

알칼리성 리파아제(Alkaline Lipase) 펄프·제지 공정 적용: 재생지 탈묵, 피치·스티키 저감을 위한 효소 기반 처리

Enzymes.bio 연구팀 · 뉴질랜드 웰링턴 · June 18, 2026

직접 답변: 알칼리성 리파아제는 펄프·제지 공정에서 지방산 에스터, 트리글리세라이드, 일부 수지성·접착성 오염물의 에스터 결합을 가수분해해 피치와 스티키의 침착성을 낮추는 데 활용될 수 있는 효소입니다. 특히 재생지 탈묵, 라벨·접착제 유입이 많은 폐지 원료, 기계펄프 또는 혼합 원료의 수지성 침착 문제에서 셀룰라아제·헤미셀룰라아제·아밀라아제 등과 함께 공정 보조제로 연구되어 왔습니다 ^[1]. Enzymes.bio는 제조사나 시험기관이 아니라 B2B 효소 공급업체이며, 해당 제품은 1kg 단위로 온라인 구매하는 산업용 효소로 이해하는 것이 적절합니다.

알칼리성 리파아제가 제지 공정에서 다루는 핵심 문제

펄프·제지 공정에서 피치(pitch)와 스티키(stickies)는 단순한 “오염물”이 아니라 초지기 운전 안정성, 지절 빈도, 와이어·펠트 오염, 시트 결점, 세척 주기, 탈묵 효율에 직접 영향을 주는 공정 변수입니다. 목재 원료에서는 지방산, 수지산, 왁스, 스테롤 에스터, 트리글리세라이드 등 추출성 성분이 피치 문제를 만들 수 있고, 재생섬유에서는 라벨 접착제, 핫멜트, 코팅 바인더, 잉크 수지, 라텍스, 점착성 고분자가 스티키의 주요 원인이 됩니다. 폐지 원료를 더 많이 사용할수록 이러한 성분은 원료 조성, 선별 효율, 분산 조건, 습부 화학에 따라 미세 스티키 또는 거대 스티키 형태로 공정 전반에 영향을 미칩니다 ^[2].

알칼리성 리파아제의 역할은 이 복합 오염물 전체를 “녹이는” 것이 아니라, 그중 효소가 접근할 수 있는 에스터성·지질성 결합을 선택적으로 절단하는 것입니다. 리파아제는 일반적으로 트리글리세라이드와 지방산 에스터의 가수분해를 촉매하는 효소군으로 분류되며, 알칼리성 리파아제는 중성~알칼리성 공정 조건에서 사용 가능성이 검토되는 유형입니다 ^[3]. 제지 현장에서 이 특성은 수지성 피치, 일부 잉크·접착제 성분, 에스터 기반 스티키를 더 작고 분산되기 쉬운 물질로 전환해 침착 경향을 낮추는 방향으로 연결됩니다.

중요한 점은 피치와 스티키가 단일 화합물이 아니라는 것입니다. 같은 "스티키"라도 압착성 라벨 유래 아크릴계 접착제, EVA 핫멜트, 잔류 잉크 바인더, 라텍스, 왁스, 코팅층 성분이 섞여 있을 수 있으며, 같은 "피치"라도 목재 수종, 펄핑 방식, 저장 조건, 표백 조건에 따라 조성이 달라집니다. 따라서 알칼리성 리파아제는 모든 침착물을 직접 분해하는 만능 약품이 아니라, 에스터 결합을 가진 지질성·수지성 분획에 작용해 기존 선별, 세척, 분산, 탈묵, 습부 제어를 보완하는 생촉매로 보는 것이 정확합니다 [4].

작동 기전: 에스터 결합 절단이 왜 침착 저감으로 이어지는가

리파아제 반응의 핵심은 물을 이용해 에스터 결합을 절단하고 지방산과 알코올성 성분 또는 더 짧은 분자 조각을 생성하는 것입니다. 제지 공정의 오염물은 순수한 기름 방울처럼 존재하지 않고 섬유 표면, 미세분, 충전제, 고분자 약품, 금속 이온, 잔류 계면활성제와 결합한 복합 콜로이드 또는 점착성 입자로 존재합니다. 이때 효소가 표면 또는 내부의 접근 가능한 에스터 결합을 절단하면 입자의 소수성, 연화점, 점착성, 응집 거동이 달라질 수 있고, 그 결과 스크린·클리너·부상 탈묵·세척 단계에서 제거되거나 분산 상태를 유지하기 쉬워집니다 [5].



Figure 1. 알칼리성 리파아제는 피치 발생이 쉬운 버진 펄프, 재생섬유 탈묵, 백수 오염물 관리, 그리고 일부 펄프 청정도 개선 보조에 가장 관련이 깊습니다.

알칼리성 조건이 중요한 이유는 재생지 탈묵과 일부 펄프 세척·분산 공정이 대체로 알칼리 영역에서 운영되기 때문입니다. 알칼리 조건은 잉크 분리, 섬유 팽윤, 지방산 비누화, 과산화수소 표백과 연동될 수 있지만, 동시에 효소 단백질에는 변성 스트레스를 줄 수 있습니다. 알칼리성 리파아제에 관한 미생물 연구들은 세제 안정성, 염 안정성, 열 안정성, 저온 활성 등 다양한 산업 조건 적응성을 목표로 효소 특성을 평가해 왔으며, 이는 제지처럼 복합적인 수계 공정에서 효소 선택성이 중요한 이유를 보여줍니다 [6].

침착 저감은 화학적 분해만으로 설명되지 않습니다. 리파아제가 오염물의 계면 특성을 바꾸면 입자 크기 분포, 섬유와의 부착력, 공정 표면에 대한 점착성, 보류 약품과의 상호작용도 변할 수 있습니다. 예를 들어 큰 스틱기가 미세하게 쪼개지기만 하고 제거되지 않으면 후단에서 다시 응집할 수 있으므로, 효소 적용은 선별·세척·부상·분산·습부 제어와 함께 해석해야 합니다. 이런 이유로 최근 탈묵 연구에서는 리파아제를 단독 효소라기보다 엔도글루카나아제, 아밀라아제 등과 조합한 효소 컨소시엄의 일부로 평가하는 경우가 많습니다 [1].

재생지 탈묵에서의 적용 논리

재생지 탈묵은 잉크 입자를 섬유에서 분리하고, 분리된 입자를 부상 또는 세척으로 제거하는 공정입니다. 잉크는 안료만이 아니라 수지, 오일, 바인더, 건조유, 코팅 성분, 첨가제를 포함하므로 탈묵 효율은 섬유 표면, 잉크-섬유 결합, 입자 크기, 소수성 균형에 좌우됩니다. 리파아제는 잉크 조성 중 오일성·에스터성 성분을 바꾸고, 셀룰라아제나 헤미셀룰라아제는 섬유 표면의 미세피브릴과 잉크 부착 지점을 완화할 수 있어 복합 효소 접근이 연구되어 왔습니다 [7].

폐신문지나 인쇄 폐지의 효소 탈묵 연구에서는 리파아제 보강 효소 콕테일이 더 깨끗한 펄프 생산과 화학 처리 부담 완화를 위한 대안으로 검토되었습니다. *Pseudomonas mendocina* ED9 유래 리파아제를 포함한 효소 콕테일 연구는 폐지 펄프 탈묵을 더 청정한 공정으로 수행하는 가능성을 제시했으며, 이 맥락에서 리파아제는 잉크·오일·점착성 성분의 분리 및 제거를 돕는 구성 요소로 다뤄졌습니다 [2]. 다만 개별 공장의 결과는 원료의 인쇄 방식, 잉크 종류, 폐지 저장 상태, 부상 조건, 사용 중인 화학약품 체계에 따라 달라집니다.

레이저 프린트 폐지의 탈묵에서는 토너 수지와 섬유 표면의 결합이 강해 일반 폐신문지보다 분리가 까다로울 수 있습니다. 온도와 pH가 리파아제 및 에스테라아제 기반 탈묵에 미치는 영향을 다룬 연구는, 효소 반응이 단순 투입량보다 공정 조건에 민감하다는 점을 보여줍니다 [5]. 이는 산업 적용에서 알칼리성 리파아제가 “알칼리 조건에서 쓸 수 있다”는 의미와 “어떤 알칼리 조건에서도 동일하게 작동한다”는 의미가 다르다는 것을 분명히 합니다.

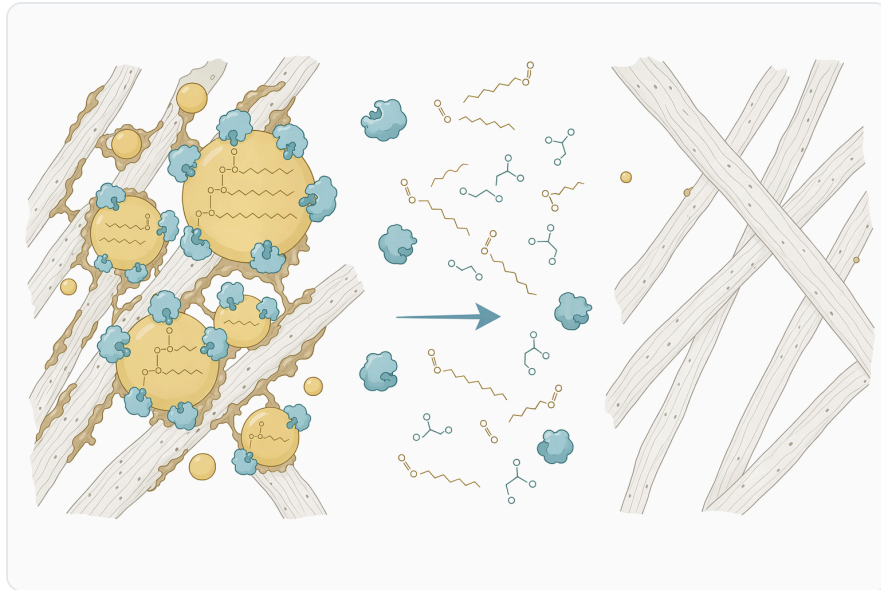


Figure 2. 리파아제는 트리글리세라이드와 지방산 에스터의 에스터 결합을 가수분해하여, 알칼리 조건에서 소수성 중성 지질을 더 작고 분산되기 쉬운 산물로 전환합니다.

피치 제어에서의 의미: 목재 유래 수지성 성분과 리파아제

목재 펄프 공정에서 피치는 주로 목재 추출물에서 비롯되지만, 조성은 단순하지 않습니다. 지방산, 수지산, 트리글리세라이드, 스테롤 에스터, 왁스, 산화 생성물, 무기물과 결합한 복합체가 혼재하며, 공정 pH와 온도 변화에 따라 콜로이드 안정성이 달라집니다. 리파아제는 이 중 트리글리세라이드와 지방산 에스터 같은 가수분해 가능한 지질성 성분을 표적으로 하므로, 피치 입자의 점착성과 응집성을 낮추는 보조 수단으로 검토될 수 있습니다 [4].

과산화물 표백 기계펄프에서 문제가 되는 음이온성 방해물질(anionic detrimental substances) 관리에 효소 처리가 유익할 수 있다는 연구는, 펄프 수계의 콜로이드성·수지성 성분을 제어하는 데 생촉매 접근이 의미가 있음을 보여줍니다 [4]. 피치 제어에서 효소가 유효하려면 오염물이 효소와 접촉 가능한 분산 상태에 있어야 하며, 이미 단단히 침착되어 열·압력·무기물과 복합화된 퇴적물은 효소 반응만으로 빠르게 제거되기 어렵습니다. 따라서 알칼리성 리파아제는 주로 침착 “예방”과 침착성 저감의 관점에서 이해하는 편이 실무적으로 타당합니다.

이 접근은 화학적 분산제나 고분자 정착제를 배제하지 않습니다. 분산제는 입자 재응집을 낮추고, 정착제는 콜로이드성 물질을 섬유에 보류시켜 습부 순환수 축적을 줄일 수 있으며, 효소는 일부 오염물의 화학 구조를 바꿉니다. 서로 다른 작용점을 가진 도구들이기 때문에, 리파아제는 공정 내 피치·스티키 관리 프로그램의 한 요소로 배치될 때 의미가 큼니다.

알칼리성 리파아제와 다른 제지 효소의 차이

펄프·제지용 효소는 모두 “섬유를 좋게 하는 효소”가 아니라, 기질과 목적에 따라 역할이 다릅니다. 자일라나아제와 펙티나아제는 비목재 섬유나 농업 부산물 기반 펄프에서 표백 보조와 섬유 성분 개질에 쓰일 수 있고, 셀룰라아제는 섬유 표면 개질과 탈묵 보조에 관여할 수 있으며, 아밀라아제는 전분성 코팅·사이징 성분에 영향을 줄 수 있습니다 [8]. 리파아제는 이들과 달리 지질성·에스터성 오염물 처리에 초점이 맞춰져 있습니다.

다음 표는 알칼리성 리파아제를 다른 제지 효소와 비교해 공정상 차이를 정리한 것입니다.



Figure 3. 피치 관리는 리파아제가 분산된 지질 방울이 공장 표면에서 혼합 침전물로 뭉치기 전에 접촉할 때 가장 효과적입니다.

효소 유형	주된 표적 기질	제지 공정에서의 일반적 목적	알칼리성 리파아제와의 차이
알칼리성 리파아제	트리글리세라이드, 지방산 에스터, 일부 수지성·접착성 성분	피치·스티키 저감, 탈묵 보조, 접착성 오염물 관리	에스터성·지질성 오염물의 화학적 전환에 초점
셀룰라아제 / 엔도글루카나아제	셀룰로오스 표면, 미세피브릴	잉크 분리 보조, 섬유 표면 개질, 배수성 변화	섬유 자체에 작용하므로 과처리 시 강도·수율 영향 관리 필요
헤미셀룰라아제 / 자일라나아제	헤미셀룰로오스, 자일란	표백 보조, 리그닌 제거 접근성 개선, 섬유 개질	수지성 스티키보다 표백·섬유 매트릭스 변화와 관련

효소 유형	주된 표적 기질	제지 공정에서의 일반적 목적	알칼리성 리파아제와의 차이
펙티나아제	펙틴성 물질, 비목재 섬유유 중간층 성분	농업 잔사 펄핑, 표백 보 조, 섬유 분리	비목재 원료의 세포벽 성분 처리에 강점
아밀라아제	전분, 전분성 코팅·사이징 성 분	코팅지·재생지 내 전분 성 성분 처리, 탈묵 보조	접착성 오염물 중 전분 기반 성분에 더 직접적
라카아제	페놀성 화합물, 리그닌 관련 구조	생표백, 리그닌 개질, 색 도 저감 연구	산화효소로서 리파아제의 가 수분해 기전과 다름

효소 컨소시엄 연구가 증가하는 이유는 실제 폐지와 펄프가 여러 기질의 혼합물이기 때문입니다. *Thermomyces lanuginosus* VAPS25 유래 엔도글루카나아제-리파아제-아밀라아제 컨소시엄은 생물학적 탈묵 적용을 목표로 최적화가 연구되었고, 효소들이 서로 다른 오염물과 섬유 표면에 작용할 수 있음을 보여줍니다 [1]. 또 다른 연구에서는 엔도글루카나아제와 리파아제 효소 컨소시엄이 폐신문지 탈묵에 적용되었고, 탈묵 펄프의 미세구조 분석까지 함께 다루었습니다 [7].

공정 위치별 적용 해석

재생섬유 펄핑 및 분산 단계

재생섬유 펄핑 단계는 라벨, 잉크, 코팅층, 접착제가 물리적으로 해리되기 시작하는 구간입니다. 이때 알칼리성 리파아제가 접근 가능한 에스터성 오염물과 접촉하면 이후 선별·부상·세척 단계에서 제거되기 쉬운 상태로 전환될 수 있습니다. 그러나 펄핑 초기의 높은 전단과 고흡분, 잔류 약품, 온도 조건은 효소 안정성에 영향을 줄 수 있으므로, 리파아제 적용은 오염물이 충분히 분산되면서도 효소가 견딜 수 있는 조건과 연결해 해석해야 합니다 [5].

탈묵 전후의 잉크·바인더 분리 보조

탈묵 공정에서 리파아제는 잉크의 지질성·수지성 바인더와 섬유 표면 사이의 결합을 약화시키는 보조 역할을 할 수 있습니다. 리파아제 보강 효소 콕테일 연구가 “더 청정한 폐지 펄프 탈묵”이라는 방향에서 보고된 것은, 효소가 강알칼리·계면활성제 중심 처리의 일부 부담을 낮추는 가능성을 보여줍니다 [2]. 다만 탈묵 품질은 백색도만으로 판단할 수 없고, 잔류 잉크 면적, 점착성 입자, 회분, 섬유 손상, 폐수 부하까지 함께 보아야 합니다.

초지기 습부와 순환수의 침착 관리

습부에서는 미세 스티키와 콜로이드성 피치가 고분자 약품, 충전제, 미세섬유와 상호작용하면서 와이어·펠트·롤 표면에 침착될 수 있습니다. 리파아제가 이러한 입자의 화학적 성질을 바꾸면 침착 경향을 낮추는 데 도움이 될 수 있지만, 습부는 체류시간이 짧고 첨가제가 많아 효소 반응에 불리할 수 있습니다. 따라서 습부에서의 의미는 단독 처리보다 전단계에서 오염물의 점착성을 낮추고 순환수 축적을 줄이는 전체 관리 전략과 연결됩니다 [4].

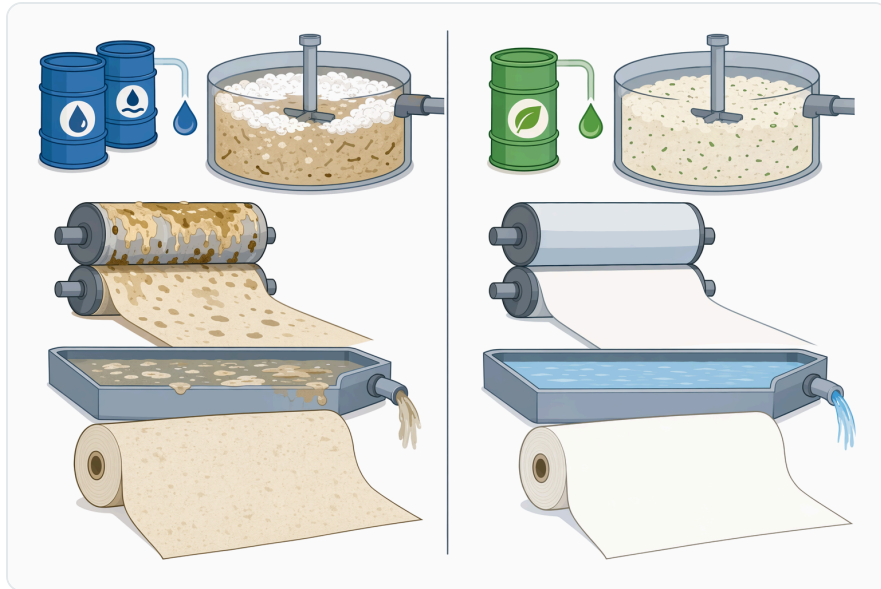


Figure 4. 제지용 효소는 종류에 따라 서로 다른 기질을 표적으로 하며, 리파아제는 셀룰로오스, 자일란, 리그닌 또는 무기 스케일이 아니라 지질 에스테르에 작용합니다.

비목재·농업 부산물 펄프와의 연계 가능성

농업 부산물 기반 펄프에서는 리파아제보다 자일라나아제, 펙티나아제, 셀룰라아제 계열이 더 직접적으로 연구되는 경우가 많습니다. 예를 들어 벚짚을 더 나은 품질의 종이 제조에 활용하기 위한 초여과 효소 펄핑 연구는 자일라노-펙티놀리틱 효소 전략을 다뤘고, 밀짚의 효소 표백 연구도 비목재 섬유에서 효소 접근이 의미 있음을 보여줍니다 [[15], [19]]. 리파아제는 이런 비목재 원료에서도 수지성·왁스성·에스터성 오염물이 문제될 때 보완적으로 검토될 수 있지만, 주된 표적은 어디까지나 지질성 오염물입니다.

기대 가능한 효과와 과장해서는 안 되는 부분

알칼리성 리파아제 적용에서 가장 현실적인 기대 효과는 피치·스티키 침착 경향 저감, 탈묵 보조, 와이어·펠트 오염 완화, 결점 감소 가능성, 세척 주기 안정화입니다. 이러한 효과는 효소가 에스터성·지질성 성분을 더 낮은 점착성 또는 더 분산 가능한 형태로 전환할 때 나타날 수 있습니다. 폐지 탈묵

및 효소 컨소시엄 연구들은 리파아제가 단독 또는 조합 형태로 재생지 처리에 활용될 수 있음을 뒷받침합니다 [9].

그러나 리파아제가 모든 접착제와 모든 피치를 분해한다고 표현해서는 안 됩니다. 아크릴계 고분자, 합성 라텍스, 고도로 산화되거나 가교된 수지, 무기물과 강하게 결합한 퇴적물은 리파아제의 직접 표적이 아닐 수 있습니다. 또한 효소 처리로 큰 스티키가 미세 스티키로 전환된 뒤 후단에서 다시 응집하면 운전성 개선이 제한될 수 있으므로, 제거 공정과 분산·보류 제어까지 함께 고려해야 합니다 [7].

화학약품 사용량 완화 역시 가능성이지 보증된 결과가 아닙니다. 효소는 특정 결합을 선택적으로 전환하므로 알칼리제, 계면활성제, 분산제, 표백제의 부담을 낮추는 방향으로 설계될 수 있지만, 실제 감량 폭은 원료와 목표 품질에 따라 달라집니다. 제지 폐수 처리와 생물학적 처리 연구들은 공정의 환경성과 경제성이 원료, 오염 부하, 처리 조건, 에너지 소비의 균형으로 결정된다는 점을 보여줍니다 [10].

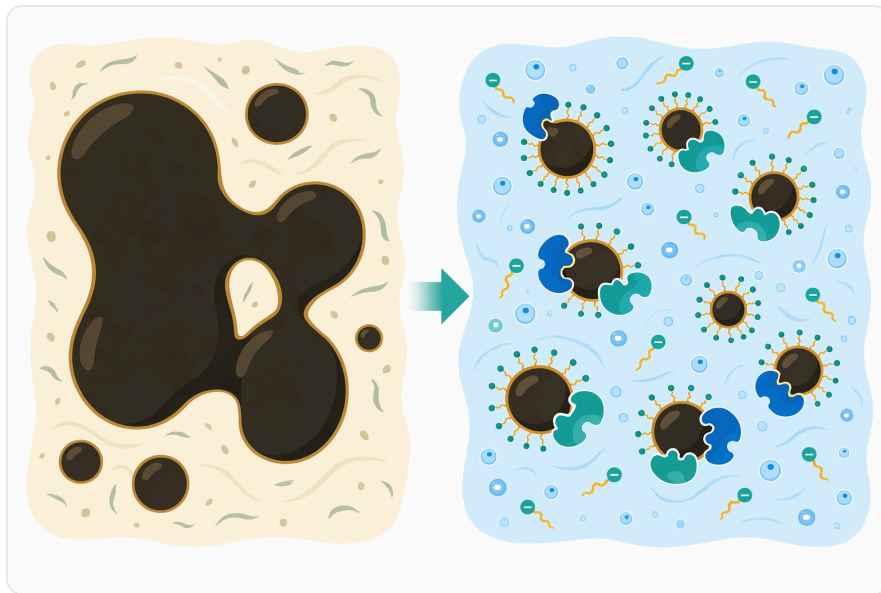


Figure 5. 알칼리 조건에서는 지방산 가수분해 산물이 원래의 중성 트리글리세라이드가 풍부한 방울보다 더 이온화되고 분산되기 쉬워질 수 있습니다.

공정 조건에서 특히 민감한 변수

알칼리성 리파아제는 단백질 촉매이므로 pH, 온도, 산화제, 계면활성제, 금속 이온, 염 농도, 고형분, 체류시간, 혼합 상태에 영향을 받습니다. 알칼리성 리파아제 연구들은 균주와 효소에 따라 알칼리 안정성, 열 안정성, 세제 안정성, 저온 활성 등 특성이 크게 달라질 수 있음을 보여줍니다 [11]. 제지 공정에서는 이러한 특성이 제품 선택과 적용 위치 해석에 중요하지만, 개별 제품의 세부 활성 수치나 분석법은 본 문서에서 다루지 않습니다.

pH는 리파아제의 활성뿐 아니라 오염물의 물리화학적 상태도 바꿉니다. 알칼리 조건에서는 지방산의 이온화, 일부 에스터의 화학적 가수분해, 섬유 팽윤, 잉크 분산, 계면활성제 작용이 동시에 일어나므로, 효소 반응만 분리해 해석하기 어렵습니다. 레이저 프린트 폐지 탈묵에서 온도와 pH 영향을 다룬 연구는 효소 기반 탈묵 성능이 조건 변화에 민감하다는 점을 실험적으로 다룬 사례입니다 [5].

온도 역시 양면성을 가집니다. 온도가 올라가면 오염물 연화와 확산은 유리해질 수 있지만, 효소 변성 위험도 커집니다. 열안정성이 개선된 알칼리성 리파아제 연구가 별도로 수행되는 이유는 산업 공정에서 온도 내성이 실제 적용성을 좌우하기 때문입니다 [11]. 반대로 저온 활성 알칼리성 리파아제 연구는 낮은 온도 공정에서 에너지 사용을 줄이는 방향의 가능성을 보여주지만, 제지 공정에 적용하려면 원료와 공정 조건의 적합성이 별도로 맞아야 합니다 [12].

혼합과 체류시간은 효소가 오염물에 접근할 수 있는지를 결정합니다. 스티키가 큰 덩어리로 존재하거나 섬유·충전제·고분자에 묻혀 있으면 효소의 접근성이 낮아지고, 너무 짧은 체류시간에서는 충분한 구조 변화가 일어나기 어렵습니다. 이 때문에 효소 탈묵 연구들은 단순히 효소 종류만이 아니라 처리 조건과 효소 조합을 함께 최적화하는 방향으로 설계되는 경우가 많습니다 [1].

폐수·슬러지 관점에서의 의미

펄프·제지 산업의 환경 부담은 원료 처리 공정뿐 아니라 폐수와 슬러지에서도 나타납니다. 제지 폐수는 용해성 유기물, 부유물, 잔류 화학약품, 콜로이드성 물질을 포함할 수 있으며, 효소 처리는 일부 난분해성 또는 고분자성 성분을 더 생물학적으로 처리하기 쉬운 형태로 전환하는 전략과 연결될 수 있습니다 [13]. 리파아제 자체는 폐수 처리의 전체 해법이 아니지만, 공정 전단에서 지질성·접착성 오염물의 침착과 축적을 줄이면 후단 부하 관리에도 간접적으로 영향을 줄 수 있습니다.

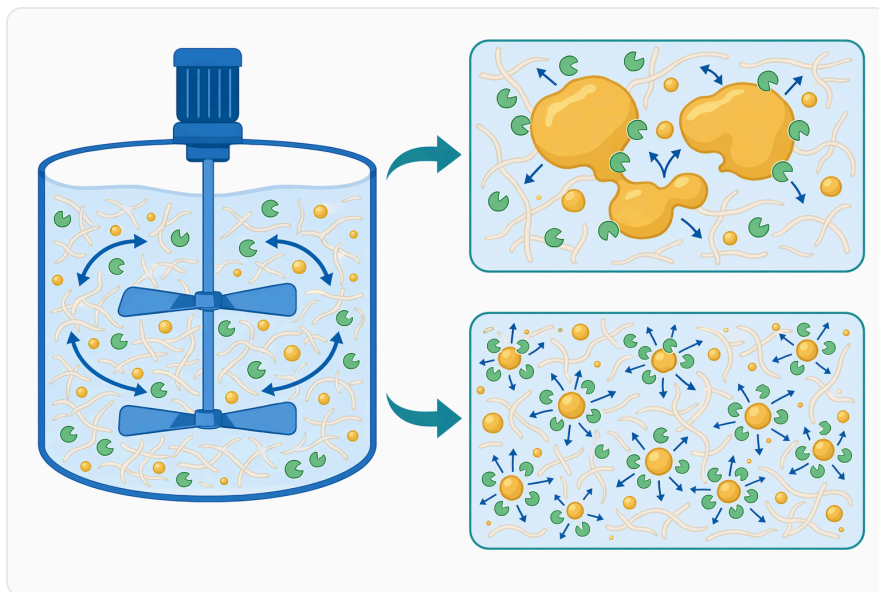


Figure 6. 리파아제의 성능은 물-지질 계면에서의 접촉에 달려 있으므로, 혼합과 방울 분산은 접근 가능한 기질 표면적을 늘립니다.

제지 산업 폐수의 혐기성 생물학적 처리에 관한 연구는 경제성과 환경 지속가능성을 함께 평가할 필요가 있음을 보여줍니다 [10]. 효소 적용이 지속가능성 개선으로 이어지려면 단순히 “생물학적”이라는 이유만으로 충분하지 않고, 화학약품 사용량, 세척수, 에너지, 폐수 부하, 생산 안정성, 불량률 감소가 함께 개선되어야 합니다. 따라서 알칼리성 리파아제는 환경성 주장의 중심이 아니라, 피치·스티키 관리와 탈묵 보조를 통해 공정 부담을 줄일 수 있는 선택적 도구로 설명하는 것이 타당합니다.

슬러지 처리에서도 효소가 유기물 구조를 바꾸어 후속 처리성을 개선하는 연구가 있습니다. 펄프·제지 산업의 폐활성슬러지에 효소 처리를 적용한 연구는 효소적 가수분해가 슬러지 특성 변화와 연결될 수 있음을 보여줍니다 [14]. 다만 이는 리파아제 제품을 슬러지 처리제로 직접 규정한다는 뜻이 아니라, 제지 산업에서 효소 반응이 섬유·오염물·폐수·슬러지 등 다양한 매트릭스에서 연구되어 왔다는 배경 근거로 이해해야 합니다.

Enzymes.bio 공급 제품으로서의 위치

Alkaline Lipase Paper And Pulp Processing은 펄프·제지 공정에서 피치·스티키 관리와 탈묵 보조를 목적으로 검토할 수 있는 알칼리성 리파아제 공급 제품입니다. Enzymes.bio는 제조사나 분석 실험실이 아니라 B2B 효소 공급업체이며, 제품은 1kg 단위로 온라인에서 직접 구매하는 방식으로 제공됩니다. 주문 시 CoA와 SDS가 함께 제공되며, 본 문서는 제품 규격서나 시험 성적서가 아니라 적용 배경을 설명하는 기술 문서입니다.

이 제품의 기술적 포지셔닝은 “재생섬유와 목재 유래 수지성 오염물 중 에스터성·지질성 분획을 효소적으로 전환해 침착성을 낮추는 공정 보조제”입니다. 관련 연구는 리파아제 포함 효소 콕테일, 엔도글루카나아제-리파아제 컨소시엄, 리파아제-에스터라아제 기반 탈묵 조건 평가 등에서 확인되며, 특히 폐지 탈묵과 스티키·피치 완화의 과학적 연결성을 뒷받침합니다 [[23], [25]].

구매자는 이 제품을 제지 공정 전체를 바꾸는 독립 기술이 아니라, 기존 펄핑·탈묵·선별·세척·습부 관리 체계에 통합 가능한 효소 옵션으로 이해하는 것이 좋습니다. 효소의 실제 효과는 원료의 접착제 부하, 잉크 조성, 목재 수지 함량, 공정 pH와 온도, 체류시간, 혼합, 기존 약품 조건에 따라 달라질 수 있습니다. 따라서 기술적으로 정확한 기대치는 “피치·스티키 침착 완화와 탈묵 보조 가능성”이며, 특정 수율·백색도·침착 감소율을 일반적으로 보장하는 표현은 적절하지 않습니다.

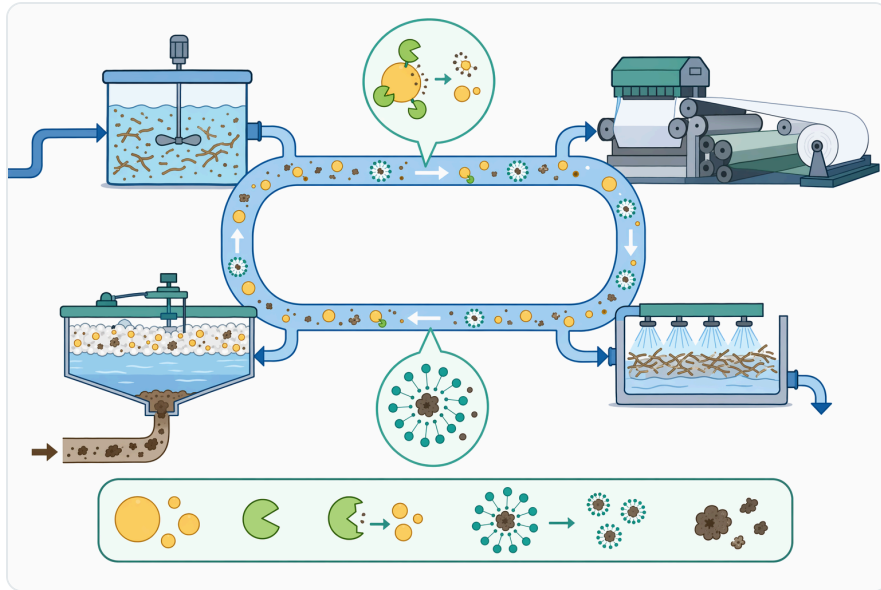


Figure 7. 리파아제는 지질의 화학적 성질을 변화시키며, 계면활성제, 백수 조건, 세척, 부상분리는 이렇게 변형된 오염물이 어디로 이동할지를 결정합니다.

결론: 알칼리성 리파아제가 적합한 제지 공정

알칼리성 리파아제는 재생지 원료에서 유입되는 접착제·잉크 바인더·코팅 성분, 또는 목재 펄프에서 유래하는 수지성·지질성 피치가 운전 문제를 일으킬 때 검토할 수 있는 효소입니다. 리파아제의 강점은 에스터 결합을 가진 지질성 오염물을 더 낮은 점착성 또는 더 분산 가능한 형태로 바꾸는 데 있으며, 이 점이 피치 제어, 스티키 저감, 탈묵 보조와 연결됩니다 [3].

가장 적합한 적용 시나리오는 폐신문지, 인쇄 폐지, 사무용 폐지, 라벨·접착제 유입이 많은 재생섬유, 피치 침착이 반복되는 목재 또는 혼합 펄프 공정입니다. 특히 셀룰라아제, 아밀라아제, 헤미셀룰라아제 등과의 조합 연구가 활발하다는 점은 실제 제지 원료가 복합 오염물 시스템이라는 사실을 잘 보여줍니다 [1]. 알칼리성 리파아제는 밝기 개선만을 목표로 하는 효소라기보다, 공정 오염물의 화학적 성질을 바꾸어 운전성과 품질 안정성을 보조하는 효소로 이해해야 합니다.

Enzymes.bio의 Alkaline Lipase Paper And Pulp Processing은 이러한 목적에 맞춰 검토할 수 있는 산업용 효소 공급 제품입니다. 제품은 1kg 단위로 온라인 구매할 수 있으며, 주문 시 CoA와 SDS가 함께 제공됩니다. 기술적으로는 “피치·스티키 문제를 완화할 수 있는 선택적 생촉매”라는 위치가 가장 정확하며, 실제 성과는 원료와 공정 조건에 따라 달라질 수 있습니다.

Alkaline Lipase Paper And Pulp Processing 온라인 주문

1kg 단위로 판매되며 재고 보유, 즉시 출고됩니다. 온라인 스토어에서 바로 결제하시면 주문을 처리해 드립니다. 모든 주문에는 시험성적서(CoA)와 물질안전보건자료(SDS)가 포함됩니다.

[Alkaline Lipase Paper And Pulp Processing 구매하기 →](#)

참고문헌

최초 인용 순서로 번호를 매겼습니다. 모든 출처는 발행 시점에 접근 가능 여부를 확인한 오픈 액세스 자료이며, 본문의 인용 번호가 이곳으로 연결됩니다.

1. Dixit, M., Chhabra, D., & Shukla, P. (2022). Optimization of endoglucanase-lipase-amylase enzyme consortium from *Thermomyces lanuginosus* VAPS25 using Multi-Objective genetic algorithm and their bio-deinking applications. *Bioresource Technology*, 370, 128467 .
2. Nathan, V. K., & Rani, M. E. (2020). A cleaner process of deinking waste paper pulp using *Pseudomonas mendocina* ED9 lipase supplemented enzyme cocktail. *Environmental science and pollution research international*, 27, 36498 - 36509.
3. Devi, T., Sistla, S., Khan, R., Kailoo, S., Bhardwaj, M., & Rasool, S. (2025). Purification and characterization of detergent stable alkaline lipase from *Bacillus safensis* TKW3 isolated from Tso Kar brackish water lake. *PeerJ*, 13.
4. Pruszyński, P., Quinn, M., Kamlin, B., Sherman, L., Wong-Shing, J., & Govoni, S. (2007). Managing Anionic Detrimental Substances in Peroxide Bleached Mechanical Pulps - Unique Benefits of Enzymatic Treatment.
5. Him, N., Apau, C., & Azmi, N. S. (2016). Effect of Temperature and pH on Deinking of Laser-Jet Waste Paper Using Commercial Lipase and Esterase. *Journal of Life Sciences*.
6. El-Ghonemy, D., El-Gamal, M., Tantawy, A. E., & Ali, T. (2017). Extracellular Alkaline Lipase from a Novel Fungus *Curvularia* sp. DHE 5: Optimisation of Physicochemical Parameters, Partial Purification and Characterisation. *Food Technology and Biotechnology*, 55 2, 206-217 .
7. Dixit, M., Gupta, G. K., Pathak, P., Bhardwaj, N., & Shukla, P. (2022). An efficient endoglucanase and lipase enzyme consortium (ELEC) for deinking of old newspaper and ultrastructural analysis of deinked pulp. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 15, 22003 - 22011.
8. Nagpal, R., Mishra, O., Bhardwaj, N., & Mahajan, R. (2022). Valorization of Agro-industrial Residue-Rice Straw for Manufacturing Better Quality Paper Using Cleaner, Ultrafiltered Xylano-Pectinolytic Enzymatic Pulping Strategy. *Waste and Biomass Valorization*, 13, 4851 - 4859.
9. Bi, Y., Deng, Z., Guo, F., Wang, J., Li, Q., Wang, X., Lu, F., ... et al. (2025). The Study on the Optimization of Composite Enzyme Preparations for Deinking of Old Newsprint Paper. *Sustainability*.

10. Tawfik, A., Bakr, M. H., Nasr, M., Haider, J., Mesfer, M. K., Lim, H., Qyyum, M., ... et al. (2021). Economic and environmental sustainability for anaerobic biological treatment of wastewater from paper and cardboard manufacturing industry. *Chemosphere*, 133166 .
11. Liu, Y., Liu, H., Huang, L., Gui, S., Zheng, D., Jia, L., Fu, Y., ... et al. (2017). Improvement in thermostability of an alkaline lipase I from *Penicillium cyclopium* by directed evolution. *RSC Advances*, 7, 38538-38548.
12. He, B., Li, N., Qin, Y., Xian, L., Zhou, J., Liu, S., Zhang, J., ... et al. (2025). Gene Cloning, Purification, and Characterization of a Cold-Active Alkaline Lipase from *Bacillus cereus* U2. *Fermentation*.
13. Tite, T. E., Ngema, P., & Makhathini, T. P. (2024). Exploration of Free and Immobilized Biocatalysts for the Treatment of Paper Industry Effluents. *Separation & Purification Reviews*, 54, 258 - 275.
14. Zhang, K., Wu, C., Chen, J., & Yang, G. (2012). Enzymatic Treatment Effects on Waste Activated Sludge from Pulp and Paper Industry. *Advanced Materials Research*, 610-613, 20 - 24.

Enzymes.bio 문의

주문에 관해 궁금한 점이 있으신가요? 기꺼이 도와드리겠습니다.

이메일 wholesale@enzymes.bio 전화 (미국) **+1 (507) 428-6057**

[문의하기 →](#)

 **400+** B2B 고객사  **60+** 대학 연구 파트너  **54** 전 세계 54개국 공급

© 2026 Enzymes.bio · 산업용 및 식품 가공용 효소 공급 · 인체 섭취 또는 소매 판매용이 아님