 11월 16일, 채택 2002년 1월 30일

* 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) : Seon-Hwa Jeong (e-mail: jeongsh@empal.com)

ABSTRACT

Indian mallow is characterized by the rapid growth and high harvest of the fibrous materials. This study was carried out to investigate the sheet properties of Hanji using Indian mallow, made by different pulping methods, such as alkali and sulfomethylated pulpings and different stock compositions, various mixing ratios of bast fiber, woody core and whole stalk fibers.

The results from this study were summarized as follows.

The length and width of the bast fibers were 140~430 mm(av. 235 mm), and 9.2~26.4 μm (av. 18.3 μm), respectively. The cell wall thickness was 4.0~11.5 μm (av. 7.7 μm). Runkel ratio, flexibility coefficient and fiber length/fiber width ratio were 138, 0.42 and 128 respectively. Bast fiber and whole stalk were cooked by alkali and sulfomethylated methods. Sulfomethylated pulping resulted in superior pulp in terms of yield and quality as compared with those of alkali pulping. The pulp yields of bast fiber was higher than those of whole stalk.

Keywords: Indian mallow, alkali/sulfomethylated pulpings, bast fiber, woody core, whole stalk

1. 서 론

한지의 원료로 사용되고 있는 닥나무(*Broussonetia kazinoki*) 인피의 생산량은 농촌인구의 감소와 함께 매년 감소하여 상당량을 태국 및 필리핀에서 수입하고 있다. 그러나 이들 수입된 닥 인피는 열대지방에서 자란 관계로 수지장애를 일으켜 한지의 문제점으로 대두되고 있다. 문 등(1992)은 이러한 문제점을 해결하기 위하여 화선지 제조시 수입 닥 인피섬유를 30% 이상 첨가하지 말아야 한다고 보고하였다. 특히 화선지 제조시 값비싼 인피 펄프보다 값싼 폐지 함량의 증가로 인하여 생산된 제품의 내구성 감소, 황변 현상, 발목성 불량 등 여러 가지 문제점을 야기하고 있다(전 철, 1992). 또한 한지 펄프 제조 방법에 있어 수산화나트륨만을 사용하는 종래의 펄프화 방법을 대신할 수 있는 고수율의 새로운 펄프화 방법을 모색하고, 표백이 필요 없거나 가벼운 표백만으로도 사용이 가능한 새로운 유형의 무공해 내지는 저공해의 한지 제조법이 필요하게 되었다(조남석, 1993). 최근 미국에서는 종이원료로써 비목질계섬유인 양마(케나프)를 많이 사용하고 있다(오중환, 1993). 이러한 비목질계섬유는 성장속도가 빨라 단위면적당 Biomass의 생산량이 많고 동시에 이용성이 높아 목재펄프의 대체

원료로 각광을 받고 있다. 우리나라에서도 비목재섬유에 관한 연구들이 많이 보고되고 있는데, 이들을 살펴보면 한국산 짚류의 펄프화(김 등, 1962), 족재비싸리(육완영, 1974), 갈만(박 등, 1987), 갈대(신동소, 1979), 수세미의 섬유(김종규, 1998), 케나프(방명혁, 1999) 등의 펄프화에 관한 연구들이 있다. 이에 불량한 환경속에서도 생육이 왕성한 어저귀(Indian mallow, *Abutilon avicennae* G.) 또는 청마도 같은 목적으로 재배할만한 가치가 있을 것으로 기대된다. 어저귀는 인도의 신드 및 케슈미르지방이 원산이고, 주산지는 중국의 만주에서 많이 재배되는 작물로 알려져 있다(김 등, 1984)

본 연구에서는 어저귀를 재배하고, biomass의 생산능력을 조사함으로써 목재를 대체할 수 있는 섬유자원으로써의 활용가능성을 검토하였고, 아울러 속성 펄프자원으로써의 적합성을 알기 위해 펄프화 적성을 함께 검토하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 공시재료

국내에서 자생하고 있는 어저귀를 사용하였다.

2.2. 재배

어저귀를 충북대학교 농과대학 실험농장에서 재배하였다. 파종시기와 재식 밀도를 달리하여 재식하고, 질소-인산-칼리의 복합비료 및 요소와 중과석을 사용해 시비하였다. 시험 구는 채종시기별로 난괴법 2반 복으로 배치하였다.

2.3. 원료의 물성 분석

2.3.1. 해부학적 성질

5본에 대하여 3 cm 길이로 인피부를 채취하여, 섬유장, 섬유폭 및 루멘폭 등을 1수종 당 60개씩 측정하였다.

2.3.2. 화학적 성분분석

성분분석용 시료는 음건 후 분쇄하여 알콜-벤젠 혼합액(1:2)으로 8시간 탈지 처리하여 건조 후 셀룰로오스, 리그닌, 헤미셀룰로오스, 회분 등을 공시하였고, 유기용제 및 1% 가성 소오다에 의해 추출물 등을 KS 규격에 의해 분석하였다.

2.4. 각종 펄프화 특성 구명

2.4.1. 알칼리 펄프화법

중해약액은 활성알칼리 농도 20%의 NaOH를 사용하여 액비 1:6으로 인피부는 150℃에서, 목질부와 전간부는 170℃와 150℃에서 소정시간 증해하였다.

2.4.2. 설포메틸 펄프화법

1 M Na₂SO₃에 0.3 M 카르보닐 화합물을 첨가한 중해약액을 사용하여 액비 1:6으로 소정시간 증해하였다.

2.5. 펄프 수율 및 리그닌 함량

펄프 수율은 증해가 끝난 후 펄프를 해리기를 이용

하여 해리한 후 부후너 여과기를 사용하여 여과하고, 충분히 수세한 후 105℃의 항온 건조기에서 16시간 건조하여 전수율을 구하였으며, 펄프의 리그닌 함량은 Tappi T 236cm-85에 의거하여 Kappa No.를 구한 다음 Klason 리그닌으로 환산하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 어저귀의 건물 생산량

본 실험을 실시하였을 때 이상기후로 인하여 어저귀의 발아가 불량하여 설계대로 재식본수를 확보하지 못하였다. 따라서 시험구별로 조사한 어저귀의 개체수로 추정된 재식밀도를 결과의 분석에 이용하였다. 추정한 재식밀도는 3,000~15,000 본/10a로 설계, 재식밀도의 약 1/5 수준이었다.

채종시기에 따른 재식밀도별 어저귀의 생장고, 직경은 Table 1과 같이 나타났다. 그러나 어저귀의 생장고는 5월 9일 파종에서 240~280 cm, 6월 1일 파종에서 180~190 cm로 6월 파종에서 생장고가 크게 감소하였으나, 재식밀도에 따른 차이는 뚜렷한 경향은 없었다. 재식밀도의 증가에 따른 직경의 감소경향은 매우 크게 나타났고, 분지수도 6월 파종에서 감소하였으며, 재식밀도가 높아질수록 크게 감소하여 두 파종기에서 다 같이 11,000개/10a의 재식밀도에서는 3,000개/10a 재식밀도에 비하여 40%정도 감소하였다. 이러한 결과는 어저귀가 분지의 발생이 상당히 많고, 8월 하순부터 개화결실이 시작되기 때문에 줄기(대)로 공급되는 동화산물이 제한되었기 때문인 것으로 생각된다.

3.2. 해부학적 성질

공시재료인 어저귀의 섬유장, 섬유폭 및 루멘폭 측정결과는 Table 2와 같다. 어저귀의 섬유장은 2.4 mm로써 소나무재의 섬유장에 매우 유사하며, 섬유장에 대한 섬유폭의 비는 소나무재에 비해서는 매우 큰 특징을 가진다. 이런 점에서 인피섬유는 한지제조에 적합한 특성을 가지고 있다고 하겠다. 이러한 어저귀

Table 1. Effects of planting density and planting date on growth characteristics and dry yield of Indian mallow

Planting date	Planting density (Plants/10a)	Stem height (cm)	Stem diameter (mm)		No. of branches	Weight/plant Fresh dry (g/plant)		Yield(kg/10a) Fresh dry	
			0 m	1 m					
May 9	3,000	280	26	17	19	200	96	850	350
	5,000	250	22	16	16	170	82	1,100	470
	7,000	240	22	15	16	150	69	1,200	490
	9,000	260	25	17	16	140	55	1,400	550
	11,000	250	19	13	11	130	47	1,400	590
June 1	3,000	190	15	10.0	15	200	82	220	88
	5,000	190	15	9.8	16	150	60	350	140
	7,000	180	13	9.5	13	96	39	360	150
	9,000	190	12	7.2	13	78	32	460	160
	11,000	180	11	6.8	11	40	16	530	220

섬유장의 결과는 비목질계 섬유자원으로써 가장 큰 각광을 받고 있는 케나프의 2.2 mm와 유사한 결과를 보여주고 있다(조 등, 1996). 특히 섬유폭(정 등, 1999)은 발표한 한지원료의 섬유분석표에서 중국산 화선지의 섬유폭 17 μm 와 유사하여 어저귀를 이용한 화선지제조 가능성에 제시해 주었다.

3.3. 원료의 화학적인 성질

원료의 화학적 성분을 KS 규격에 따라 분석한 결과는 Table 3과 같다.

섬유를 구성하는 주성분은 리그닌, 펜토산, 홀로셀

Table 2. Anatomical properties of bast fiber of Indian mallow

Fiber length(mm)	Range average	14~43 24
Fiber width(μm)	Range average	9.2~26 18
Lumen width(μm)	Range average	4.0~12 7.7
Runkel ratio ^{*1}		14
Flexibility coefficient ^{*2}		0.4
Fiber length/Fiber width		130

*1 (fiber width-lumen width)/lumen width

*2 lumen width/fiber width

Table 3. Chemical properties of Indian mallow

Chemical components	Contents(%)
Extractives, %	
Cold water	9.6
Hot water	12
1% NaOH	27
Organic solvent	2.1
Ash	4.8
Lignin	14
Pentosan	17
Holocellulose	79

룰로오스이며, 이 성분의 양에 따라 각종 용매에 추출되는 성분 및 양이 달라지게 된다. 회분은 국산 백피 회분의 양(4.1%)과 유사하였고(정 등, 1999), 침엽수(0.43%) 및 활엽수(0.3%)에 비해 월등하게 많았다. 추출성분의 함량은 침엽수(3%) 및 활엽수(5%)에 비해 높았다. 어저귀의 냉수 가용분은 9.6%로, 침엽수재인 소나무 3.4%, 활엽수재의 2.5%에 비해 상당히 높음을 알 수 있었다. 1% NaOH의 추출성분은 주로 당류와 분자량이 적은 탄수화물로 이루어져 있다. 보통 당류는 표백 단계에서 제거가 되는데 당류가 많으면 종이 색이 햇볕에 노출되었을 때 변색되기 쉽고 완성된 종이의 강도가 약하며 벌레가 생기기 쉬워 종이의 수명이 짧아지게 된다. 이러한 성질은 홀로셀룰로오스보다 더 강하기 때문에 종이를 만들 때에는 종이의

내구성과 보존성을 위하여 당의 함량을 낮추는 것이 좋다. 어저귀의 1% NaOH 추출성분은 26%로 목재류(14~21%)보다 많았다. 당류를 제외한 나머지 주성분은 리그닌과 홀로셀룰로오스이다.

어저귀의 리그닌 양은 14%로써 국산 백 닥 17%보다 적고, 중국산 백 닥 14%와 유사하였다. 리그닌은 유기 고분자체로써 식물체의 조직을 지지하는 역할을 하기 때문에 리그닌이 많으면 조직이 매우 딱딱하며 표면이 거칠게 된다. 화학성분의 분석결과를 보면 어저귀 섬유는 추출성분의 함량이 높고, 리그닌 양이 적은 것이 특징이었다. 특히 활엽수재에 비하여 펠트산 함량이 적고, 리그닌 양이 적은 면에서는 홀로셀룰로오스가 적은 편인데 이는 상대적으로 추출물 함량이 많기 때문이라고 생각된다. 또한 같은 비목재섬유인 케나프와 비교해 보면 리그닌, 펠트산 및 회분은 어저귀가, 추출물 및 홀로셀룰로오스는 케나프가 많이 나타났다.

3.4. 펄프화 특성

어저귀의 인피부 및 전간부 펄프화 특성 및 탈리그닌 효과를 검토한 결과를 Fig. 1에 나타내었다.

3.4.1. 인피부의 펄프화 및 탈리그닌에 미치는 영향

알칼리 펄프화법의 펄프 수율은 48%로 나타난 것에 비해 설포메틸 펄프화법은 증해시간을 30분 이상 연장시킨 90분 처리에서도 57%의 높은 펄프 수율을 나타냈다. 다만 펄프화시 알칼리 펄프화법에서는 펄프의 색이 검기 때문에 표피로부터 기인되는 반점을 확인할 수 없었지만, 설포메틸 펄프화법으로 처리한 펄프의 경우 펄프의 백색도가 매우 높기 때문에 표피로부터 기인되는 검푸른색 반점이 확인되었다. 따라서 증해온도를 170℃까지 올리고 60분 증해함으로써 이러한 수피반점의 제거가 가능하였다. 이 때의 펄프 수율은 55%로써 150℃ 처리보다 그다지 펄프 수율 감소가 나타나지 않았다. 인피부의 탈리그닌의 효과는 알칼리 펄프화법이 97%, 설포메틸 펄프화법은 약

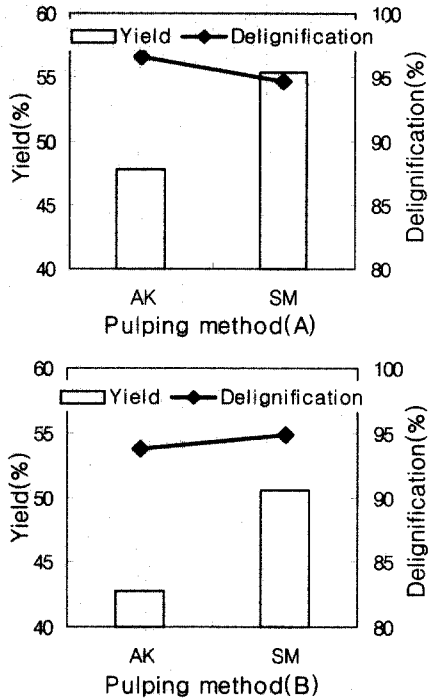


Fig. 1. Relationship between pulp yield and delignification depending on cooking methods. A: bast fiber pulping, B: whole stalk pulping.

95%로써, 전체적으로 150℃에서 약 95% 이상의 높은 탈리그닌율을 나타냈다. 증해시간의 증가에 따른 탈리그닌율의 증가는 설포메틸 펄프화법의 경우 외수피에 기인되는 이물질 및 미증해 물질을 줄이기 위해 증해온도를 170℃로 상승시킬 경우 탈리그닌율은 150℃보다도 약간 상승함을 알 수 있었으나 거의 차이가 없었고, 증해시간의 증가에 따른 탈리그닌율의 증가폭과 펄프 수율 감소율과는 거의 같은 수준이었다. 이와 같이 설포메틸 펄프화법으로 제조한 인피부 펄프의 수율이 높은 이유는 온화한 증해조건으로 인해 섬유가 손상을 덜입어 셀룰로오스의 붕괴가 적어 펄프의 수율이 더 높게 나타난 것으로 생각된다(정선희, 2001).

3.4.2. 전간부의 펄프화 및 탈리그닌에 미치는 영향

전간부의 펄프화에 있어서는 인피부와 같은 펄프화 조건에서는 펄프화가 잘 일어나지 아니하였으므로 펄프화 조건을 보다 강화하지 않으면 안되었다. 이는 목화되어 있는 줄기부분의 리그닌 함량이 매우 높은 사실로 설명되고 있다. 알칼리 펄프화법에서는 170℃에서 60분, 설포메틸 펄프화법은 170℃에서 180분 펄프화하여 해섬이 용이한 펄프를 얻을 수 있었으며, 설포메틸 펄프화법의 증해시간을 180분으로 길게 했음에도 불구하고 펄프 수율이 51%로 알칼리 펄프화법의 43%보다 높게 나타났다. 펄프의 수율은 인피부에 비하여 약간 낮은 것으로 나타났고, 설포메틸 펄프화법이 170℃에서 180분 증해하였을 때 95%의 높은 탈리그닌율을 나타냈고, 알칼리 펄프화법이 170℃에서 60분 증해했을 때 94%로 설포메틸 펄프화법보다 약간 낮게 나타났다. 펄프화법에 따른 전간부의 수율 및 탈리그닌율에 대한 결과에 있어서 앞에서도 전술한 바와 같이 전간부 펄프화시 설포메틸 펄프화법이 알칼리 펄프화법에 비해 탈리그닌에 대한 선택성이 우수하고, 온화한 증해반응으로 셀룰로오스의 붕괴가 적고 미세분함량이 증가하여 펄프의 수율이 증가되었다고 생각된다. 또한 어저귀 인피부 펄프에 비해 전간부 펄프의 수율이 낮은 이유는 펄프화 후 세척 및 스크린 처리시 섬유장이 짧은 속대부분(목질부)이 유실되었기 때문이라 생각된다(정선화, 2001).

4. 결 론

본 연구는 어저귀의 건물생산성 및 펄프화특성을 구명함으로써 비목질계 섬유자원으로의 이용가능성을 검토하기 위하여 실행되었으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 어저귀의 생육과 수량은 6월 1일 파종이 5월 9일 파종보다 개체의 생육량이 크게 감소하였고, 재식밀도가 높아질수록 생장고와 직경이 크게 감소하여, 5월 9일 파종에서는 11,000개/10a의 재식밀도에서 1,400 kg/10a였고, 6월 1일 파종에서는 220~530 kg/10a로 나타났다.

2) 어저귀의 섬유장은 2.4 mm로써 목질계 섬유 중의 소나무와, 비목질계 섬유 중 케냐프와 매우 유사했고, 섬유장에 대한 섬유폭의 비 또한 소나무 및 케냐프와 매우 유사하였다.

3) 어저귀의 화학성분 분석 결과 어저귀 섬유는 추출성분의 함량이 높고, 리그닌의 함량이 적은 것이 특징이었다.

4) 어저귀의 펄프화와 관련하여 인피부의 경우 150℃에서 충분히 펄프화가 가능하였으며, 펄프 수율도 펄프화법에 관계없이 48%~57%의 범위로서 높았고, 설포메틸 펄프화법이 더 높은 수율을 나타냈다.

5) 전간부의 펄프화에 있어서 인피부의 펄프화 조건보다 강한 조건인, 알칼리 펄프화법에서는 170℃에서 60분, 설포메틸 펄프화법은 170℃에서 180분 길게 펄프화함으로써 해섬이 용이한 펄프를 얻을 수 있었다. 펄프수율은 43~51%의 범위였다.

6) 어저귀의 인피부 및 전간부에 대하여 각 펄프화별 탈리그닌 효과를 검토한 결과 설포메틸 펄프화법에서 탈리그닌율이나 펄프의 수율이 매우 높게 나타났으며, 설포메틸 펄프화법은 알칼리 펄프화법에 비해 상대적으로 높은 온도조건과 긴 증해시간을 필요로 하였다.

참 고 문 헌

1. 金鐘珪, 수세미의 纖維(*Luffa cylindrica*(L.) Roemer, Sponge gourd fiber)의 펄프화 特性에 關한 研究, 忠南大學校大學院 博士學位論文(1998).
2. 金允鎬, 全豐鎭, 韓國産 苧類를 原料로 한 펄프 製造에 關한 研究, 漢陽大學校 大學院 論文集: 142~148 (1962).
3. 金熙泰, 朴贊浩, 孫世鎭. 新稿工藝作物學, 鄉文社, pp. 97~109(1984).
4. 文星筆, 全恩淑, 위훈, 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).
5. 방명혁, 공초점 현미경(CLSM)과 섬유분포지수(FDI)에 의한 케냐프 인피와 목부 혼합 펄프의 초기 특성 분석, 충북대학교 대학원 석사학위논문(1999).
6. 朴容煥, 南基大, 葛蔓의 Kraft 펄프화에 關한 研究, Korea Tappi 19(3): 17~29(1987).
7. 辛東韶, 韓國産 갈대펄프 資源의 活用에 關한 研究, 서

- 울대 農學研究 4(1)(1979).
8. 吳宗煥, 木材펄프 代替物로서의 케나프(kenaf) 利用과 地球環境 保全, 월간임업정보 25: 29~32(1993).
 9. 陸完榮, 쪽제비 싸리의 펄프화에 關한 研究, Korea Tappi 6(1): 25~31(1974).
 10. 全 哲, 대나무 펄프를 利用한 畫宣紙 開發에 關한 研究, 木材工學 20(2): 43~49(1992).
 11. 정동찬 외 3, 겨레과학인 우리공예-한지, 겨레 과학 총서, 민속원, pp. 41~56(1999).
 12. 정선화, 代用纖維資源으로써 어저귀의 韓紙製造 特性, 충북대학교 대학원 박사학위논문(2001).
 13. 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).
 14. 趙南奭, 崔泰鎬, 속성섬유자원인 양마로부터 전통 한지 제조 특성, Korea Tappi 28(4): 7~16(1996).