

Pectate Lyase: 과즙 청징, 면 바이오키템, 식물성 섬유 디거밍을 위한 pectin 분해 효소

Enzymes.bio 연구팀 · 뉴질랜드 웰링턴 · June 17, 2026

Pectate Lyase는 식물 세포벽의 pectin, 특히 탈메틸화된 homogalacturonan-polygalacturonate 영역을 β -elimination 방식으로 절단해 불포화 oligogalacturonide를 만드는 pectinolytic lyase입니다. 이 효소는 과일·채소 가공의 점도와 탁도, 면 scouring과 ramie-bast fiber degumming의 pectin성 검질, pectic waste 전처리처럼 "pectin이 공정 병목을 만드는" 상황에서 검토됩니다. Enzymes.bio의 Pectate Lyase는 산업 및 식품 가공용 효소로, 1 kg 단위 온라인 주문 제품이며 주문 시 CoA와 SDS가 함께 제공됩니다.

Pectate Lyase가 표적으로 삼는 문제: pectin성 구조의 물성

Pectin은 식물 1차 세포벽과 중엽에 많은 산성 다당류로, 세포와 세포 사이를 붙잡는 접착성 매트릭스의 중요한 구성 요소입니다. 그 중심에는 α -1,4 결합으로 연결된 D-galacturonic acid 골격, 즉 homogalacturonan 영역이 있으며, 이 골격의 메틸에스터화 정도와 칼슘 결합 상태가 원료의 점도, 겔화, 현탁 안정성, 섬유 간 결합에 영향을 줍니다. Pectate lyase는 이 pectin성 골격 중 pectate 또는 탈메틸화된 polygalacturonate에 가까운 영역을 절단하는 효소로 이해하는 것이 정확합니다 [1].

산업 공정에서 pectin은 항상 "유용한 겔 형성 성분"으로만 작동하지 않습니다. 과즙이나 식물 추출물에서는 수분을 붙잡아 점도를 높이고 미세 입자 침전을 방해해 여과·원심분리 부담을 키울 수 있습니다. 면, ramie, flax, hemp 같은 식물성 섬유에서는 cellulose 섬유 주변의 비셀룰로오스성 검질 중 하나로 남아 흡수성, 염색성, 섬유 분리성에 영향을 줍니다. 따라서 pectate lyase는 원료 전체를 무차별적으로 분해하는 효소가 아니라, pectin 기반 물성을 낮추거나 재배열하기 위한 공정 보조 효소입니다.

식물 병원성 세균 연구에서도 pectate lyase의 기능은 선명하게 드러납니다. Dickeya, Erwinia, Xanthomonas 같은 세균에서 pectate lyase는 식물 조직 연화와 세포벽 붕괴에 관여하는 핵심 효소군으로 분석되어 왔고, 이는 pectin이 식물 조직의 구조적 결합에 얼마나 중요한지를 보여줍니다 [2]. 산업 응용은 이 생물학적 원리를 통제된 공정 조건으로 옮겨, 원료 품질을 해치지 않는 범위에서 pectin성 장애 요인을 줄이는 방향으로 설계됩니다.

작동 기전: 가수분해가 아니라 β -elimination

Pectate Lyase의 가장 중요한 특징은 반응 방식입니다. 많은 polysaccharide 분해 효소가 물을 이용해 glycosidic bond를 끊는 hydrolase인 반면, pectate lyase는 lyase로 분류되며 β -elimination 반응을 수행합니다. 이 과정에서 polygalacturonate 사슬의 α -1,4 glycosidic bond가 절단되고, 생성물에는 불포화 galacturonate 구조가 포함됩니다 [3].

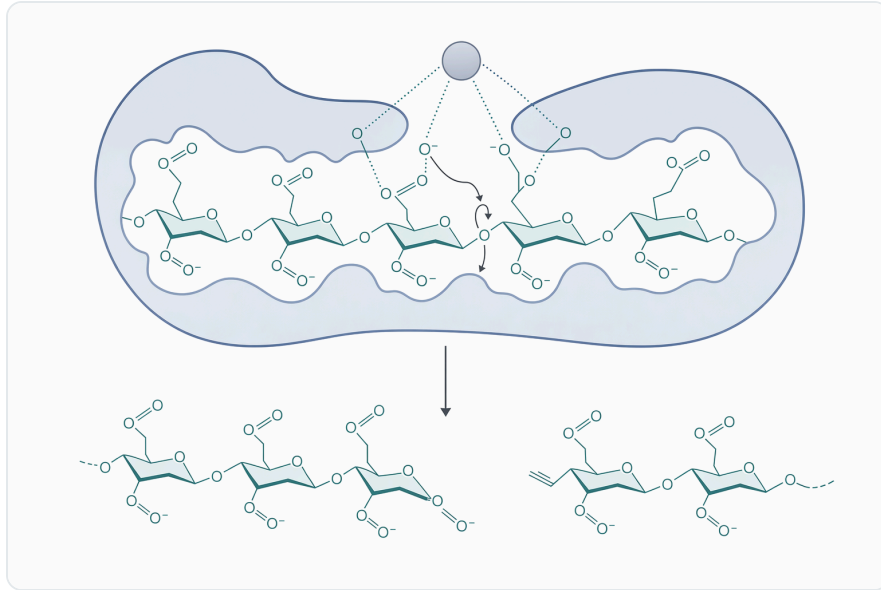


Figure 1. 펙테이트 라이아제는 칼슘 보조 베타-제거 반응을 통해 폴리갈락투론산을 절단하여 불포화 펙틴성 올리고당을 생성한다.

이 차이는 단순한 명칭 문제가 아닙니다. β -elimination은 pectin methyltransferase, polygalacturonase, pectin lyase 등 다른 pectinase와의 역할 분담을 결정합니다. Pectin lyase는 더 메틸에스터화된 pectin에 작용하는 경우가 많고, polygalacturonase는 가수분해로 galacturonan 골격을 끊습니다. 반면 pectate lyase는 탈메틸화된 pectate성 기질에서 더 잘 작동하는 효소로 논의되는 경우가 많아, 원료 pectin의 methylesterification 정도가 성능을 좌우할 수 있습니다 [1].

여러 pectate lyase는 알칼리성 pH에서 높은 활성을 보이는 것으로 연구되어 왔고, 일부는 칼슘 이온의 존재에 영향을 받습니다. 그러나 모든 pectate lyase가 같은 pH 범위, 온도 안정성, 금속 이온 의존성을 갖는 것은 아닙니다. Bacillus 계열 alkaliphilic pectate lyase 연구는 산업 환경을 모사한 조건에서 pH 의존 안정성과 반응성을 비교해 후보 효소를 선별했으며, 이는 "pectate lyase"라는 이름만으로 공정 적합성을 단정할 수 없음을 보여줍니다 [4].

Pectate Lyase, Polygalacturonase, Pectin Lyase의 기능 차이

효소군	주된 반응 방식	상대적으로 잘 맞는 pectin 상태	생성물·공정 의미	대표적 산업 맥락
Pectate Lyase	β -elimination	탈메틸화된 pectate, polygalacturonate 영역	불포화 oligogalacturonide 생성, pectin성 결합 완화	면 바이오스커링, ramie degumming, 과즙 청징, pectic waste 전처리
Pectin Lyase	β -elimination	메틸에스터화된 pectin 영역	pectin 사슬 절단, 점도 저하	과일 가공, 청징, 추출 보조
Polygalacturonase	가수분해	polygalacturonate 및 관련 homogalacturonan	galacturonate 기반 절단 산물 생성	과즙 가공, 식물 조직 연화, pectin 분해 공정
Pectin Methylesterase	탈에스터화	고메틸 pectin	pectate lyase 또는 polygalacturonase가 접근하기 쉬운 pectate성 영역 증가 가능	pectin 구조 조절, 복합 pectinase 공정

이 표에서 핵심은 pectate lyase가 "pectinase"라는 넓은 범주 안에서도 독립적인 기전과 기질 선호성을 가진다는 점입니다. 실제 공정에서는 원료 pectin의 에스터화 정도, 칼슘 교차결합, 세포벽 내 접근성, 함께 존재하는 hemicellulose-wax-protein의 양에 따라 단독 사용 또는 다른 효소군과의 병용 의미가 달라질 수 있습니다.

과일·채소 가공: 점도, 탁도, 여과성에 대한 pectin 접근

과즙 청징과 식물성 음료 가공에서 pectin은 흔한 병목입니다. 사과, 배, 감귤, 베리류, 열대 과일, 채소 추출물은 pectin 구성과 함량이 다르지만, 공통적으로 pectin이 수화되면 점도가 올라가고 미세 입자와 colloid가 안정화되어 침전·여과가 느려질 수 있습니다. Pectate lyase는 pectate성 사슬을 더 짧은 oligomer로 절단해 현탁계의 물성을 바꾸는 방식으로 clarification 공정에 기여할 수 있습니다

[3]

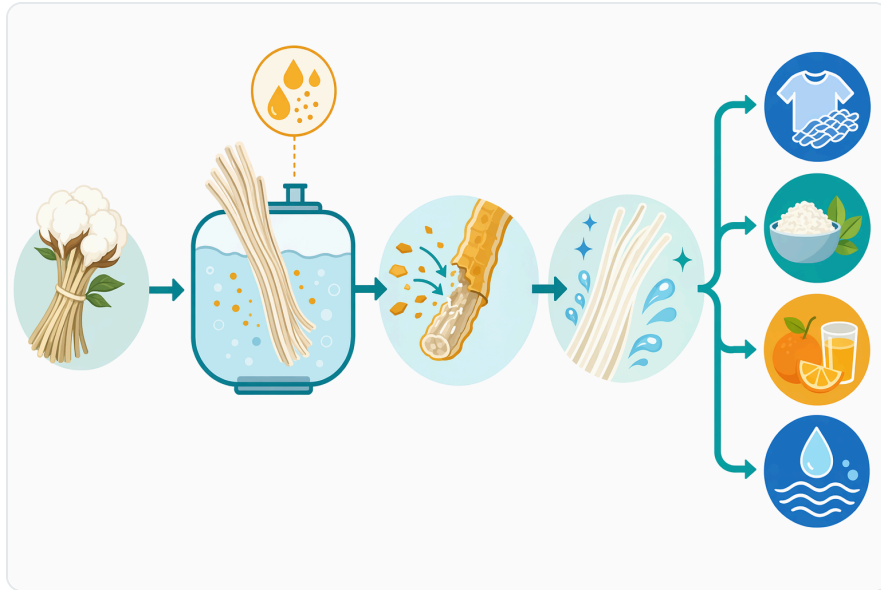


Figure 2. 산업용 펙테이트 라이아제는 약알칼리성 공정 조건에서 식물 소재의 펙틴성 물질을 제거한다.

이때 기대 효과는 “색이 무조건 맑아진다”보다 구체적으로 이해해야 합니다. pectin이 유동성 저하와 여과 막힘의 주된 원인인 경우, pectate lyase 처리는 점도를 낮추고 고형분 분리의 부담을 줄이는 데 도움이 될 수 있습니다. 반대로 탁도의 주된 원인이 단백질-polyphenol 복합체, 전분, 미세 섬유, lipid droplet이라면 pectate lyase 단독 효과는 제한적일 수 있습니다. 따라서 pectate lyase는 pectin성 colloid를 겨냥하는 효소이지, 모든 종류의 탁도를 제거하는 범용 청징제가 아닙니다.

식품 원료에서는 효소가 작동하는 조건과 제품 품질 사이의 균형이 특히 중요합니다. 알칼리 조건에서 잘 작동하는 pectate lyase가 섬유 공정에는 유리할 수 있지만, 산성 과즙에서는 원료 pH, 향미 안정성, 색 보존, 열 이력과 맞지 않을 수 있습니다. *Aeromonas guangheii* 유래 pectinase 연구처럼 다양한 미생물에서 pectin 분해 효소가 탐색되고 특성화되는 이유도, 실제 응용 환경이 서로 크게 다르기 때문입니다 [5].

면 바이오스커링: pectin성 불순물 완화와 흡수성 개선

면 scouring은 직물의 흡수성, 염색 균일성, 후가공성을 확보하기 위해 cellulose 섬유 표면의 비셀룰로오스성 불순물을 제거하는 단계입니다. 면 표면에는 wax, protein, hemicellulose, pectin 등 여러 성분이 얇은 층으로 존재하며, 이 중 pectin성 물질은 물 흡수와 염색 준비성에 영향을 줄 수 있습니다. Pectate lyase는 이 pectin성 성분을 겨냥해 기존 화학 처리의 일부 부담을 줄이는 바이오스커링 효소로 연구되어 왔습니다 [6].

Colombi 등의 연구는 cotton bioscouring에서 공정 변수와 pectate lyase 활성의 상호작용을 factorial design으로 분석했습니다. 이는 면 공정에서 효소 성능이 pH, 온도, 시간, 원단 상태 같은 단일 변수 하나로만 설명되지 않고, 조건 간 상호작용에 따라 달라진다는 점을 시사합니다 [6]. 실무

적으로도 과도한 처리는 섬유 물성 변화를 만들 수 있고, 부족한 처리는 흡수성 개선이 미미할 수 있으므로 pectate lyase는 “강하게 넣으면 좋은” 소재가 아니라 공정 창 안에서 조절되는 효소입니다.

면 바이오스커링에서 pectate lyase의 장점은 cellulose 자체를 주 표적으로 삼지 않는다는 점입니다. 셀룰라아제 계열 효소가 섞인 조성은 조건에 따라 섬유 강도나 중량 손실에 영향을 줄 수 있지만, pectate lyase 중심 접근은 pectin성 매트릭스를 선택적으로 완화하는 방향을 제공합니다. 다만 면 표면의 wax나 단백질성 성분까지 pectate lyase가 직접 제거하는 것은 아니므로, 실제 공정에서는 세정, 계면활성, 완충 조건, 온도 관리와 함께 이해해야 합니다.

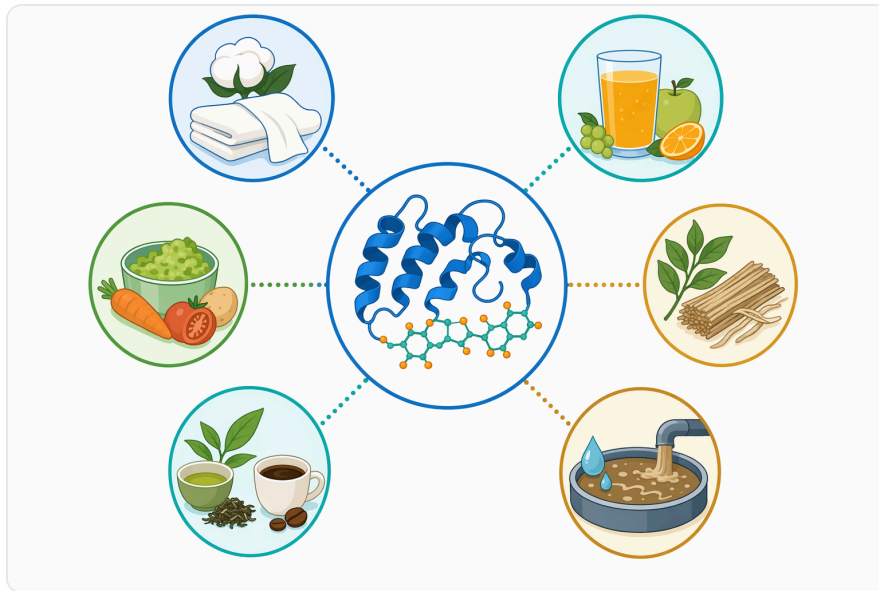


Figure 3. 펙테이트 라이아제는 섬유 바이오정련, 식품 가공, 식물 섬유 처리, 펙틴이 풍부한 폐수 관리에 사용된다.

Ramie와 bast fiber degumming: 섬유 다발을 붙잡는 pectin을 겨냥

Ramie, flax, hemp 같은 bast fiber는 cellulose 기반의 긴 섬유를 얻을 수 있는 원료이지만, 자연 상태에서는 pectin, hemicellulose, lignin성 성분, wax 등이 섬유 다발을 결합하고 있습니다.

Degumming은 이 검질을 줄여 방적 가능한 섬유를 확보하는 단계이며, 그중 pectin은 섬유 분리에 직접 관여하는 핵심 표적입니다. *Dickeya dadantii*처럼 식물 세포벽 분해 능력이 강한 미생물 연구는 pectate lyase가 식물 조직 pectin 해체에서 중요한 역할을 한다는 근거를 제공합니다 [7].

Ramie degumming에서는 pectate lyase가 특히 자주 언급됩니다. 이유는 간단합니다. cellulose는 보존하고, 섬유 다발 사이를 붙잡는 pectin성 접착 물질은 낮추는 것이 목표이기 때문입니다. 이 관점에서 pectate lyase는 강한 알칼리나 고온 화학 처리를 완전히 대체한다기보다, pectin 제거의 선택성을 높이고 처리 부담을 낮추기 위한 생물공정 도구로 검토됩니다.

다만 bast fiber 공정은 조건이 까다롭습니다. 전통적인 degumming 환경은 높은 pH와 비교적 높은 온도를 포함하는 경우가 많고, 일반 효소는 이러한 조건에서 구조가 불안정해질 수 있습니다. 그래서 최근 연구는 thermostable alkaline pectate lyase, 즉 알칼리와 열에 견디는 효소를 찾거나 설계하는 방향으로 진행되어 왔습니다. Bacillus pectate lyase의 pH 의존 안정성 평가와 산업 환경 모사 연구는 이러한 응용 요구를 직접 반영합니다 [4].

지속가능 섬유 공정에서의 thermo-alkaline pectate lyase

섬유 산업에서 pectate lyase가 주목받는 이유는 단지 “효소라서 친환경적”이라는 일반론 때문이 아닙니다. 핵심은 pectin이라는 특정 표적을 효소적으로 절단해 scouring-degumming 조건을 더 정밀하게 조절할 수 있다는 점입니다. Chen 등의 thermo-alkaline pectate lyase 연구는 지속가능한 fabric bioscouring을 목표로 구조 및 생화학적 특성을 분석했으며, 고온·알칼리 조건에서 작동하는 pectate lyase의 필요성을 보여줍니다 [8].



Figure 4. 기존의 알칼리 정련과 비교해, 펙테이트 라이아제를 이용한 바이오정련은 섬유 품질을 유지하면서 화학적 처리 강도를 낮출 수 있다.

Thermo-alkaline 특성은 섬유 공정에서 여러 실무적 의미를 갖습니다. 첫째, 알칼리 조건은 pectin성 물질의 팽윤과 접근성을 높일 수 있어 효소 작용과 맞물릴 수 있습니다. 둘째, 온도가 올라가면 원료 내 wax와 비결정성 성분의 이동성이 달라져 세정성이 개선될 수 있지만, 효소가 열에 약하면 이 이점을 활용하기 어렵습니다. 셋째, 기존 공정 라인과의 호환성을 높이려면 효소가 극단적으로 민감하지 않아야 합니다. 이런 이유로 pectate lyase 연구는 단순 활성보다 pH 안정성, 열 안정성, 공정 모사 조건에서의 잔존 성능을 중요하게 다룹니다.

반대로 과일·식품 가공에서 같은 thermo-alkaline 특성이 항상 장점인 것은 아닙니다. 낮은 pH의 과즙이나 향미 보존이 중요한 원료에서는 효소가 반응할 수 있는 조건과 제품 품질 조건이 충돌할 수 있습니다. 따라서 pectate lyase의 응용 가능성은 "효소 이름"보다 "공정 pH, 온도, 원료 pectin 상태가 효소 기전과 맞는가"로 판단해야 합니다.

pectic waste, biomass, paper 공정에서의 전처리 의미

Pectin 함량이 높은 과일 껍질, 채소 부산물, 식물성 추출 잔사, pectic wastewater는 점성, 현탁 안정성, 생물학적 분해성 측면에서 처리 부담을 만들 수 있습니다. Pectate lyase는 이 pectin성 다당류 사슬을 짧게 만들어 전처리 단계의 물성 조절에 기여할 수 있습니다. 감귤 껍질에서 pectinase 생산 균주를 탐색하고 recombinant pectate lyase를 특성화한 연구는 pectin-rich biomass가 효소 탐색과 응용 모두에서 중요한 출발점임을 보여줍니다 [3].

Paper 및 biomass 관련 공정에서도 pectin은 섬유 분산, 여수성, 추출성에 영향을 줄 수 있습니다. pectate lyase가 cellulose나 lignin을 직접 해결하는 효소는 아니지만, 식물성 매트릭스에서 pectin이 섬유 간 결합이나 점도를 높이는 경우에는 전처리 효소로 의미가 있습니다. 특히 pectic waste management에서는 pectin 골격을 부분적으로 절단해 이후의 물리적 분리, 미생물 처리, 효소 복합 처리에 앞서 원료 접근성을 바꾸는 방식으로 고려될 수 있습니다.

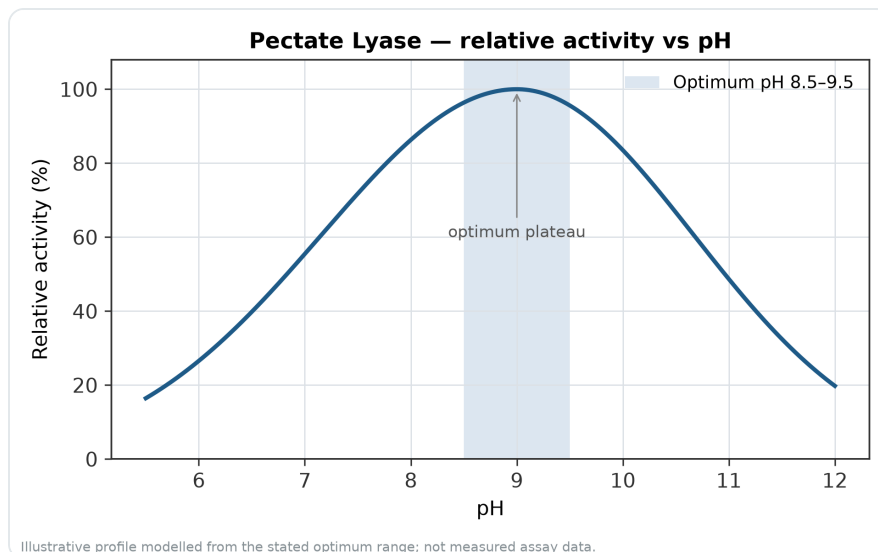


Figure 5. pH에 따른 펙테이트 라이아제의 상대 활성으로, pH 8.5–9.5에서 최적 활성 구간이 나타난다.

이 분야에서 주의할 점은 pectate lyase 효과를 폐수 처리 전체 성능으로 곧바로 환산하면 안 된다는 것입니다. COD, BOD, 부유물질, 색도, 냄새, 미생물 안정성은 pectin 외 성분의 영향을 함께 받습니다. Pectate lyase는 pectin성 점도와 구조를 줄이는 데 초점을 둔 도구이며, 폐수나 부산물 처리의 최종 성능은 후속 공정과 결합되어 결정됩니다.

식물 병원성 연구가 산업 응용에 주는 힌트

Pectate lyase는 산업 효소로만 연구된 것이 아닙니다. 식물 병원성 세균에서 pectate lyase는 숙주 조직 침투, 세포벽 붕괴, soft rot 증상과 관련된 주요 독성 인자로 분석되어 왔습니다. *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines* 연구에서는 pectate lyase와 관련 transporter가 병원성에 필요한 핵심 인자로 제시되었고, 이는 효소가 식물 pectin 네트워크 해체에 실질적으로 관여한다는 생물학적 근거를 제공합니다 [9].

*Dickeya dadantii*가 분비하는 pectate lyase가 상추 잎 표면에서 *Escherichia coli* O157:H7 증식에 영향을 준 연구도 흥미롭습니다. 이 연구는 pectate lyase가 식물 조직을 변화시키면 다른 미생물의 증식 환경까지 달라질 수 있음을 보여주며, pectin 분해가 단순한 화학 반응을 넘어 조직 구조와 영양 접근성을 바꾸는 현상임을 시사합니다 [10].

산업 공정은 병원성 상황과 목적이 완전히 다르지만, 여기서 얻는 교훈은 분명합니다. pectate lyase가 강하게 작용하면 식물 조직의 구조적 무결성이 변할 수 있으므로, 과일 가공에서는 원하는 정도의 연화와 청징을 넘지 않도록 관리해야 하고, 섬유 공정에서는 pectin 제거와 섬유 손상 방지 사이의 균형을 잡아야 합니다. 효소의 선택성은 유용하지만, 선택성이 곧 무조건적 안전 여유를 의미하지는 않습니다.

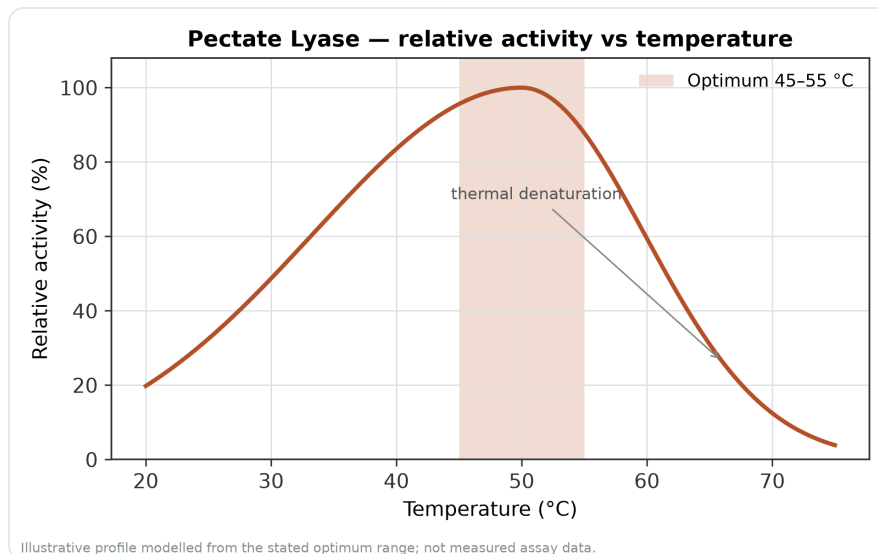


Figure 6. 온도에 따른 펙테이트 라이아제의 상대 활성으로, 45–55°C에서 최적 활성을 보이며 최적 온도를 넘으면 열 변성에 따른 전형적인 활성 감소가 나타난다.

공정 변수: pH, 온도, pectin 구조, 접근성

Pectate lyase 공정에서 가장 먼저 고려되는 변수는 pH입니다. 많은 pectate lyase가 중성~알칼리 조건에서 연구되지만, 효소 출처와 구조에 따라 최적 범위와 안정성은 달라집니다. Bacillus 유래 alkaliphilic pectate lyase 연구에서 pH 의존 안정성이 주요 선별 기준으로 다뤄진 것처럼, 산업 조건에서는 순간적인 반응성뿐 아니라 처리 시간 동안 효소가 구조를 유지하는지가 중요합니다 [4].

온도도 단순하지 않습니다. 온도를 높이면 기질 팽윤, 확산, 점도 저하 측면에서는 유리할 수 있지만, 효소 변성이 빨라질 수 있습니다. 반대로 낮은 온도에서는 품질 보존에는 유리하나 반응 속도와 기질 접근성이 제한될 수 있습니다. Thermo-alkaline pectate lyase 연구가 fabric bioscouring에서 주목받는 이유는 이러한 상충 조건을 완화하기 위해서입니다 [8].

기질 구조는 더욱 중요합니다. Pectin의 methylesterification 정도가 높으면 pectate lyase가 바로 접근하기 어려울 수 있고, 칼슘과 교차결합된 pectate gel은 효소 접근성을 바꿀 수 있습니다. 또한 실제 식물 원료에서 pectin은 독립된 용액 상태가 아니라 cellulose microfibril, hemicellulose, protein, phenolic compound와 얽혀 있습니다. 따라서 같은 pectate lyase라도 purified polygalacturonic acid에서 보이는 반응성과 실제 과즙, 섬유, 껍질 부산물에서 보이는 공정 효과는 다를 수 있습니다.

적용 분야별 기대 효과와 한계

적용 분야	pectin이 만드는 주요 병목	Pectate Lyase의 기대 역할	한계와 주의점
과즙·식물성 음료 청징	점도 증가, colloid 안정화, 여과 지연	pectate성 사슬 절단으로 흐름성·분리성 개선 가능	단백질, 전분, polyphenol 탁도에는 단독 효과 제한
면 bioscouring	표면 pectin성 불순물, 낮은 흡수성	pectin 완화로 흡수성과 후가공 준비성 개선 가능	wax·protein 제거에는 다른 공정 요소 필요
Ramie-bast fiber degumming	섬유 다발을 붙잡는 pectin성 검질	pectin 선택적 절단으로 섬유 분리 보조	고pH·고온 안정성, 섬유 강도 보존 조건 중요
Pectic waste 전처리	높은 점성, 복잡한 다당류 매트릭스	pectin 골격 절단으로 후속 처리 접근성 개선 가능	폐수 전체 지표는 다른 유기물과 후속 처리에 좌우
Paper-biomass 공정	섬유 분산성, 여수성, 추출성 저하	pectin성 결합 완화와 물성 조절	lignin-cellulose 결정성 문제를 직접 해결하지 않음

이 비교에서 보듯 pectate lyase의 가치는 pectin이 공정 문제의 핵심 원인일 때 가장 커집니다. 원료의 주된 병목이 starch라면 amylase 계열, protein이라면 protease, cellulose 표면 개질이라면 cellulase나 hemicellulase가 더 직접적일 수 있습니다. pectate lyase는 이러한 효소를 대체하는 범

용 효소가 아니라, pectin성 구조를 표적으로 하는 전문 효소입니다.

연구 근거의 강도와 해석

Pectate lyase의 기본 기전, 즉 pectate성 homogalacturonan 절단과 β -elimination 생성물 형성은 효소학적으로 잘 확립된 영역입니다. *Aspergillus nidulans* 유래 AnPL9 연구처럼 개별 효소의 생화학적 특성을 분석한 논문은 pectate lyase가 어떤 기질을 선호하고 어떤 반응 산물을 만드는지에 대한 세부 근거를 제공합니다 [1].

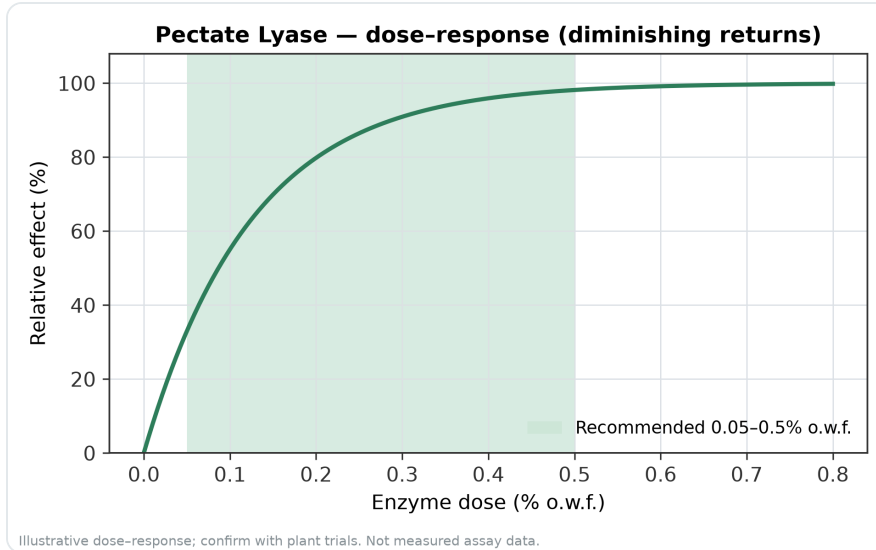


Figure 7. 권장 사용 범위(0.05–0.5% o.w.f.)에서 펙테이트 라이아제의 용량-반응 관계를 예시한 그림.

산업 응용 가능성도 여러 방향에서 축적되어 있습니다. 면 bioscouring에서는 공정 변수와 효소 반응의 상호작용이 분석되었고, thermo-alkaline pectate lyase는 fabric bioscouring을 염두에 두고 구조·생화학적으로 연구되었습니다 [6]. 알칼리성 *Bacillus pectate lyase*의 안정성 연구 역시 실제 산업 환경을 고려한 효소 선별의 사례입니다 [4].

다만 특정 제품을 특정 원료에 적용했을 때의 수율 증가, 여과 시간 단축, 섬유 강도 보존, 폐수 부하 감소 같은 수치는 공정별로 확인되어야 합니다. 공개 연구의 결과는 특정 효소 유래, 정제 상태, 기질, pH, 온도, 장치 조건을 전제로 합니다. 따라서 문헌은 pectate lyase의 합리적 적용 가능성을 뒷받침하지만, 모든 식물 원료와 모든 공정에서 동일한 성능을 보장하지는 않습니다.

Enzymes.bio에서의 제품 맥락

Enzymes.bio는 산업 및 식품 가공용 효소를 온라인으로 공급하는 B2B 효소 공급업체입니다.

Enzymes.bio는 제조사나 분석 실험실이 아니며, 이 문서는 특정 제조 공정이나 시험 서비스를 설명하기 위한 자료가 아니라 pectate lyase의 기능, 기전, 적용 가능성을 이해하기 위한 기술 개요입니다.

다 .

Enzymes.bio의 Pectate Lyase는 온라인에서 1 kg 단위로 직접 주문되는 산업용 효소 제품입니다. 제품은 인간이 직접 섭취하는 소비자용 완제품이 아니라, 식품 가공 및 산업 공정에서 사용하는 원료 효소로 다뤄져야 합니다. 주문 시 CoA와 SDS가 함께 제공되므로, 수령 후 해당 문서를 기준으로 보관, 취급, 안전 정보를 확인할 수 있습니다 .

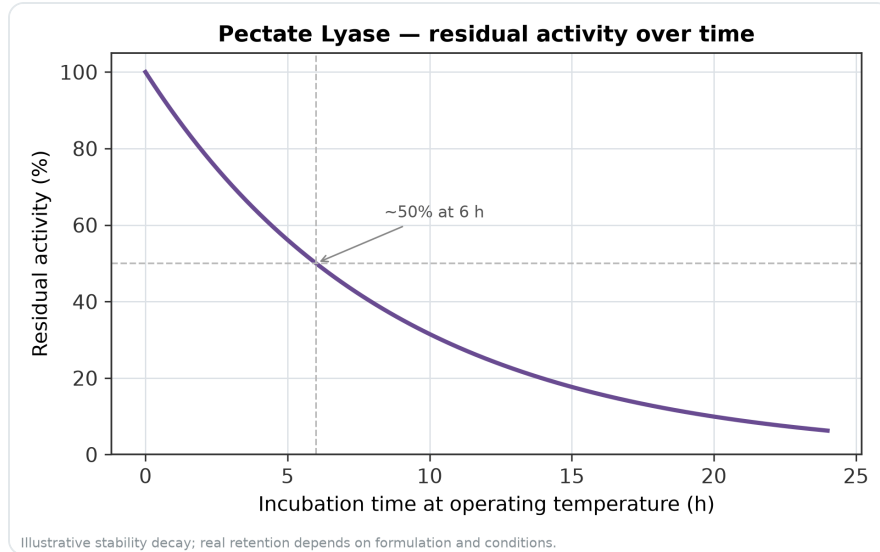


Figure 8. 펙테이트 라이아제의 열 안정성 감소 예시 — 작동 온도에서 시간이 지남에 따라 잔존 활성이 감소한다.

이 제품을 검토할 때 핵심은 “pectate lyase가 공정의 어떤 pectin성 문제를 해결하려는가”입니다. 과즙의 점도와 탁도를 낮추려는지, 면의 흡수성을 개선하려는지, ramie 같은 식물성 섬유유의 검질을 줄이려는지, pectic waste의 물성을 완화하려는지에 따라 기대 효과와 공정 조건은 달라집니다. pectate lyase는 pectin성 병목을 정밀하게 겨냥할 때 가장 설득력 있는 효소입니다.

결론: pectin 문제를 겨냥하는 선택적 공정 효소

Pectate Lyase는 pectin 또는 pectate 골격을 β -elimination으로 절단하는 효소이며, 식물성 원료의 점도, 탁도, 검질, 섬유 결합, 여과성 문제를 pectin 관점에서 다룰 수 있게 합니다. 과즙 청징, 식물성 음료 가공, 면 bioscouring, ramie-bast fiber degumming, pectic waste 전처리처럼 pectin이 공정 병목에 직접 관여하는 분야에서 특히 의미가 큼니다.

연구 문헌은 pectate lyase의 기전과 산업적 가능성을 충분히 뒷받침하지만, 성능은 효소 출처, pH, 온도, 원료 pectin 구조, 접근성, 후속 공정과의 조합에 따라 달라집니다. 따라서 pectate lyase는 “모든 식물성 물질을 분해하는 만능 효소”가 아니라, pectin성 구조를 표적으로 하는 전문 생물공정 도구로 이해하는 것이 정확합니다. Enzymes.bio의 Pectate Lyase는 이러한 목적의 산업 및 식품 가공용 효소로, 1 kg 단위 온라인 주문과 함께 CoA·SDS가 제공되는 제품입니다.

Pectate Lyase 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.

[Pectate Lyase 구매하기 →](#)

참고문헌

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

1. Suzuki, H., Morishima, T., Handa, A., Tsukagoshi, H., Kato, M., & Shimizu, M. (2022). Biochemical Characterization of a Pectate Lyase AnPL9 from *Aspergillus nidulans*. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 194, 5627 - 5643.
2. Collmer, A. (1987). Soft Rot Erwinias: What is Pathogenicity?.
3. Guan, Y., Dong-Wang, Lv, C., Zhang, Y., Gelbič, I., & Ye, X. (2020). Archives of microbiology: screening of pectinase-producing bacteria from citrus peel and characterization of a recombinant pectate lyase with applied potential. *Archives of Microbiology*, 202, 1005 - 1013.
4. Agash, S. G. S., & Rajasekaran, R. (2024). Selection of alkaliphilic *Bacillus* pectate lyases based on reactivity and pH-dependent stability in simulated environment for industrial applications. *Carbohydrate Research*, 549, 109372 .
5. Dhayalan, A., Thillainathan, N., Velramar, B., Athiyappagounder, P., Sundaramoorthy, D., & Pachiappan, P. (2022). Pectinase from a Fish Gut Bacterium, *Aeromonas Guangheii* (SS6): Production, Cloning and Characterization. *The Protein Journal*, 41, 572 - 590.
6. Colombi, B. L., Martins, Q., Imme, C. K., Silva, D. B. D., Valle, J. A., Andreus, J., Arias, M., ... et al. (2021). Understanding the effects of process parameters in the bioscouring of cotton and their interactions on pectate lyase activity by factorial design analysis. *Journal of the Textile Institute*, 113, 857 - 868.
7. Hassan, S. (2011). Caractérisation de nouvelles enzymes impliquées dans la dégradation de polysaccharides végétaux à partir de la bactérie *Dickeya dadantii* 3937.
8. Chen, J., Zhang, Y., Zhao, M., Zan, X., Pan, X., Zhang, C., Chen, Z., ... et al. (2025). Unraveling Structural and Biochemical Insights into a Novel Thermo-Alkaline Pectate Lyase from *Caldicellulosiruptor bescii* for Sustainable Fabric Bioscouring. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*.
9. Burr, T., Chuaboon, W., Athinuwat, D., & Prathuangwong, S. (2013). Pectate lyase from *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines* 12-2 and its pili transporter required as a key virulent factor for pathogenicity.
10. Yamazaki, A., Li, J., Hutchins, W., Wang, L., Ma, J., Ibekwe, A., & Yang, C. (2010). Commensal Effect of Pectate Lyases Secreted from *Dickeya dadantii* on Proliferation of *Escherichia coli* O157:H7 EDL933 on




Lettuce Leaves. *Applied and Environmental Microbiology*, 77, 156 - 162.

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