

부들의 Kraft pulping에 따른 종이제조 및 고해에 따른 물리적, 광학적 성질 변화

서영범, 길상혁, 김완중

충남대학교 임산공학과

1. 서론

종이의 수요가 급격히 증대하고 있는 현 시점에서 원료인 펄프를 제조하기 위해 매년 막대한 양의 목재가 소비되고 있다. 2003년도 세계펄프생산량은 1억8천5백만 톤에 이르며, 종이생산량은 3억 4천만 톤에 이른다. 하지만 국내의 65%가 산림임에도 불구하고 목재 및 목질 가공품의 95%를 수입에 의존하고 있으며, 펄프제지산업의 경우 목재펄프의 가격상승으로 인해 고지 섬유나 비 목재펄프의 활용이 늘어나고 있는 추세이다. 비 목재펄프는 부족한 목재펄프를 대체할 수 있으며 단기간에 섬유자원을 대량 생산할 수 있기 때문에 경제성 있는 비 목재펄프 개발의 필요성이 절실히 요구 되고 있는 실정이다. 비 목재펄프로는 현재 벚짚, 옥수수대, 황마, 목화, 아마, 아바카 섬유들이 있는데 일부는 그 질이 목재펄프에 비해 열악하고 높은 가격으로 말미암아 크게 활성화되고 있지 못한 형편이다.

본 논문에서는 새로운 비 목재펄프인 부들에 대해 다루었다. 부들은 우리나라에 3가지 종이 자생하는 것으로 알려지고 있다. 그리고 부들의 '포황' 이라고도 불리는 화분은 한약 재료로 많이 사용되며 식용가치도 매우 높다. 어린 싹이나 줄기, 뿌리 등도 식용으로 이용이 시도되고 있고 수로에서는 오염물질의 정화에 큰 역할을 하는 것은 물론 생태 조경재료로 그 이용 가치가 점점 확대되어 가고 있다. 이러한 부들의 줄기를 이용하여 펄프제지 산업에 적용한다면 많은 경제적인 이익과 특히 자국의 작물 경제력에 있어 많은 긍정적인 요인을 줄 수 있다고 판단되어 연구를 시작하게 되었다.

2. 재료 및 실험방법

2.1 재료

충남대학교 원예학과에서 재배한 애기부들(*Typha angustata* Bory et Chaub.) 줄기를 분양받아 사용하였다.

2.2 실험방법

2.2.1 Kraft pulping

활성알카리 (Active Alkali : NaOH+Na₂S) : 12%, 황화도 (Sulfidity : {Na₂S/(NaOH+Na₂S)}×100) : 20%로 백액을 조성하여 액비 4:1로 Kraft pulping을 실시하였다.

2.2.2 섬유장 분석

Morfi Analyzer(Techpop사, France)를 사용하여 섬유장, 섬유장 분포도의 변화, 미세분의 함량 및 Coarsness를 분석하였다.

2.2.3 광학현미경을 이용한 섬유 사진 촬영

ICAMSCOPE((주)Somotech)를 사용하여 해리된 상태의 섬유사진을 촬영하였다.

2.2.4 화학 성분분석

2.2.4.1 Ash 측정

TAPPI Standard T244 cm-99에 의거하여 측정하였다.

2.2.4.2 리그닌 정량

TAPPI Standard T222 om-98에 의거하여 측정하였다.

2.2.5 섬유표백

ClO₂와 H₂O₂를 이용하여 표백을 실시하였다.

2.2.6 수초지 제조

TAPPI Standard 원형 수초기를 이용하여 평량 80g/m²로 수초지를 제조하였다. 이때, Valley beater를 이용하여 10분, 20분, 30분의 시간동안 고해한 섬유를 사용하였다.

2.2.7 물리적 성질 측정

TAPPI Standard T220 om-88 에 따라 강도 측정용 시편을 제작하여 인장강도(T489 om-88)(T403 om-85), 스티프니스(T489 om-99), 내절도(T511 om-96), 파열강도(T403 om-97), Zero span(T231 cm-96), 투기도(T460 om-96)를 측정하였다.

2.2.10 광학적 성질 측정

TAPPI Standard T452 om-98에 따라 백색도(Technidyne color Touch2 Model ISO), T425 om-96에 따라 불투명도(Technidyne color Touch2 Model ISO)를 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 섬유장, 섬유장 분포도, 미세분 함량, Coarsness 측정

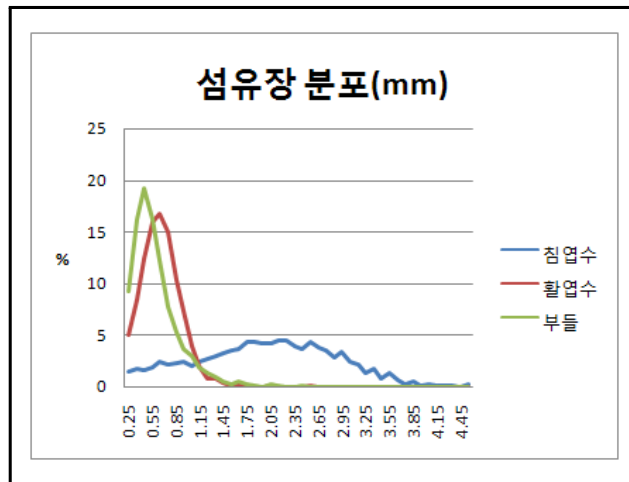


Fig 1. 섬유에 따른 섬유장 분포 그래프

	침엽수	활엽수	부 들
Fiber length in area (mm)	1.914	0.657	0.591
Fiber length (mm)	1.914	0.657	0.591
Coarsness (mg/m)	0.1848	0.1289	0.0492
shive(micron)	113.8	100.7	163.1
Fines contents (% in area)	2.3	9.862	9.2
Fines contents (% in length)	18.478	29.868	39.59
Curl (%)	15.432	6.209	21.818

Table 1. 섬유에 따른 섬유장 분석

Fig 1.과 Table 1.에서는 침엽수, 활엽수, 부들의 섬유장 분포에 대한 분석을 보여준다. 부들의 섬유장은 0.591로 활엽수보다 짧고 섬유벽 두께도 0.0492로 얇다. 하지만 결속섬유(shive)의 양이 많은 것으로 보아 floc의 발생이 많고, 미세분 함량도 목재섬유보다 높다. 특히 단섬유 임에도 불구하고 구부러진(curl) 섬유가 많이 분포한다.

3.2 침·활엽수와 부들의 섬유사진 비교



Fig 2. 침엽수와 부들 비교(x100)

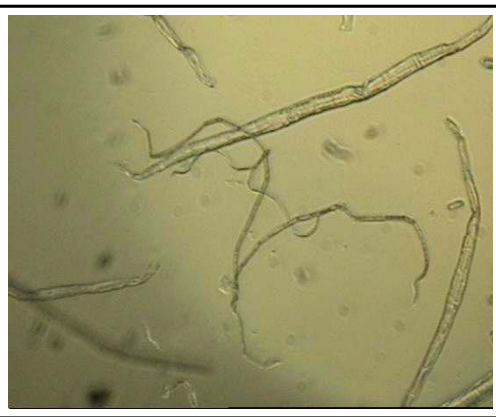


Fig 3. 활엽수와 부들 비교(x300)

목재와 부들섬유의 비교를 위한 현미경 사진은 Fig 2.와 Fig 3.에 보여 진다. 목재 섬유는 곧은 반면 부들 섬유는 꺾이거나 구부러진 섬유의 형태를 보인다.

3.3 섬유와 공정에 따른 회분량 비교 및 변화

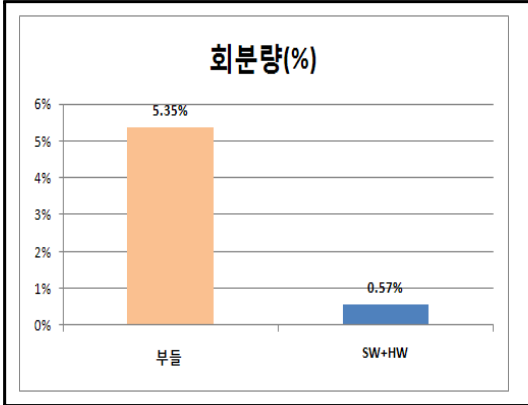


Fig 4. 섬유에 따른 회분량

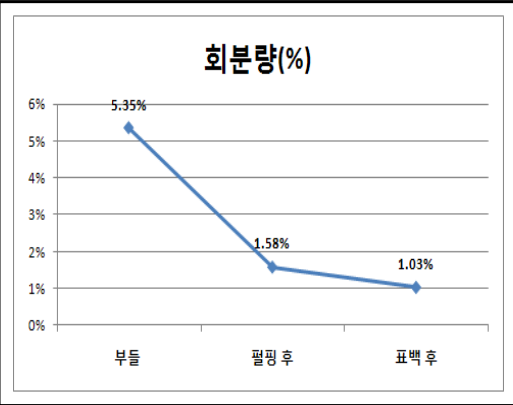


Fig 5. 공정에 따른 회분량 변화

Fig 4.과 Fig 5.에서는 섬유간 회분량의 차이와 공정간 회분량의 차이를 도시하였다. 부들의 회분량이 많은 것은 무기물을 목재에 비해 다량 함유하고 있는 것으로 예상 할 수 있고 pulping시 부들의 무기물은 대부분은 없어진다는 것을 알 수 있다.

3.4 섬유와 공정에 따른 리그닌량 비교 및 변화

Fig 6.과 Fig 7.에서는 섬유간 리그닌량의 차이와 공정간 리그닌량의 차이를 도시하였다. 부들에 비해 목재의 리그닌 함량이 높음을 보였으며 이것으로 부들의 pulping시 목재에 비해 에너지와 약품의 소비가 감소할 것이라 예상한다. 또한 공정에 따른 리그닌 함량은 계속적으로 감소하는 것을 알 수 있다.

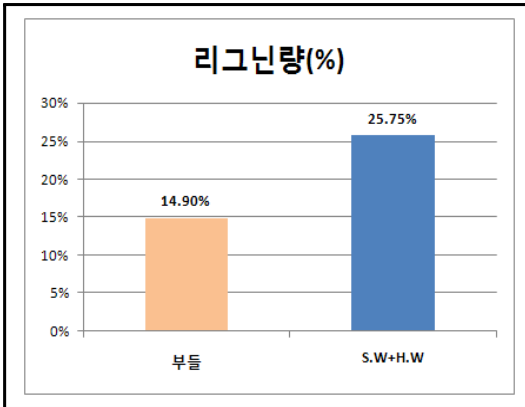


Fig 6. 섬유에 따른 리그닌량

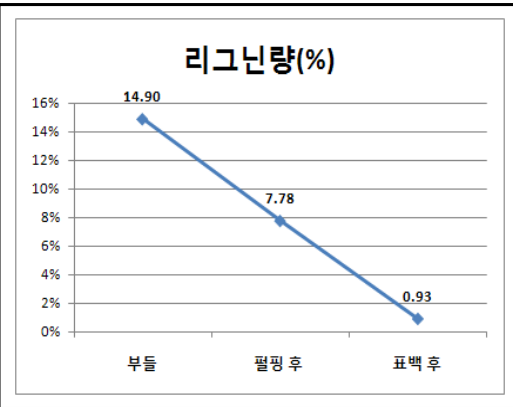


Fig 7. 공정에 따른 리그닌량 변화

3.5 Kraft pulping과 표백에 따른 수율 변화

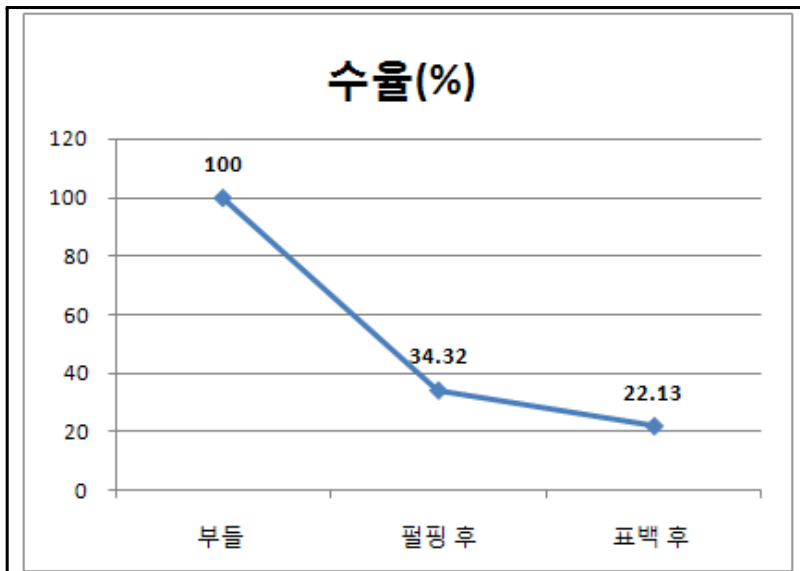


Fig 8. 공정에 따른 수율변화

공정에 따른 수율의 변화를 Fig 8.에 도시하였다. Pulping과 표백과정을 거쳐 약 20%의 최종 수율이 나왔으며, 표백 후 보다 Pulping후 수율감소가 많음을 알 수 있다.

3.7 섬유와 고해에 따른 물리적 성질 비교 및 변화

Fig 9.와 Fig10.은 부들과 목재의 수초지에 대한 두께와 고해시간에 따른 두께를 도시한 것이다. 부들이 목재에 비해 구부러진(curl) 섬유의 비율이 높기 때문에 bulk하다는 것을 알 수 있고, 고해가 진행됨에 따라 밀도가 높아짐으로 두께가 감소되는 것을 볼 수 있다.

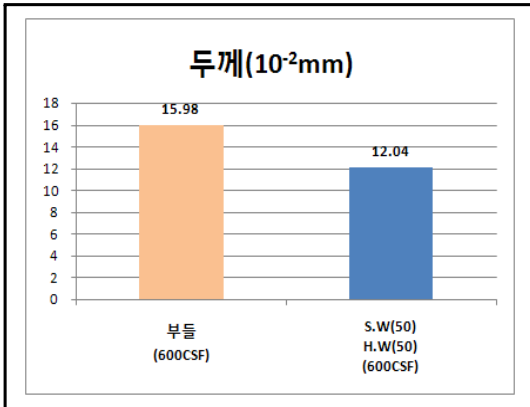


Fig 9. 섬유에 따른 두께

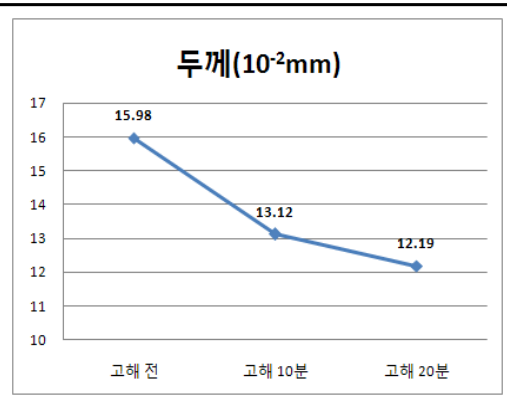


Fig 10. 고해에 따른 두께

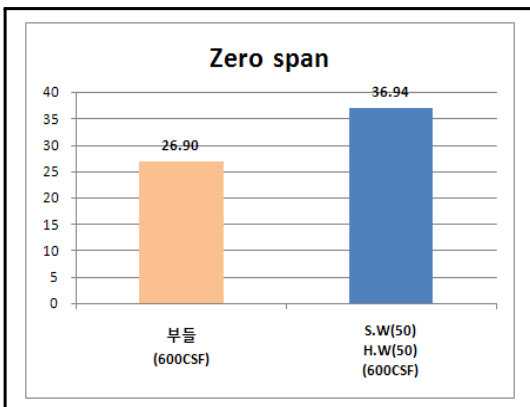


Fig 11. 섬유에 따른 Zero span

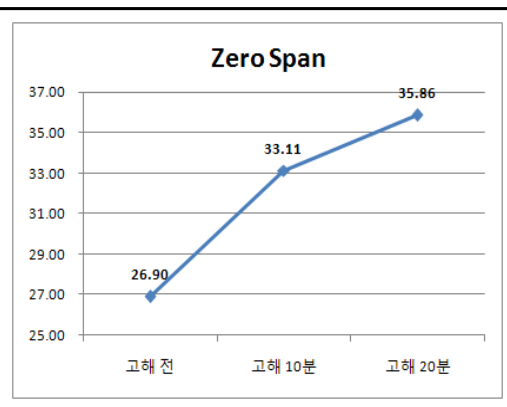


Fig 12. 고해에 따른 Zero span 변화

Fig 11.과 Fig 12.는 부들과 목재, 그리고 고해의 진행에 따른 섬유자체강도를 비교한 Zero span에 대한 그래프이다. 목재에 비해 부들의 zero span이 낮음을 알 수 있고 고해를 진행함에 따라 부들의 zero span이 높아짐을 알 수 있다.

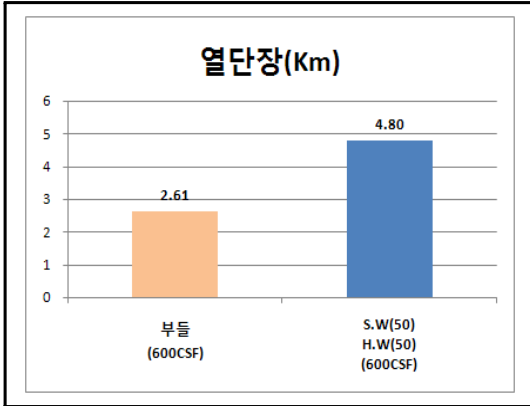


Fig 13. 섬유에 따른 열단장

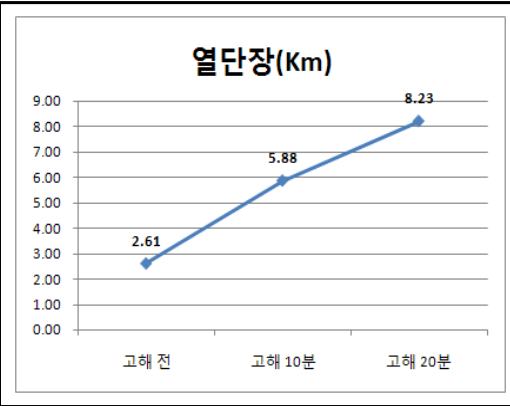


Fig 14. 고해에 따른 열단장 변화

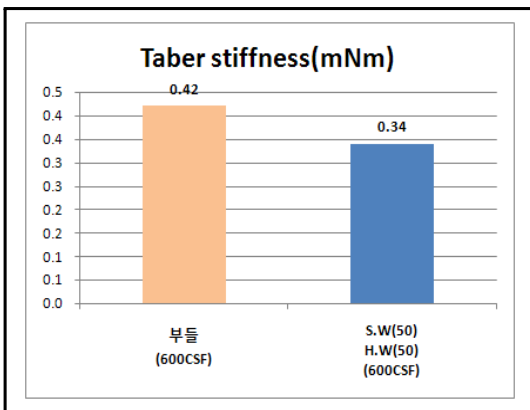


Fig 15. 섬유에 따른 Stiffness

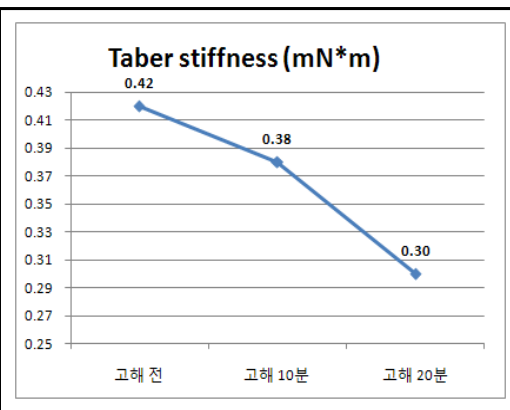


Fig 16. 고해에 따른 Stiffness

Fig 13.과 Fig 14.는 부들과 목재, 그리고 고해시간에 따른 열단장에 대한 그래프이다. 부들이 목재섬유에 비해 열단장이 낮은 것을 보여주고 있고, 부들섬유를 고해를 할수록 열단장이 높아짐을 알 수 있다.

Fig 15.와 Fig 16은 부들과 목재, 그리고 고해시간에 따른 Stiffness에 대한 그래프이

다. Fig 9.에서 부들이 목재보다 더 bulk한 것을 알 수 있었다. Stiffness는 두께의 영향을 많이 받기 때문에 두께가 더 두꺼운 부들이 목재섬유에 비해 Stiffness가 높음을 알 수 있다. 그리고 고해가 진행됨에 따라 밀도가 높아지고 종이가 얇아지므로 부들의 stiffness가 떨어지는 것을 Fig 16.을 통해 알 수 있다.

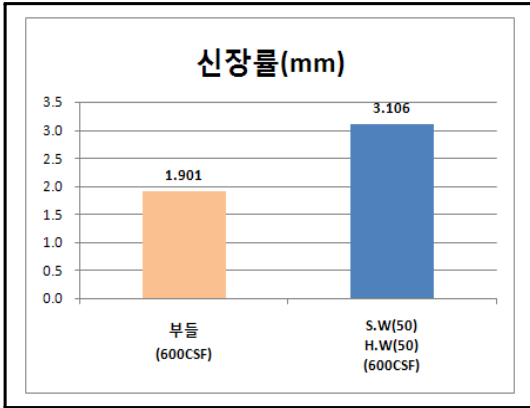


Fig 17. 섬유에 따른 신장률

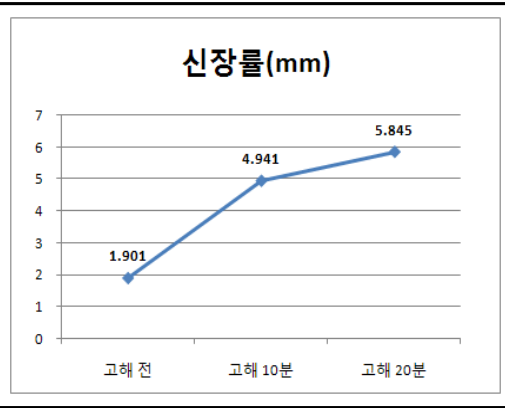


Fig 18. 고해에 따른 신장률 변화

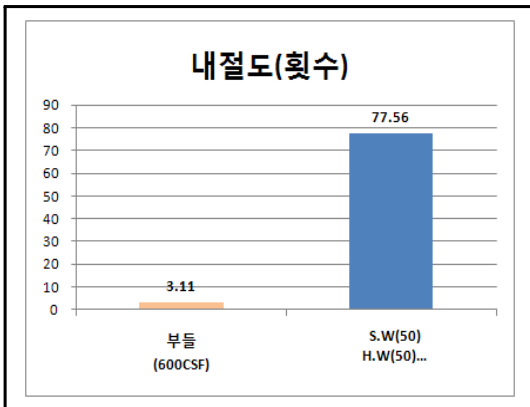


Fig 19. 섬유에 따른 내절도

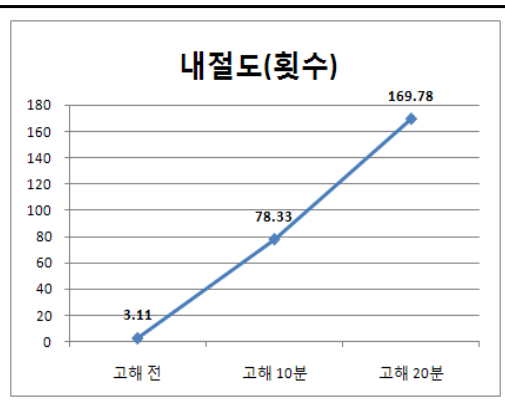


Fig 20. 고해에 따른 내절도 변화

Fig 17.과 Fig 18.은 부들과 목재, 그리고 고해시간에 따른 신장률에 대한 그래프이다. 부들이 목재보다 낮은 섬유강도를 가지고 있으므로 신장률이 낮게 측정되었다. 고해가 진행될수록 부들은 신장률이 향상 되었다. 그 이유는 고해시간이 증가함에 따라 curl이

더욱 많이 발생 했기 때문이다.

Fig 19.과 Fig 20.은 부들과 목재, 그리고 고해시간에 따른 내절도에 대한 그래프이다. 부들이 목재보다 낮은 내절도를 보였으며, 고해가 진행됨에 따라 내절도가 증가 되었다.

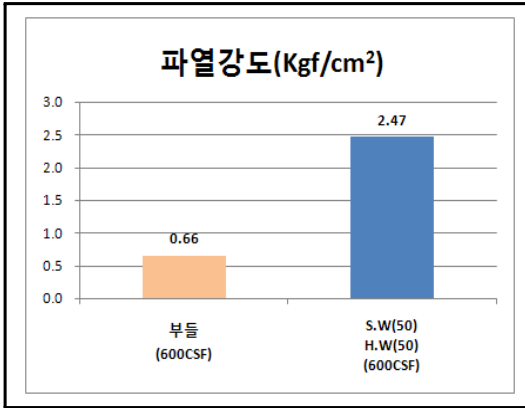


Fig 21. 섬유에 따른 파열강도

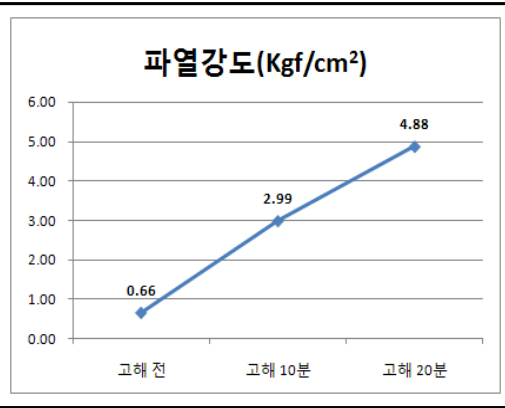


Fig 22. 고해에 따른 파열강도 변화

Fig 21.과 Fig 22.은 부들과 목재, 그리고 고해시간에 따른 파열강도에 대한 그래프이다. 부들이 목재보다 낮은 파열강도를 보였으며 고해가 진행됨에 따라 섬유간의 결합의 증가로 파열강도가 증가되었다.

3.8 섬유와 고해에 따른 광학적 성질 비교 및 변화

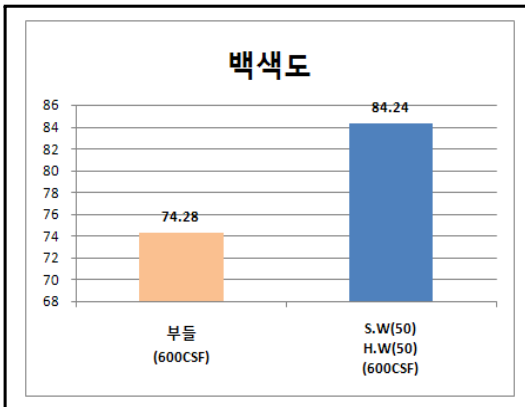


Fig 23. 섬유에 따른 백색도

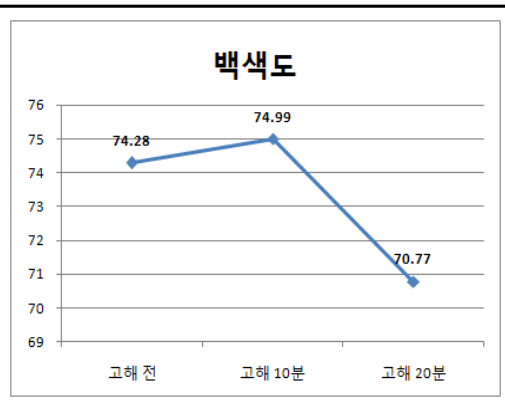


Fig 24. 고해에 따른 백색도 변화

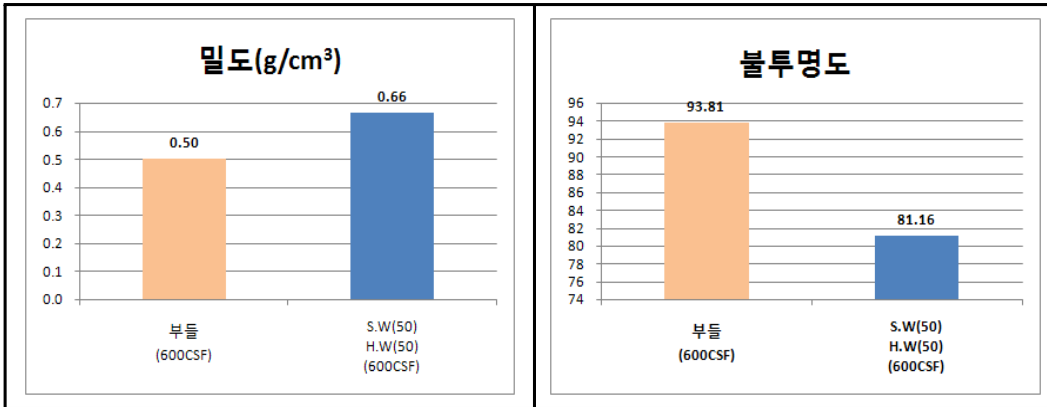


Fig 25. 섬유에 따른 밀도

Fig 26. 섬유에 따른 불투명도

Fig 23.과 Fig 24.는 부들과 목재, 그리고 고해시간에 따른 백색도에 대한 그래프이다. 부들이 목재섬유보다 백색도가 낮게 측정되었으며 고해가 진행됨에 따라 증가하다 감소하는 경향을 보이고 있다. 이는 고해가 진행되면서 섬유에 존재하던 표백이 덜된 색소가 표면으로 노출되기 때문이라 추정한다.

Fig 25.는 부들과 목재섬유의 밀도를 비교한 그래프이다. 부들이 목재에 비해 bulk하므로 밀도는 낮은 것으로 측정되었다. Fig 26은 부들과 목재의 불투명도에 대한 그래프이다. 부들이 목재에 비해 불투명도가 월등히 높은 것을 보여준다.

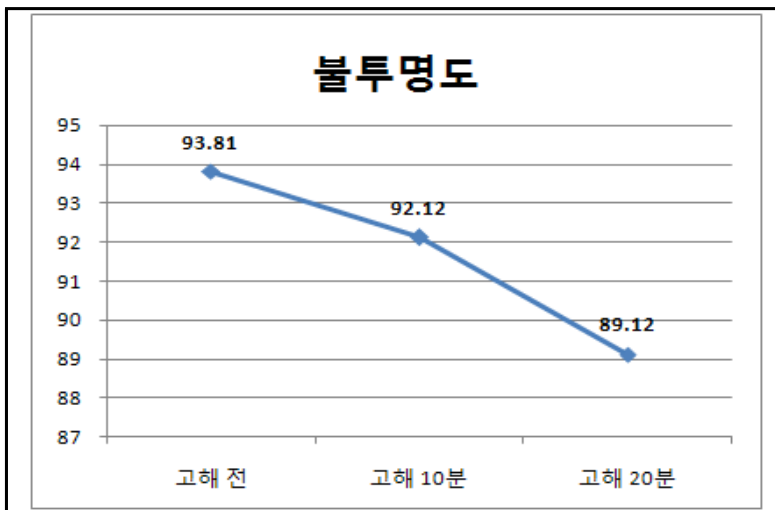


Fig 27. 고해에 따른 불투명도 변화

Fig 27.은 고해시간에 따른 부들의 불투명도 변화를 보여준다. 고해의 진행에 따라서 밀도가 높은 종이 제조되므로 불투명도가 떨어지는 것을 알 수 있다.

4. 결 론

1. 부들의 총 수율은 약 20%이다. 아직 부들에 대한 적정 pulping조건 및 bleaching방법이 정해져 있는 것이 아니기 때문에 더 많은 연구를 통해 최적의 pulping 및 bleaching조건을 발견한다면 더 높은 수율을 얻을 수 있을 것으로 여겨진다.
2. 목재섬유보다 부들의 섬유가 더 bulk한 것을 알 수 있었다. 그러므로 높은 stiffness를 요구하는 특수지의 생산에 유용할 것으로 여겨진다.
3. 부들자체의 물리적 특성은 낮지만 섬유에 물리적 전처리를 하면 다른 목재 섬유의 대체 자원으로 충분한 가능성이 있을 것이라 예상한다.
4. 불투명도가 우수한 부들섬유를 이용한다면 충전제의 양을 줄일 수 있고 이에 따라 종이 생산비용 절감을 이루어 낼 수 있다고 여겨진다.

5. 참고문헌

1. 서영범 섬유특성과 지료조성 공정에 의한 종이 특성의 변화 (p101~p160)
펄프종이공학회 2004년
2. 서영범 ECO 종이과학 에코시티사업단 2007년
3. 이학래, 이복지, 신동소, 임기표, 서영범, 원종명, 손창만 제지과학(3판)
광일 문화사 2000년
4. 조헌정, 윤병호, 전양, 이학래, 펄프제지공학 선진문화사 1995년
5. 한국펄프 종이공학회 펄프제지 기술사전 2001년
6. 이명구, 김민중, 윤승락 국내산 kenaf 이용에 관한 연구
한국펄프제지공학회 2007