

Hemp 섬유를 이용한 kraft pulp 제조

이명구 · 최경화¹⁾ · 박은호²⁾

1. 서론

최근 산림의 황폐화로 인한 지구온난화가 세계적인 문제로 대두되어 환경보호에 대한 관심이 집중되고 있다. 현재 제지산업은 원료의 대부분을 삼림자원에 의존하고 있다. 그러나 세계적으로 종이와 판지의 소비량이 증가하고 있으므로 자원적인 측면과 환경적인 측면에서 산림자원에만 의존하는데 한계가 있다. 현재 전 세계의 종이와 판지의 소비량은 연간 320,000천 톤이며, 2010년에는 연간 400,000천 톤으로 증가될 것으로 예상된다¹⁾. 또한, 종이의 수요가 빠르게 증가하고 있는 아시아 지역에서는 현재의 산림자원으로 종이의 원료를 충족시키기에는 매우 부족한 실정이다. 그러므로 산림자원을 대체하기 위한 새로운 자원의 개발이 시급하다.

현재 제지업계에서는 목재 펄프를 대체할 원료로써 비목재 원료 중의 하나인 hemp를 주목하고 있다^{1),2),3)}. Hemp는 성장이 빠르고 섬유질이 풍부하며 인피 섬유(bast fiber)는 활엽수나 침엽수 섬유보다 섬유장이 길다는 특징을 가지고 있다^{1),2)}. 그러므로 목재 펄프로 제조된 종이에 비해 우수한 인장강도를 지니는 종이를 제조할 수 있어 특히 인장강도가 요구되는 tea bag 용지, drip mat지, 포장지, 필터용지, 과수봉지 등의 제조에 이용가치가 있으리라 생각된다. 그러나 이러한 hemp는 또한 섬유장이 길어 펄프 및 종이 제조에 까다로운 공정 특성을 요구한다는 단점을 가지고 있다.

본 연구에서는 장섬유인 hemp 인피 섬유의 효율적인 kraft pulping 조건을 설정하고자 시간, 온도, 액비를 달리하여 kraft pulping을 실행하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 실험재료

• 강원대학교 산림과학대학 제지공학과(Department of Paper Science and Engineering, College of Forestry Science, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea)

*1 강원대학교 창강제지기술연구소((Changgang Institute of Paper Science and Technology, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea)

2) 주저자(Corresponding author): E-mail: eunho3584@hanmail.net

2.1.1 공시재

Hemp(Cannabis Sativa) bast fiber는 보성삼배(전남 보성군 · 읍 봉산리 470, 경작인 윤옥돌)에서 구입하여 사용하였다.

Hemp의 일반적인 섬유 특성 및 성분은 Table 1과 같다^{1),2),3),4)}.

Table 1. General cell dimensions and chemical composition of hemp^{1),2),3),4)}

		Bast fiber	Core fiber
Cell Dimensions	Length(mm)	5-50	0.55
	Diameter(mm)	0.040	0.02
Chemical Composition (% Total Mass)	Extractives	3.02	5.60
	Lignin	4±2	20±2
	Cellulose	67±5	38±5
	Hemicellulose	24.2	38.9
	Ash	3.26	0.90

2.1.2 약품

수산화나트륨(Yakuri pure chemicals社, Japan, NaOH, 96%)과 황화나트륨 9수화물(Sigma-Aldrich社, USA, Na₂S · 9H₂O, 98%)을 사용하여 kraft pulping을 실시하였다.

Pulping 후 잔존리그닌 함량(카파가)을 측정하기 위해 분석용 시약을 사용하여 0.1N의 과망간산칼륨(KMnO₄)와 4N의 황산(H₂SO₄), 1N의 요오드화칼륨(KI), 0.2N의 티오황산나트륨(Na₂S₂O₃)을 제조하여 사용하였다.

2.2 실험방법

2.2.1. Kraft pulping

장섬유인 hemp bast fiber의 pulping을 보다 용이하게 하기위해 시료를 일정량의 증류수에 12시간 침적시킨 후 Table 2의 조건으로 kraft pulping을 실행하였다.

Table 2. Kraft pulping conditions of hemp bast fiber.

No.	Time (min)	Temp. (°C)	AA* (g/L)	Sulfidity** (%)	No.	Time (min)	Temp. (°C)	AA (g/L)	Sulfidity (%)
1	40	160	16	20	15	60	170	20	24
2	40	160	18	22	16	60	180	16	20
3	40	160	20	24	17	60	180	18	22
4	40	170	16	20	18	60	180	20	24
5	40	170	18	22	19	80	160	16	20
6	40	170	20	24	20	80	160	18	22
7	40	180	16	20	21	80	160	20	24
8	40	180	18	22	22	80	170	16	20
9	40	180	20	24	23	80	170	18	22
10	60	160	16	20	24	80	170	20	24
11	60	160	18	22	25	80	180	16	20
12	60	160	20	24	26	80	180	18	22
13	60	170	16	20	27	80	180	20	24
14	60	170	18	22					

*AA(Active alkali): NaOH+Na₂S (as Na₂O)

**Sulfidity: [Na₂S/(NaOH+Na₂S)]x100 (as Na₂O)

2.2.2. Kraft pulping 효율 분석

Kraft pulping 효율을 분석하기 위해 pulping 후 수율을 측정하였으며, 카파가(Tappi Method 236 om-99)를 측정하여 탈리그닌율을 비교 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

Hemp 인피섬유의 kraft pulping 효율을 분석하기 위해 증해온도, 증해시간, 약품 첨가량을 달리하여 pulping한 결과는 다음과 같이 나타났다. Pulp 수율과 카파가를 분석하여 높은 pulp 수율을 가지며 낮은 카파가(높은 탈리그닌화율)를 가지는 조건을 최적 pulping 조건으로 설정하였다(Fig. 1, Table 3 참조).

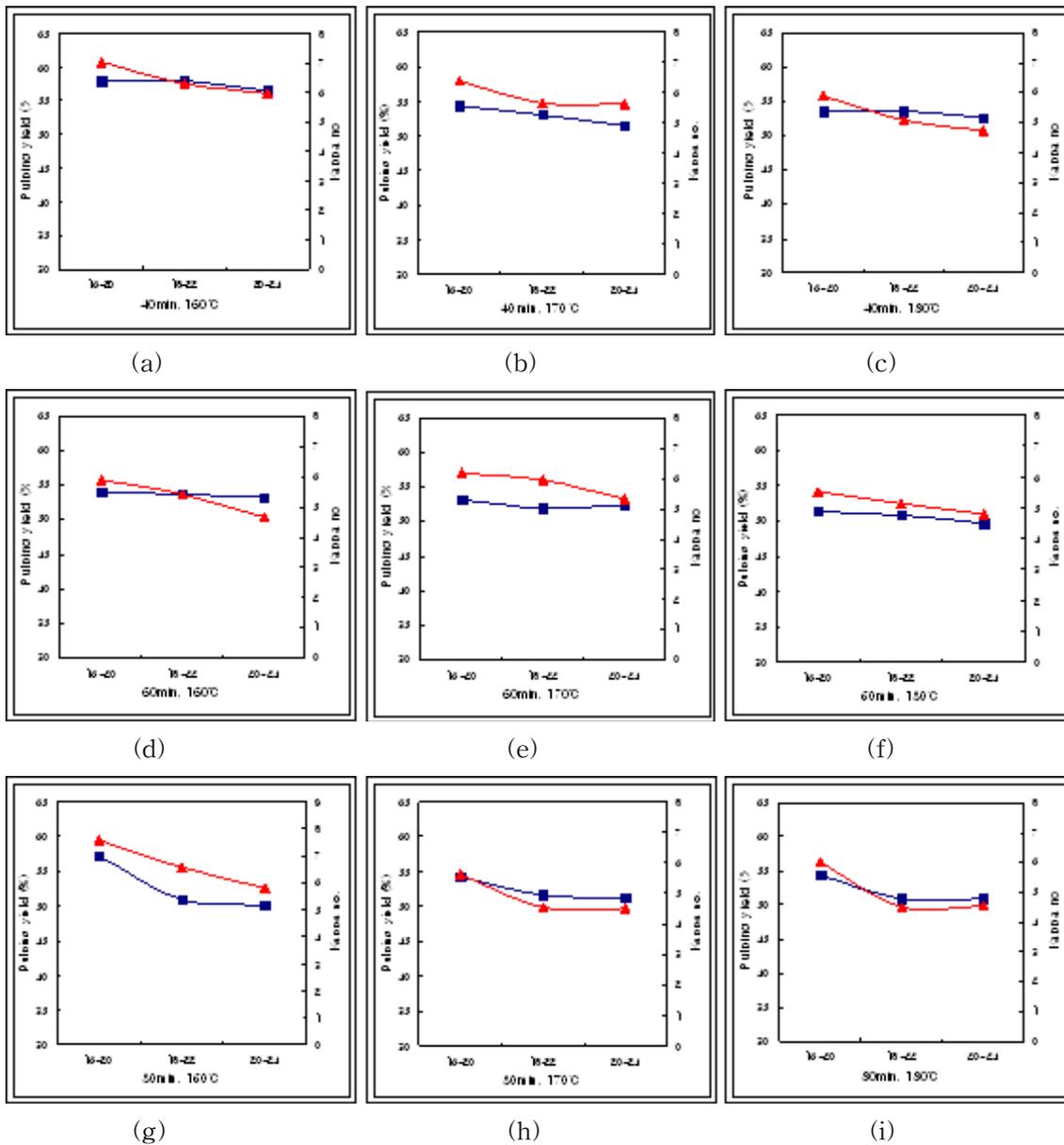


Fig. 1. Effect of cooking temperature, time, and chemicals on pulp yield and kappa number during kraft pulping(■ Pulping yield, ▲ Kappa No.).

Table 3. Pulp yield and kappa number in terms of cooking temperature, time, and chemicals during kraft pulping.

NO.	Pulping conditions			Pulp yield (%)	Kappa no.	NO.	Pulping conditions			Pulp yield (%)	Kappa no.
	Time (min)	Temp. (°C)	AA-Sulfidity*				Time (min)	Temp. (°C)	AA-Sulfidity*		
1	40	160	16-20	58.02	7.03	15	60	170	20-24	52.37	5.33
2	40	160	18-22	57.98	6.32	16	60	180	16-20	51.29	5.51
3	40	160	20-24	56.46	5.98	17	60	180	18-22	50.81	5.13
4	40	170	16-20	54.33	6.38	18	60	180	20-24	49.67	4.79
5	40	170	18-22	53.06	5.65	19	80	160	16-20	57.21	8.63
6	40	170	20-24	51.49	5.61	20	80	160	18-22	50.94	6.56
7	40	180	16-20	53.58	5.88	21	80	160	20-24	50.00	5.82
8	40	180	18-22	53.52	5.10	22	80	170	16-20	54.23	5.61
9	40	180	20-24	52.65	4.73	23	80	170	18-22	51.63	4.53
10	60	160	16-20	54.01	5.88	24	80	170	20-24	51.31	4.52
11	60	160	18-22	53.71	5.41	25	80	180	16-20	54.32	6.00
12	60	160	20-24	53.26	4.66	26	80	180	18-22	50.96	4.50
13	60	170	16-20	53.10	6.18	27	80	180	20-24	50.96	4.55
14	60	170	18-22	52.04	5.95						

*AA(Active alkali): NaOH+Na₂S (as Na₂O), Sulfidity: [Na₂S/(NaOH+Na₂S)]x100 (as Na₂O)

3.1. 증해온도에 따른 pulping 효과 분석

Fig. 1과 Table 3에서 보는 바와 같이, 증해 시간이나 약품첨가량에 상관없이 일반적으로 온도가 증가할수록 카파가는 감소하였다. Pulp 수율은 또한 온도가 증가할수록 감소함을 나타냈다. 그러나 Fig. 1-(h)와 (I)에서보는 바와 같이 증해 시간 80min의 경우에는 170°C와 180°C에서의 펄프 수율과 카파가가 유사한 결과를 나타냈다.

3.2. 증해시간에 따른 pulping 효과 분석

Fig. 1과 Table 3에서 보는 바와 같이, 온도와 마찬가지로 증해 시간이 증가할수록 pulp 수율과 카파가가 감소함을 나타냈다. 온도가 증가할수록 펄프의 수율이 감소하는 경향을 보이거나 60min과 80min을 비교하였을 경우 그 차이는 크지 않았다. 그러나 카파가 감소 수준을 보았을 경우 80min에서 더 감소하는 것을 볼 수 있다.

3.3. 약품 첨가량에 따른 pulping 효과 분석

약품 첨가량에 따른 pulping 효과를 분석해 보면 약품 첨가량이 증가할수록 pulping 수율 및 카파가가 감소하였다. Fig. 1과 Table 3에서 보는 바와 같이 카파가가 낮으면

서 즉 탈리그닌율이 좋으면서 높은 수율을 나타내는 조건은 증해시간 80min, 증해온도 180℃, 약품첨가량 AA(active alkali) 20 g/L, sulfidity 24%에서였다. 그러나 증해온도 170℃, 약품첨가량 AA(active alkali) 18 g/L, sulfidity 22%에서도 유사한 결과를 나타냈다.

4. 결론

Hemp 인피섬유의 kraft pulping시 증해온도, 증해시간, 약품 첨가량에 따른 효과를 살펴본 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 증해온도: 증해 온도가 증가할수록 대체적으로 카파가가 감소하여 탈리그닌율이 증가함을 알 수 있었으며 반면에 펄프 수율은 감소하였다. 그러나 170℃와 180℃에서의 카파가 감소율과 수율 감소율을 살펴보면 카파가 감소율에 비해 수율 감소율은 낮게 나타났다.
- (2) 증해시간: 증해시간이 증가할수록 역시 온도에서와 마찬가지로 카파가가 감소하여 탈리그닌율이 증가함을 알 수 있었으며 펄프 수율은 감소하였다.
- (3) 약품첨가량: 약품 첨가량이 증가할수록 온도, 시간의 경우와 같은 경향을 나타냈다. 그러나 약품 첨가량 AA(active alkali) 18 g/L, sulfidity 22%와 AA(active alkali) 20 g/L, sulfidity 24%의 경우 카파가 및 수율이 거의 일정하였다.

따라서 hemp 인피섬유의 최적 kraft pulping 조건은 증해온도 170℃, 증해시간 80min, 약품첨가량 AA(active alkali) 18 g/L, sulfidity 22%임을 알 수 있었다.

5. 참고문헌

1. Jim L. Bowyer, Industrial Hemp (*Cannabis sativa L.*) as a Papermaking Raw Material in Minnesota: Technical, Economic, and Environmental Considerations (<http://www.freenetwork.org/resources/documents/hemp.pdf>) (2001)
2. Frans H. A. Zomers, Richard J. A. Gosselink, Jan E. G. van Dam, and Boke F. Tjeerdsma, Organosolv pulping and test paper characterization of fiber hemp, Tappi Journal, Vol.78, No.5, pp. 149-155 (1995).

3. Fatima M.C. Correia, 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)
4. Esat Gu`mu` skaya, Mustafa Usta, Mualla Balaban, Carbohydrate components and crystalline structure of organosolv hemp (*Cannabis sativa L.*) bast fibers pulp, Bioresource Technology 98, pp.491 - 497 (2007).