

베트남산 대나무의 펄프화 특성¹⁾

원종명¹ · 김민현

(2009년 9월 3일 접수: 2009년 10월 24일 채택)

Pulping Characteristics of Bamboo(*Bambusa procera* *acher*) Grown in Vietnam

Jong Myoung Won¹, Minhyun Kim

(Received Sep. 3, 2009; Accepted Oct. 24, 2009)

ABSTRACT

Soda and kraft pulping experiments were carried out in order to investigate the pulping characteristics of bamboo grown in Vietnam. The merit of kraft pulping was not observed for bamboo pulping from the viewpoint of delignification and screened pulp yield. The improvements of delignification during soda and kraft pulping of bamboo were observed by the addition of AQ. The bamboo pulp led the bulkier structure than those made from SwBKP and HwBKP. The average fiber length was 1.62mm which is shorter than those of SwBKP, but longer than those of HwBKP. It was found that the physical properties of bamboo pulp sheet could be varied by the pulping method, cooking condition, AQ addition, bleaching and refining etc.

Keywords : Bamboo, Soda pulp, Kraft pulp, AQ, Pulp yield, Kappa number, SEM, Bulk, Tensile index, Burst index

1. 서론

종이 제조 시 가장 많은 부분을 차지하고 있는 제지

용 펄프로는 목재펄프가 주로 사용되어 왔다. 따라서 목재펄프의 안정적 확보는 제지산업에 있어서 매우 중요한 업무의 하나라고 할 수 있다. 그러나 최근 동남

• 본 논문은 강원대학교 산림과학연구소의 2009년도 연구비 지원에 의하여 수행되었음.

¹ 강원대학교 산림환경과학대학 제지공학과(Dept. of Paper Science & Engineering, College of Forest Environmental Sciences, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea)

† 교신저자(Corresponding Author) : Email ; wjm@kangwon.ac.kr

아시아의 개발도상국들, 특히 중국의 급속한 경제 발전 및 산업화와 더불어 지류의 생산과 소비가 급격히 증가됨에 따른 막대한 목재펄프의 수요를 미처 따라가지 못하는 심각한 현상이 발생되고 있다. 더욱이 최근 환경오염 및 지구 온난화 현상의 심화로 세계 각국이 온실가스 배출 감소를 위한 다양한 시도와 노력을 경주하고 있다. 최근 발표된 보고서¹⁾에 의하면 지구의 온난화는 토양 및 바다에 의한 온실가스 흡수력을 현저히 감소시키기 때문에 온난화 현상은 온실가스의 증가를 더 가속화시킬 수 있다는 결과를 보여주었고, 2004년도 온실가스 배출량의 약 17%가 삼림의 훼손에서 비롯된다고 하였다. 이러한 이유로 주요 삼림국들은 지구 환경 보호를 위해 삼림의 벌채를 엄격하게 규제하고 있으며, 지속가능 삼림 경영을 위해 1993년 설립된 범국가적인 기구인 Forest Stewardship Council에서 FSC 인증제를 실시하고 있으며, 우리나라의 주요 백상지 회사들은 이미 FSC 인증을 취득한 상태이다. 이러한 삼림자원 벌채에 대한 압박은 펄프의 원자재인 목재 칩의 공급을 어렵게 하였고, 결국 펄프의 생산이 수요를 따라가지 못해 펄프가격 상승을 초래하게 되었다.

이러한 문제를 해결하기 위한 방법은 폐지를 재활용하는 방법과 생육기간이 매우 짧은 비목재 섬유자원을 일부 대체 펄프로 활용하는 것이 긍정적으로 검토될 수 있다. 폐지를 제지 원료로 사용할 경우 표백 화학펄프의 경우 각질화 및 펄프 섬유질의 약화 현상으로 말미암아 고급용지 생산에는 매우 국한적으로 사용될 수 있기는 하지만 지식경제부 산(하사)자원순환산업진흥협회에서 폐자원의 활용을 권장하기 위하여 GR 인증제를 도입하였고, 이미 국내 주요 제지회사들이 인쇄용지에 대한 GR 인증을 받거나 신청 중에 있다.

비목재 섬유자원으로서 고려될 수 있는 것은 벚짚, 밀짚, 옥수수대, 사탕수수대와 같은 농산 폐기물, 대나무 등 다양한 1년생 초본류들이 있다. 그러나 이들 초본류들은 목재펄프와 매우 다른 섬유의 구성 및 형태를 지니고 있으며, 목재펄프에 비하여 제지특성이 매우 열등한 것으로 알려져 있다. 그러나 최근 목재펄프의 확보난이 심각해짐에 따라 비목재 펄프에 대한 관심을 가지고 다양한 시도가 이루어지고 있다. 일반적으로 대부분의 비목재 섬유들은 목재섬유에 비하

여 가늘기 때문에 낮은 벌크 특성을 지니는 종이로 얻어진다. 그러나 목재펄프와 혼합 사용할 경우 벌크가 다소 낮게 나오기는 하지만 크게 악화되지 않는 수준의 종이 물성들이 얻어질 수 있음이 확인되었다.²⁾ 특히 대나무 펄프의 경우 비록 활엽수보다도 다소 가는 형태임에도 불구하고 활엽수에 버금가는 벌크를 제공해준다는 사실이 확인되었다. 국내에서는 Kang 등^{3, 4)}이 담양산 2년생 대나무의 펄프화에 대한 연구를 실시한 바 있으나 펄프 자원화하기에는 그 생육량이 너무 적어 실용화가 불가능한 것으로 판단된다.

따라서 본 연구에서는 베트남, 미얀마, 방글라데시 등의 동남아시아에서 대량으로 자생되고 있는 대나무의 목재펄프 대체재로서의 가능성을 검토하기 위하여 베트남에서 자연 생육된 대나무의 펄프화 특성을 조사하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

공시재료로 사용된 펄프는 베트남 중부지방에서 자연적으로 자란 대나무(*Bambusa procer acher*)를 약 20mm x 25mm x 2mm 크기의 칩 상태로 조제된 것을 공급받아 원료로 사용하였다.

2.2 실험 방법

대나무의 화학적 성분은 침엽수와 매우 비슷한 수준을 나타내어^{5, 6)} 소오다법 및 크라프트법으로 활성알칼리 농도 14, 16 및 18%로, 액비는 활성알칼리 농도 14 및 18%에서는 4:1, 16%에서는 5:1과 9:1로 조절하여 3L 용량의 실험실용 회전식 다이제스터(Ilshin Autoclave co, Ltd)로 증해를 실시하였다. 이때 증해온도는 160°C, 증해온도 도달시간 30분, 증해온도 유지시간 90분으로 하였다. 크라프트법의 경우에는 황화도를 25%로 고정하였다. 전술한 방법으로 제조된 펄프는 충분히 세척하고 실험실용 평판 스크린으로 정선을 실시한 후 DEDED 5단 표백을 실시하였으며, 미표백 및 표백펄프를 여수도 350 및 450 ml 수준으로 고해하여 평량 60g/m²의 수초지를 제조하여 주요 물성을 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 펄프화 특성

베트남산 대나무의 펄프화 특성을 조사하기 위하여 소오다법, 크라프트법 및 AQ 첨가 펄프화를 실시한 결과 Table 1에서 보는 바와 같이 활성알칼리 18%의 경우를 제외하고는 소오다법에 의하여 제조된 펄프가 다소 낮은 카파가를 나타내었으며, 정선 펄프수율도 크라프트 펄프가 더 낮은 수치를 나타내어 기존 목재의 펄프화와는 다른 결과를 나타내었다. 이와 같은 경향은 대나무의 조직이 목재와 다른 특성을 지니고 있기 때문인 것으로 판단된다.

펄프화 특성을 개선 가능성을 판단하기 위하여 액비 4:1, 활성알칼리 16%로 고정시키고, AQ을 0.05, 0.1 및 0.2% 첨가하여 동일한 조건으로 증해를 실시한 결과 모두 탈리그닌이 개선되었으며, 특히 크라프트 펄프의 경우 가장 낮은 카파가를 나타내어 탈리그닌 개선에 더 효과적이었음을 확인할 수 있었으나 정선 펄프수율은 AQ 0.2% 첨가시를 제외하고는 소오다펄프보다 낮은 결과를 나타내어 탄수화물의 보호는 소오다법의 경우 더 효과적이었다. 액비의 증가는 예상했던 바와 같이 동일한 활성화 알칼리 수준에서의 탈리그닌화의 감소를 가져왔다.

3.2 펄프 시이트의 SEM 사진

대나무 펄프의 제지적성 중 특히 종이의 벌크에 미치는 영향을 평가하기 위하여 시판 SwBKP(Pacifico pulp, radiata pine), HwBKP(PT Riau Andalan Pulp & Paper, acacia) 및 실험실에서 제조한 대나무 BKP를 450 ml CSF로 고해하여 펄프 시이트를 제조한 결과 Photos 1-3에서 보는 바와 같이 대나무 펄프가 활엽수 펄프보다 다소 가늘음에도 불구하고 다소 벌키한 시이트의 구조가 얻어졌다. 비록 목재펄프와의 혼합 및 충전제 사용에 따른 변화가 수반될 것으로 예상되기는 하지만 대나무 펄프의 특성을 감안할 때 최근 백상지의 평량 감소와 더불어 어려움을 겪고 있는 종이의 벌크 및 불투명도 유지에 도움이 될 것으로 사료된다. 한편 대나무 펄프의 평균 섬유장은 1.62mm로서 0.7mm인 활엽수보다는 길고, 2.4 mm인 침엽수 펄프보다는 짧았으며, 펄프의 굵기는 활엽수 펄프보다 다소 가늘었다.

3.3 수초지의 물성

다양한 조건으로 제조된 미표백 및 표백 대나무 펄프를 450 및 350 ml CSF의 여수도 수준으로 고해하여 평량 60 g/m²의 수초지를 제조하여 주요 물성을 측정

Table 1. Pulping characteristics of bamboo grown in Vietnam

Pulping process	Active alkali(%)	Liquid ratio	AQ addition (%)	Yield(%)		Kappa number	
				Total	Screened		
Soda	14	4:1	-	54.41	53	14.9	
	16	5:1	-	54.4	52.1	12.7	
		9:1	-	55.93	53.46	13.9	
		4:1	-	50.1	49.88	11.6	
	18	4:1	0.05	51.21	50.44	13.2	
		4:1	0.1	53.41	54.39	11.5	
		4:1	0.2	55.32	53.42	9.25	
	Kraft (Sulfidity 25%)	14	4:1	-	54.95	52.76	18.4
		16	5:1	-	52.49	51.2	13.0
9:1			-	53.96	52.24	18.7	
4:1			-	49.49	48.58	10.2	
18		4:1	0.05	48.16	45.9	12.3	
		4:1	0.1	51.36	49.63	10.4	
		4:1	0.2	54.84	53.51	8.69	

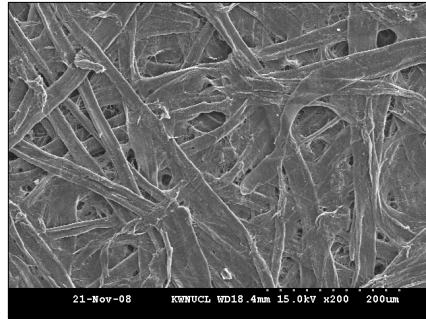


Photo 1. SEM of SwBKP sheet.

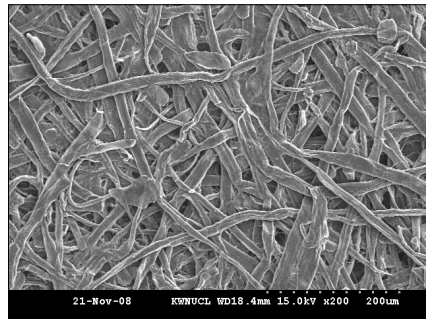
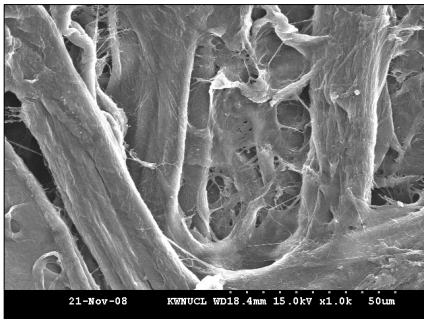


Photo 2. SEM of HwbKP sheet.



Photo 3. SEM of bamboo BKP sheet.

한 결과 Table 2와 같은 결과가 얻어졌다. 수초지의 벌크는 예상하는 바와 같이 고해에 의하여 감소되는 경향을 나타내었으며, 펄프화법 및 펄프화 조건에 따라 다소 복잡한 변화를 나타내었다. 미표백 펄프의 경우 450 ml CSF의 고해수준에서는 소오다 펄프 시트의 벌크가 크라프트 펄프보다 다소 높게 나왔지만 고해가 진행됨에 따라 그 차이가 감소되었다. 그러나 표백 펄프 시트의 경우에는 크라프트 펄프 시트의 벌크가 높았고, AQ 첨가 시에는 소오다 펄프 시트의 벌크가 높았다. 이와 같이 표백 유무 또는 AQ 사용에 따라 다

른 결과를 나타낸 이유는 아직 밝혀지지 않았으며 이러한 원인을 밝히기 위한 연구가 요구된다.

대나무 미표백 펄프 시트의 인장지수는 크라프트 펄프 시트가 더 높은 값을 나타내었으나 AQ 첨가 시에는 소오다 펄프 시트의 인장지수가 높은 값을 나타내었으며 표백 펄프의 경우에는 반대 경향을 나타내었다. 한편 미표백 펄프의 파열지수는 AQ의 첨가 여부에 관계없이 크라프트 펄프 시트에서 더 높은 값이 얻어졌으나, 표백 펄프의 경우는 소오다 펄프 시트가 더 높은 값을 나타낸 반면 AQ 첨가 시에는 크라프트

Table 2. Physical properties of unbleached and bleached bamboo pulps

Bleaching	Pulping process	Active alkali(%)	Liquor ratio	AQ (%)	Bulk(cm ³ /g)		Tensile Index(Nm/g)		Burst Index (kPam ² /g)	
					350ml	450ml	350ml	450ml	350ml	450ml
Bleached	Soda	14	4:1	-	1.893	2.014	26.64	23.17	0.87	0.85
			5:1	-	1.903	2.020	24.14	20.65	0.86	0.76
		16	9:1	-	1.933	2.108	21.51	19.24	0.74	0.70
			4:1	-	2.134	2.163	14.67	13.56	0.45	0.45
		18	4:1	0.05	2.072	2.311	17.67	11.69	0.53	0.43
			4:1	0.1	2.204	2.293	13.58	15.09	0.46	0.46
	Kraft	16	4:1	0.2	2.154	2.258	14.81	15.09	0.43	0.48
			4:1	-	1.935	2.096	20.80	19.54	0.73	0.65
		18	5:1	-	2.01	2.135	18.14	16.76	0.57	0.51
			4:1	-	2.168	2.324	13.19	11.79	0.44	0.42
		16	4:1	0.05	2.099	2.203	16.48	14.39	0.51	0.45
			4:1	0.1	1.976	2.128	19.43	18.11	0.62	0.59
		18	4:1	0.2	2.044	2.197	16.43	14.76	0.51	0.46
			Unbleached	Soda	14	4:1	-	1.990	2.111	48.13
5:1	-	1.813				2.003	42.61	39.51	2.03	1.84
16	9:1	-			1.842	2.104	40.86	38.25	1.96	1.79
	4:1	-			1.873	2.034	41.83	38.31	2.08	1.89
18	4:1	0.05			1.989	2.142	51.15	47.04	2.97	2.63
	4:1	0.1			1.706	1.922	59.79	55.04	3.14	3.07
Kraft	16	4:1		0.2	1.699	2.001	58.09	48.37	3.21	2.94
		4:1		-	1.836	1.882	47.10	45.04	2.38	2.14
	18	5:1		-	1.954	2.106	54.05	51.68	2.89	2.71
		4:1		0.05	1.734	1.916	48.23	42.56	2.54	2.34
	16	4:1		0.1	1.749	1.919	38.32	37.8	2.09	1.93
		4:1		0.2	1.781	1.990	41.09	38.49	1.76	1.83

펄프 시트가 더 높은 값을 나타내었다.

이상의 결과를 통하여 대나무 펄프 시트의 물성은 펄프화법, 펄프화 조건, AQ 첨가, 표백 및 고해 등에 의하여 다양하게 변화될 수 있음을 확인할 수 있었으며, 이들 조건을 적절히 조절할 경우 제조하고자 하는 종이의 특성에 따라 요구되는 성질을 만족시켜줄 수 있을 것으로 사료된다.

4. 결 론

목재 펄프에 대한 수요는 급속히 증가하고 있는 반면에 지구 온난화 등 환경오염 및 생태계의 파괴가 심화됨에 따라 목재의 벌채에 대한 규제가 심화됨으로써 펄프의 공급에 어려움을 겪고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위한 일환으로 목재에 비하여 생육기간이

매우 짧은 비목재 섬유자원 중 대나무가 목재펄프 대체용 원료로서의 적합한지의 여부를 판단하기 위하여 소오다법 및 크라프트법으로 펄프화를 실시하였으며, AQ 첨가가 펄프화 및 펄프 시트의 특성에 미치는 영향을 조사하였다.

대나무의 평균 섬유장은 1.62mm로서 약 0.7mm인 활엽수 펄프보다는 길고, 약 2.4mm인 침엽수 펄프보다는 짧았다. 비록 섬유의 굵기는 활엽수보다 다소 가늘었으나 활엽수 펄프보다 다소 벌키한 시트가 얻어졌다. 활성 알칼리 18%의 경우를 제외하고는 소오다 펄프화 시 낮은 카파가가 얻어졌으며, AQ의 첨가는 소오다법 및 크라프트법 펄프화에서 모두 탈리그닌 개선 효과가 확인되었다. 그러나 정선 펄프수율은 소오다법의 경우 더 높게 나와 AQ의 탄수화물 보호 효과는 소오다법의 경우 더 좋은 것으로 판단되었다. 대나무 펄프 시트의 특성은 펄프화법, AQ 첨가, 표백 및 고해 등에 의하여 변화되는 것이 관찰되었다.

인용문헌

1. Intergovernmental Panel on Climate Change, Climate change 2007 : Synthesis Report(2007).
2. Won, J.M. and Ahmed, A., Characteristics of pulp and paper produced from corn stalk, Journal of Korea TAPPI 36(5):21-28(2004).
3. Kang, J.H. and Park, S.J., Studies on the production of carious chemical pulps from bamboo, J. of KTAPPI 32(3):57-63(2000).
4. Kang, J.H. and Park, S.J., Studies on the multisatage bleaching of bamboo chemical pulps, J. of KTAPPI 33(4):49-54(2000).
5. Fengel, D. and Shao, X. A chemical and ultrastructural study of the Bamboo species Phyllostachys makinoi Hay. Wood Sci. Technol. 18:103-112(1984).
6. Mân Vu, T.H., Pakkanen, H. and Alén, R., Delignification of bamboo (*Bambusa procera* acher). Part 1. Kraft pulping and the subsequent oxygen delignification to pulp with a low kappa number, Industrial Crops and Products 19:49 - 57(2004).