

# 펙티나아제 효소 분말(CAS 9014-01-1): 주스 청징, 와인 전처리, 식물 추출, 천연섬유 공정의 펙틴 분해 효소

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

펙티나아제 효소 분말은 과일·채소·식물성 원료의 세포벽과 중간층에 존재하는 펙틴을 절단해 점도, 혼탁, 압착 저항, 여과 지연을 낮추는 공정 보조 효소입니다. 주스와 와인에서는 착즙성·청징성·여과성을 개선하는 용도로 가장 널리 연구·적용되어 왔고, 식물 추출이나 천연섬유 탈검에서는 펙틴이 실제 병목일 때 효과가 커집니다 <sup>[1]</sup>. Enzymes.bio는 이 제품의 제조사나 시험기관이 아니라 온라인 직접 판매 공급업체이며, 제품은 1kg 단위로 제공되고 주문 시 CoA와 SDS가 함께 제공됩니다.

## 펙티나아제 효소 분말이 겨냥하는 공정 문제

펙틴은 식물 세포벽의 구조 다당류이자 세포 사이를 접착하는 성분입니다. 과일 매시, 채소 펄프, 식물 추출 원료에 펙틴이 많이 남아 있으면 액상이 세포벽 네트워크 안에 붙잡히고, 미세 입자가 안정화되며, 물리적으로는 “끈적하고 잘 가라앉지 않는” 흐름을 만듭니다. 펙티나아제는 이 펙틴 네트워크를 짧은 사슬과 더 작은 분해산물로 낮추어 액상 분리와 고형물 침강을 쉽게 만드는 효소군입니다 <sup>[1]</sup>.

주스 공정에서 이 문제는 특히 분명합니다. 사과, 배, 포도, 감귤, 베리류처럼 펙틴이 공정성에 영향을 주는 원료는 파쇄 후에도 세포벽 잔사가 주스를 붙잡아 압착 효율을 떨어뜨리고, 용해성 펙틴은 여과막 또는 필터층에 부담을 줍니다. 펙티나아제 처리는 매시 단계에서는 세포벽을 느슨하게 하고, 착즙 후에는 콜로이드성 혼탁을 낮추며, 여과 전에는 점도와 필터 막힘 경향을 줄이는 방식으로 작용합니다 <sup>[1]</sup>.

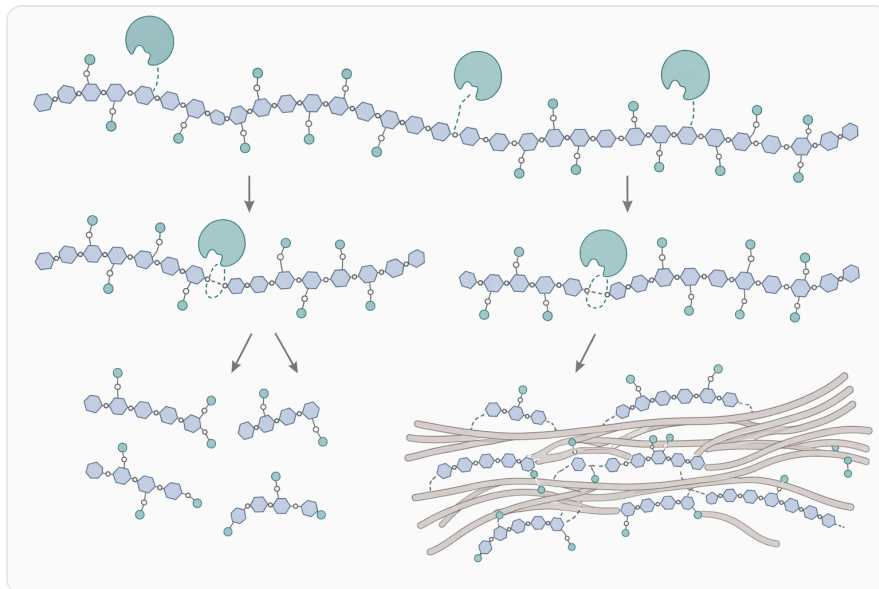
와인과 과실주에서는 펙틴이 단순히 “탁도”만 만드는 것이 아닙니다. 포도 껍질과 과육의 펙틴 구조는 색소와 향 성분의 방출, 압착 후 프리런 주스와 프레스 주스의 비율, 발효액의 점도, 침강 속도에 영향을 줍니다. 연구 문헌에서도 펙틴분해효소는 와인 및 과일 주스의 생산과 청징에 폭넓게 사용되는 효소군으로 다뤄지며, 펙틴성 물질을 절단해 공정 유동성을 개선하는 것이 핵심 기능으로 설명됩니다 <sup>[1]</sup>.

식물 추출 공정에서는 원료가 반드시 과일일 필요는 없습니다. 껍질, 박, 잎, 줄기, 종자 주변 조직처럼 세포벽이 살아 있는 원료는 폴리페놀, 색소, 향미 성분, 수용성 식이섬유 성분을 세포벽 안쪽 또는 세포벽 매트릭스에 보유할 수 있습니다. 펙틴 분해는 이러한 장벽 중 하나를 낮추는 방식이며, 실제로 사과박·감귤 껍질과 같은 부산물에서 펙틴 및 관련 올리고당을 만들거나 기능성 성분을 조절하는 연구가 이어지고 있습니다 [2].

천연섬유에서는 펙틴이 섬유 다발을 붙잡는 검질 성분으로 작용합니다. 플렉스, 헴프, 라미, 바나나의 사줄기 같은 식물성 섬유에서 펙틴과 헤미셀룰로오스성 물질이 충분히 제거되지 않으면 섬유가 거칠고 균일하지 않으며 후속 염색·가공성이 떨어질 수 있습니다. 펙티나아제 기반 바이오스카우링이나 탈검은 알칼리 처리를 완전히 대체한다기보다, 펙틴성 접착 물질을 선택적으로 낮춰 섬유 손상과 폐수 부담을 줄이는 방향으로 검토됩니다 [3].

## 펙틴 구조와 펙티나아제의 작동 기전

펙틴은 하나의 균일한 고분자가 아니라 여러 영역으로 구성된 복합 다당류입니다. 대표적인 골격은 갈락투론산이 반복되는 homogalacturonan 영역이며, 여기에 rhamnogalacturonan-I(RG-I) 같은 가지형 영역이 존재합니다. 사과와 당근 박의 희석 알칼리 가용성 펙틴 분획을 비교한 연구는 산 처리와 효소 처리가 RG-I 세그먼트 구조에 서로 다른 변화를 유도할 수 있음을 보여주며, "펙틴 분해"라는 말이 실제로는 어떤 결합과 영역을 건드리느냐에 따라 결과가 달라진다는 점을 시사합니다 [4].



**Figure 1.** 펙티나아제는 물, 미세 고형물, 식물 세포벽 물질을 함께 붙잡고 있는 수화된 펙틴 네트워크를 짧게 자르거나 변형한다.

상업적으로 말하는 펙티나아제는 보통 단일 반응만 수행하는 효소 하나가 아니라, 펙틴의 서로 다른 부분을 절단하거나 변형하는 효소활성들의 묶음으로 이해하는 편이 정확합니다. Polygalacturonase는 주로 갈락투론산 골격의 글리코시드 결합을 가수분해하고, pectin lyase는 특정 펙틴 사슬을 절단

하며, pectin methylesterase는 메틸에스터화된 갈락투론산 잔기를 탈에스터화해 다른 펙틴분해효소의 접근성을 바꿀 수 있습니다. 이러한 역할 분담 때문에 실제 공정에서는 “활성 하나의 세기”보다 원료 펙틴 구조와 효소 조합의 적합성이 중요합니다 [1].

펙틴의 메틸화 정도도 공정 결과를 좌우합니다. 메틸에스터가 많은 펙틴은 물성, 칼슘 결합성, 효소 접근성이 다르고, 탈메틸화가 진행되면 음전하가 증가해 겔화 또는 분산 거동이 달라질 수 있습니다. 벼의 pectin methylesterase 관련 변이를 이용한 연구에서는 펙틴 메틸화 조절이 바이오매스의 효소적 당화와 식물의 금속 축적 특성에까지 영향을 줄 수 있음을 보여주어, 펙틴의 화학적 치환 상태가 단순한 부수 요인이 아니라 효소 반응성과 세포벽 기능을 연결하는 핵심 변수임을 뒷받침합니다 [5].

효소 반응은 원료 내부에서 균일하게 일어나지 않습니다. 라만 분광 이미징을 이용한 연구는 식물 세포벽에서 펙틴의 분포와 효소적 가수분해 상호작용을 비파괴적으로 관찰할 수 있음을 보여주었고, 이는 펙틴이 어디에 분포하느냐가 효소 접근성과 분해 속도에 영향을 준다는 점을 보여줍니다 [6]. 실무적으로는 같은 효소라도 원료 입도, 파쇄 정도, 혼합 균일성, 수분활성, 고형분 함량에 따라 반응 체감효과가 달라질 수 있습니다.

## 산·화학 처리와 비교했을 때 효소적 펙틴 분해의 의미

펙틴을 낮추는 방법은 펙티나아제만이 아닙니다. 산 가수분해, 열처리, 고압 균질화, 전기장 처리, 알칼리 추출 등도 펙틴 구조를 바꿀 수 있습니다. 그러나 산·화학 처리는 펙틴을 강하게 분해하거나 추출할 수 있는 반면, 당 분해, 갈변, 부반응, 폐수 부담, 기능성 구조 손실 같은 문제가 생길 수 있습니다. 반대로 효소 처리는 특정 결합을 상대적으로 선택적으로 절단할 수 있어, 원료 품질과 공정 목적에 맞춰 더 온화하게 설계하기 쉽습니다 [7].

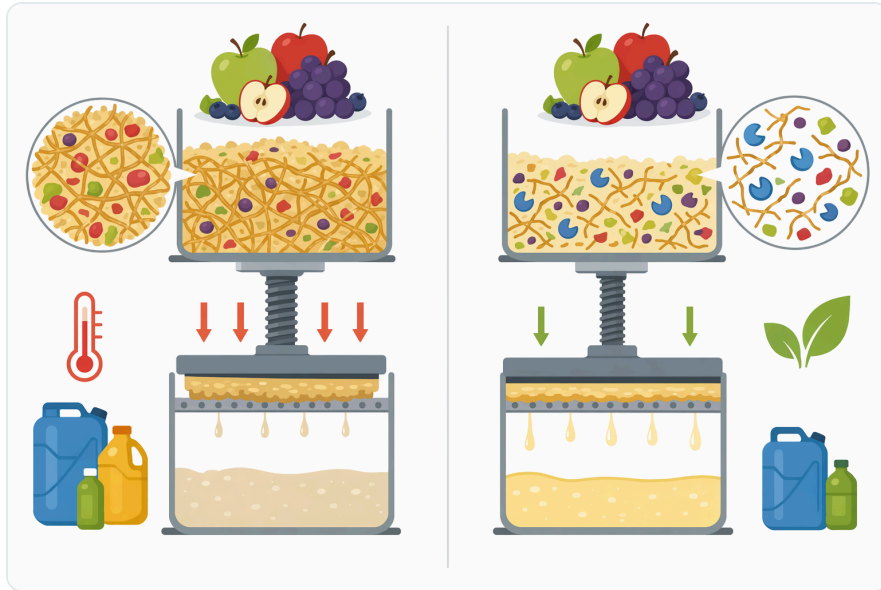
| 접근 방식       | 주요 작용                         | 장점   | 주의할 점                              | 적합한 해석                             |
|-------------|-------------------------------|--|------------------------------------|------------------------------------|
| 펙티나아제 효소 처리 | 펙틴 골격 또는 치환 구조를 선택적으로 절단·변형   | 주스 청징, 점도 저감, 압착성 개선에 직접적이며 비교적 온화한 조건에서 적용 가능 | 원료 pH, 온도, 펙틴 구조, 접촉 시간의 영향을 크게 받음 | 펙틴이 공정 병목일 때 우선 검토할 수 있는 선택적 처리 방식 |
| 산 가수분해      | 산성 조건에서 펙틴과 다당류 결합을 비선택적으로 절단 | 강한 분해력과 단순한 공정 구성                              | 과분해, 부반응, 기능성 구조 손실 가능성            | 펙틴을 원료로 저분자 산물을 만들 때 연구적으로 비교되는 방식 |

| 접근 방식        | 주요 작용                                  | 장점                     | 주의할 점                      | 적합한 해석                    |
|--------------|--|------------------------|----------------------------|---------------------------|
| 화학 추출·알칼리 처리 | 세포벽 성분을 용출 또는 변형                       | 일부 부산물에서 높은 추출력 가능     | 폐액 처리, 원료 손상, 식품·섬유 품질 영향  | 효소 처리와 비교해 강하지만 덜 선택적인 접근 |
| 물리적 전처리 + 효소 | 균질화, 전기장, 열수 처리 등으로 세포벽 접근성 증가 후 효소 반응 | 효소 접근성 개선, 추출 효율 상승 가능 | 설비 의존적이며 과도한 전처리는 품질 손상 가능 | 고형분이 높거나 세포벽이 단단한 원료에 유리  |

산과 효소 가수분해를 비교한 연구에서는 펙틴을 미생물 성장용 저가 탄소원으로 전환하는 관점에서 두 접근을 평가했습니다. 이러한 비교는 효소가 단순히 펙틴을 “없애는” 역할만 하는 것이 아니라, 분해 산물의 조성과 후속 생물공정 적합성까지 바꿀 수 있음을 보여줍니다 [7]. 주스나 와인에서는 분해 산물 자체보다 점도와 청징성이 중요하지만, 식물 추출이나 부산물 업사이클링에서는 어떤 크기의 올리고당과 산물이 생성되는지가 제품 기능과 직결될 수 있습니다.

사탕무박에서 펙틴을 추출·가수분해하는 연구도 같은 결론을 강화합니다. 압착 사탕무박은 펙틴과 세포벽 다당류가 복잡하게 얽힌 부산물이며, 화학적 처리와 효소적 처리는 추출 효율뿐 아니라 얻어지는 펙틴의 구조와 기능을 다르게 만들 수 있습니다 [8]. 따라서 “펙틴 제거”가 목적이라면 효소 처리가 공정성을 높이는 방향으로 쓰이고, “펙틴 소재화”가 목적이라면 효소 처리의 강도와 전처리 조합이 기능성 품질을 결정합니다.

최근 연구들은 물리적 전처리와 효소 처리를 결합하는 방향도 보여줍니다. 사과박과 오렌지 껍질에서 고압 균질화와 효소 가수분해를 결합해 펙틴 및 셀로올리고당의 프리바이오틱 가능성을 평가한 연구는, 세포벽을 먼저 열어 효소 접근성을 높이면 부산물의 기능성 전환 가능성이 커질 수 있음을 제시합니다 [2]. 다만 이러한 접근은 공정 목적이 청징인지, 추출인지, 기능성 올리고당 생산인지에 따라 설계가 달라져야 합니다.



**Figure 2.** 점도, 탁도, 배수 불량, 느린 여과, 섬유의 뻑뻑함 같은 서로 다른 펙틴 관련 문제는 기질에서 펙틴이 수행하는 역할이 각각 다르기 때문에 발생한다.

## 주스 청징에서의 펙티나아제: 점도, 혼탁, 여과성

주스 공정에서 펙티나아제의 가장 직접적인 효과는 점도 저감입니다. 펙틴은 물을 붙잡고 미세 입자를 안정화시키는 고분자이므로, 충분히 절단되지 않으면 착즙액이 끈적하고 흐름성이 낮아집니다. 효소가 펙틴 사슬을 짧게 만들면 매시 내부의 수분이 더 쉽게 빠져나오고, 착즙 후 액상에서는 콜로이드 안정성이 낮아져 침강과 여과가 쉬워집니다 [1].

청징은 단순히 맑아 보이는 외관 문제가 아닙니다. 여과 전 펙틴이 높은 주스는 필터 케이크가 치밀하게 형성되거나 여과막 표면에 점성층이 생겨 압력 상승이 빨라질 수 있습니다. 펙티나아제 처리는 이런 필터 부담을 낮추는 데 사용되며, 특히 고펙틴 원료나 고형분이 많은 프레스 주스에서 효과가 잘 드러납니다. 다만 이미 열처리·효소처리가 충분히 끝난 농축 원료에서는 추가 효소 처리의 체감 효과가 제한적일 수 있습니다 [1].

원료별 차이도 큼니다. 사과와 당근 박의 펙틴 분획을 비교한 연구처럼 식물 원료마다 RG-I, homogalacturonan, 중성당 가지 구조가 다르면 같은 효소 처리라도 분자량 저하, 점도 변화, 침강성 변화가 다르게 나타납니다 [4]. 감귤류 껍질의 펙틴은 메틸화와 가지 구조가 다르고, 베리류는 색소·폴리페놀과 세포벽 성분의 상호작용이 중요하며, 사과는 펙틴 기반 혼탁과 여과성이 핵심 변수가 되기 쉽습니다.

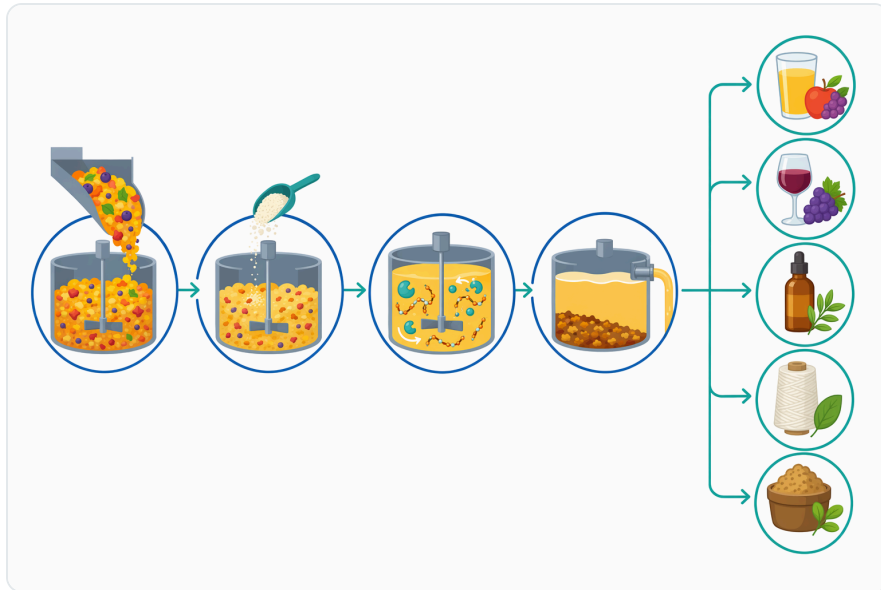
오크라 펙틴 연구는 효소 가수분해가 펙틴의 유화 특성을 바꿀 수 있음을 보여줍니다. 이는 식품 공정에서 펙틴 분해가 단순히 점도만 낮추는 것이 아니라, 계면 안정화, 분산성, 물성 같은 기능성에도 영향을 줄 수 있음을 의미합니다 [9]. 따라서 맑은 주스를 목표로 할 때와 펄프감 또는 바디감을 유지

하려는 음료를 만들 때는 효소 처리 강도와 시점을 다르게 해석해야 합니다.

## 와인과 과실주에서의 적용: 압착성, 색 추출, 침강

와인 제조에서 펙티나아제는 포도 파쇄 후 매시 또는 머스트 단계에서 작용해 세포벽을 느슨하게 만들고, 껍질·과육에서 액상과 용해성 성분이 더 쉽게 이동하도록 돕습니다. 적절한 펙틴 분해는 프레스 효율, 침강 속도, 여과성에 영향을 주며, 적포도주에서는 색소와 페놀성 성분 추출의 물리적 접근성도 바꿀 수 있습니다 [1].

과실주는 원료 다양성이 더 크기 때문에 펙틴의 영향도 더 복잡합니다. 감, 베리, 핵과류, 열대과일은 펙틴 함량과 세포벽 구조, 당도, 산도, 폴리페놀 조성이 서로 다릅니다. 펙티나아제 처리는 발효 전 점도를 낮추고 고형물 침강을 도울 수 있지만, 원료의 탄닌·색소·향 성분과 함께 작용하기 때문에 최종 풍미와 바디감에 대한 해석이 필요합니다. 펙틴 분해가 항상 “더 좋음”을 뜻하지는 않으며, 제품 스타일에 따라 과도한 구조 저하가 바람직하지 않을 수 있습니다 [1].



**Figure 3.** 주스 가공에서는 펙티나아제 처리를 침전, 원심분리 또는 여과 전에 배치해 청징과 흐름을 개선할 수 있다.

메틸에스터화된 펙틴을 다룰 때는 반응 경로를 이해해야 합니다. Pectin methylesterase가 포함된 효소 조합은 펙틴의 메틸에스터를 변화시킬 수 있고, 이는 주쇄 절단 효율과 겔화 성향에 영향을 줍니다. 바이오매스 연구에서 펙틴 메틸화 조절이 효소 당화성과 연결된 것처럼, 와인·과실주에서도 펙틴의 치환 상태는 청징성과 여과성뿐 아니라 일부 부산물 형성 가능성까지 고려해야 하는 변수입니다 [5].

다만 이 문서는 특정 와인 제조법이나 분석법을 제시하는 자료가 아닙니다. Enzymes.bio는 공급업체이며 제조사나 실험실이 아니므로, 실제 공정 적용은 각 제조사의 제품 규격, 식품 안전 기준, 내부 품질 시스템에 맞춰 판단해야 합니다. 주문 시 제공되는 CoA와 SDS는 해당 로트의 문서 확인과 취급 안전관리에 사용됩니다 .

## 식물 추출과 부산물 업사이클링에서의 역할

식물 추출에서 펙티나아제는 "세포벽을 여는 효소"로 이해할 수 있습니다. 펙틴은 셀룰로오스 미세 섬유와 헤미셀룰로오스, 단백질, 페놀성 성분 사이에서 수화된 매트릭스를 만들며, 추출 용매가 세포 내부 성분에 접근하는 것을 물리적으로 제한합니다. 펙틴을 낮추면 용매 침투와 확산이 쉬워지고, 세포벽에 붙어 있던 수용성 또는 약하게 결합된 성분의 방출이 증가할 수 있습니다 [6].

사과박과 오렌지 껍질에서 펙틴 및 셀로올리고당을 생산하고 프리바이오틱 가능성을 평가한 연구는, 과일 부산물이 단순 폐기물이 아니라 구조 다당류 기반 소재의 원료가 될 수 있음을 보여줍니다 [2]. 이 경우 펙티나아제 처리는 청징 목적과 달리 "분해산물의 기능성"이 중요해집니다. 너무 약한 처리는 추출이 부족하고, 너무 강한 처리는 원하는 올리고당 구조나 점성 기능을 잃게 만들 수 있습니다.

Euryale ferox 과피에서 열수 전처리와 효소 가수분해를 결합해 얻은 신규 펙틴은 수성 겔과 항산화 활성 가능성을 보였습니다 [10]. 이는 효소 처리가 펙틴을 단순히 제거하는 기술이 아니라, 특정 식물 부산물을 기능성 하이드로콜로이드나 식품 소재로 전환하는 공정 요소가 될 수 있음을 시사합니다. 다만 이러한 소재화 목적은 주스 청징보다 훨씬 세밀한 구조 제어가 필요합니다.

감귤 펙틴 효소 가수분해물이  $\alpha$ -glucosidase와 경쟁적으로 상호작용하는 기전을 실험과 시뮬레이션으로 탐색한 연구도 있습니다 [11]. 이는 펙틴 유래 저분자 성분이 생리활성 연구의 대상이 될 수 있음을 보여주지만, 특정 효능을 곧바로 완제품 주장으로 연결해서는 안 됩니다. 산업 원료 관점에서는 펙티나아제 처리가 기능성 성분의 후보를 만들 수 있다는 정도로 해석하는 것이 안전합니다.



**Figure 4.** 펙티나아제는 주스, 와인, 과일 추출물, 차 및 대두 가공, 섬유, 바이오매스 처리, 농업 부산물의 고부가가치화 등 다양한 분야에 활용된다.

## 천연섬유 바이오키우링과 탈검

천연섬유 공정에서 펙틴은 식품 공정의 혼탁 원인과는 다른 방식으로 문제를 만듭니다. 섬유 다발 사이의 펙틴성 검질은 섬유를 뺏뺏하게 만들고, 균일한 섬유 분리를 방해하며, 후속 염색이나 기능성 가공의 재현성을 떨어뜨릴 수 있습니다. 펙티나아제는 이러한 검질을 선택적으로 낮춰 섬유 표면을 정리하는 바이오키우링 또는 탈검 공정에 사용될 수 있습니다 [3].

섬유 적용에서 중요한 점은 셀룰로오스 손상을 최소화하는 것입니다. 강한 알칼리 처리는 비셀룰로오스 성분을 빠르게 제거할 수 있지만 섬유 강도, 촉감, 폐수 부담에 영향을 줄 수 있습니다. 펙티나아제 기반 처리는 펙틴성 접착 물질을 겨냥하므로 더 선택적인 공정이 가능하지만, 실제 결과는 섬유 종류, 전처리, 온도, 기계적 교반, 세척 조건과 함께 결정됩니다 [3].

이 분야는 주스 청징보다 원료 편차가 더 큼니다. 같은 "헴프" 또는 "플렉스"라도 수확 시기, 레팅 상태, 건조 이력, 잔류 왁스와 리그닌 함량이 다르면 효소 접근성이 달라집니다. 따라서 천연섬유에서 펙티나아제는 독립적 만능 처리제가 아니라, 물리적 개선타.세척.후가공과 결합되는 선택적 펙틴 제거 도구로 보는 편이 정확합니다.

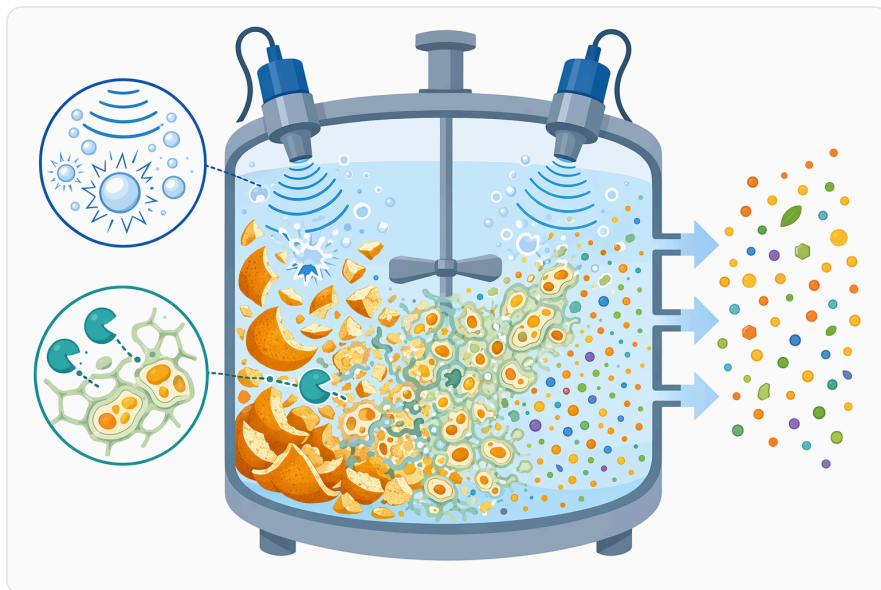
## 복합 효소 공정에서 펙티나아제의 위치

식물 원료는 펙틴만으로 이루어져 있지 않습니다. 셀룰로오스는 구조적 강성을 만들고, 헤미셀룰로오스는 미세섬유 사이를 연결하며, 전분은 점성이나 당화 거동에 영향을 주고, 단백질과 페놀성 성분은 혼탁과 색 안정성에 관여할 수 있습니다. 따라서 펙틴이 주요 병목일 때는 펙티나아제가 적합

하지만, 복합 바이오매스에서는 셀룰라아제, 헤미셀룰라아제, 아밀라아제, 프로테아제와 역할이 구분됩니다 [12].

효소 공동생산과 복합 가수분해 효소에 관한 연구는 농식품 부산물이 여러 효소 생산과 활용의 기질이 될 수 있음을 보여줍니다 [12]. 이는 실제 산업 공정에서 한 가지 효소만으로 모든 문제를 해결하기보다, 원료의 구조적 병목을 나누어 보는 접근이 필요하다는 점을 뒷받침합니다. 예를 들어 사과 주스의 필터 막힘이 펙틴 때문인지, 전분 때문인지, 단백질-폴리페놀 복합체 때문인지에 따라 적합한 효소가 달라집니다.

대두 공정에서도 *Aspergillus niger* 유래 펙티나아제와  $\alpha$ -galactosidase 생산이 연구된 바 있습니다 [13]. 이는 펙티나아제가 과일 주스에만 한정된 효소가 아니라 식물성 식품 원료의 세포벽과 올리고당 처리에도 연결될 수 있음을 보여줍니다. 다만 대두처럼 펙틴 외 성분이 중요한 원료에서는 펙티나아제 하나만으로 전체 물성이나 소화성, 추출성을 설명하기 어렵습니다.



**Figure 5.** 펙티나아제는 펙틴이 풍부한 식물 조직을 약화시켜 수용성 화합물의 추출을 향상함으로써 초음파와 같은 물리적 파쇄 방법을 보완할 수 있다.

폐지 탈묵 연구에서는 여러 곰팡이 효소 조합을 이용한 biodeinking과 유출액의 후속 부탄을 생산이 다뤄졌습니다 [14]. 이처럼 펙틴분해효소 또는 관련 탄수화물분해효소는 식품·음료를 넘어 섬유, 제지, 바이오파이너리의 일부로도 연구됩니다. 그러나 제품 적용 관점에서는 각 산업의 원료 조성 과 규제 환경이 다르므로, "펙틴 분해"라는 공통 기전과 "최종 품질 요건"을 분리해서 판단해야 합니다.

## 공정 설계 시 해석해야 할 변수

펙티나아제는 단백질 촉매이므로 공정 조건에 민감합니다. pH, 온도, 접촉 시간, 원료 입도, 고형분, 혼합 상태, 당도, 알코올, 금속이온, 열처리 이력은 효소의 접근성과 안정성에 영향을 줍니다. 펙티나아제 생산 균주를 선별하고 효소를 부분 정제·특성화한 연구들은 효소가 미생물 기원과 배양 조건에 따라 서로 다른 특성을 보일 수 있음을 보여주며, 실제 적용에서도 조건 적합성이 중요함을 시사합니다 [15].

원료 전처리도 중요합니다. 과일이나 식물 조직이 너무 크게 남아 있으면 효소가 내부 펙틴에 접근하기 어렵고, 지나치게 미세화하면 점도와 필터 부하가 오히려 증가할 수 있습니다. 라만 이미징 연구처럼 펙틴 분포가 공간적으로 다르다는 사실은, 파쇄·혼합·수화 단계가 효소 반응의 실제 속도를 좌우한다는 점을 설명해 줍니다 [6].

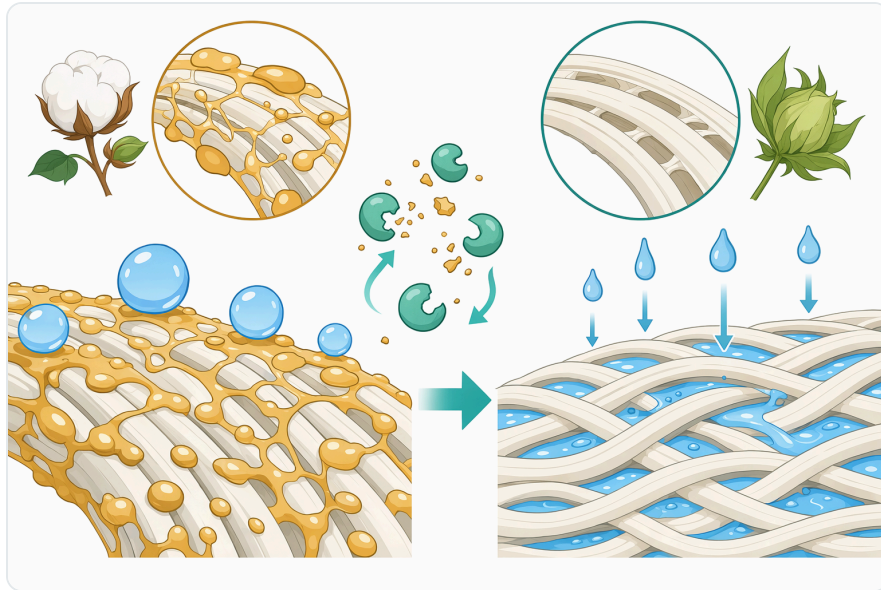
온화한 효소 처리라고 해서 항상 품질 변화가 작은 것은 아닙니다. 펙틴은 물성, 탁도, 향 성분 보유, 색소 안정성에 관여하므로 효소가 작용하면 원하는 변화와 원치 않는 변화가 함께 나타날 수 있습니다. 오크라 펙틴 연구에서 효소 가수분해가 유화 특성을 바꾼 것처럼, 펙틴의 분자량과 가지 구조 변화는 분산 안정성 및 질감에 영향을 줄 수 있습니다 [9].

따라서 펙티나아제를 선택할 때 핵심 질문은 “효소가 강한가”가 아니라 “이 공정에서 펙틴이 실제 병목인가”입니다. 전분성 혼탁이면 아밀라아제가 더 직접적이고, 단백질성 혼탁이면 프로테아제 또는 흡착·침전 공정이 더 관련될 수 있습니다. 펙틴이 높은 원료에서 점도, 압착 저항, 침강 지연, 여과 막힘이 동시에 나타날 때 펙티나아제의 공정 가치가 가장 명확해집니다 [1].

## 제품 문서와 공급 형태에 대한 정확한 이해

Enzymes.bio의 Pectinase Enzyme Powder(CAS 9014-01-1)는 온라인에서 1kg 단위로 직접 판매되는 효소 제품으로 안내됩니다. Enzymes.bio는 이 제품의 제조사나 분석 시험실이 아니며, 이 문서는 제조 공정 보증서나 분석법 설명서가 아니라 펙티나아제의 기전과 산업적 활용을 설명하는 기술 문서입니다. 주문 시 함께 제공되는 CoA와 SDS는 해당 제품의 문서 확인과 취급 안전관리에 사용됩니다.

효소 분말은 단백질성 물질이므로 일반적인 산업 효소 취급 원칙이 필요합니다. 분진 흡입을 줄이고, 작업자 노출을 관리하며, 보관과 취급 조건은 제공 문서와 내부 안전 절차에 맞춰야 합니다. 이 문서에서는 특정 분석법, 활성 단위 정의, 등급 판정, 시험 시약 절차를 다루지 않습니다.



**Figure 6.** 섬유 바이오정련에서 펙티나아제는 섬유 표면의 펙틴성 결합 물질을 느슨하게 하여 젖음성과 부드러움을 개선할 수 있다.

CAS 9014-01-1 표기는 펙티나아제 효소 제제를 식별하는 데 쓰이는 정보이지만, CAS 번호만으로 특정 원료 기원, 효소 조합, 공정 성능을 모두 설명할 수는 없습니다. 펙티나아제라는 이름 아래에도 polygalacturonase 중심 제품, pectin lyase 또는 pectin methylesterase 성격이 더 두드러지는 제품, 복합 탄수화물분해효소 성격의 제품이 있을 수 있습니다 [1]. 실제 성능은 원료 펙틴 구조와 공정 조건에 의해 결정됩니다.

## 응용별 기대 효과와 근거 수준

| 응용 분야   | 주된 펙틴 관련 문제                  | 펙티나아제의 기대 효과                       | 근거 수준의 해석                  |
|---------|------------------------------|------------------------------------|----------------------------|
| 과일 주스   | 높은 점도, 착즙 저하, 혼탁, 여과 지연      | 세포벽 펙틴 절단, 액상 분리 촉진, 청징·여과성 개선     | 가장 확립된 산업 응용 중 하나 [1]      |
| 와인·과실 주 | 매시 점도, 압착성, 침강, 색·향 성분 추출 제한 | 매시 구조 완화, 침강성 개선, 여과 부담 감소         | 강한 응용 근거가 있으나 원료별 차이 큼 [1] |
| 식물 추출   | 세포벽 장벽, 유효성분 방출 제한           | 용매 접근성 개선, 펙틴 유래 올리고당 또는 기능성 성분 조절 | 부산물 업사이클링 연구가 활발함 [2]      |
| 펙틴 소재화  | 분자량·가지 구조·겔 특성 조절 필요         | 효소적 구조 조절로 기능성 하이드로콜로이드 가능         | 목적별 구조 제어가 중요함 [10]        |
| 천연섬유    | 검질, 섬유 다발 접착, 거친 촉감          | 선택적 탈검, 바이오스카우링, 표면 정리             | 가능성 있는 응용이나 공정 의존성 큼 [3]   |

| 응용 분야    | 주된 펙틴 관련 문제           | 펙티나아제의 기대 효과    | 근거 수준의 해석               |
|----------|-----------------------|-----------------|-------------------------|
| 복합 바이오매스 | 펙틴 외 셀룰로오스·헤미셀룰로오스 장벽 | 다른 효소와 역할 분담 가능 | 복합 효소 접근이 필요할 수 있음 [12] |

이 표에서 보듯 펙티나아제의 근거가 가장 강한 영역은 과일 주스와 와인처럼 펙틴이 점도와 청징성에 직접 연결되는 공정입니다. 식물 추출과 부산물 업사이클링은 연구 확장성이 크지만, 목표가 "더 맑은 액상"인지 "기능성 올리고당"인지 "겔 형성 펙틴"인지에 따라 최적의 효소 작용이 달라집니다 [2].

천연섬유와 제지·바이오리파이너리 영역은 펙틴 또는 관련 다당류 분해 기전을 공유하지만, 식품 공정과 동일하게 해석하기 어렵습니다. 섬유에서는 강도와 촉감, 제지에서는 잉크 제거와 섬유 손상, 바이오리파이너리에서는 당 수율과 발효 저해물질이 핵심 지표가 됩니다. 따라서 펙티나아제는 "펙틴성 장벽을 낮추는 도구"로 이해하되, 최종 공정 목적에 맞춰 역할을 제한적으로 해석해야 합니다 [14].

## 핵심 정리

Pectinase Enzyme Powder(CAS 9014-01-1)는 펙틴으로 인해 발생하는 점도 상승, 착즙 저하, 혼탁 안정화, 여과 지연, 식물 세포벽 장벽을 완화하기 위한 펙틴 분해 효소입니다. 주스와 와인에서는 청징·압착·여과 개선이 가장 대표적인 응용이며, 식물 추출에서는 세포벽 접근성을 높이고, 천연섬유에서는 펙틴성 검질을 낮추는 데 활용될 수 있습니다 [1].

가장 중요한 판단 기준은 원료에 실제로 펙틴성 병목이 존재하는지입니다. 펙틴이 주요 원인일 때 펙티나아제는 공정 저항을 낮추는 실용적인 선택이지만, 전분·단백질·셀룰로오스·리그닌 문제가 중심인 원료에서는 다른 효소 또는 물리·화학적 전처리와 역할을 나누어야 합니다 [12]. Enzymes.bio는 이 제품을 1kg 단위로 온라인 공급하며, 주문 시 CoA와 SDS가 함께 제공됩니다 .

### Pectinase Enzyme Powder 200,000U/MI Cas 9014-01-1 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.

[Pectinase Enzyme Powder 200,000U/MI Cas 9014-01-1 구매하기 →](#)

## 참고문헌

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

1. Jadaun, J. (2018). Pectinase: A Useful Tool in Fruit Processing Industries.
2. Manthei, A., Elez-Martínez, P., Soliva-Fortuny, R., & Murciano-Martínez, P. (2023). Prebiotic potential of pectin and cello-oligosaccharides from apple bagasse and orange peel produced by high-pressure homogenization and enzymatic hydrolysis. *Food Chemistry*, 435, 137583 .
3. Dissasa, G. (2022). Cultivation of Different Oyster Mushroom (Pleurotus species) on Coffee Waste and Determination of Their Relative Biological Efficiency and Pectinase Enzyme Production, Ethiopia. *International Journal of Microbiology*, 2022.
4. Kaczmarek-Król, A., Audenhove, J. V., Hendrickx, M. E., Cybulska, J., & Zdunek, A. (2025). Comparison of enzymatic and acid hydrolysis treatments on the structure of RG-I segments in the diluted alkali-soluble pectin (DASP) fraction from apple and carrot pomace. *International Journal of Biological Macromolecules*, 149332 .
5. Wang, Y., Wen, J., Li, S., Li, J., Yu, H., Li, Y., Ren, X., ... et al. (2024). Upgrading pectin methylation for consistently enhanced biomass enzymatic saccharification and cadmium phytoremediation in rice Ospmes site-mutants. *International Journal of Biological Macromolecules*, 130137 .
6. He, Q., Zobotina, O., & Yu, C. (2020). Principal component analysis facilitated fast and noninvasive Raman spectroscopic imaging of plant cell wall pectin distribution and interaction with enzymatic hydrolysis. *Journal of Raman Spectroscopy*, 51, 2458-2467.
7. Locatelli, G. O., Finkler, L., & Finkler, C. (2019). Comparison of acid and enzymatic hydrolysis of pectin, as inexpensive source to cell growth of *Cupriavidus necator*. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 91 2, e20180333 .
8. Semehin, S., Fabrickaya, A., & Daisheva, N. (2025). COMPARATIVE EFFICIENCY ASSESSMENT OF CHEMICAL AND ENZYMATIC HYDROLYSIS-EXTRACTION OF PECTIN FROM PRESSED BEET PULP. *Bulletin of KSAU*.
9. Olawuyi, I. F., Park, J. J., Park, G. D., & Lee, W. (2022). Enzymatic Hydrolysis Modifies Emulsifying Properties of Okra Pectin. *Foods*, 11.
10. Qian, S., Chen, S., Chang, W., Zhou, W., Sun, Q., Zhu, L., Liang, X., ... et al. (2024). Novel pectins extracted from *Euryale ferox* fruit peel by combined hydrothermal pretreatment and enzymatic hydrolysis exhibit potential as aqueous gels and antioxidant activities. *International Journal of Food Science & Technology*.
11. Zhang, K., Feng, N., Wang, Y., Li, N., Qi, X., Ouyang, X., Wang, Q., ... et al. (2024). Exploring the competitive inhibition of  $\alpha$ -glucosidase by citrus pectin enzymatic hydrolysate and its mechanism: An integrated experimental and simulation approach. *Food Chemistry*, 464 Pt 3, 141819 .
12. Sosa-Martínez, J., Montañez, J., Contreras-Esquível, J., Balagurusamy, N., Gadi, S. K., & Morales-Oyervides, L. (2023). Agroindustrial and food processing residues valorization for solid-state fermentation processes:

A case for optimizing the co-production of hydrolytic enzymes.. Journal of Environmental Management, 347, 119067 .

13. Li, Q., Ray, C., Callow, N. V., Loman, A., Islam, S., & Ju, L. (2020). Aspergillus niger production of pectinase and  $\alpha$ -galactosidase for enzymatic soy processing.. Enzyme and Microbial Technology, 134, 109476 .
14. Mondal, S., Biswal, D., Pal, K., Rakshit, S., Halder, S. K., Mandavgane, S., Bera, D., ... et al. (2022). Biodeinking of waste papers using combinatorial fungal enzymes and subsequent production of butanol from effluent.. Bioresource Technology, 127078 .
15. Shah, H., Patel, A., Vagadiya, R., Gor, T., & Gondaliya, N. (2022). SCREENING OF PECTINASE PRODUCING BACTERIA FROM SOIL AND PRODUCTION, PARTIAL PURIFICATION OF ENZYME. Towards Excellence.

### Enzymes.bio 문의

주문에 관해 궁금한 점이 있으신가요? 기꺼이 도와드리겠습니다.

이메일 [wholesale@enzymes.bio](mailto: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