

목재섬유 대체를 위한 왕겨유래 왕겨섬유 특성 평가

성용주, 오민택

충남대학교, 농업생명과학대학, 환경소재공학과

1. 서론

정보통신기술의 발달로 지류제품의 소비감소 등 제지산업의 부정적인 전망이 1990년대 이후 많이 있었지만, 실제 FAO 2005년 보고서에 따르면 1990년을 기준으로 2005년 전세계 지류소비량은 3억 52백만톤으로 약 31.8% 이상 증가하였음을 알 수 있다. 특히 중국, 인도 등 개발도상국의 경제발전과 더불어 향후 실제 전 세계 지류소비량은 더욱 늘어날 것으로 예측되고 있다.(1) 종이의 원료인 섬유자원의 90~95%는 침엽수 또는 활엽수 목재로부터 유래하고 있지만, 환경에 대한 관심과 규제 그리고 전 세계적으로 활용 가능한 목재자원의 부족 등으로 구조적인 수급불균형에 직면해 있는 상황이다. 실제 지료소비량 증가에 따라 활용되어지는 목재섬유의 공급량도 꾸준히 증가하여 1999년에서 2003까지 매년 약 4%씩 증가하였지만, 이러한 목재자원의 대체섬유로 활용되는 비목질 섬유자원의 생산은 같은 기간 동안 10% 이상 증가하였다. 앞으로 수급이 불안정하고 부족해질 목재자원을 대체하기 위한 비목질자원의 활용은 더욱 커지고 중요해질 것으로 예상되고 있다. (2)

목질섬유를 대체하기 위하여 다양한 비목질자원의 펄핑과 섬유특성 및 활용방안에 대한 많은 연구들이 지속적으로 이루어지고 있다. 비목질자원은 크게 벚짚, 옥수수대과 같은 농산부산물, 아마, 양마, 대나무 같은 산업적인 경작자원 등으로 나누어 볼 수 있다. 실제 다양한 종류의 비목질 자원들은 그 각각의 자원별로 구성성분과 섬유특성이 상이하게 나타나고 있다.(3,4) 따라서 비목재섬유 자원의 적용에서는 최종 적용 용도에 맞도록 자원을 선택해서 각각의 특성에 맞는 펄핑, 가공방법을 개발 및 적용하여야 상업적으로 가치 있는 자원의 활용을 가져올 수 있을 것으로 생각된다.

본 연구에서는 국내에서 발생하는 농산부산물 중 대표적인 자원인 왕겨로부터 유래한 왕겨섬유의 특성을 평가하여 목재섬유를 대체하는 섬유자원으로서의 활용성을 평가하여 보았다. 왕겨는 벼의 도정 시 발생하는 도정부산물로 벼의 생산조건 및 품종 등에

따라 차이가 있지만 전체 벼 무게의 약 20% 정도 차지하고 있는데 매년 거의 100만톤 가량 발생되고 있는 것으로 추정되고 있다. 이러한 왕겨는 현재 축산시설의 깔개 등 부가가치가 낮은 용도로 활용되고 있는 것으로 알려져 있다.5) 선행연구에서 발표된 것과 같이 왕겨의 표면 등에 약 5% 가량의 무기물, 특히 실리카가 많이 존재함으로써6) 추가적인 처리 없이 왕겨를 사료 및 산업용 소재로 활용하는데 많은 어려움이 있는 것으로 알려져 있다.5) 이러한 왕겨의 실리카는 알칼리 조건에서의 증해처리 등으로 제거되어 실제 왕겨섬유의 경우에는 거의 존재하지 않는 것으로 보고된 바 있다.(6) 따라서 본 연구에서는 알칼리 조건에서 섬유화한 왕겨섬유의 활용성을 평가하기 위하여 왕겨섬유의 배합비 등에 따라 초지특성과 생산된 종이의 특성을 평가하여 보았다. 특히 본 연구에서는 목재섬유의 대부분을 수입에 의존하고 있고 향후 이러한 목재섬유의 대체자원으로 활용될 비목질자원의 발생량도 매우 부족한 국내 상황에 비추어 매년 상당량이 지속적으로 발생하는 왕겨섬유의 목재섬유 대체 활용성 확보를 위한 기초자료를 제공하고자 하였다.

2. 재료 및 실험방법

2.1 공시재료

본 연구에서는 대전지역에 위치한 정미소로부터 분양받은 왕겨를 실험에 사용하였고, 왕겨내의 유무기 불순물을 제거하기 위해 증류수로 세척한 후, 건조하여 적용하였다.

2.2 알칼리 증해

왕겨로부터 무기성분 및 리그닌 등을 제거하고 왕겨섬유를 분리하기 위해 왕겨시료에 액비 5:1로 20% NaOH를 혼합하여 170℃에서 증해처리하였다. 최종 증해온도에 도달하는 시간이 30분이 되도록 조절하였고, 증해처리는 120분 동안 증해온도를 유지하면서 이루어졌다. 특히 리그닌의 분해를 촉진하기 위하여 안트라퀴논 0.3%를 첨가하여 증해하고 촉매를 처리하지 않은 경우와 비교하여 촉매의 영향을 비교평가하였다. 증해처리 후 왕겨섬유를 충분히 세척하고 40 mesh와 200 mesh를 적용 섬유분과 flake를 분급하여 각각 평가하였다.

2.3 왕겨 섬유의 형태적 특성 분석

왕겨섬유의 형태적 특성을 평가하기 위해 Morfi Analyzer(Techpop, France)를 적용하였다. 각 왕겨섬유의 섬유장, 섬유장 분포도의 변화, 미세분의 함량 및 Coarsness를 분석하였으며 수초지를 제조하여 왕겨 섬유의 분포를 전계방사형 주사전자현미경(Field Emission Scanning Electron Microscope, JEOL/JSM-7000F)을 사용하여 관찰하였다. 관찰 조건은 분해능이 1.2 nm (30 kV), 관찰비율은 $\times 100 \sim \times 500,000$, 가속전압은 0.5~30 kV, 전자총 형식은 In-lens type Shottky Field Emission Electron 이었다.

2.4 수초지 제조

실험실용 원형 수초지기를 이용하여 TAPPI standard T205 om-88에 의거하여 평량 80g/m^2 으로 수초하였다. 이 때 Valley beater를 이용하여 시판되고 있는 침엽수 UBKP를 해리 10분, 고해 30분 처리하여 표준 목재섬유 시료를 제조하고, 여기에 왕겨펄프를 각각 8:2, 6:4, 4:6, 2:8 (침엽수 UBKP:왕겨펄프)조건으로 혼합하여 수초하였다.

2.5 물리적 성질 측정

제조된 수초지는 TAPPI standard T402 om-83에 따라 온도 $23 \pm 1^\circ\text{C}$, 상대습도 $50 \pm 2\%$ 로 조습처리 한 후 TAPPI Standard T220 om-88 에 따라 강도측정용 시편을 제작하여 인장강도 (T489 om-88)(T403 om-85), 파열강도(T403 om-97), 투기도(T460 om-96) 등을 측정하였고, 수초지의 Brightness(T 452 om-98), Opacity(TAPPI T 452 om-96)를 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 알칼리 증해 조건에 따른 펄프화 특성

안트라퀴논 촉매를 첨가한 알칼리 증해(A)와 첨가하지 않은 알칼리 증해(B)에서의 섬유추출 수율 등을 평가하여 보았다. Fig. 1에서 보여지듯이 알칼리 증해시 왕겨섬유의 수율은 30% 정도로 다른 비목재 자원의 경우 보다 낮은 섬유수율을 나타내었다.(7) 이것은 본 연구에서 200 mesh로 섬유를 분급한 후의 수율을 계산하였는데 왕겨의 경우 상대적으로 많은 양의 미세섬유가 존재하기 때문에 낮은 수율을 나타내는 것으로 보인다

다. 안트라퀴논을 첨가하였을 경우 리그닌의 분해가 촉진되어 미해리분인 flake의 발생이 감소하고 상대적으로 수율이 향상되는 결과를 나타내는 것을 알 수 있다.

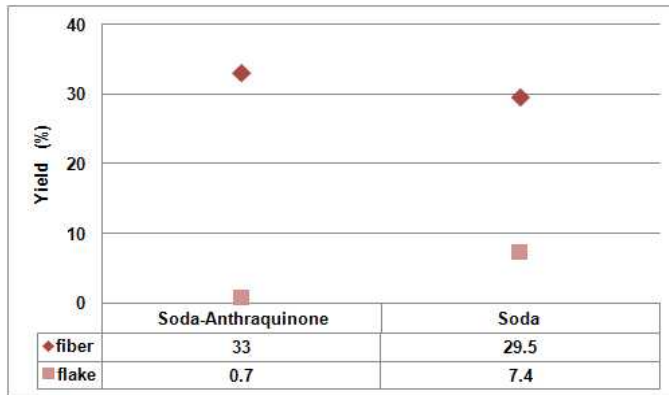


Fig. 1. The pulping yield depending on the anthraquinone addition.

증해 후 얻어진 왕겨섬유와 미해리분의 무기물 함량을 평가한 결과를 Table 1에 나타내었다. 왕겨의 경우 약 13%의 무기물이 존재하였지만 알칼리 증해 과정을 통해 대부분의 무기물이 용해되어 제거되는 것을 알 수 있었다. 안트라퀴논의 첨가는 무기물의 용해에 큰 영향을 미치는 않는 것으로 나타났다.

Table 1. Ash contents of Rice hull fiber and flake depending on the cooking conditions

Ash Contents (%)	Fiber Fraction	Flake Fraction
Soda-Anthraquinone	1.28	1.18
Soda	1.18	1.02

3.2 왕겨섬유의 형태적 특성

각각의 알칼리 증해 조건에서 얻어진 왕겨섬유의 형태적 특성을 섬유장 분석기로 평가하여 Table 2 나타내었다. 섬유장은 0.5 mm 정도로 활엽수 섬유와 다른 비목재섬유, 케나프, 갈대, 억새 등에 비해서 다소 짧은 섬유장을 가지고 있었고 섬유 두께는 유사

한 것으로 나타났다.(8)

Table 2. Fiber dimensions of rice hull fiber.

	Soda-Anthraquinone	Soda
Average length weighted in length (μm)	517	565
Average Width (μm)	19.5	19.8
Average Curl (%)	13	11.3

3.3 왕겨섬유 배합비에 따른 수초지 물성 변화

추출된 왕겨섬유와 침엽수 미표백 펄프를 배합하여 수초지를 제조하고 그 물리성 특성의 변화를 평가하여 Table 3에 정리하였다. 왕겨섬유의 배합비가 증가할 수록 종이 강도는 감소하는 것을 알 수 있다. 이러한 특성은 왕겨섬유의 배합비 증가에 따른 벌크의 증가 즉 밀도의 감소에 의한 영향으로 판단된다. 본 연구에 적용된 왕겨섬유는 고해 등의 처리를 거치지 않았기 때문에 섬유간 결합 등에 긍정적인 영향을 미치지 못하고 있는 것으로 생각된다.

Table 3. Properties of rice hull paper depending on the blending ratio

Handsheet Properties	Rice Hull Fiber Contents (%)	20%	40%	60%	80%
Bulk (cm^3/g)	Soda-Anthraquinone	2.05	2.32	2.65	2.83
	Soda	2.14	2.44	2.66	3.05
Burst Strength (kPa)	Soda-Anthraquinone	251.5	143.8	81.9	44
	Soda	240.6	186.9	124.1	44.2

3.4 왕겨섬유 배합지의 왕겨섬유 관찰

수초지내에서 왕겨섬유 결합특성을 알아보기 위해 왕겨섬유를 40%로 배합한 수초지의 표면을 전자현미경을 적용하여 관찰하였다. 왕겨섬유의 경우 Fig. 2에서 볼 수 있듯이 침엽수 섬유에 비해 가는 섬유 형태를 보이고 특히 톱니모양의 형태를 가지고 있는 섬유들이 존재하고 있는 것을 알 수 있다.

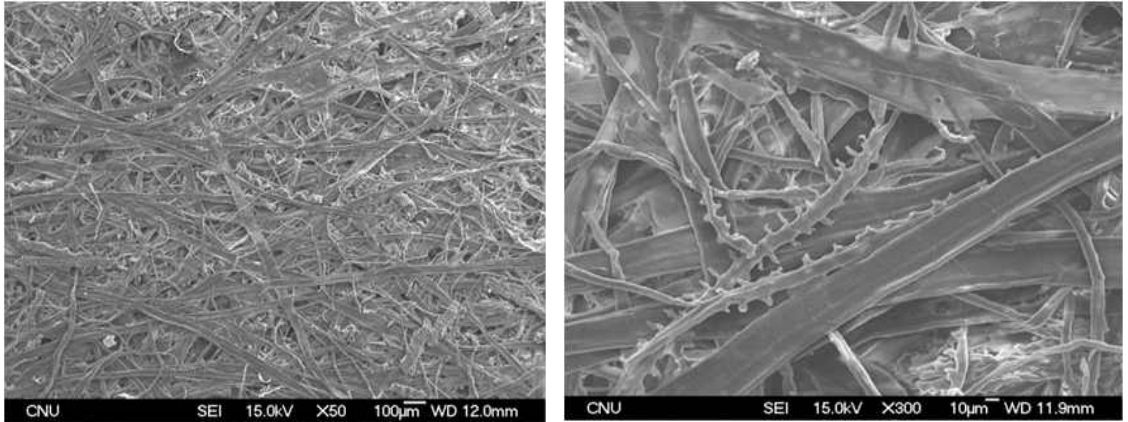


Fig. 2. Scanning electron micrographs of handsheet with 40% rice hull fiber

4. 결 론

최근 들어 목재자원의 부족과 사회적 요인 등에 의해 목재펄프의 수급불균형이 더욱 심해지고 있다. 이러한 때에 국내 부존 비목질자원의 활용은 부족한 목재섬유자원의 대체를 통한 제지산업의 발전을 도모할 수 있을 뿐만아니라 폐자원의 재활용을 통한 자원순환형 사회건설에 이바지 할 수 있는 중요한 과제라고 할 수 있다. 본 연구에서는 목질섬유대체를 위한 왕겨섬유의 초지특성 등을 평가하였다. 왕겨섬유의 짧은 섬유장과 표면특성은 왕겨의 혼합비율이 높아질수록 종이의 강도가 감소되는 것으로 나타났다. 그러한 왕겨섬유 혼합에 따른 종이의 벌크를 향상효과는 상대적으로 크게 나타남에 따라 향후 왕겨섬유의 표면개질 및 다양한 처리기술을 개발한 다면 적절한 용도로 왕겨 섬유를 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

사 사

이 연구는 2009년도 충남대학교 학술연구비에 의해 지원되었음.

인용문헌

1. He, D. and Barr, C., China's pulp and paper sector: An analysis of supply-demand and medium term projections, *International Forestry Review*, 6(3):254-266(2004)
2. Jimenez, L., Serrano, L., Rodriguez, A., and Ferrer, A., TCF bleaching of soda-anthraquinone and diethanolamine pulp from oil palm empty fruit bunches, *Bioresource Technology*, 100: 1478-1481(2009)
3. 원종명, 제지용 원료로서의 비목재 자원, 2005 한국 펄프종이공학회 춘계학술발표 논문집, 펄프종이공학회, pp.56-67 (2005).
4. Oggiano, N., Angelini, L.G., and Cappelletto, P., Puling and paper properties of some fiber crops, *Industrial Crops and Products*, 7:59~67 (1997)
5. Park, S.J., Kim, M.H., and Shin, H.M., Chemical compositions and thermal characteristics of rice husk and rice husk ash in Korea, *J. of Biosystems Eng.* 30(4): 235-241 (2005).
6. Sung, Y. J., Shin, S. J., and Oh, M. T., Chemical composition of rice hull and morphological properties of rice hull fibers, *Journal of Korea TAPPI*, 41(3):22-28(2009)
7. Thykesson, M., Sjoberg, L., and Ahlgren, P., Paper properties of grass and straw pulps, *Industrial Crops and Products*, 7:351-362 (1998)
8. Ververis, C., Georghiou, K, Christodoulakis, N., Santas, P., and Santas, R., Fiber dimensions, lignin and cellulose content of various plant materials and their suitability for paper production, *Industrial Crops and Products*, 19:245-254 (2004)