

효소로 다시 쓰는 종이 이야기

: 펄프 및 제지 산업의 조용한 혁신

"종이 한 장을 만드는 데, 얼마나 많은 물과 화학약품이 사용되는지 아십니까?"

"펄프와 제지 산업의 친환경 전환, 열쇠는 효소에 있습니다."

전 세계적으로 ESG(환경, 사회, 지배구조) 경영과 탄소중립이 핵심 의제로 떠오르면서, 전통 산업에 대한 재조명이 활발히 이뤄지고 있습니다. 그 중에서도 펄프 및 제지 산업은 자원과 에너지 소비가 많은 대표적인 분야입니다. 전통적인 펄프 생산 공정은 고온, 고압, 강한 알칼리-산 조건에서 목재를 처리해야 하며, 이는 대량의 화학약품과 에너지를 필요로 할 뿐 아니라, 상당량의 폐수와 유해 물질을 발생시킵니다.

이러한 공정의 환경 부담을 획기적으로 줄일 대안으로 떠오른 것이 바로 "효소 기반 공정"입니다. 효소는 자연에서 발견되는 생물학적 촉매로, 극히 낮은 온도와 압력 조건에서도 섬유질 구조를 선택적으로 분해하고 불필요한 성분을 제거할 수 있습니다. 이는 기존 공정 대비 환경적 부담은 줄이면서도 품질은 높일 수 있는 혁신적인 해법을 제시합니다.

효소가 펄프 공정에 가져오는 놀라운 변화들

효소가 펄프 생산 과정에 도입되면 다음과 같은 긍정적인 변화들이 일어납니다.

- 1. 공정의 간소화와 화학약품 감축** : 크실라아제(Xylanase), 셀룰라아제(Cellulase), 리파아제(Lipase) 등 다양한 효소는 펄프 표백, 탈묵(잉크 제거), 피치(pitch, 나무의 수지 성분) 제어 등 여러 단계에서 사용됩니다. 특히 표백 과정에서 고강도의 염소계 화학약품 사용량을 최대 30%까지 줄이거나 대체할 수 있으며, 이는 유해 물질 배출 감소로 직결됩니다. 또한, 효소 작용 후 펄프의 수세(洗水) 효율이 높아져 물 사용량도 크게 감소시킵니다.
- 2. 에너지 소비 절감** : 효소는 기존 화학 공정 대비 낮은 온도(섭씨 50~80 도)에서도 활발히 작용합니다. 이는 펄프를 가열하기 위한 증기 사용량을 줄여 에너지 소비를 획기적으로 절감하는 효과를 가져옵니다.
- 3. 품질 향상 및 맞춤형** : 효소는 셀룰로오스 섬유 자체의 손상 없이 불순물만 선택적으로 제거하여 펄프 섬유의 유연성과 결합력을 개선합니다. 이는 종이의 강도, 광택, 불투명도,

부드러움, 인쇄 적성 등 다양한 품질 특성을 향상시키며, 특정 용도에 맞는 특수지(라벨지, 위조 방지지, 식품 포장재 등) 제조 시 원하는 섬유 특성을 미세하게 조절하는 것도 가능해집니다.

비용 효율성과 지속가능성의 동시 확보

화학약품 및 에너지 사용량, 물 사용량의 감소는 곧바로 제조 원가 절감으로 이어져 경제적인 효율성을 높입니다. 또한, 효소 기반 공정은 유해 폐기물 발생량을 최소화하고 폐수 처리 부담을 줄여 환경 규제 준수에 유리하며, 기업의 지속가능성 목표 달성 및 친환경 인증 획득에도 크게 기여합니다. 이는 전 세계 주요 시장, 특히 환경 규제가 엄격한 유럽 연합(EU) 등으로의 수출 경쟁력을 강화하는 중요한 요소가 됩니다.

해외 사례: 북유럽의 친환경 제지 공정 적용 사례

이러한 효소 기술의 이점 덕분에 전 세계 펄프 및 제지 기업들은 효소 도입을 가속화하고 있습니다.

노르웨이의 펄프 제조기업 Borregaard 는 크실라아제를 도입해 화학 표백제 사용을 20% 줄였고, 연간 약 1,000 톤의 화학물질 사용량 절감 효과를 보고했습니다. 또한 물 사용량은 약 12% 감소하였으며, 이를 통해 생산단가가 8% 개선되는 효과도 있었습니다. 핀란드의 종이기업 UPM 은 바이오 기반 효소를 도입한 탈리그닌 공정을 실증화하며, 리그닌 함량이 높은 펄프에서도 더 밝고 강한 품질을 확보하고 있습니다.

국내 사례 : 무림의 폐의류 업사이클링 종이 '네오코튼 TMB'

국내에서는 아직 선진국 대비 효소 기술 적용 사례가 많지는 않지만, 에너지 효율화와 환경 규제 대응이 중요해지면서 효소 기반 공정에 대한 관심이 높아지고 있습니다. 펄프 제지 신소재 종합기업인 (주)무림은 2024 년 폐의류에서 면섬유를 분리해 천연 펄프와 혼합한 자원순환형 포장용지 '네오코튼 TMB'를 출시했습니다. 이 제품은 국내 최초로 폐의류를 종이로 전환한 사례로, 섬유 분리 및 정제 과정에 효소 기반 전처리 기술이 활용되었으며, 섬유질 보존과 불순물 제거를 통해 품질과 친환경성을 동시에 달성했습니다.

소비자가 주목해야 할 '효소 기반 종이'

펄프 및 제지 산업의 효소 기술 도입은 비단 기업에게만 중요한 것이 아닙니다. 최종 소비자인 우리에게도 큰 의미가 있습니다. 우리가 사용하는 책, 노트, 신문, 포장재 등 종이 제품이 만들어지는 과정에서 화학약품 사용이 줄고 에너지 소비가 감소한다는 것은, 그만큼 지구 환경에 미치는 부담이 줄어든다는 뜻입니다. '효소 기반 종이'는 더 깨끗한 물과 공기, 더 적은 탄소 배출로 만들어진 제품입니다. 소비자들이 친환경 제품에 대한 인식이 높아지고 있는 만큼, '효소 기반 종이'는 지속가능성을 중시하는 소비 트렌드와 맞닿아 있으며, 우리의 작은 선택이 더 나은 환경을 만드는 데 기여할 수 있음을 보여줍니다.

글로벌 펄프 제지용 효소 시장 전망

글로벌 펄프·제지용 효소 시장은 2024 년 약 15 억 달러 규모에서, 2030 년까지 연평균 6~7%의 꾸준한 성장이 예상되며 2032 년에는 22 억 달러 규모에 달할 것으로 전망됩니다. 이는 산업계의 효소 기술에 대한 수요와 기대를 명확히 보여줍니다. 기술 역시 빠르게 진화하고 있습니다. 최근에는 고온 안정성, 특정 pH 범위에서의 활성, 특정 펄프 유형에 최적화된 맞춤형 효소 등 더욱 특화되고 효율적인 효소 기술이 빠르게 상용화되고 있습니다. 2024 년에 발표된 연구 결과에 따르면, 특정 Thermostable xylanase 효소는 기존보다 1.5 배 빠르게 리그닌을 분해하고 폐수 내 COD(화학적 산소요구량)를 40% 줄이는 효과를 보이기도 했습니다.

결론: 지속가능한 선택, 혁신적인 전환

효소 기술은 펄프 및 제지 산업이 직면한 이중 과제, 즉 비용 절감과 환경책임이라는 두 마리 토끼를 동시에 잡을 수 있는 강력한 해법입니다. 이는 단순히 '에코 트렌드'를 따라가는 표면적인 변화가 아닌, 공정의 본질을 친환경적으로 변화시키고 새로운 사업 기회를 여는 핵심 동력이 되고 있습니다.

우리가 매일 사용하는 종이 뒤에는 이렇게 조용하지만 강력한 혁신이 일어나고 있습니다. 그리고 그 변화의 중심에는 바로 '효소'가 있습니다.