

# Pectin Lyase（ペクチンリアーゼ）：果汁清澄化・植物素材処理・繊維脱ガム向けの選択的ペクチン分解酵素

Enzymes.bioリサーチチーム・ニュージーランド・ウェリントン・June 18, 2026

Pectin Lyase（ペクチンリアーゼ）は、植物細胞壁や中葉に多いペクチン質の主鎖を $\beta$ -脱離反応で切断し、粘度、濁り、組織結着、ろ過抵抗に関係する高分子ペクチンを低分子化する酵素です。主な用途は、果汁清澄化、植物抽出、柑橘・果実副産物処理、植物繊維の脱ガム、パルプ・製紙、ペクチン含有排水の前処理です。近年は、酸性果汁向け、アルカリ性繊維処理向け、耐熱性向上型など、用途条件に合わせたPectin Lyaseの研究が進んでいます<sup>[1][2]</sup>。

Enzymes.bioはPectin Lyaseの供給業者であり、製造業者または研究所ではありません。Pectin Lyaseは製品ページから1 kg単位でオンライン購入でき、注文時にCoAおよびSDSが併せて提供されます。

## Pectin Lyaseとは何か：ペクチンを「溶かす」酵素ではなく、主鎖を切る酵素

Pectin Lyaseは、広義のペクチナーゼに含まれる酵素で、植物細胞壁のペクチン画分を標的にします。ペクチンは、果実、野菜、柑橘果皮、リンゴ搾汁残渣、ビートパルプ、植物繊維などに存在し、細胞同士をつなぐ中葉の接着成分、液中で粘性を与えるコロイド成分、植物組織の保水・ゲル形成に関わる成分として働きます。Pectin Lyaseは、このペクチンを構成するガラクトuron酸系の主鎖を切断し、長い高分子鎖を短いオリゴ糖断片へ変えることで、加工時の物性を変化させます<sup>[3]</sup>。

工業的に重要なのは、Pectin Lyaseが「植物原料を無差別に分解する酵素」ではなく、「ペクチン構造に焦点を当てる工程補助酵素」である点です。果汁であれば濁りや粘度、植物抽出であれば細胞壁の物質移動抵抗、繊維であれば繊維束を結着するペクチン質、排水であれば粘性をもたらす高分子ペクチンが対象になります。Bacillus velezensis由来Pectin Lyaseについて果汁加工への有用性を検討した研究や、Aspergillus niger由来Pectin Lyaseの酸耐性を高めて果汁清澄化へ適用しようとする研究は、この酵素が飲料・植物素材処理で注目される理由を示しています<sup>[2][4]</sup>。

## 作用機序： $\beta$ -脱離によるペクチン主鎖の切断

Pectin Lyaseの反応は、加水分解ではなく $\beta$ -脱離です。加水分解酵素が水分子を使ってグリコシド結合を切るのに対し、リアーゼは基質内の化学構造を利用して脱離反応を進め、不飽和結合を持つ生成物を生じます。この反応により、ペクチンの長い主鎖が短くなり、分子同士の絡み合い、ゲル形成、コロイド安定化が弱まります。Pectin Lyaseの改変研究では、耐熱性や酸耐性など、実際の工程条件でこの $\beta$ -脱離反応を維持することが重要な課題として扱われています<sup>[5][2]</sup>。

ペクチンは単一構造ではなく、メチルエステル化されたホモガラクトuron、分岐を持つラムノガラクトuron、側鎖を含む複雑な多糖として存在します。Pectin Lyaseは一般に、メチルエステル化されたペクチン主鎖に作用する酵素として理解され、ペクチン酸リアーゼはより脱エステル化されたペクチン酸側に作用する酵素として扱われます。アルカリ性Bacillus由来ペクチン酸リアーゼの反応性とpH依存安定性を評価した研究は、ペクチン分解リアーゼ群の中でも基質状態と工程pHが酵素選択に深く関係することを示しています<sup>[6]</sup>。

この違いは、果汁と繊維加工を同じ「ペクチン分解」として一括りにできない理由でもあります。果汁では風味、色調、酸性条件、清澄性が重視されるため、酸性域で働きやすいPectin Lyaseの設計・改変が研究されています。一方、繊維脱ガムやアルカリ精練に近い工程では、アルカリ条件で安定なリアーゼが重要になります。Bacillus licheniformis由来アルカリ性Pectin Lyaseの発現研究や、Bacillus velezensis由来アルカリ性Pectin Lyaseの熱・pH安定性に関する研究は、食品用途と繊維・工業用途で求められる酵素特性が異なることを示す代表例です<sup>[1][7]</sup>。

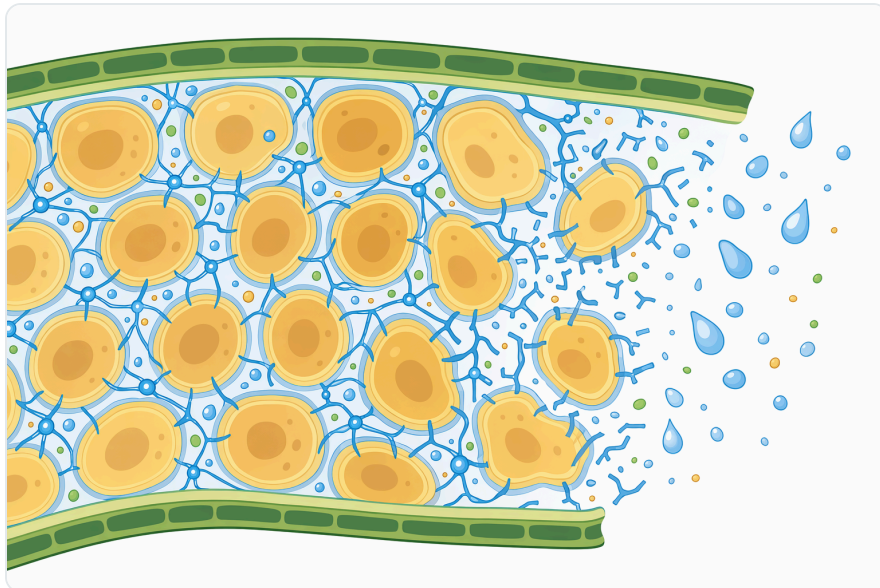


Figure 1. 펙틴이 풍부한 세포벽과 중간층 구조는 액체와 부유 고형물을 가두어 점도와 혼탁을 높이고 압착성을 떨어뜨릴 수 있습니다.

## Pectin Lyaseと関連酵素の違い

ペクチンを分解する酵素には、Pectin Lyaseのほか、ポリガラクトナーゼ、ペクチン酸リアーゼ、ペクチンメチルエステラーゼなどがあります。これらは同じ「ペクチナーゼ」として扱われることがありますが、作用点と反応様式が異なるため、工程上の結果も同じではありません。果汁清澄化ではペクチンの分子量低下が重要であり、繊維脱ガムでは中葉・表層のペクチン除去が重要で、ペクチン抽出や副産物利用ではペクチン構造を壊し過ぎない制御も必要になります<sup>[3][8]</sup>。

酵素群	主な標的	反応様式	工程上の意味	代表的に関係する用途
Pectin Lyase	主にメチルエステル化ペクチン	$\beta$ -脱離	高分子ペクチンを低分子化し、粘度・濁り・結着性を下げる	果汁清澄化、植物抽出、果実副産物処理
Pectate Lyase	脱エステル化されたペクチン酸側	$\beta$ -脱離	アルカリ性植物繊維処理や脱ガムで使いやすい場合がある	麻・綿・植物繊維脱ガム、工業的植物素材処理
Polygalacturonase	ポリガラクトロン酸主鎖	加水分解	ペクチン骨格を水解し、軟化・粘度低下に寄与	果実加工、植物細胞壁分解
Pectin methylesterase	ペクチンのメチルエステル基	脱エステル化	他のペクチン分解酵素の基質状態を変える	果汁物性制御、ペクチン構造改変

この表で重要なのは、Pectin Lyaseが「ペクチンメチルエステラーゼで脱エステル化してから切る」酵素ではなく、メチルエステル化ペクチンに直接作用し得るリアーゼとして位置づけられる点です。酸性果汁向けPectin Lyaseの酸耐性改変や、Bacillus由来アルカリ性Pectin Lyaseの安定性研究が個別に進むのは、基質状態だけでなく、工程pH、温度、共存成分が酵素性能を左右するためです<sup>[2][7]</sup>。

## 果汁清澄化での役割：濁り、粘度、ろ過抵抗を下げる

果汁加工でPectin Lyaseが注目される理由は、ペクチンが清澄性とろ過性に直接関係するためです。果実を破碎・搾汁すると、細胞壁や中葉にあったペクチンが液相へ移行し、微細な果肉粒子、タンパク質、フェノール性成分、無機成分などとともにコロイド状態を形成します。高分子ペクチンは水を抱え込み、液の粘度を上げ、沈降やろ過を遅らせます。Pectin Lyaseが主鎖を切断すると、ペクチンの分子量が低下し、粒子を安定化していたネットワークが弱まるため、清澄化や分離工程の負担軽減につながります<sup>[4]</sup>。

果汁用途では、酸性条件で酵素が失活しにくいことが特に重要です。Aspergillus niger由来Pectin Lyaseについて、表面電荷設計により酸耐性を高め、ジュース清澄化への応用を改善する研究が報告されています。この研究テーマ自体が、果汁工程では単に酵素がペクチンを切れるだけでなく、酸性の果汁環境で十分に機能を保つことが性能上の焦点になることを示しています[2]。

Bacillus velezensis 16B由来Pectin Lyaseに関する研究も、果汁加工の改善を目的としており、細菌由来Pectin Lyaseが飲料・植物素材加工で検討対象になっていることを示しています。果汁では、清澄度だけでなく、搾汁収率、遠心分離性、フィルターの目詰まり、濃縮前の粘度、最終飲料の外観安定性が連動するため、Pectin Lyaseは単一品質項目ではなく工程全体の流動性を支える酵素として扱われます[4]。

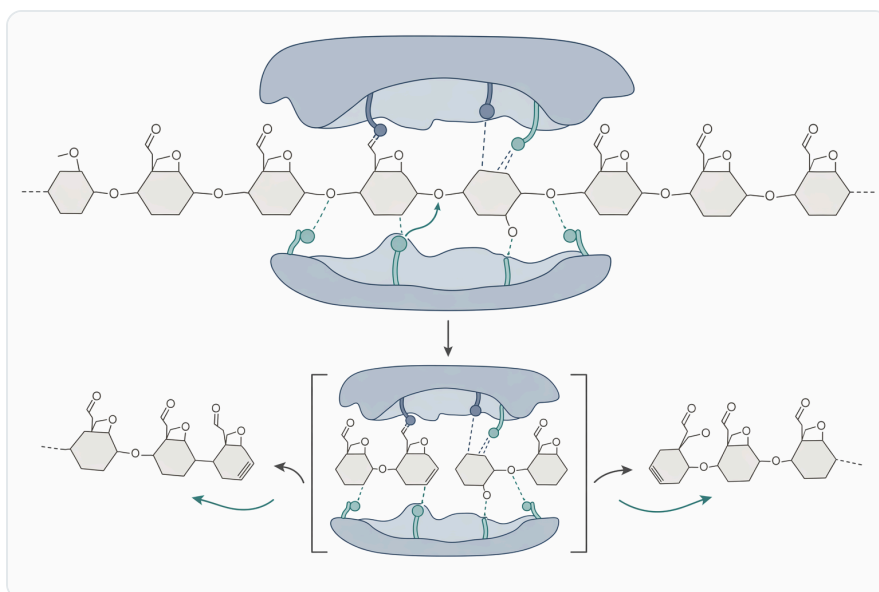


Figure 2. 펙틴 라이아제는  $\beta$ -제거 반응으로 메틸 에스터화된 펙틴을 절단하여 더 짧은 불포화 펙틴 조각을 생성합니다.

## 柑橘果皮・果実副産物・植物抽出での意味

柑橘果皮、リンゴ搾汁残渣、野菜加工残渣などの農産副産物は、ペクチン、セルロース、ヘミセルロース、フェノール性化合物、精油、色素などを含む複合原料です。柑橘果皮に関するレビューでは、果皮が治療・産業用途に関わる生理活性化合物を含む資源として整理されており、ペクチンを含む植物細胞壁画分の扱いが副産物利用の重要な要素になります[9]。

Pectin Lyaseは、こうした副産物を処理する際に、細胞壁のペクチン画分を低分子化して物質移動を促すために使われます。たとえば、植物抽出で粘度が高いスラリーは攪拌、固液分離、濃縮、膜処理に負担をかけます。ペクチン主鎖を切ることで、液相の粘度が下がり、細胞壁マトリックスが

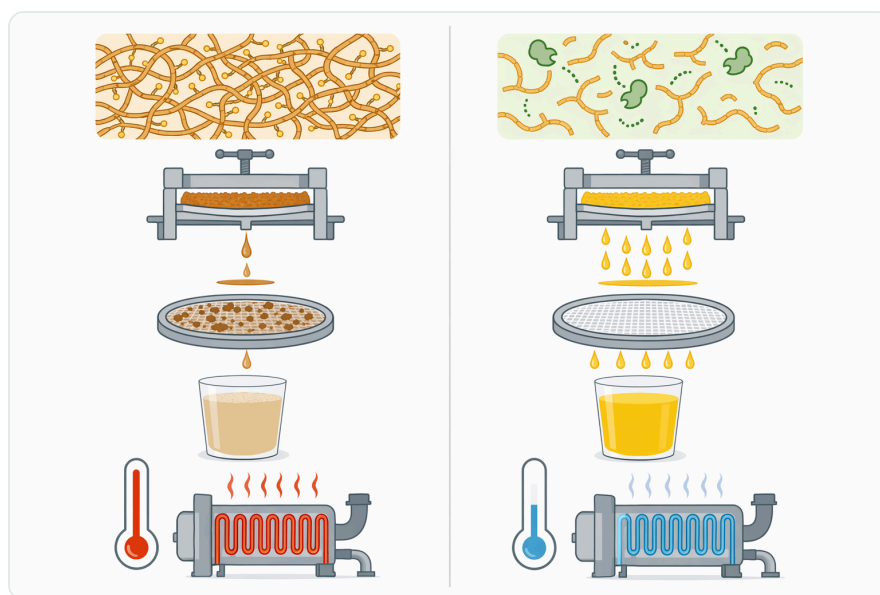
緩み、目的成分が溶媒側へ移動しやすくなります。野菜副産物の抽出法、産業利用、栄養的利点を扱うレビューでも、植物副産物を単なる廃棄物ではなく、成分回収の原料として捉える流れが強調されています<sup>[8]</sup>。

一方で、ペクチン自体を抽出・回収したい工程では、Pectin Lyaseの使い方に注意が必要です。ペクチンを食品用増粘・ゲル化素材として得たい場合、過度な主鎖切断は分子量を下げ、ゲル形成能や粘度を変える可能性があります。ペクチン抽出技術に関するレビューでは、従来法と革新的手法の両方が検討されており、原料、抽出条件、構造保持のバランスが重要であることが示されています<sup>[3]</sup>。

## 植物繊維脱ガム：中葉ペクチンを外して繊維束をほどく

麻、亜麻、ジュート、ラミー、ヘンプ、綿などの植物繊維では、セルロース繊維束の周囲にペクチン、ヘミセルロース、リグニン、ワックス、タンパク質などが存在します。このうちペクチンは、繊維同士を接着する中葉成分として働き、脱ガム、精練、染色、柔軟化、表面改質に影響します。Pectin LyaseまたはPectate Lyaseを用いる酵素処理は、強い化学処理だけに依存せず、ペクチン質を選択的に弱める手段として検討されます<sup>[6]</sup>。

ヘンプ繊維のグリーン脱ガムを扱うレビューでは、深共晶溶媒などの持続可能な処理技術が整理されており、植物繊維処理では環境負荷を下げながらペクチン・ガム質を除去することが重要な課題であることが示されています。Pectin Lyaseはこの文脈で、化学的膨潤、溶媒処理、機械処理と組み合わせられる生体触媒として位置づけられます<sup>[10]</sup>。



**Figure 3.** 펙틴 라이아제, 펙테이트 라이아제, 폴리갈락투로나아제, 펙틴 메틸에스터라아제는 기질 선호성과 반응 방식이 서로 다릅니다.

繊維用途では、果汁用途とは異なり、アルカリ性条件や比較的高い処理温度に耐える酵素が検討されます。Bacillus licheniformis由来アルカリ性Pectin LyaseのPichia pastorisでの発現研究や、Bacillus velezensis由来アルカリ性Pectin Lyaseの熱・pH安定性に関する研究は、繊維・工業処理で使いやすい酵素特性を得るための研究方向を示しています<sup>[1][7]</sup>。

## パルプ・製紙、植物素材スラリー、環境処理への応用

パルプ・製紙や植物素材スラリー処理では、セルロースだけでなく、ペクチンなどの非セルロース多糖が液の粘性、ろ水性、薬品浸透、繊維分散、微細繊維の挙動に影響します。Pectin Lyaseはセルロース主鎖を標的にする酵素ではないため、セルロースを残しながらペクチン由来の結着性や粘性を緩める工程補助剤として考えられます。熱安定性を高めたPectin Lyaseの研究が進む背景には、こうした工業工程で温度変動や長時間処理に耐える酵素が求められる事情があります<sup>[5]</sup>。

ペクチンを多く含む排水や副産物流では、粘度の高さ、沈降性の悪さ、微生物処理への移行性が問題になることがあります。Pectin Lyaseで高分子ペクチンを低分子化すると、固液分離、前処理、後段の生物処理に入る前の流動性改善に寄与する可能性があります。ただし、排水・残渣処理では原料の変動が大きく、ペクチン以外の糖、タンパク質、油分、フェノール性成分、無機塩も挙動を左右するため、Pectin Lyaseは「粘性を決める一要因であるペクチン」に対する選択的な対策として理解するのが適切です<sup>[8]</sup>。

## 酵素起源と工程適性：酸性、アルカリ性、耐熱性の違い

Pectin Lyaseは、糸状菌、Bacillus属などの細菌、その他の微生物由来で研究されています。起源が異なると、反応しやすいpH領域、熱安定性、基質選択性、共存成分への耐性が変わるため、果汁、繊維、抽出、排水処理で同じ結果になるとは限りません。Aspergillus niger由来Pectin Lyaseの酸耐性強化は果汁清澄化を意識した方向であり、Bacillus由来アルカリ性Pectin Lyaseの研究はアルカリ側の工業条件を意識した方向です<sup>[1][2]</sup>。

近年は、酵素工学によってPectin Lyaseの安定性を高める研究も進んでいます。機械学習を用いた多点組合せ変異によりPectin Lyaseの耐熱性を向上させる研究は、酵素設計が経験的な単点変異だけでなく、データ駆動型の組合せ探索へ進んでいることを示しています。耐熱性が高い酵素は、加温された植物スラリー、短時間高効率処理、温度変動のある工程で扱いやすくなる可能性があります<sup>[5]</sup>。

また、Brevibacillus borstelensis由来の好熱性Pectin Lyaseを精製・特性評価し、産業応用を検討した研究も報告されています。好熱性酵素は、一般に高温条件で構造が保たれやすい可能性があるため、加温工程を含む食品・植物素材処理や工業処理で関心を集めます。ただし、温度に強いこと

と、特定の原料で最も良い結果を出すことは同義ではなく、基質ペクチンのエステル化度、粒子径、可溶化状態、他成分との相互作用が最終効果を左右します<sup>[11]</sup>。



Figure 4. 주스 가공에서 펙틴 라이아제 처리는 펙틴이 지지하는 혼탁 구조를 약화시켜 압착, 침전, 원심분리, 여과를 개선할 수 있습니다.

## 用途別に見たPectin Lyaseの工程上の狙い

Pectin Lyaseを導入する目的は、用途によって異なります。果汁では清澄性、繊維では脱ガム、植物抽出では物質移動、排水では粘度低下が主な狙いになります。以下の表は、Pectin Lyaseを検討する際に工程側で何がかわるかを整理したものです。

用途領域	ペクチンが起こす主な問題	Pectin Lyaseによる変化	関連する工程指標
果汁・飲料	濁り、粘度、ろ過抵抗、沈降不良	高分子ペクチンの低分子化、コロイド安定性の低下	清澄度、ろ過性、遠心分離性、濃縮前粘度
植物抽出	細胞壁による物質移動制限、スラリー粘度	細胞壁マトリックスの緩和、抽出液の流動性改善	抽出効率、固液分離性、攪拌負荷
柑橘・果実副産物	果皮・搾汁残渣中のペクチンによる粘性	ペクチン画分の分解または構造調整	副産物処理性、成分回収、濃縮性
植物繊維脱ガム	繊維束の結着、表面ガム質	中葉ペクチンの分解、繊維分離性の改善	脱ガム度、柔軟性、染色前処理性
パルプ・製紙	非セルロース多糖によるろ水性・分散性への影響	ペクチン由来の粘性・結着性の低下	ろ水性、繊維分散、薬品浸透

用途領域	ペクチンが起こす主な問題	Pectin Lyaseによる変化	関連する工程指標
排水・残渣処理	粘度、沈降不良、後段処理負荷	高分子ペクチンの低分子化	流動性、沈降性、前処理効率

このように、Pectin Lyaseは「同じ酵素を入れれば同じ品質になる」タイプの添加剤ではありません。基質であるペクチンの構造、原料の粉碎状態、加熱履歴、酸性・アルカリ性条件、他の多糖分解酵素との併用、処理後の分離工程により、見える効果は変わります。Bacillus velezensis由来 Pectin Lyaseの果汁加工研究と、アルカリ性Bacillusペクチン酸リアーゼの産業環境評価研究が別々に存在することは、用途条件ごとの最適化が不可欠であることを示しています<sup>[6][4]</sup>。

## 他の酵素との併用：セルラーゼやヘミセルラーゼとの役割分担

植物細胞壁はペクチンだけで構成されているわけではありません。セルロース微 fibril、ヘミセルロース、ペクチン、リグニン、タンパク質、フェノール性架橋などが複合的に絡み合っています。そのため、果汁、植物抽出、繊維脱ガムでは、Pectin Lyaseをセルラーゼ、ヘミセルラーゼ、アラビナーゼ、キシラナーゼ、ポリガラクトツロナーゼなどと組み合わせる設計が検討されることがあります。Pectin Lyaseの役割は、その中でペクチン主鎖の分解にあります<sup>[3]</sup>。

ただし、酵素を増やせば必ず良いわけではありません。果汁では過剰な細胞壁分解により濁り成分が増える場合があります、植物抽出では微細固形分が増えてる過が難しくなる場合があります。繊維ではペクチン除去が不十分だと脱ガムが進まず、逆に処理が強すぎると目的繊維の品質や歩留まりに影響する可能性があります。Pectin Lyaseは、ペクチン由来の問題を狙って制御する酵素として扱うことが重要です<sup>[10]</sup>。

## Pectin Lyaseの利点：選択性、副生成物低減、穏やかな工程設計

Pectin Lyaseの大きな利点は、強酸・強アルカリ・高温長時間処理だけに頼らず、ペクチン主鎖を選択的に切断できる点です。果汁では風味や色調への影響を抑えながら粘度・濁りを下げる設計がしやすく、繊維では過酷な化学脱ガムの負荷を下げる補助となり、植物副産物処理では抽出・分離の効率化につながります。柑橘果皮や野菜副産物の産業利用が注目される中、ペクチンをどう扱うかは副産物の価値化に直結します<sup>[9][8]</sup>。

また、Pectin Lyaseはペクチンを脱メチル化する酵素ではなく、主鎖を $\beta$ -脱離で切る酵素として扱われるため、ペクチンメチルエステラーゼ主体の処理とは生成物や工程挙動が異なります。この違いは、果汁清澄化、ペクチン構造制御、繊維処理で重要です。酸耐性改変、耐熱性向上、アルカリ性酵素の発現研究が進んでいることは、Pectin Lyaseの基本反応を各産業条件へ合わせ込むニーズが高いことを示しています<sup>[5][2]</sup>。

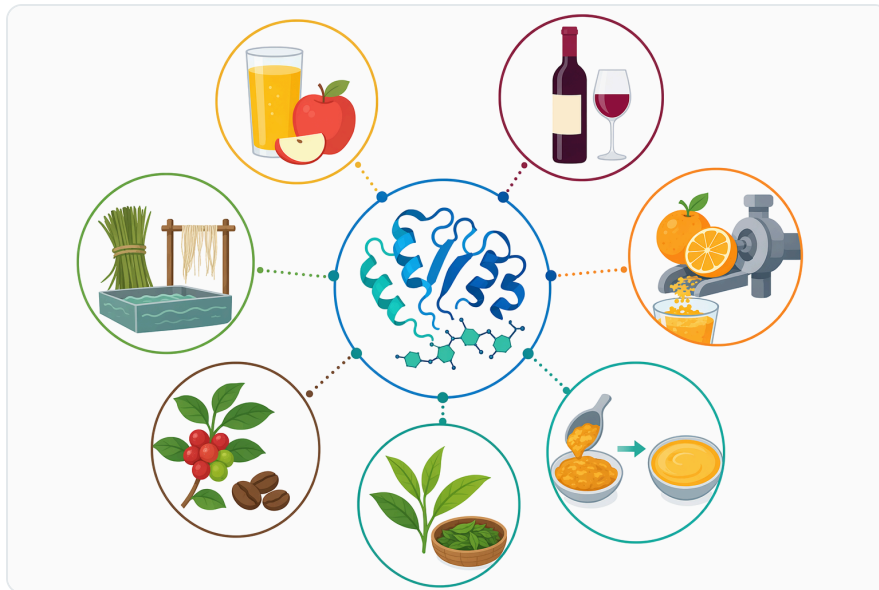


Figure 5. 펙틴 라이아제는 과일 주스 청징, 과육 매시의 압착성 향상, 식물 추출, 섬유 처리, 펙틴성 잔여물 처리 등 다양한 분야에 사용됩니다.

## 限界と解釈：効果はペクチン量だけでは決まらない

Pectin Lyaseの効果を評価する際は、「原料中のペクチン量が多いほど必ず効果が大きい」と単純化しないことが重要です。ペクチンのエステル化度、分子量、カルシウムや他成分との相互作用、加熱による可溶化、粉碎による粒子径、pH、イオン強度、糖濃度、ポリフェノールやタンパク質との複合体形成が、粘度や濁りに影響します。ペクチン抽出技術のレビューでも、原料と処理条件がペクチン構造と機能に大きく関わる事が整理されています<sup>[3]</sup>。

そのため、Pectin Lyaseは「ペクチンを含むすべての工程で万能に働く酵素」ではなく、「ペクチン主鎖の切断が工程上の制約になっている場合に有効な選択的ツール」と見るべきです。果汁清澄化のようにペクチンが濁りと粘度に強く関与する工程では有効性を説明しやすい一方、濁りの主因がタンパク質、澱粉、微細繊維、油滴、ポリフェノール複合体である場合、Pectin Lyaseだけでは十分な改善が得られないことがあります。Bacillus velezensis由来Pectin Lyaseの果汁加工研究も、酵素特性と実際の加工条件を結び付けて理解する必要性を示しています<sup>[4]</sup>。

## Enzymes.bioでの供給形態

Enzymes.bioは、Pectin Lyaseを事業者向けに供給するB2B酵素サプライヤーです。Enzymes.bioは製造業者または研究所ではなく、製品ページから1 kg単位でオンライン購入できる供給チャネルを提供します。注文時には、製品に関連するCoAおよびSDSが併せて提供されます。

本ページのPectin Lyaseは、果汁清澄化、植物素材処理、農産副産物利用、繊維脱ガム、パルプ・製紙、環境処理など、ペクチン由来の工程課題を扱う事業者向けの酵素原料です。Pectin Lyaseはペクチンを $\beta$ -脱離で切断する明確な機能を持ちますが、最終的な清澄度、粘度、ろ過性、脱ガム性、抽出効率 は原料と工程条件に依存します。用途に応じて、Pectin Lyaseを単独の添加物ではなく、植物細胞壁処理・分離・抽出・品質制御の一部として位置づけることが実務上重要です<sup>[1][11]</sup>。

## Pectin Lyaseをオンライン注文

1 kg単位で販売、在庫あり・即出荷可能です。オンラインストアで直接ご注文・決済いただければ、当社でご注文を処理します。すべてのご注文に試験成績書（CoA）と安全データシート（SDS）が付属します。

[Pectin Lyaseを購入 →](#)

## 参考文献

初出引用順に番号を付けています。各出典はオープンアクセスで、公開時にアクセス可能であることを確認済みです。本文中の引用番号からこちらにリンクしています。

1. Li, J., Yang, M., Zhao, F., Zhang, Y., & Han, S. (2024). Efficient expression of an alkaline pectin lyase from *Bacillus licheniformis* in *Pichia pastoris*. *Bioresources and Bioprocessing*, 11.
2. Li, Y., Zhang, H., Fu, Y., Zhou, Z., Yu, W., Zhou, J., Li, J., ... et al. (2024). Enhancing Acid Resistance of *Aspergillus niger* Pectin Lyase through Surface Charge Design for Improved Application in Juice Clarification. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*.
3. Macias-Frotto, B., Rostro-Alanis, M., Escobedo-Avellaneda, Z., & Welti - Chanes, J. (2024). Conventional and Innovative Methods for Pectin Extraction from Agro-industrial By-products. *Food Engineering Reviews*, 17, 161 - 188.
4. Pavlović, M., Slavić, M. Š., Kojić, M., Margetić, A., Ristović, M., Drulović, N., & Vujčić, Z. (2024). Unveiling novel insights into *Bacillus velezensis* 16B pectin lyase for improved fruit juice processing. *Food Chemistry*, 456, 140030 .
5. Zhang, Z., Li, Z., Yang, M., Zhao, F., & Han, S. (2024). Machine learning-guided multi-site combinatorial mutagenesis enhances the thermostability of pectin lyase. *International Journal of Biological Macromolecules*, 134530 .
6. 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 .

7. Li, Z., & Tian, S. (2024). A new alkaline pectin lyase with novel thermal and pH stability from *Bacillus velezensis*. *Protein Expression and Purification*, 106564 .
8. Teshome, E., Teka, T., Urugo, M. M., Nandasiri, R., Gemedede, H. F., Rani, I., Adebo, J., ... et al. (2024). Extraction methods, industrial uses, and nutritional benefits of vegetable byproducts. *International Journal of Vegetable Science*, 30, 334 - 363.
9. Chakraborty, S., Goel, K., Rasal, V., Paul, K., & Mandal, D. (2024). A Comprehensive Review: Exploring Bioactive Compounds of Citrus Fruit Peels for Therapeutic and Industrial Applications. *Food Science and Engineering*.
10. Rafi, M., Zhou, Y., Patowary, M. M. H., Wang, S., He, Z., Wang, M., Jiang, Z., ... et al. (2026). Green degumming of hemp fibers: Evaluating deep eutectic solvents for sustainable industrial applications: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 150906 .
11. Demir, N., Taşğın, E., Nadaroğlu, H., Demir, Y., Adıgüzel, A., & Güllüce, M. (2013). Purification and Characterization of Pectin Lyase Enzyme from Thermophilic *Brevibacillus Borstelensis* (P35) Bacteria and Investigation of Some Industrial Applications.


## Enzymes.bioへお問い合わせ

ご注文に関するご質問は、当社チームが喜んでサポートします。

メール [wholesale@enzymes.bio](mailto:wholesale@enzymes.bio)

電話（米国） **+1 (507) 428-6057**

[お問い合わせ →](#)

 **400+** B2B顧客

 **60+** 大学研究パートナー

 **54** 世界各国に供給

© 2026 Enzymes.bio · 産業用 · 食品加工用酵素の供給 · 人の摂取用または小売販売用ではありません。