

우뭇가사리로 종이만든다

목재 펄프로 만든 것보다 품질 더 우수

무궁무진한 홍조류

배양할 경우 1일에 7~20% 성장

홍조류를 이용한 펄프 제작은 우뭇가사리에서 간단한 추출과정을 거치면 펄프를 만들 수 있는 섬유를 만들 수 있다는 사실을 알게 된 서 교수가 2004년 하반기부터 연구에 돌입하면서 이뤄졌다.

홍조류로 제작된 펄프는 목재 펄프와 견주어 결코 품질이 떨어지지 않는다. 다만 지금까지 실험단계에서 사용된 홍조류가 모두 바다에서 자연 채취한 것이었기 때문에 몇가지 한계는 있다. 직접 채취함으로써 가격이 비쌀 뿐만 아니라 자연환경에서 자라면서 달라붙은 기생 식물들 때문에 종이에 이물질이 끼는 등의 단점이 있다. 이 때문에 서 교수는 홍조류의 배양도 같이 연구, 이미 어느 정도 가시적인 성과도 올렸다. 홍조류를 양식하는 것은 자연 채취에 들어가는 비용의 절감을 이끌 수 있으며, 잡티의 원인이 되는 이물질이 홍조류에 흡착하는 것을 사전에 차단할 수 있어 깨끗한 펄프를 제작할 수 있도록 한다. 더구나 홍조류를 배양할 경우, 성장률은 자연 상태보다 훨씬 빠르다. 중량 기준으로 자연 상태에서는 하루에 5~8% 정도 자라는데 배양할 때는 7~20%까지 성장한다. 이는 1년에 1ha당 60~70톤을 채취할 수 있을 정도의 속도다. 또한 양식으로 홍조류의 가격을 낮출 수 있게 되면 배양 기술 자체만으로도 사업화를 기대할 수 있다.

추출물도 활용 가능성 높아

홍조류를 이용한 펄프가 가격 경쟁력이 있고 많은 점에서 목재 펄프보다 우수하다고 할지라도 넘어야 할 산은 많다.

품질은 홍조류 섬유의 우월성과 배양을 통해 목재 펄프에 비해 우수하게 만들 수 있지만 그것이 상용화를 위한 충분조건은 아니다. 기존의 펄프 공정은 시설비가 1조원 이상이 들어갈 만큼의 대형 설비를 필요로 하며, 이러한 대규모 설비 투자로써 운영되는 거대 기업에서 완전히 새로운 방식의 펄프 제조 방법에 투자하는 것은 결코 쉬운 일이 아니기 때문이다. 기존 펄프(종이) 시장에서 경쟁력을 가질 수 있는 특수 분야를 중심으로 자생력을 확보해야 한다는 얘기다.

그럼에도 불구하고 홍조류에서 펄프를 제작하는데 필요한 섬유뿐 아니라 다양한 추출물이 배출된다는 점은 주목할 만하다. 이러한 추출물은 인체에 무해할 뿐만 아니라 먹을 수도 있어 식료품, 천연색소, 포장재, 제지약품, 의약품 등에 활용할 수 있다. 이러한 추출물의 활용이 향후에는 홍조펄프와 견주어 결코 뒤떨어지지 않은 시장성을 제공할 수도 있다. 실제로 서 교수는 이를 이용해 DNA 분리 정제 시약인 '아가로스(Agarose)' 전문 개발업체 '제노사피엔스'와 함께 다양한 사업화를 추진하고 있다.

홍조류의 일종인 우뭇가사리에서 채취한 섬유소로 제작된 종이(펄프)가 최근 서영범 충남대학교 임산공학과 교수에 의해 공개됐다. 지금까지 목재 펄프가 아닌 비목재 펄프에 대한 도전은 많았다. 벚짚, 사탕수수, 갈대, 대나무 등 주로 지상에서 채취되는 원료를 사용했는데, 해조류를 활용한 것은 지극히 예외적인 경우로 더욱 큰 관심을 불러일으키고 있다.

홍조류 중 우뭇가사리 이용

홍조류에는 종이를 만들 수 있는 섬유들이 상당량 들어있다. 홍조류는 성장속도가 나무보다 훨씬 빠르고, 극지를 빼놓고 거의 대부분의 바다에서 자라므로 육지에서 채취할 수 있는 원료로 만드는 다른 펄프들과 경쟁할 필요가 없다. 수학적으로 계산하면 홍조류가 잘 자라는 아열대 지역 바다에서 한반도 크기 정도만 홍조류를 배양할 경우, 전세계 모든 펄프의 원료를 대체할 수 있을 만큼의 양을 얻을 수 있다.

더구나 홍조류는 같은 면적에서 나무보다 이산화탄소를 약 1.5배 잘 흡수하는 것으로 알려져 있다. 그렇기 때문에 전세계적으로 홍조류를 충분히 배양하면 지구 온난화 저감효과도 얻을 수 있다.

홍조류는 바다에서 자라는 홍조식물로서 홍조식물문, 홍조식물강에 속하며, 홍조류중에서 펄프로 사용되는 우뭇가사리는 홍조식물강에 속한다. 전세계적으로 홍조류는 약 5000~6000 종에 이른다. 우뭇가사리는 우뭇가사리목에 속하며, 전세계적으로 10속 140여종이 한대, 온대, 열대 해역에 걸쳐 자란다.

〈그림 1〉은 현재 펄프 생산에 사용되는 두 종의 우뭇가사리 실제 모습이다. 홍조류는 표면에 홍색을 띠는 홍조소가 있는데, 엽록소들을 감싸고 있는 이 홍조소는 광합성에 필요한 빛이 잘 흡수되도록 하는 역할을 한다.

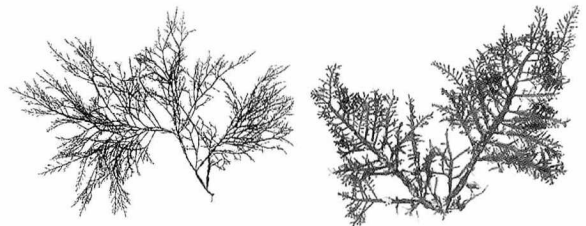


그림 1. 홍조류 중에서 대표적인 우뭇가사리의 종류인 우뭇가사리와 개우무

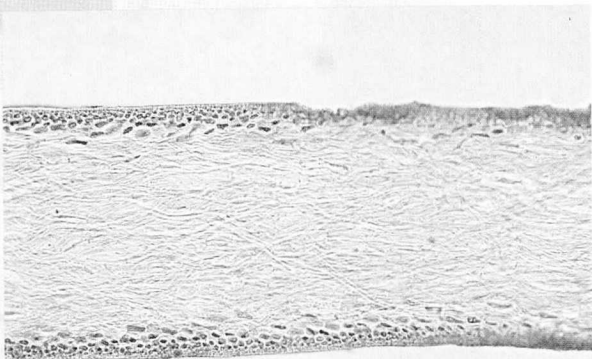
홍조류의 안쪽에는 종이를 만들 수 있는 섬유와 수용성 다당류들이 많이 들어있다. 홍조류는 종류에 따라서 홍조섬유가 있기도 하고, 없기도 하다. 따라서 홍조류의 종을 잘 선별하고, 그 중에서 크고 우수한 섬유들이 많이 들어있는 종을 선별하는 것도 매우 중요하다. 현재 종이제조에 적합한 홍조섬유들이 있는 홍조류 종은 선별돼 있는 상태다.

리그닌 없는 수용성 당류로 구성

나무는 셀룰로오스와 헤미셀룰로오스, 리그닌을 주요 성분으로 하고 있으며, 펄핑공정과 표백공정을 통해 사용할 수 있는 펄프가 생산된다. 여기서 말하는 펄핑 및 표백공정은 나무에서 리그닌을 제거하는 과정이다. 이 때 고온·고압의 공정이 필요하며, 매우 강한 화학약품이 사용된다. 그래서 펄프공장의 건설비용은 1조원대에 달한다. 이 과정에서 펄프 제작에 필요치 않은 리그닌은

제거, 연료로 사용된다.

반면에 홍조류에는 리그닌이 없고, 홍조섬유와 수용성 당류로 구성돼 있다. 이 당류들은 약품과 고온·고압이 필요 없으며, 20~80℃의 온도에서 대부분 추출된다. 추출된 당류는 먹을 수 있어 실제로 한천이라는 식품으로 제작돼 팔리기도 한다. 이렇게 자연에서 추출된 당류들은 그 용도가 앞으로 많이 개발될 것으로 기대된다. 이 때 추출된 당류를 이용하여 아가로스를 추출, DNA를 다루는 실험원료로 만들기도 하는데 가격이 1kg에 1백만원대로 알려졌다.



100 μm

그림 2. 홍조류 줄기방향의 절단면(지렁이 모양들이 홍조섬유들이다.)

에너지 적게 들고 공기·수질 환경 부담 적어

당류 추출이 끝나면 홍조류는 탈색공정을 실시하여 일반 목재펄프에 조금도 뒤지지 않는 백색도를 지닌 펄프로 변화하게 된다.

목재에서는 표백공정도 리그닌을 추출하는 공정으로 볼 수 있는데, 표백공정 시에는 펄핑공정보다 더 강력한 화학약품을 사용하는 것이 보통이다. 따라서 홍조류에서 홍조섬유를 만드는 것은 목재에서 섬유를 생산하는 것보다 에너지가 적게 들고 펄프공장 건설비용도 적게 들며 공기와 수질환경 부담도 크게 덜 수 있다. 부산물로 추출되는 다당류들은 연료로 태워지는 것이 아니라 식품을 비롯한 다양한 분야에서 활용될 수 있다. <그림 3>은 이러한 과정을 간단히 보여주고 있다.

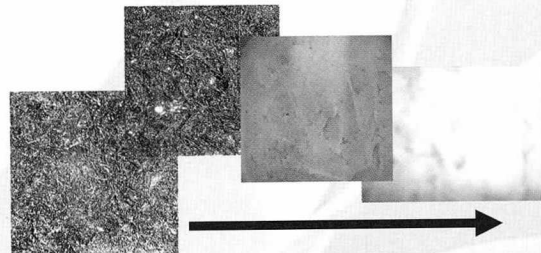
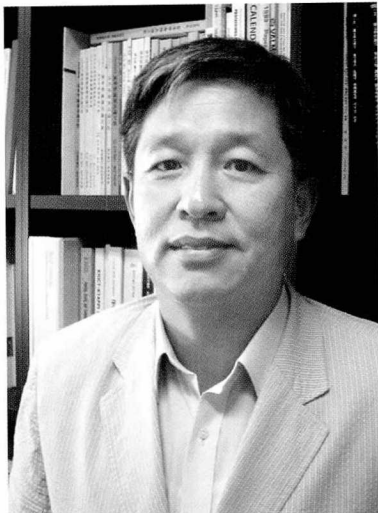


그림 3. 펄핑과 표백공정을 통한 홍조류 변화과정



서영범 충남대학교 임산공학과 교수

“친환경적이며 특수용지 분야 활용성 높아”

우뭇가사리로 펄프를 개발하게 된 배경은?

2004년말 해초펄프를 개발하기 위해 설립된 폐가수스인터내셔널이라는 회사가 관련 특허를 출원하고 접촉해왔다. 합류를 결정하고 홍조류에서 가느다란 섬유질이 생성된다는 점에 착안해 종이 개발에 매진했다. 또한 지난 3월부터는 전문연구기관인 폐가수스리서치의 대표로서 관련 연구 활동을 지휘하고 있다.

섬유 가늘어 단위무게 당 표면적 넓어

여기에 활용된 홍조섬유들은 중요한 특징들을 가지고 있는데, 첫째로는 섬유가 매우 가늘다는 점이다. 섬유가 가늘면 단위무게 당 섬유의 표면적이 늘어나게 되고, 이러한 섬유들은 각종 필터에 적합하다. 또한 종이의 표면이 매우 고아서 평활도 증대에 큰 역할을 한다. <그림 4>는 목재섬유로 만든 백상지와 홍조섬유로 만든 종이를 같은 배율로 확대하여 찍은 것이다. 실제로 홍조섬유로 만든 종이의 평활도는 일반 목재섬유로 만든 종이보다 2~5배 높은 평활도를 보이는 것이 보통이다. 이러한 평활도는 인쇄시 가장 중요한 품질요소이며, 평활도가 그 종이의 가격을 결정한다고 말해도 크게 틀린 말은 아니다.

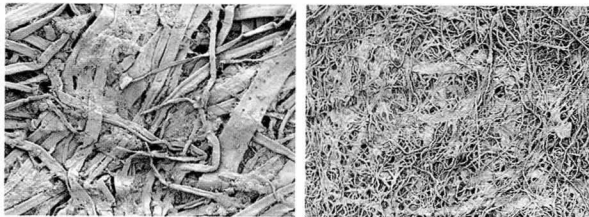


그림 4. 백상지(왼쪽)와 홍조섬유종이(오른쪽)를 150배로 확대한 사진

비목재 펄프에 대한 도전은 많았다. 다른 비목재 펄프와 비교되는 홍조 펄프의 장점은?

기존에 시도됐던 대부분의 비목재 펄프는 원료 채취 시기가 한정돼 있는 등 계절적인 한계가 있었다. 이를 극복하기 위해 엄청난 공간의 창고를 필요로 하는 등 여러 가지 문제가 동반된 것도 사실이다. 또한 목재 펄프보다 종이 품질이 뛰어나다고 볼 수도 없었다. 그러나 홍조 펄프는 4계절 내내 원료를 채취할 수 있으며 목재 펄프보다 우수한 품질의 종이를 만들 수 있는 장점이 있다.

보완할 문제점이나 해결할 과제는?

홍조류로 만든 종이는 평활도가 높아 일반 목재 펄프 종이보다 기능성 면에서 훨씬 우수하다. 그러나 현재 개발한 것은 자연 채취한 것이기 때문에 가격

고해공정 없이도 종이 강도 충분

홍조섬유의 또 다른 특징은 목재섬유로써 종이를 제조할 때 반드시 거쳐야 하는 고해공정이 필요 없다는 것이다. 고해공정은 목재섬유를 물리적인 힘으로 두드리거나 자르는 공정을 의미한다. 목재섬유는 이러한 고해공정을 거침으로써 강도가 우수한 종이를 만들어진다. 하지만 홍조섬유는 고해공정 없이 그대로 사용하여도 목재수준만큼의 강도가 나온다.

양식으로 안정적 공급선 확보

앞으로 해결해야 할 중요한 문제는 홍조류 공급 부분이다. 이는 배양에 관한 연구가 진행 중에 있으며, 여러 곳에서 양식실험이 이뤄지는 단계다. 현재까지 알려진 바로는 홍조류 배양은 어려운 것이 아니며 바다의 깊이에 구애받지 않고 양식이 가능하다. 현재 야생 홍조류들을 채취하여 활용하는 한천산업의 경우에는 모든 작업이 사람의 손에 의해 이뤄지고, 홍조류도 최적의 조건에서 자라지 못하기 때문에 그 가격이 엄청나게 부풀려져 있다. 그러나 현재까지 나타난 결과를 토대로 대량 생산이 이뤄질 경우, 목재펄프보다 낮은 가격으로 홍조 펄프의 공급도 가능하다.

조갑준 차장 kjcho@print.or.kr

이 비싸고 홍조류에 붙어 있는 기생식물 때문에 종이가 깨끗하지 못한 단점이 있다. 이를 극복하기 위해 홍조류를 배양함으로써 깨끗한 종이를 얻을 수 있는 방법을 연구하고 있다. 또한 그동안 많은 비목재 펄프가 겪어왔던 경제성의 획득과 시장화도 계속 고민해야 할 부분이다.

앞으로 활용될 분야는?

홍조 펄프는 목재 펄프와 달리 화학약품을 사용하지 않고 종이를 만들 수 있는 친환경 제품이다. 이러한 장점을 살려 의료, 식품용지 등의 특수용지 제품에 활용되는 것에 초점을 맞출 생각이다. 물론 이 외에도 투명지, 고급인쇄용지, 필터지, 걸러지 등을 비롯해 활용 분야는 무궁무진하다.