

홍조류를 이용한 투명지 제조 연구

Development of transparent paper from red algae

박동휘, 박영규, 김종진, 서영범
충남대학교 농업생명과학대학 환경소재공학과

1. 서 론

국내 제지산업은 최근 제품의 독창성 부재, 인건비 및 에너지 가격상승 등 산업 환경이 날로 악화되고 있으며, 소비 증가율 둔화로 유희설비 보유업체가 증가하여 지종별로는 채산성 문제까지 대두되고 있다. 또한, 기후변화협약에서는 산림자원의 무분별한 벌채를 방지하고, 지속가능한 조림사업을 통하여 온실가스를 저감하기 위해 산림의 보호에 관련된 조항을 설치하고 있다. 이러한 여건을 고려하면 동 산업의 경쟁력을 유지·향상시킬 수 있으며, 좀 더 환경에 무해한 산업으로 나아갈 수 있는 비목재를 활용한 제지산업에 대해 간과할 수 없다.

비목재 펄프는 무분별한 목재 벌채를 실시하지 않고 좀 더 자연친화적인 방법으로 부족한 목재펄프를 대체할 수 있다는 데에 큰 장점을 지니고 있다. 이러한 비목재 펄프로는 현재 벗짚, 옥수수대, 황마, 목화, 아마, 아바카 섬유들이 있는데 일부는 그 질이 목재펄프에 비해 열악하고 높은 가격으로 말미암아 크게 활성화되어 있지 못한 형편이다. 또한 비목재 펄프들은 특히 계절에 크게 영향을 받는데 국내에서는 벗짚이나 옥수수대가 일 년에 한번만 생산되며, 온대지방 대부분이 일 년에 1-2번 수확에 그친다. 많이 생산되더라도 그 생산지역이 매우 광범위하게 펼쳐져있으므로 수집에 어려움이 따른다.

본 연구는 근양사라 불리는 섬유 형태의 물질과 점액질 물질로 이루어진 홍조류 우뭇가사리를 이용하여 특수지에 속하는 투명지 제조에 관련된 연구를 하였다. 투명지는 식품 포장용지, 설게 및 제도용지, glassine지 등으로 널리 쓰이고 있으며, 종이의 밀도가 1에 가까운 조직이 치밀하고 종이 구조 내에 기체 및 고체의 계면이 적은 종이류로서 현재 전량 수입에 의존하고 있는 특수지이다. 이들 종이류는 그 동안에 사용되어 오던 plastic film포장에 의한 환경오염을 줄이기 위해 그 사용량이 급속히 증가하고 있

다. 최근 들어 급속히 국내 산업이 세계적으로 개방화되고 관세율이 점진적으로 인하되어 투명지의 제조기술을 시급히 개발하지 않으면 관련 산업분야에서 국제경쟁력의 약화가 장기화, 고착화할 우려가 있다. 현재 특수지인 투명지 제조 시 사용되는 펄프 원료로는 표백 또는 미표백 침엽수 펄프, 표백 활엽수 반화학 펄프 등이 이용되고 있다.

본 연구에서는 이러한 목재 펄프를 이용하여 제조되는 투명지를 홍조류 우뭇가사리라는 바다 식물을 이용하여 좀 더 환경 친화적이며, 목재를 이용한 투명지 제조보다 공정 및 약품 첨가량, 에너지 효율에 있어 확연한 이점이 있는 홍조류 투명지 제조의 가능성을 부여하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

본 연구에 사용된 공시 재료는 모로코에서 채취되어 오는 홍조류 우뭇가사리로 대기 중에서 기건 상태로 건조되어 고형분 함량이 약 80%정도인 원료를 이용하여 실험을 하였다. 홍조류와 함께 혼합하여 사용한 침엽수 펄프는 HOWE SOUND 440 - Fully Bleached Softwood Kraft Pulp를 이용하였다. 침엽수 펄프의 특성은 다음 Table 1과 같다.

Table 1. Properties of SwBKP

Item	Properties
Brightness	89.2% ISO
Dirt count	1.0 ppm
Viscosity(0.5% CED)	20.0 Cp
Bleaching method	ECF

2.2 실험방법

2.2.1 제조공정

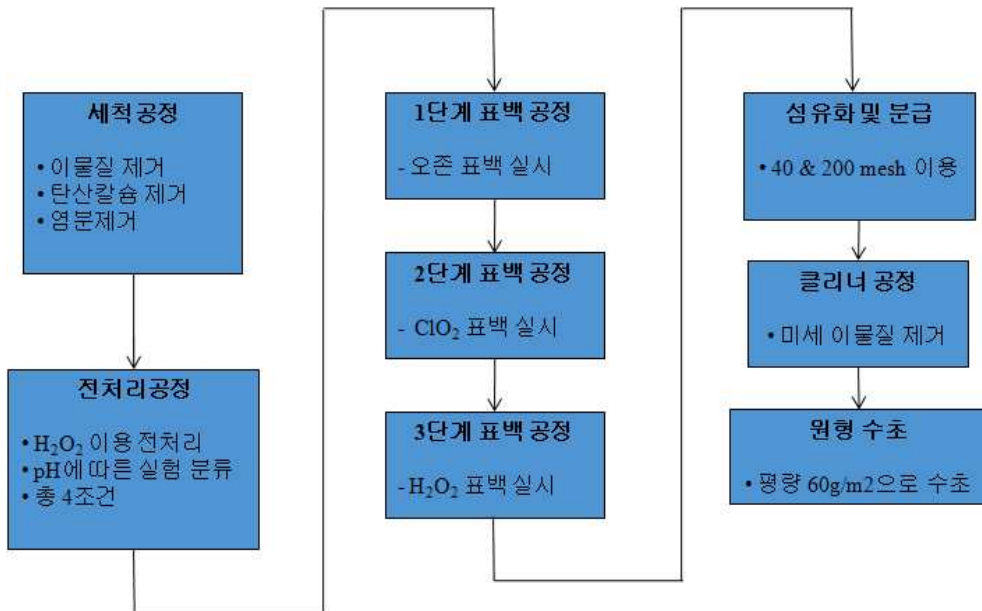


Fig 1. Manufacturing process of red algae transparent paper

2.2.2 침엽수 펄프 고해 공정

침엽수 펄프(HOWE SOUND 440 - Fully Bleached Softwood Kraft Pulp)를 Valley Beater를 이용하여 여수도 500ml CSF로 고해를 실시하였다.

2.2.3 후처리 공정

알칼리 후처리는 각기 다른 조건의 펄프를 동일한 조건에서 처리하였는데, 처리 조건은 NaOH를 이용하여 pH 13±1조건의 수용액에 30min 동안 침지한 후 세척을 실시하였다.

2.2.4 수초지 제작

섬유화 및 정선 공정 후 섬유는 TAPPI Standard 원형수초기를 이용하여 평량 60g/m²으로 투명지를 제작하였다.

2.2.5 탈수 시간 측정

탈수 시간은 TAPPI Standard T221에 따라 원형수초지기로 평량 60g/m² 수초지를 만들 때의 탈수시간(sec)을 측정하여 적용하였다.

2.2.6 물리적 성질 측정

조습 처리된 수초지는 KS M ISO 186에 따라 시료를 채취한 후, 강도적 성질 측정용 시편을 제작하여 인장강도(ISO 1924-3), 내절도(ISO 5626)를 측정하였다.

2.2.7 광학적 성질 측정

조습처리 된 시편을 Technidyne사의 Color-Touch를 이용하여 불투명도(Opacity : ISO 2471)를 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 시판되는 투명지의 특성

시중에서 판매되고 있는 투명지의 특성을 Table 2에 나타내었다. 밀도는 1로 치밀하고 opacity의 경우 40~41% 정도이다. 단, 식품용지의 경우 낮은 평량의 종이를 이용하여 강도를 측정하였기 때문에 열단장의 값이 낮게 나온 것으로 사료된다.

Table 2. Properties of commercial transparent paper

	Basis Weight (g/m ²)	Density (g/cm ³)	Breaking length (km)	Folding endurance (counter)	Opacity (%)
Tracing paper A	85.08	1.19	7.01	51.2	41.38
Tracing paper B	85.30	1.20	6.62	31.2	40.96
Tracing paper C	74.30	1.20	6.88	35.5	40.35
식품용지	25.44	0.79	1.18	12.8	-

3.2 홍조류 투명지의 특성

최종 표백 후 섬유화 공정 및 정선공정을 거친 펄프를 이용하여 제조한 수초지의 물리, 광학적 성질은 Table 3과 같다. 실험 조건은 총 4조건이며, 무처리, 중성, 산성, 알칼리조건은 pH에 따른 수초지의 물리, 광학적 성질을 비교하기 위한 것이다. Table 3을 보면 밀도는 일반 투명지와 비슷하게 1.0에 가까운 결과를 얻었다. 강도적인 성질에서는 중성조건이 가장 높은 결과를 보였고, 광학적인 성질은 산성, 알칼리 조건이 가장 우수한 결과를 보였다. 또한, 강도, 광학적 성질 면에서 시중의 투명지와 비교했을 때 비슷한 값을 보이고 있음을 알 수 있다. 최종 수율은 20~30%정도의 결과가 나타났는데, 이번 실험을 통해 홍조류 우뭇가사리를 이용한 투명지는 홍조섬유와 점액질 다당류가 일정 비율로 유지되어 수초 시 그 투명도가 증가하는 것을 알 수 있었다.

Table 3. Properties of red algae transparent paper

	Basis Weight (g/m ²)	Density (g/cm ³)	Breaking length (km)	Opacity (%)	End yield (%)
Control	57.33	0.87	7.06	30.33	25.98
Neutral Con.	63.58	0.98	7.45	38.72	28.02
Acidic Con.	63.81	0.98	6.80	30.83	22.63
Alkali Con.	61.98	0.94	7.05	30.82	20.44

3.3 알칼리 후처리에 의한 홍조류 투명지의 특성

최종표백 펄프를 이용하여 후처리하지 않은 조건과 후처리를 실시한 조건의 물리, 광학적 성질은 Table 4와 같다. 전체적인 물리, 광학적인 성질은 큰 차이를 보이지 않으나, 알칼리조건에서 강도의 상승을 볼 수 있고, 중성조건에서는 투명도가 증대되었다. 또한, 수초 시 탈수시간이 개선되는 효과를 보였다.

Table 4. Properties of red algae transparent paper by alkali treatment

		Basis Weight (g/m ²)	Density (g/cm ³)	Breaking length (km)	Opacity (%)
Control	Alkali X	57.33	0.87	7.06	30.33
	Alkali O	63.75	0.97	7.17	38.54
Neutral Con.	Alkali X	63.58	0.98	7.45	38.72
	Alkali O	63.15	0.93	6.71	30.13
Acidic Con.	Alkali X	63.81	0.98	6.80	30.83
	Alkali O	61.04	0.98	6.70	31.05
Alkali Con.	Alkali X	61.98	0.94	7.05	30.82
	Alkali O	62.05	0.99	7.83	31.41

3.4 침엽수 펄프를 혼합한 홍조류 투명지의 특성

본 실험에서 물리, 광학적 성질은 Table 5와 같다. Table 5를 보게 되면 밀도는 일반 투명지와 비슷한 거의 1.0에 가까운 값의 결과를 보였으며, 강도적인 부분은 침엽수를 첨가할수록 점차 증가하는 것을 확인하였다. 하지만 광학적 성질 면에서는 침엽수 펄프를 혼합할수록 opacity가 떨어지게 되는 것을 확인하였다. 또한, 침엽수 혼합실험에서도 알칼리처리에 따른 탈수성 개선의 효과를 볼 수 있었다.

Table 5. Properties of red algae transparent paper by addition Sw-BKP

조건		Basis Weight (g/m ²)	Density (g/cm ³)	Breaking length (km)	Opacity (%)
Post - treatment X	투명지 100%	61.98	0.94	7.05	30.82
	침10% 해리	62.28	0.96	7.13	37.41
	침20% 해리	62.45	0.93	6.56	34.43
	침30% 해리	62.28	0.82	7.58	42.13
	침10% 고해	62.88	0.89	7.87	30.88
	침20% 고해	62.45	0.89	7.87	32.88
	침30% 고해	61.80	0.87	7.89	36.30
Post - treatment O (By alkali)	투명지 100%	62.05	0.99	7.83	31.41
	침10% 해리	62.55	0.90	6.73	34.77
	침20% 해리	63.28	0.82	6.96	40.93
	침30% 해리	62.43	0.75	7.02	52.34
	침10% 고해	61.75	0.91	6.12	33.13
	침20% 고해	62.10	0.84	7.99	34.92
	침30% 고해	61.23	0.86	7.33	39.56

4. 결 론

본 연구는 육상 식물인 목재가 아닌 바다에서 서식하고 있는 해조류 중 홍조류 우뚝가사리를 이용하여 투명지를 제작하는 실험을 실시하였다. 투명지 제조 시 문제점을 개선시킬 수 있는 조건을 찾는데 그 목적을 두고 이 연구를 수행하였으며, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 홍조류 우뭇가사리를 이용한 투명지를 제조하였다.
2. 홍조류 우뭇가사리를 이용한 투명지의 특성을 일반 투명지와 비교하였을 때, 강도적인 성질은 거의 동일한 수준이며, 투명도는 일반 tracing paper에 비하여 우수한 수준인 것으로 나타났다.
3. 홍조류 우뭇가사리를 이용하여 투명지를 제조할 경우, 섬유 내에 함유되어 있는 점액질 다당류의 상태 및 함량이 종이의 투명도에 많은 영향을 미치는 것으로 판단된다.
4. 투명지용 홍조류 펄프에 알칼리 후처리를 실시하게 되면 탈수성에 효과를 나타내는데 이는 알칼리가 점액질 다당류의 경화에 큰 영향을 주며 점액질 다당류가 경화되면서 홍조섬유와의 crosslinking에 대한 가능성을 보여준다고 판단된다.
5. 투명지용 홍조류 펄프에 침엽수 펄프를 혼합하였을 경우 강도적인 성질 및 탈수성이 크게 개선되는 결과를 얻었는데, 앞으로 그 쓰임새에 따라 적정량의 침엽수 펄프를 혼합하여 사용한다면 더욱 특성이 개선된 투명지를 제조 할 수 있을 것이라 판단된다.

참고문헌

1. Doo-Sang Kim, Hyeung-Rak Kim, Jeong-Han Kim and Jae-hyeong Pyeun, Pilot-scale preparation and physicochemical characteristics of microbiological agar from *Gelidium amansii* in Korea, J. Korean. Soc. 33(1), 70~74, (2000).
2. Jeong-ryong Do, Extraction of Agar from *Gelidium amansii*, J. Korean Fish. soc. 30(3), 423~427, (1997).
3. Hwa-Ja Lee, Hee-Jong Son, Jae-Soon Roh, Sang-Won Lee, Ki-Won Ji, Pyung-Jong Yoo, Lim-Seok Kang, Oxidation of Geosmin and 2-MIB in Water Using O_3/H_2O_2 : Kinetic Evaluation, 대한환경공학회지·논문-Original Paper -

826~832, (2007).

4. Kappel, J., Brauer, P., and Kittel F. P., High-consistency ozone bleaching technology, Tappi J., 77(6): 109~116, (1994).

5. Won-Joong Hwang, Nam-Hun Kim, Alkali swelling characteristics of wood elements, J. Kor. For. En. 20(1) : 62~72, (2001).

6. 서영범, 이춘환, 이윤우, 대체 섬유 개발에 관한 연구, 2005년 추계학술 발표 논문집 2005.11, pp.94~102.

7. Seo YB, Lee YW, Lee CH, Yu HC, Boo SM, Red algae pulp and its use in papermaking, Advances in Pulp & Paper Science and Technologies: 2006 Pan Pacific Conference proceedings, seoul, Korea: KTAPPI, (2006). P. 153~159.

8. Gottlieb, P. M., Nutt, W. E., Miller, S. R., and Macas T. S., Mill experience in high-consistency ozone bleaching of southern pine pulp, Tappi J., 77(6): 117~124, (1994).