

삼섬유를 이용한 특수기능지 개발 (제 1보) - 소다펄프화 삼 섬유의 수초지 특성 -

이다희 · 이명구[†]

접수일(2013년 11월 23일), 수정일(2013년 12월 12일), 채택일(2013년 12월 13일)

Manufacture of Specialty Paper with Hemp Bast Fiber Cultivated in Korea (Part 1) - Characteristics of Hemp-Wood Paper by Soda Pulping -

Dah-Hee Lee and Myoung-Ku Lee[†]

Received November 23, 2013; Received in revised form December 12, 2013; Accepted December 13, 2013

ABSTRACT

To conserve wood resources for papermaking, chemical compositions of the hemp (*Cannabis sativa* L.) bast fiber cultivated in Korea such as holocellulose, α -cellulose, lignin, alcohol-benzene extractives, hot and cold water extractives, and ash contents were investigated to manufacture the specialty packaging paper effectively. Significantly very low klason lignin content of 3.3% was accomplished by removing of the outer shell of bark. Laboratory soda pulping method which is very useful for the nonwood fiber was adapted, and it was found that there was no significant difference in both kappa number and H-factor between 25% and 30% NaOH charge. Hemp pulp cooked with the laboratory digester in 25% NaOH at 170 °C were mixed together with the wood pulp(NBKP:LBKP=1:1) in order to find the optimum mixture ratio which exhibited acceptable paper strength properties such as tensile index, burst index, and tear strength. When 10% of hemp soda pulps was mixed with 90% of wood pulps comprised of SwBKP and HwBKP (1:1), all physical strength increased significantly. The physical strength decreased as the amount of hemp pulp increased because the cell wall of bast fiber is very thick which causes low conformability and low fiber-fiber bonding. These results showed that paper made of hemp-wood pulp can be used for the specialty packaging paper which requires both the characteristic surface properties and the high physical strength of hemp fiber.

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

[†] 교신저자(Corresponding Author): Email: mkleee@kangwon.ac.kr

Keywords: Hemp bast fiber, soda pulping, packaging paper

1. 서론

21세기에 들어서면서 가속화되고 있는 지구온난화와 사막화는 지구환경문제 중 가장 큰 문제로 대두되고 있다. 지구온난화와 사막화의 가속화를 방지하기 위해 산림보호의 중요성은 강조되고 있지만 인류문명의 발달과 함께 산림의 훼손은 더욱 가속화 되고 있다. 인터넷의 발달로 유통되는 정보량의 증가와 문맹률 저하 및 경제성장 등의 이유로 매년 종이 소비량은 증가하고 있는 추세이다. 매년 증가하는 종이 소비량을 충족시키기 위해 산림을 무분별하게 개발한다면 산림자원의 개발로 인한 환경문제를 야기 시킬 수 있다. 제지회사에서 사용하는 펄프는 천연림이 아닌 별도로 조립한 나무를 벌목하여 사용하지만 나무의 생장 기간을 고려했을 때 증가하는 종이 소비량을 충족시키기는 어려울 것으로 판단된다. 이에 목재펄프 대체재로 비목재 펄프가 각광받고 있다.¹⁾ 일반적으로 연구되어 온 비목재 원료로는 옥수수, 대나무, bagasse, 짚, kenaf, hemp 등이 있다.²⁻⁷⁾ 이러한 비목질계 섬유는 대체로 목재에 비해 생장기간이 짧아 원료 수급이 용이하며 단기간에 재생산이 가능하고 대부분 농업 부산물로 생산되어 가격이 저렴하다는 이점을 가지고 있다. 또한 일반 농작물로 경작할 시 농촌의 소득증대에도 크게 기여할 가능성이 있으며,⁸⁾ 비목재 사용 증가에 따른 목재사용 감소를 기대할 수 있어 산림자원의 파괴를 막을 수 있으며 친환경적이다. 비목재 섬유를 이용하고자 하는 연구는 오래전부터 여러 연구자들에 의해 수행 되어져 왔다.^{6,7,9-11)}

본 연구에서는 삼과의 1년 생 초본 식물로 주로 온대 지방과 열대지방에서 3-6 m 까지 성장하며 성장이 빠르고 병충해가 거의 없어 재배가 용이한 hemp 인피부를 이용하여 적정 소다펄프화법 및 생산된 hemp 소다펄프와 목재펄프의 적정 혼합비 탐색을 통하여 hemp를 이용한 특수기능지 개발 가능성을 알아보자 하였다. 본 논문을 통해 친환경적인 비목재 펄프 생산에 긍정적인 영향을 줄 것이라 생각되며, hemp 섬유가 길고 강하며 조도가 낮아 제품에 우수한 보존성 및 특별한

질감의 표면특성을 요구하는 특수기능지 개발에 이용할 것이라 판단된다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

Hemp(*Cannabis Sativa*) 인피는 보성삼베(한국 전남 보성군)에서 구입하여 hemp의 백피를 50 mm 길이로 절단 후 공시재로 사용하였다. 공시재로 사용한 hemp의 화학적 특성은 Table 1과 같다.

Table 1. Chemical composition of hemp bast fiber

Composition	Content (%)
Holocellulose	78.94
α -Cellulose	61.89
Klason lignin	3.33
Ethanol-benzene	3.55
Extractives Cold-water	13.97
Hot-water	16.00
Ash	3.26

2.2 실험방법

2.2.1 소다펄프화 및 효율분석

실험실용 증해기(digester, SUS 316)를 사용하여 Table 2와 같은 조건으로 펄프화를 실시하였다. 액비가 10:1, 유지시간 80분 일 때, 도달시간과 증해온도와 NaOH 첨가량이 펄프화 기작에 미치는 영향을 평가하였다. 각 조건에 따른 펄프 제조 후 증해 효율과 펄프에

Table 2. Soda cooking condition for hemp bast fiber

NaOH dosage (% on dry hemp)	20, 25, 30
Liquor to hemp ratio	10:1
Chipping size (mm)	50
Cooking temperature (°C)	130, 150, 170
Time at temperature (min)	80

잔존하는 리그닌 양을 판단하기 위해 수율과 카파가 (TAPPI standard T236 om-99)를 측정하였다.

2.2.2 수초지 제조 및 물성측정

Hemp bast는 실험 2.2.1의 조건으로 탐색한 최적 소다 증해 조건으로 펄프를 제조한 후 목재펄프와 혼합하여 실험실용 사각 수초지기로 초지하였다. Hemp는 목재펄프와 별도로 고해를 실시하여 섬유 분산정도를 파악할 수 있도록 하였다. 또한 수초지 제조 시 지료의 분산을 원활하게 하기 위해 사각수초지기에 공기 펌프식 교반장치를 장착하였다. 목재펄프는 침엽수와 활엽수를 1:1로 혼합하여 사용하였으며, 목재펄프와 hemp bast펄프는 10:0, 9:1, 8:2, 7:3, 6:4, 5:5로 혼합하여 Table 3의 조건으로 초지하였다. 제조된 수초지는 TAPPI standard T402 sp-03에 따라 조습처리한 후, TAPPI standard methods에 따라 인장강도(T494 om-01), 파열강도(T403 om-10), 인열강도(T414 om-04)를 측정하였다.

Table 3. Sheet forming condition

Ratio of NBKP to LBKP	1:1
Ratio of wood to hemp	10:0, 9:1, 8:2, 7:3, 6:4, 5:5
Grammage(g/m ²)	60
Sheet size (cm)	20 × 20
Wood pulp freeness(mL)	500
Hemp fiber beating time(min)	10

3. 결과 및 고찰

3.1 펄프화 온도와 약품첨가량이 펄프화 특성에 미치는 영향

Hemp의 소다 증해 시 온도가 펄프화 특성에 미치는 영향을 분석하기 위하여 130℃, 150℃, 170℃로 증해 온도를 변화시켜 증해 한 후,^{12,13)} 증해 kinetics를 수율과 카파가로 나타냈다(Figs. 1, 2). 증해 시간이 길어질수록 수율은 감소하는 경향을 보였으며, 170℃의 고온에서 증해 하였을 때보다 130℃로 증해하였을 때가 최종 증해 수율이 높은 것으로 나타났다(Fig. 1). 증해 온도가 높아질수록 hemp 섬유에 약품이 빠르게 침투하

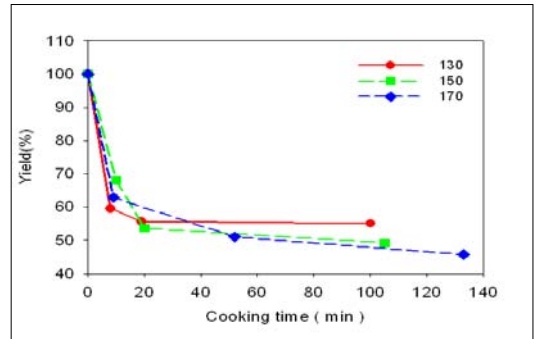


Fig. 1. Effect of cooking temperature on pulping yield.

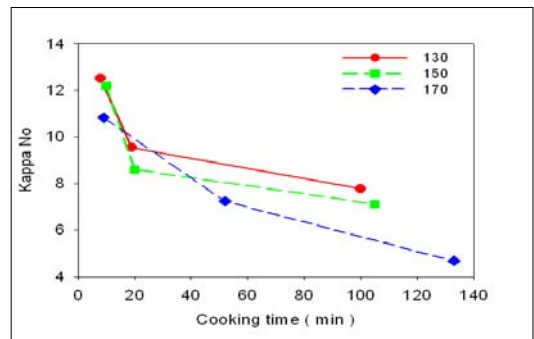


Fig. 2. Effect of cooking temperature on kappa number.

며 분해가 일어나 낮은 온도로 증해 할 때보다 수율 손실이 높은 것으로 판단된다. 반면 카파가는 130℃로 증해하였을 때보다 170℃로 증해하였을 때 가장 낮게 나타났다(Fig. 2). 증해온도가 높아질수록 카파가가 낮아지는 경향을 보이는데 이는 높은 온도에서 약품이 리그닌과 빠른 속도로 반응하여 리그닌 분해가 효과적으로 일어났다고 판단된다.

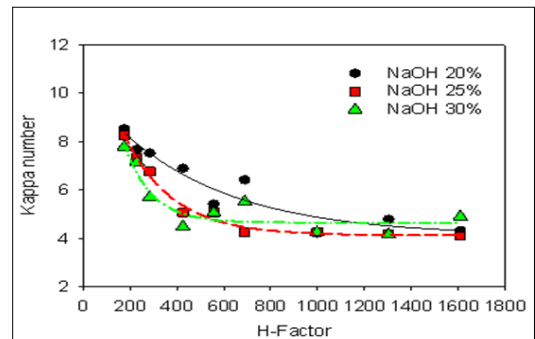


Fig. 3. Effect of amount of NaOH on kappa number.

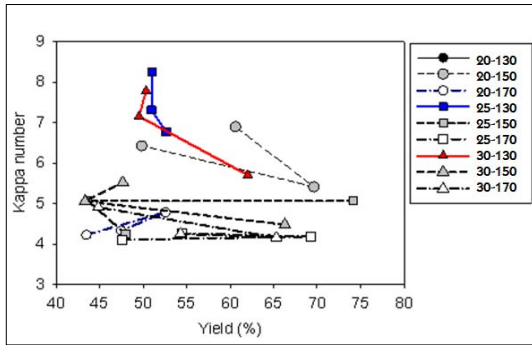


Fig. 4. Relationship between yield and kappa number.

Fig. 3에 hemp의 소다 증해 시 NaOH 첨가량을 20%, 25%, 30%로 변화하여 첨가하였을 때 H-factor가 탈리그닌화에 미치는 영향을 나타내었다. 알칼리 첨가량이 20%, 25%, 30% 일 때 각각 카파가는 4.33, 4.11, 4.91로 일정한 경향을 나타내지 않았다. NaOH 25% 이상의 조건에서 펄프화를 시킨다는 것은 큰 의미가 없는 것으로 판단되며 H-factor 1000이후 또한 카파가의 변화가 거의 일어나지 않기 때문에 H-factor는 800-1000 범위가 적정 조건이라 판단된다. 수율은 높고 카파가가 낮다는 것은 리그닌 분해는 많이 일어난 반면에 셀룰로오스와 헤미셀룰로오스는 상대적으로 분해가 적게 일어났다는 것을 의미한다. 가장 효율적인 펄프화 조건은 수율은 높고 카파가는 낮은 것으로 수율과 탈리그닌율의 상관관계를 Fig. 4에 나타냈으며, 최적조건은 증해온도 170℃, NaOH 25% 일 때 수율 69.4%, 카파가 4.2를 나타내었다.

3.2 목재펄프와 hemp 섬유 혼합비에 따른 수초지 물성 평가

목재섬유와 hemp bast 섬유의 혼합비를 조절하여 제조한 수초지의 강도적 특성을 검토한 결과는 Figs. 5, 6, 7과 같다. Hemp의 혼합비가 목재펄프 대비 10%일 때 인장지수 51.59 Nm/g, 파열지수 3.46 kPa·m²/g으로 가장 높은 강도 값을 나타냈고 이 후 혼합비가 증가할수록 강도는 감소하는 경향을 보였다(Figs. 5, 6). Hemp 섬유 10% 첨가에 따른 인장지수와 파열지수 증가는 일반 종이에 비해 강도가 향상되어 보존성이 요구되는 특수기능지 또는 외적응력에 대한 저항 및 외부 충격으로부터 포장물을 보호하기 위한 포장지 개발에 이용할 수 있을것이라 생각된다. 섬유장이 긴 hemp 섬

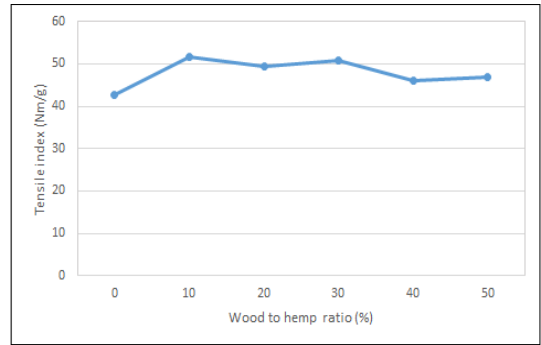


Fig. 5. Effect of hemp ratio on tensile index.

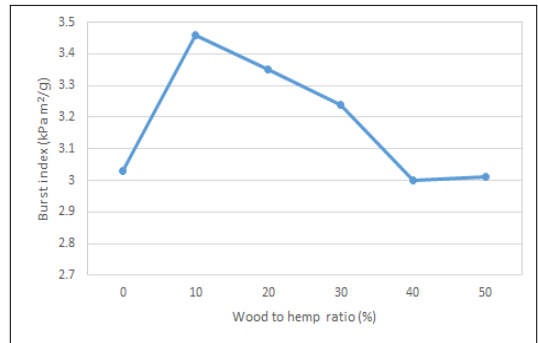


Fig. 6. Effect of hemp ratio on burst index.

유의 혼합으로 인하여 인열지수가 증가할 것이라고 기대했지만, hemp 섬유 혼합 10% 일 때 인열지수는 21.05 mNm²/g에서 hemp 혼합을 50%까지 증가시켰을 때 11.67 mNm²/g으로 감소되는 경향을 나타내었다(Fig. 7). 목재펄프 대비 hemp섬유의 혼합비가 증가할수록 강도가 감소하였는데 이는 hemp bast의 세포벽이 두껍기 때문에 섬유의 유연성이 부족하여 섬유 간 결합력이

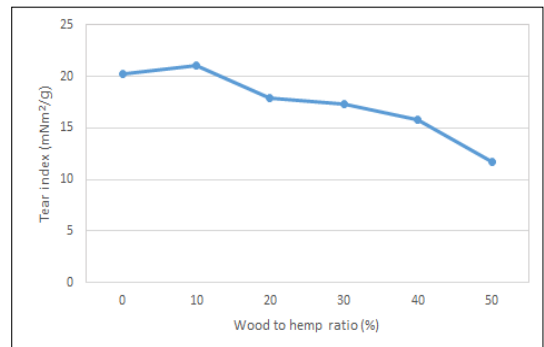


Fig. 7. Effect of hemp ratio on tear index.

감소한 것으로 판단된다.¹⁴⁾ Hemp 펄프를 10분간 고해함으로써 섬유의 분산과 더불어 장섬유가 단섬유화되어 인열강도의 감소가 나타난 것으로 판단된다.

결과적으로 목재펄프 대비 10%의 hemp bast만 혼합하여도 목재펄프로만 제조한 종이 보다 강도가 향상되는 것을 통해 종이의 보존지, drip mat지 또는 고급포장지와 같은 고부가가치 특수지 제조에 이용될 수 있다.

4. 결론

비목재 섬유인 hemp를 이용한 soda pulping의 적정 증해조건 및 수초지 제조 조건을 탐색하여 hemp의 표면특성과 강도적 성질이 요구되는 기능성 포장지 및 보존지와 drip mat지 제조에 필요한 기초자료를 얻고자 본 연구를 수행하였으며, 이를 위하여 유지시간과 증해온도, NaOH 첨가량에 따른 증해 효율을 검토하였다. Hemp의 소다펄프화 최적 조건을 바탕으로 수초지를 제작하여 인장, 파열, 인열 강도를 측정하여 목재펄프와 hemp의 최적 혼합비를 탐색하였으며 그 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 수율과 카파가를 종합적으로 판단한 결과 NaOH 25% 이상의 조건에서 펄프화를 시킨다는 것은 큰 의미가 없는 것으로 판단되며 H-factor는 800-1000 사이가 적정 조건으로 판단된다.
- 2) 최적의 증해 조건은 증해온도 170℃에 NaOH 농도 25%라고 판단된다.
- 3) Hemp와 목재펄프를 혼합하여 초지하였을 때 인장강도, 파열강도, 인열강도는 증가하는 경향을 보였다. 다만 hemp bast가 목재펄프대비 10% 이상이 들어갔을 때 전체적인 강도는 감소하는 것으로 나타났다.
- 4) 따라서 hemp bast와 목재펄프의 최적 투입비는 목재펄프 대비 hemp bast 10%가 적절하다고 판단된다.
- 5) 목재펄프와 hemp의 혼합비 탐색을 통해 강도적 성질을 이용한 보존지와 drip mat지 및 독특한 질감과 무늬를 가진 고급포장지 개발에 이용할 수 있다고 판단된다.

Literature Cited

1. Pande, H., Non-wood fibre and global fibre supply, Unasylya 193: 44-50 (1998).
2. Chen, K.-L. Tosaka, K., and Hayashi, J., Alkali-oxygen pulping of rice straw : two-stage pulping by alkali soaking and oxygen cooking, Tappi J. 77(7):109-113 (1994).
3. Mamers, H., Yuritta, J. P., and Menz, D. J., The siropulper - an explosive alternative for non-wood pulping. TAPPI nonwood plant fiber pulping progress report 11, pp. 7-12 (1980).
4. Mansour, A. C. G., Rice straw and wheat straw for fine papers, TAPPI nonwood plant fiber pulping progress report 16, pp. 44-51 (1985).
5. Sabharwal, H. S., Akhtar, M., Blanchette, R. A., and Young, R. A., Refiner mechanical and biomechanical pulping of Jute, *Holzforchung* 49(6):537-544 (1995).
6. Lee, M.-K., Choi, K. H., and Park, E. H., Manufacture kraft pulp by hemp bast fiber, 2008 Autumn Conference of Korea TAPPI Proceedings, pp. 323-329 (2008).
7. Lee, M.-K., and Yoon, S.-L., Effective utilization of hemp fiber for pulp and papermaking (II), *Journal of Korea TAPPI* 39(4):45-52 (2007).
8. Sheppard, L. M., How industrial hemp is made - production process, making, history, used processing, parts. How products are made, vol. 6 (2009). <<http://www.madehow.com/Volume-6/Industrial-Hemp.html>>
9. Correia, F. M. C., Fibre characteristics and chemical pulping of Canadian industrial hemp (*Cannabis sativa L.*). Master's Thesis, Faculty of Forestry, University of Toronto, Canada. pp. 51-80 (2004).
10. Correia, F., Roy, D. N., and Goel, K., Chemistry and delignification kinetics of Canadian industrial hemp, *Journal of Wood Chemistry and Technology* 21(1):97-111 (2001).
11. Ranalli, P., *Advances in hemp research*, Food products press, an imprint of the Haworth press. Inc., pp. 213-238 (1999).
12. Abdul, L. A., Rab, A., Polyanszky, E., and Rusznj, K. I., Kinetics of delignification in kraft pulping of wheat straw and hemp, *Tappi J.* 78(8):161-164 (1995).

13. Danielewicz, D., and Barbara, S.-S., Processing of industrial hemp into papermaking pulps intended for bleaching, *Fibres & Textiles in Eastern Europe* 18(6):110-115 (2010).
14. Kamat, J., Effect of harvesting time on the physical, chemical and pulping properties of hemp(*cannabis sativa L.*). Master's Thesis, Faculty of Forestry, University of Toronto, Canada, pp.7-10 (2000).