enzymes.bio

Pectinase 효소: 주스 청징, 과일 와인, 식물성 원료 추출을 위한 펙틴 분해 효소

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

직접 답변: Pectinase는 과일·채소·식물 세포벽의 펙틴을 절단해 점도, 탁도, 착즙성, 여과성을 조절하는 효소군입니다. 주스 청징, 과일 와인, 파파야·배·구아바·산자나무 같은 과즙 처리, 포도 부산물 추출, 식물 섬유 전처리 등에서 연구되어 왔습니다 [1]. Enzymes.bio의 Pectinase는 제조·시험 서비스가 아니라 온라인에서 1kg 단위로 구매하는 효소 공급 제품이며, 주문 시 CoA와 SDS가 함께 제공됩니다.

Pectinase 뜻과 기능: 펙틴 네트워크를 분해하는 효소군

Pectinase 뜻을 실무적으로 풀면 "pectin을 분해하는 enzyme"입니다. 펙틴은 식물 세포벽과 중간층에 존재하는 산성 다당류로, 과육 조직을 서로 붙잡고 물을 보유하며 과즙·퓨레·식물성 슬러리의 점도와 콜로이드 안정성에 크게 관여합니다. 따라서 pectin pectinase 관계는 단순한 원료-첨가제 관계가 아니라, 식물성 원료의 구조를 결정하는 고분자와 그 구조를 풀어 주는 효소 반응의 관계로 이해하는 것이 정확합니다.

Pectinase enzyme은 하나의 단일 작용만을 의미하기보다, 펙틴 골격 또는 펙틴의 치환 구조를 바꾸는 효소군을 포괄합니다. 산업 문맥에서 pectinase function은 긴 펙틴 사슬을 짧게 만들고, 세포벽 중간층의 결착성을 낮추며, 탁도를 안정화하던 펙틴성 콜로이드 구조를 약화시키는 것입니다. 이 때문에 과일 주스 청징, 효소 보조 착즙, 와인 전처리, 식물성 부산물 추출에서 "점도가 너무 높다", "여과가 느리다", "침전이 잘 안 된다" 같은 문제와 직접 연결됩니다 [2].

검색에서 "what is pectinase", "pectinase mechanism", "pectinase enzyme production"이 함께 나타나는 이유도 여기에 있습니다. 이 효소는 단순히 과즙을 맑게 하는 첨가물이 아니라, 식물 세포벽의 펙틴성 구조를 선택적으로 낮추는 공정 도구입니다. 파파야 주스 연구, 배 주스 효소 보조 추출 연구, 구아바 주스 추출 및 보존 연구처럼 과일별 매트릭스가 다른 조건에서 pectinase 처리가 평가되어 온 것도 원료별 펙틴 구조와 공정 목표가 다르기 때문입니다 [3].

Pectinase mechanism: 점도, 탁도, 착즙성을 바꾸는 단계적 작동

Pectinase mechanism의 핵심은 펙틴 고분자의 분자량과 네트워크 기능을 낮추는 것입니다. 과일 펄프나 식물성 슬러리에서 펙틴은 물을 잡아두는 겔성 성분처럼 작동하고, 미세 입자·단백질·폴리페놀과 함께 콜로이드 안정성을 형성할 수 있습니다. Pectinase가 펙틴 사슬을 절단하면 액체의 흐름 저항이 줄고, 세포벽이 느슨해지며, 청징 또는 고액분리 단계에서 입자와 액상이 더 쉽게 분리될 수 있습니다.

첫 번째 변화는 **점도 저감**입니다. 긴 펙틴 사슬이 짧아지면 동일한 고형분 함량에서도 유체가 덜 끈적하게 흐를 수 있습니다. 이 변화는 펌핑, 혼합, 열교환, 여과 전 단계의 공정성을 좌우합니다. 특히 파파야, 배, 산자나무, 구아바처럼 펄프성 또는 콜로이드성 과즙을 다루는 연구에서 pectinase 처리가 물리화학적 성질과 항산화 특성 평가와 함께 다루어진 것은, 효소 처리가 단지 탁도만이 아니라 전체 액상 매트릭스에 영향을 주기 때문입니다 [1].

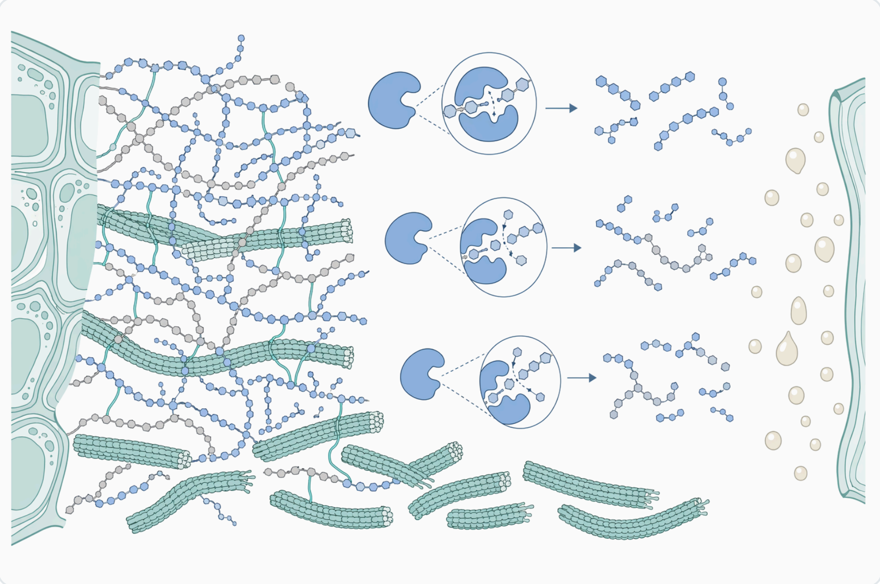

Figure 1. 펙티나아제는 갈락투론산 중합체를 짧게 만들거나 변형해 식물 세포벽의 펙틴을 약화시키며, 그 결과 물을 붙잡고 젤을 형성하며 혼탁을 안정화하는 능력이 줄어듭니다.

두 번째 변화는 **세포벽·중간층 약화**입니다. 식물 조직에서 펙틴은 세포와 세포 사이를 붙잡는 접착성 성분으로 작동합니다. Pectinase가 이 접착성을 낮추면 압착 또는 추출 시 액상 성분이 더 쉽게 빠져나올 수 있습니다. 포도박에서 페놀성 화합물 추출을 평가한 연구가 cellulase, pectinase, hemicellulase를 비교한 것도, 서로 다른 세포벽 다당류를 겨냥하는 효소가 추출 효율과 추출물 조성에 다르게 작용할 수 있기 때문입니다 [4].

세 번째 변화는 **탁도 구조의 재편**입니다. 과즙의 탁도는 불용성 입자가 많다는 뜻만은 아닙니다. 펙틴이 미세 입자를 둘러싸거나 액상 내 분산 상태를 유지하면 침전이 느려지고 여과 저항이 커질 수 있습니다. Pectinase clarifying juice라는 검색어가 널리 쓰이는 이유는, 펙틴 분해가 청징과 여과성을 개선하는 대표적 접근이기 때문입니다. 산자나무 주스 생산에서 pectinase 처리 전후 물리화학적 성질과 전기화학적 지문 변화를 다룬 연구도 이러한 과즙 매트릭스 변화에 초점을 둡니다 [2].

어디에 쓰이는가: 식품·발효·식물성 원료 공정의 주요 응용

Pectinase의 가장 대표적인 응용은 **주스 청징과 과즙 전처리**입니다. 파파야 주스에서는 산성화 블랜칭수와 pectinase enzyme 전처리가 물리화학적 특성과 항산화능에 미치는 영향이 연구되었고, 별도로 효소 보조 전처리와 스팀 처리를 결합한 파파야 주스 연구도 보고되어 있습니다 [5]. 이는 pectinase가 단일 공정만이 아니라 열처리, 전처리, 착즙, 후속 안정화 단계와 함께 설계될 수 있음을 보여줍니다.

배 주스에서는 William Bartlett 품종을 대상으로 pectinase enzyme-assisted extraction이 물리화학적 및 항산화 특성 평가와 함께 다루어졌습니다 [3]. 이 경우 pectinase의 의미는 단순한 “맑게 하기” 보다 넓습니다. 과육 조직에서 액상 성분을 빼내고, 점도와 고형분 분산 상태를 바꾸며, 최종 주스의 품질 지표를 함께 조정하는 전처리 효소로 볼 수 있습니다.

구아바 주스에서는 pectinase로 추출한 주스의 보존제 적용과 저장성 평가가 연구되었습니다 [6]. 이 연구 주제는 중요한 공정적 시사점을 줍니다. 효소 처리로 얻은 주스는 점도와 탁도뿐 아니라 저장 중 물리적 안정성, 보존 전략, 품질 유지와도 연결될 수 있습니다. 다만 특정 보존제 조합이나 저장 결과를 모든 과일 주스에 일반화해서는 안 되며, 원료 산도와 당, 고형분, 열처리 조건에 따라 결과가 달라질 수 있습니다.

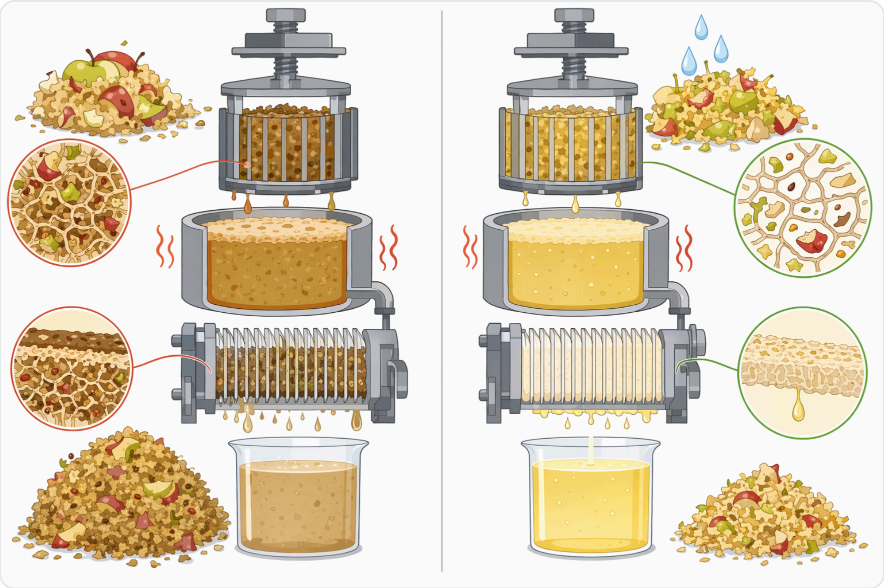

Figure 2. 폴리갈락투로나아제, 펙틴 메틸에스터라아제, 펙틴 리아제, 펙테이트 리아제는 펙틴 체계의 서로 다른 화학적 특성에 작용합니다.

과일 와인 분야에서는 pectinase wine 응용이 중요합니다. 적색 용과 와인을 Torulaspora delbrueckii로 발효한 연구는 pectinase 처리가 물리화학적·양조학적 특성에 미치는 영향을 평가했습니다 [7]. 과일 와인에서는 펙틴이 높은 점도, 느린 침전, 여과 부담, 향미 성분 추출 양상에 영향을 줄 수 있으므로, pectinase는 발효 전 또는 발효 초기 원료 매트릭스를 조정하는 효소로 검토됩니다.

식물 부산물과 추출 공정에서도 pectinase는 세포벽 접근성을 높이는 역할을 합니다. 포도박 연구에서는 phenolic compounds 추출에서 cellulase, pectinase, hemicellulase의 효과가 평가되었습니다 [4]. 이는 포도 껍질·씨·펄프 잔사처럼 세포벽 다당류가 많은 부산물에서 pectinase가 "폐기물 처리"보다 "성분 회수와 원료 가치화"의 전처리 도구로 해석될 수 있음을 보여줍니다.

식품 외 영역도 있습니다. 옥수수 껍질 섬유의 retting에서는 pectinase와 NaOH 조합이 섬유 특성에 미치는 영향이 연구되었고, 유칼립투스 목재 파티클보드에서는 pectinase 전처리가 저유리 포름알데하이드 요소수지 패널 성능 개선과 관련해 평가되었습니다 [8]. 이러한 사례는 pectinase가 과즙 효소에만 머물지 않고, 식물성 섬유와 목질계 재료의 세포벽 접착성 조절에도 응용될 수 있음을 보여줍니다.

응용 분야별 pectinase 역할 비교

응용 분야	주요 원료 예	pectinase가 겨냥하는 문제	기대되는 공정 변화	관련 연구 맥락
주스 청징	파파야, 배, 산자나무, 구아바	펙틴성 탁도, 높은 점도, 느린 여과	액상 흐름성 개선, 청징 보조, 고액분리 부담 완화	파파야·배·산자나무·구아바 주스 연구 [1]

응용 분야	주요 원료 예	pectinase가 겨냥하는 문제	기대되는 공정 변화	관련 연구 맥락
과일 와인	용과 등 과일 발효액	발효 전 점도, 침전 지연, 과육 분산	발효 매트릭스 균질화, 후속 여과성 개선 가능	적색 용과 와인 연구 [7]
식물성 추출	포도박, 과피, 식물 부산물	세포벽 장벽, 낮은 성분 방출	페놀성 성분 등 추출 보조	포도박 효소 추출 연구 [4]
섬유 전처리	옥수수 껍질 섬유	세포 간 접착성, 섬유 분리성	retting 보조, 섬유 특성 변화	cornhusk retting 연구 [8]
목질계 재료	유칼립투스 목재 입자	표면 결합성, 세포벽 성분 영향	패널 제조 전처리 가능성	파티클보드 전처리 연구 [9]

이 표에서 중요한 점은 pectinase function이 모든 분야에서 “펙틴 분해”라는 동일한 생화학적 출발점을 갖지만, 공정 목적은 다르다는 것입니다. 주스에서는 탁도와 점도가 핵심이고, 와인에서는 발효성과 양조학적 특성이 중요하며, 포도박에서는 추출 성분 회수가 목표입니다. 옥수수 껍질이나 목재 입자에서는 식품 품질보다 섬유 분리와 재료 성능이 더 중요합니다 [9].

Pectinase producing bacteria와 효소 생산 연구를 어떻게 읽을 것인가

“Pectinase producing bacteria” 또는 “pectinase enzyme production”은 pectinase를 검색할 때 자주 함께 등장하는 표현입니다. 실제로 공개 연구에는 Klebsiella oxytoca에서 분리한 pectinase의 생화학적 특성 평가, Bacillus subtilis 돌연변이 균주의 새로운 pectinase 특성과 응용, Lichtheimia sp. UV-16의 exopolygalacturonase 생산과 가수분해 특성 같은 사례가 포함되어 있습니다 [10].

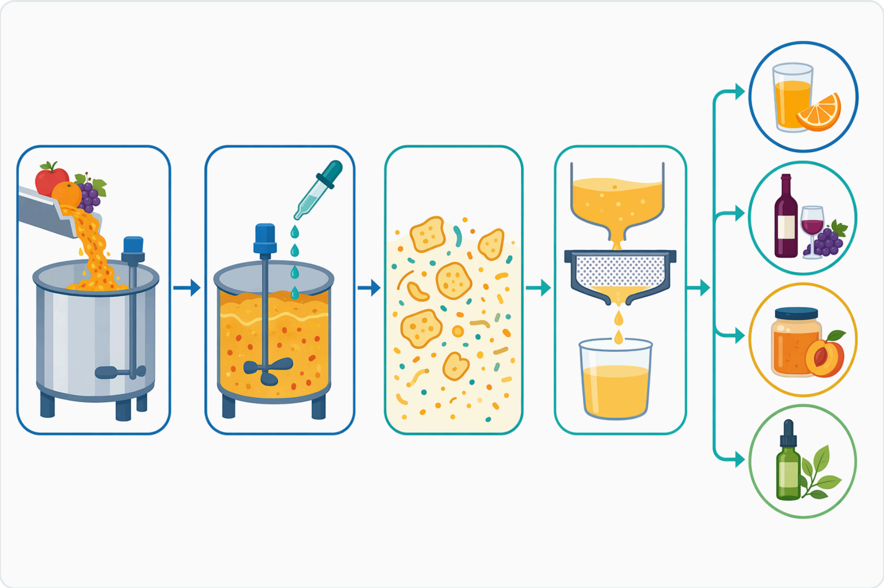

Figure 3. 주스 추출에서 펙티나아제는 일반적으로 과일을 파쇄하거나 펄프화한 뒤, 압착·청징·여과·분리 공정 전에 사용됩니다.

Bacillus subtilis 유래 pectinase 연구는 신규 효소의 생화학적 성질과 응용 가능성을 다루며, pectinase가 세균성 효소 개발의 대상이 될 수 있음을 보여줍니다 [11]. Klebsiella oxytoca 연구는 채소 폐기물에서 분리한 pectinase의 성질을 평가했다는 점에서, 농식품 부산물과 미생물 효소 생산 연구가 연결될 수 있음을 시사합니다 [10]. 이러한 문헌은 “pectinase producing bacteria”라는 검색 의도를 설명하지만, 특정 상업 제품의 생산 균주나 제조 조건을 의미하는 것은 아닙니다.

효모와 곰팡이도 pectinase 연구에서 중요한 위치를 차지합니다. 로부스타 커피콩 발효 중 토착 효모 분리주가 생산한 pectinase enzyme의 특성 연구는 발효 생태계와 펙틴 분해 효소가 연결될 수 있음을 보여줍니다 [12]. 또한 Lichtheimia sp. UV-16 연구는 exopolygalacturonase 생산과 효소 가수분해 특성을 다루며, 펙틴 분해 효소군이 다양한 미생물 자원에서 탐색되고 있음을 보여줍니다 [13].

검색어 중 “aspergillus niger pectinase enzyme production”도 자주 보이지만, 이 글에서 인용하는 검증 출처 목록에서는 Bacillus subtilis, Klebsiella oxytoca, 토착 효모, Lichtheimia sp. 사례가 직접 확인됩니다. 따라서 여기서는 특정 Aspergillus niger 생산 조건을 단정하지 않고, pectinase가 미생물 효소 생산 연구의 주요 대상이라는 범위 안에서만 해석하는 것이 안전합니다.

자유 효소와 고정화 pectinase: 연구 맥락의 차이

Pectinase는 액상에 직접 사용하는 자유 효소 형태로 논의되는 경우가 많지만, 연구에서는 고정화 pectinase도 활발히 검토됩니다. 키토산-자성 입자에 pectinase를 고정화하고 과일 주스 청징에서 효소 성질이 어떻게 달라지는지 평가한 연구가 있으며, 입자 제조 프로토콜이 효소 특성에 미치는 영향도 다루어졌습니다 [14]. 이는 효소 자체의 촉매 기능뿐 아니라, 효소를 어떤 물리적 지지체에 결합하느냐가 공정 적용성에 영향을 줄 수 있음을 보여줍니다.

또 다른 연구에서는 키토산 자성 나노입자와 poly-aldehyde kefiran cross-linker를 이용한 pectinase 고정화가 보고되었습니다 [15]. 이런 고정화 연구의 핵심은 효소 회수성, 반복 사용 가능성, 특정 공정 조건에서의 취급성을 높이는 데 있습니다. 다만 이러한 논문은 연구용 시스템을 다룬 것이므로, 일반적인 상업용 pectinase 제품을 자동으로 "고정화 효소"라고 이해해서는 안 됩니다.

Figure 4. 펙티나아제에 의한 해중합은 펙틴으로 안정화된 혼탁을 줄이고 침전이나 여과 특성을 개선할 수 있습니다.

파파야 주스 처리에서는 alginate bead에 고정화한 pectinase가 물리화학적 특성, 항산화 활성, 재사용성에 미치는 영향을 평가한 연구도 있습니다 [16]. 이 연구는 과일 주스에서 pectinase를 단회성 처리제로만 보는 대신, 효소를 지지체에 담아 공정 중 회수하거나 반복 활용하는 연구 방향을 보여줍니다. Enzymes.bio의 Pectinase는 이러한 고정화 연구를 배경 지식으로 이해할 수 있으나, 제품 페이지에서는 제조사식 고정화 사양이나 실험실 성능값을 주장하지 않는 것이 적절합니다.

공정 조건을 이해하는 방식: pH, 온도, 시간보다 중요한 것은 "접근성"

Pectinase는 효소이므로 pH, 온도, 반응 시간의 영향을 받습니다. 그러나 실무에서 더 자주 놓치는 변수는 효소가 실제 펙틴에 접근할 수 있는지입니다. 과일을 너무 거칠게 파쇄했거나, 열처리로 세포벽이 부분적으로 변성되었거나, 고형분이 높아 혼합이 불균일하면 동일한 효소를 사용해도 펙틴 분해 체감 효과가 달라질 수 있습니다.

파파야 주스 연구에서 산성화 블랜칭수와 pectinase 전처리가 함께 다루어진 것은, 열·산도·효소 처리가 독립적으로 움직이기보다 원료 구조와 품질 지표를 동시에 바꾼다는 점을 보여줍니다 [1]. 효소 반응을 단순히 "많이 넣으면 빠르다"로 이해하기보다, 과육 입자 크기, 액상 비율, 교반, 전처리 열 이력, 후속 여과 방식과 함께 해석해야 합니다.

Pectinase inhibitors라는 검색어도 이 맥락에서 볼 수 있습니다. 실제 현장에서는 특정 저해 물질 하나만이 문제가 되기보다, 원료 조성, pH 이탈, 과도한 열 노출, 높은 고형분으로 인한 확산 제한, 목표 반응 시간 부족이 함께 작용할 수 있습니다. 따라서 pectinase 반응을 설계할 때는 효소의 존재 여부보다 “펙틴이 노출되어 있고, 효소가 닿고, 반응할 시간이 있는가”를 먼저 확인하는 것이 실무적으로 더 중요합니다.

Pectinase in human body 검색어에 대한 산업적 해석

“Pectinase in human body”라는 검색어는 효소의 건강 기능을 기대하는 맥락에서 등장하기도 하지만, 여기서 다루는 pectinase는 식품·발효·식물성 원료 가공을 위한 산업 효소입니다. 이 문서는 인체 내 효능, 소화 보조 효과, 치료적 기능을 주장하지 않습니다. 검증된 출처들도 주로 과즙 처리, 식물성 원료 추출, 미생물 효소 생산, 재료 전처리와 같은 공정 연구에 초점을 둡니다 [17].

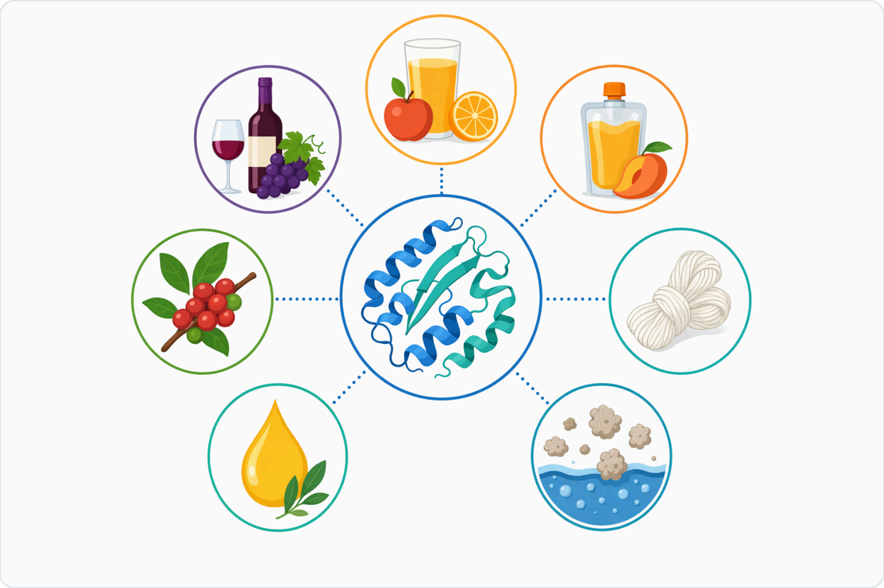

Figure 5. 펙티나아제는 펙틴이 흐름, 성분 방출, 분리를 제한하는 과일, 채소, 식물성 원료, 감귤 부산물, 섬유 및 오일 분리 공정 전반에서 사용됩니다.

예를 들어 rapeseed-derived protein complexes의 enzyme-assisted wet milling 연구는 효소 보조 습식 분쇄 과정에서 물리화학적 성질 변화를 다룹니다 [17]. 이는 pectinase를 포함한 효소 전처리가 식물성 원료 분획과 성분 복합체에 영향을 줄 수 있다는 공정 관점의 근거이지, 인체 기능성의 근거가 아닙니다. 따라서 B2B 구매 맥락에서는 “인체 내 pectinase”보다 “식물성 원료에서 펙틴을 어떻게 낮출 것인가”가 핵심 질문입니다.

연구별로 확인되는 근거의 강도와 적용 범위

Pectinase에 대한 근거는 응용 분야별로 직접성의 정도가 다릅니다. 과일 주스와 와인 연구는 제품 형태와 공정 목표가 비교적 직접적으로 연결됩니다. 파파야, 배, 구아바, 산자나무 주스 연구는 pectinase가 과즙의 물리화학적 성질, 항산화 지표, 저장성 또는 전기화학적 지문 변화와 연결되어 평가되었다는 점에서 식품 가공 분야에 바로 해석하기 좋습니다 [6].

과일 와인 연구도 비교적 직접적인 근거입니다. 적색 용과 와인에서 pectinase 처리가 물리화학적·양조학적 특성에 미치는 영향이 평가되었다는 것은, pectinase wine 적용이 단순한 관행이 아니라 발효 음료 품질 변수와 연결되어 연구되었다는 의미입니다 [7]. 다만 특정 과일, 특정 효모, 특정 발효 조건의 결과를 모든 와인이나 발효 음료에 동일하게 적용할 수는 없습니다.

포도박, rapeseed, 커피 발효, 옥수수 껍질 섬유, 목질계 패널 연구는 조금 더 넓은 응용 근거입니다. 이들 연구는 pectinase가 식물성 세포벽 구조, 추출성, 섬유 분리, 재료 성능 변화와 연결될 수 있음을 보여주지만, 주스 청징 성능을 직접 보증하는 자료는 아닙니다 [8]. 따라서 기술 문서에서는 “펙틴 분해를 통한 공정성 개선 가능성”으로 표현하고, 원료별 성능을 과장하지 않는 것이 신뢰도를 높입니다.

Enzymes.bio Pectinase의 B2B 사용 맥락

Enzymes.bio의 Pectinase는 과일·식물성 원료 공정에서 펙틴으로 인한 점도, 탁도, 착즙성, 여과성 문제를 다루기 위한 효소 제품입니다. Enzymes.bio는 제조사나 시험기관이 아니라 효소 공급업체이며, 제품은 온라인에서 1kg 단위로 직접 판매됩니다. 주문 시 CoA와 SDS가 함께 제공되므로, 사용자는 제품 수령 시 문서와 제품 정보를 함께 확인할 수 있습니다.

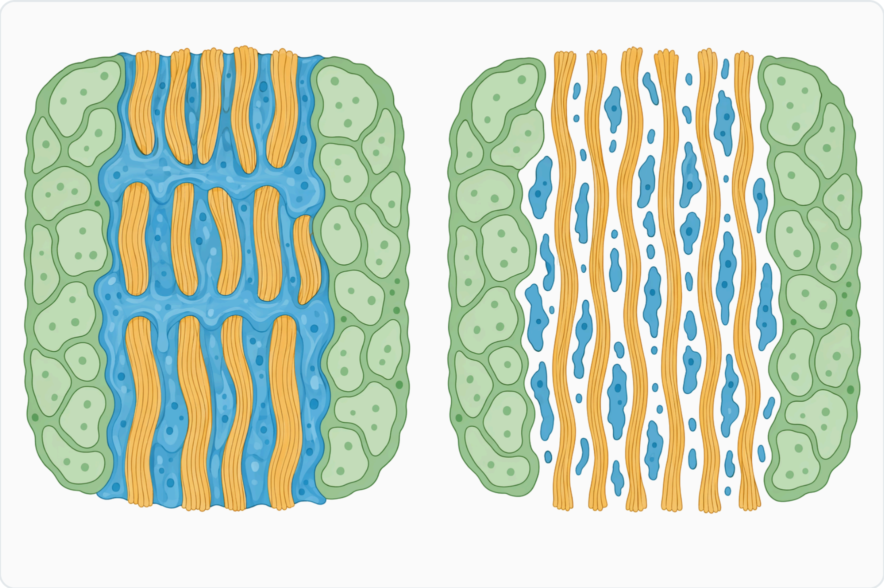

Figure 6. 레팅과 탈검 공정에서 펙티나아제는 펙틴성 결합 물질을 약화시켜 식물 섬유가 더 쉽게 분리되도록 돕습니다.

이 제품은 맑은 주스, 혼탁 주스의 점도 조정, 과일 베이스, 과일 와인, 발효 음료, 식물성 추출액, 퓨레·농축 전 원료, 포도박·과피 등 부산물 전처리 공정에서 검토할 수 있습니다. 특히 pectinase clarifying juice, pectinase wine, pectinase enzyme-assisted extraction 같은 검색 의도가 있는 사용자는 이 효소를 "펙틴성 구조를 낮춰 공정 흐름을 바꾸는 도구"로 이해하는 것이 적절합니다.

반대로 최종 제품이 높은 점성, 과육감, 안정한 혼탁도를 의도하는 경우에는 pectinase 처리가 제품 설계와 충돌할 수 있습니다. 예를 들어 프리미엄 퓨레, 고점도 과일 베이스, 탁도 유지형 음료에서는 과도한 펙틴 분해가 원하는 질감이나 외관을 낮출 수 있습니다. 그러므로 pectinase의 장점은 "무조건 더 많이 분해"가 아니라, 목적에 맞게 점도와 탁도 구조를 조정하는 데 있습니다.

핵심 정리: Pectinase는 펙틴 문제를 공정 문제로 번역하는 효소

Pectinase는 펙틴을 분해해 식물성 원료의 점도, 탁도, 착즙성, 여과성을 바꾸는 효소군입니다. 파파야, 배, 구아바, 산자나무 주스 연구와 적색 용과 와인 연구는 pectinase가 과즙과 발효 음료의 물리화학적 특성에 영향을 줄 수 있음을 보여줍니다 [2]. 포도박 추출, 옥수수 껍질 retting, 유칼립투스 파티클보드 전처리 연구는 이 효소의 작동 원리가 식품을 넘어 식물성 세포벽 가공 전반으로 확장될 수 있음을 보여줍니다 [4].

B2B 관점에서 중요한 것은 pectinase를 "청징제"라는 좁은 표현으로만 보지 않는 것입니다. 이 효소는 펙틴성 네트워크를 낮춰 액체 흐름, 고액분리, 발효 매트릭스, 추출 접근성을 바꾸는 공정 효소입니다. Enzymes.bio의 Pectinase는 이러한 용도에 맞춰 1kg 단위로 온라인 구매할 수 있으며, 주문 시 CoA와 SDS가 함께 제공됩니다.

Pectinase 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 구매하기 →

참고문헌

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

1. Rashima, R. S., Ong, W. L., Nadiah, Z. A., & Maizura, M. (2022). Effects of acidified blanching water and pectinase enzyme pretreatments on physicochemical properties and antioxidant capacity of Carica papaya juice.. *Journal of Food Science*.
2. Guo, K. (2024). Changes in the Main Physicochemical Properties and Electrochemical Fingerprints in the Production of Sea Buckthorn Juice by Pectinase Treatment. *Molecules*, 29.
3. Gani, G., Naik, H., Jan, N., Bashir, O., Hussain, S. Z., Rather, A. H., Reshi, M., ... et al. (2020). Physicochemical and antioxidant properties of pear juice prepared through pectinase enzyme-assisted extraction from William Bartlett variety. *Journal of Food Measurement & Characterization*, 15, 743-757.
4. Stanek-Wandzel, N., Krzyszowska, A., Zarębska, M., Gębura, K., Wasilewski, T., Hordyjewicz-Baran, Z., & Tomaka, M. (2024). Evaluation of Cellulase, Pectinase, and Hemicellulase Effectiveness in Extraction of Phenolic Compounds from Grape Pomace. *International Journal of Molecular Sciences*, 25.
5. I., N. A., & M., M. (2025). Effects of steaming with enzyme-assisted pretreatments on the physicochemical properties, phytochemical compounds, and antioxidant activities of Carica papaya juice. *Food Research*.
6. Zahan, I., Khan, M. M., Rana, M. S., Sahabuddin, M., Rasik, M. R., & Uddin, M. M. (2024). Effect of selective preservatives on shelf-life of guava juice extracted using pectinase enzyme. *Heliyon*, 10.
7. Jiang, X., Lu, Y., & Liu, S. (2020). Effects of pectinase treatment on the physicochemical and oenological properties of red dragon fruit wine fermented with Torulaspora delbrueckii. *Lwt - Food Science and Technology*, 132, 109929.
8. Tian, Y., Jin, H., Liu, X., Zhang, Y., & Wu, H. (2021). Cornhusk retting by pectinase enzyme combined with NaOH and effects on fiber properties. *Textile research journal*, 92, 118 - 125.
9. Qiwei, W., Ning, W., Li, X., Wang, H., Lei, H., Du, G., Wu, Z., ... et al. (2018). Improving the Performance of Eucalyptus Wood Particle Board Panels with Low Free Formaldehyde Emission Urea-formaldehyde Resin Using Pectinase Enzyme Pre-treatments. *Bioresources*, 13, 2996-3004.
10. Samuel, B. O., & Grace, O. T. (2025). Biochemical Evaluation of Properties of Klebsiella oxytoca Pectinase Isolated from Some Vegetable Wastes. *JOURNAL OF BIOCHEMISTRY, MICROBIOLOGY AND*

BIOTECHNOLOGY.

11. Mahto, R., Yadav, M., Muthuraj, M., Sharma, A. K., & Bhunia, B. (2022). Biochemical properties and application of a novel pectinase from a mutant strain of Bacillus subtilis. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 13, 10463 - 10474.
12. Fitri, H., Yanto, S., & Putra, R. (2024). Characterization of Pectinase Enzyme Produced from Indigenous Yeast Isolates During Fermentation of Robusta Coffee Beans. *Formosa Journal of Applied Sciences*.
13. Teng, Y., Liu, T., Wang, T., Dong, Y., Ao, D., Yang, G., & Cai, Z. (2024). Exopolygalacturonase Production from the Novel Strain Lichtheimia sp. UV-16 and Enzyme Hydrolysis Properties.. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*.
14. Magro, L. D., Moura, K. S., Backes, B. E., Menezes, E. D., Benvenutti, E., Nicolodi, S., Klein, M., ... et al. (2019). Immobilization of pectinase on chitosan-magnetic particles: Influence of particle preparation protocol on enzyme properties for fruit juice clarification. *Biotechnology Reports*, 24.
15. Nouri, M., & Khodaiyan, F. (2020). Green synthesis of chitosan magnetic nanoparticles and their application with poly-aldehyde kefiran cross-linker to immobilize pectinase enzyme. *Biocatalysis and agricultural biotechnology*, 29, 101681.
16. Ishak, N. A., Serri, N. A., Samsudin, H., & Murad, M. (2025). Impact of immobilized pectinase-alginate beads on physicochemical properties, antioxidant activity, and reusability in papaya juice processing.. *Journal of Food Science*, 90 4, e70177 .
17. Alpiger, S. B., & Corredig, M. (2023). Changes in the physicochemical properties of rapeseed-derived protein complexes during enzyme-assisted wet milling. *Sustainable Food Proteins*.

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