

대마의 소다펄프화 kinetics에 관한 연구

조병욱, 채수명, 윤승락*, 이명구

강원대학교 제지공학과, *진주산업대학교 인테리어재료공학과

1. 서 론

21세기에 들어서면서 지구환경보호는 주요한 사회문제 중 하나로 부각되고 있다. 특히 지구 온난화와 사막화로 인하여 산림보호의 중요성이 강조되고 있다. 산림의 손실은 인류문명의 발달과 함께 더욱 가속화 되고 있는 실정이다. 또한 세계적으로 종이와 판지의 소비량이 증가하고 있는 추세이어서, 목재펄프만을 사용하여 종이의 원료를 충당하는 것에는 한계에 다다를 거승로 판단된다. 여러 해결 방법이 가능하겠으나, 비목재 자원을 사용하여 목재펄프를 대체하여 종이를 생산하는 것도 산림의 손실을 감소시킬 수 있는 하나의 방법이 될 수 있을 것이다.

일반적으로 연구되어온 비목재 원료로는 옥수수, 대나무, bagasse, 짚, kenaf, hemp 등이 있다 [1-4]. 이러한 비목질계 섬유는 대체로 목재에 비해 생장기간이 짧아 원료 수급이 용이한 것이 특징이다. 비목질계 섬유자원은 단기간에 재생산이 가능하며 생산성이 높고 대부분 농업 부산물로 생산되어 값이 싸다는 이점을 가지고 있다. 또한 일반 농작물로 경작하여 농·산촌의 소득증대에 크게 기여할 가능성이 있으며 산림자원의 파괴를 막을 수 있어 친환경적이라고 여겨진다.

이 중 hemp는 성장이 빠르고 holocellulose의 함량이 높고 섬유장이 목재 섬유에 비해 길다는 특징을 가지고 있기 때문에, 인장강도를 요하는 제품에 목재 펄프를 대체할 원료로 사용 할 수 있는 가능성을 가지고 있다[5]. Hemp의 core나 bast fiber를 펄프화하여 종이를 제조하고자 하는 연구는 여러 연구자들에 의해서 수행되어져 왔다 [6-13]. Hemp를 펄프화하는 방법으로는 크라프트펄프화법, 소다펄프화법, 유기용매펄프화법등 여러 펄프화법이 연구되어져 왔고, 일부 펄프화 공정은 상업화되었다. 크라프트펄프화법과 소도펄프화법을 활용한 경우에, 대부분의 증해는 150°C이상의 고온에서 행해졌다.

본 연구에서는 hemp를 소다펄프화법을 사용하여 pulping kinetics에 영향을 미치는 인자들에 관해서 조사하고자 하였다. 이 결과는 hemp의 최적 펄프화 조건을 탐색하는데 기초자료로 활용될 것이다.

2. 재료 및 방법

2.1. 공시재

Hemp(Cannabis Sativa) 인피는 보성삼배(전남 보성군)에서 구입하여 5 cm 길이로 자른 후, 공시재로 사용하였다. 공시재로 사용한 hemp의 화학적 특성은 Table 1과 같다. Table 1에서 보는 바와 같이 목재 섬유와 달리 리그닌 함량이 낮았고, 반면에 셀룰로오스 성분은 높게 나타났다. Hemp 인피섬유의 평균 섬유장은 4.4 mm, 섬유폭은 평균 30.5 μm 정도이다[14].

Table 1. Chemical composition of hemp bast fiber

Holocellulose (%)		78.94
α -cellulose (%)		61.89
Klason lignin (%)		3.33
Extractives	Ethanol-benzen (%)	3.55
	Cold-water (%)	13.97
	Hot-water (%)	16
Ash (%)		3.26

2.2 실험방법

실험실용 증해기 (digester)를 사용하여 Table 2와 같은 조건으로 펄프화를 행하였다. 최고온도 도달시간, 액비, 최고온도, NaOH 첨가량이 펄프화 kinetics에 미치는 영향을 평가하고자 하였다. 최고온도 도달시간은 증해기의 main heater의 온도 (over temp.)를 조절하여 제어하였다. Over temp.가 높으면 최고온도 도달시간이 빠르고 낮으면 증해기 온도 상승속도가 느리게 된다. 펄프에 잔존하는 리그닌은 kappa number를 측정하여 평가하였다.

Table 2. Soda cooking conditions for hemp bast fiber

NaOH dosage (% on dry hemp)	0, 2, 5, 7, 13, 20, 25, 30
Liquor to hemp ratio	6:1, 8:1, 10:1
Cooking Temperature (°C)	100, 130, 150, 170
Time to temperature (min)	27, 32, 67
Time at temperature	80 min, 1-7 hrs

3. 결과 및 고찰

3.1 펄프화 인자들의 영향

Figs. 1과 2는 최고온도 도달시간이 펄프화 수율과 잔존리그닌 함량 (kappa number로 측정)의 변화에 미치는 영향을 보여준다. 증해기의 over temperature를 조절하여 최고온도 도달시간을 27분에서 67분까지 변화시켰으나, 펄프화 수율과 탈리그닌율에 미치는 뚜렷한 영향은 관찰되지 않았다. 최고온도 도달시간이 길었을 경우에 수율이 좀 더 감소되었는데, 이는 단순히 증해시간이 길었기 때문으로 판단된다.

증해하는 동안에 100°C 도달 직후, 170°C 도달 직후, 170°C에서 80분간 증해 후에 샘플을 채취하였다. 100°C까지 증해하는 증해시간이 20분 이하임에도 불구하고 수율이 70%이하로 급격히 감소한 것을 알 수 있다. 170°C 도달 이후에 80분간 증해되는 동안에 수율의 감소는 적었다.

액비를 6:1에서 10:1까지 변화시켰을 경우에 수율과 kappa number에서 액비의 뚜렷한 영향은 발견되지 않았다 (Figs. 3과 4). 이 경우에도 100°C까지 증해하는 동안에 수율감소가 크고, 그 이후에는 감소가 둔화되는 것을 관찰할 수 있었다.

증해온도를 170°C에서 130°C까지 감소시키면 최종 증해수율은 조금 증가하고 (Fig. 5), kappa number 값도 증가하는 경향을 보였다(Fig. 6). 이 경우도 마찬가지로 100°C까지 도달하는 동안에 급격한 수율감소 (70% 이하)를 나타내고 130°C와 150°C에 도달한 이후에 80분간 증해하는 동안에 수율에는 큰 변화가 관찰되지 않았다.

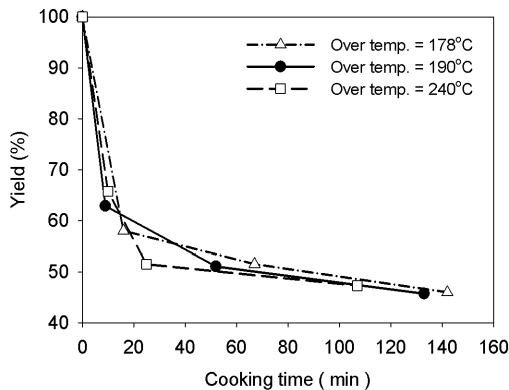


Fig. 1. Effect of time to maximum temperature on pulping yield.

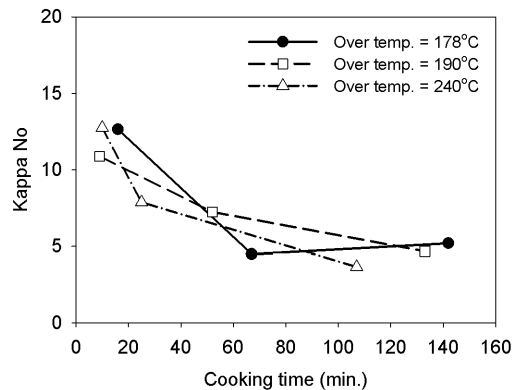


Fig. 2. Effect of time to maximum temperature on kappa number.

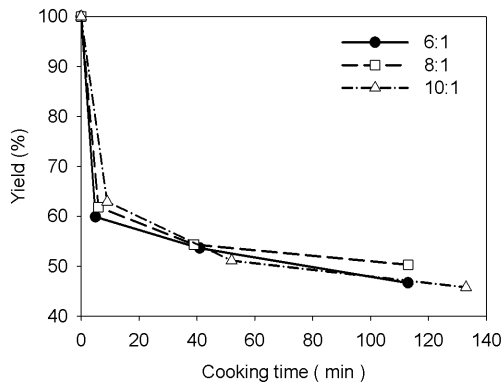


Fig. 3. Effect of liquor to hemp ratio on pulping yield.

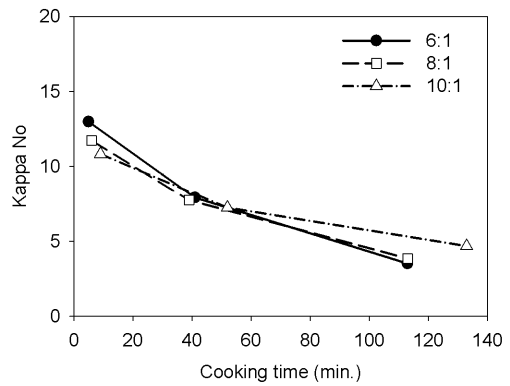


Fig. 4. Effect of liquor to hemp ratio on kappa number.

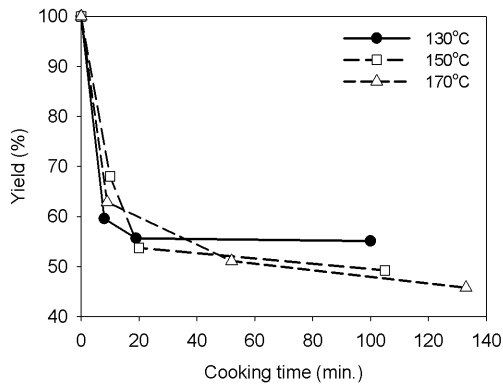


Fig. 5. Effect of cooking temperature on pulping yield.

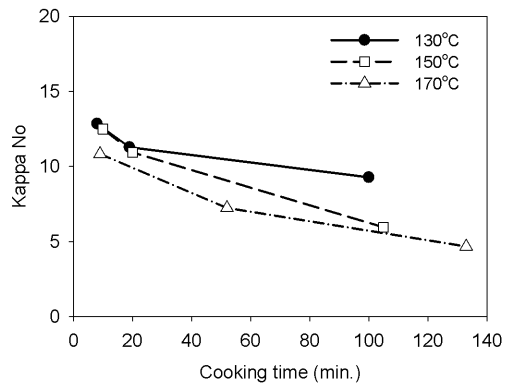


Fig. 6. Effect of cooking temperature on kappa number.

Fig. 7은 NaOH 첨가량이 20, 25, 30%일 경우에 H factor가 탈리그닌올에 미치는 영향을 보여준다. 알칼리 첨가량이 20%일 경우에 25%, 30%보다 다소 높은 kappa number값을 나타내었다. 25%와 30%에서는 뚜렷한 차이가 발견되지 않았다. H-factor가 800이후에는 kappa number의 감소가 더 이상 발견되지 않았다. 이는 H-factor를 800이상으로 높여서 증해할 필요가 없다는 것을 나타내고, hemp의 경우에 170°C 정도의 고온에서 오랜 시간 증해할 필요가 없다는 것을 의미한다.

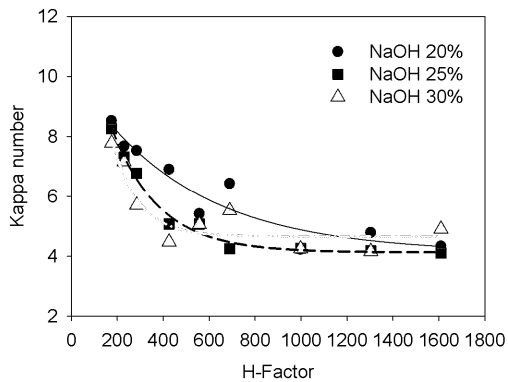


Fig. 7. Effect of H-factor on kappa number in various NaOH addition.

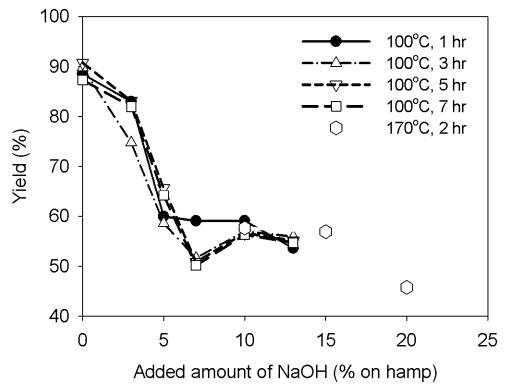


Fig. 8. Effect of the added amount of NaOH on pulping yield.

증해온도를 100°C로 감소시키고, NaOH 첨가량과 증해시간을 변화시켰을 경우에 펄프화 수율에 미치는 영향을 Fig. 8에 나타내었다. 각 NaOH 첨가량에서 증해시간을 1시간에서 7시간까지 변화시켰을 때, 수율의 변화는 거의 관찰되지 않았다. 즉, 일정시간 이후의 증해시간은 펄프화에 크게 영향을 미치지 않는 것으로 보여진다. 반면에 NaOH의 첨가량을 증가시키에 따라, 5%정도까지 수율은 급격히 감소하고, 그 이후에는 서서히 감소하는 것을 알 수 있다.

4. 결론

Hemp를 펄프화하는 경우에 NaOH의 첨가량이 가장 중요한 인자라 판단된다. 130°C 이상의 온도에서 증해온도와 증해시간은 수율감소와 탈리그닌에 큰 영향을 미치지 않는다고, 100°C이하의 온도에서 hemp 구성성분의 분해가 많이 발생하였다. 따라서 기존의 목재를 펄프화하는 조건보다는 온화한 조건에서 hemp를 증해할 필요가 있다고 판단된다.

사 사

본 연구는 농림수산식품부에서 시행한 농림기술개발사업(2008)의 일환으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. 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 (1994).
2. Mamers, H., Yuritta, J. P., and Menz, D. J., The siropulper - an explosive alternative for non-wood pulping. *Tappi J.* 64(7):93 (1981).
3. Marguerite, S., Environmental compatibility of effluents of aspen biomechanical pulping of bagasse and wheat straw. *Tappi J.*, 77(1):161-166 (1994).
4. Kobayashi, Y., Recent worldwide trends of R&D on pulping and paper-making of nonwood plant fibers, *Tappi J.*, 69(6):1-23 (1986).
5. 이명구, 최경화, 박은호, Hemp 섬유를 이용한 kraft pulp 제조 한국펄프·종이공학회 2008년 추계학술발표논문집, pp. 323-329 (2008).
6. Johnson, P., Industrial hemp: A critical review of claimed potentials for *Cannabis sativa*, *Tappi J.* 82(7):1113-123 (1999).
7. Frans, H. A. Z., Richard, J. A. G., Jan, E. G. V. D., and Boke, F. T., Organosolv pulping and test paper characterization of fiber hemp, *Tappi Journal*, 78(5):149-155 (1995).
8. Fatima, M. C. C., The characterization of hemp(*Cannabis sativa L*) chemical pulp and paper, the thesis for the degree of doctor of philosophy, faculty of forestry, University of Toronto, Canada (2004).
9. Abdul-Karim, L.A., Rab, A., Polyànszky, É., and Rusznàk, I., Optimization of process variables for production of dissolving pulps from wheat straw and hemp, *Tappi J.* 77(6):141-150 (1994).
10. Abdul-Karim, L.A., Rab, A., Polyànszky, É., and Rusznàk, I., Kinetics of delignification in kraft pulping of wheat straw and hemp, *Tappi J.* 77(6):141-150 (1994).
11. Correia, F., Roy, D. N., and Goel, K., Chemistry and delignification kinetics of canadian industrial hemp (*Cannabis sativa L.*). *Journal of wood Chemistry and Technology.* (2001).
12. Choi, T.-H. and Hwang, W.-R., Pulping characteristics of seed-gathering hemp (*Cannabis sativa L.*), *J. Agr. Sci.* 25(1): 43-47(2009).
13. Lee, H.C. and Kim, B.Y., Manufacture and characterization of papers made from New-Zealand hmp fibers, *J. KTAPPI* 36(1):67-74 (2004).
14. 이명구, 윤승락, 대마 구성 세포의 현미경적 관찰. 한국펄프·종이공학회 2009년 추계학술발표 논문집, pp. 137-144 (2009).