

食品用途向けペクチナーゼ：リンゴ果汁の清澄化・粘度低減に使う酵素

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

食品用途向けペクチナーゼは、リンゴ果汁に残るペクチン性コロイドを分解し、粘度、濁り、ろ過負荷を下げるために使われる酵素群です。リンゴ果汁では、ペクチンが果肉微粒子と水相を結びつけて沈降しにくい分散状態をつくるため、ポリガラクトナーゼなどのペクチン分解活性が清澄化と搾汁・ろ過効率に直接関係します^[1]。Enzymes.bioは本酵素を供給業者として1kg単位でオンライン販売し、注文時にCoAおよびSDSを併せて提供します。

リンゴ果汁でペクチンが処理課題になる理由

リンゴの細胞壁と細胞間層には、ホモガラクトナン、ラムノガラクトナン、側鎖を持つ中性糖領域などから成るペクチン性多糖が存在します。破碎や圧搾によって細胞壁が壊れると、これらのペクチンは果汁中へ移行し、果肉由来の微粒子、タンパク質、ポリフェノール、ミネラル成分と一緒にコロイド分散系を形成します。清澄リンゴ果汁では、このコロイドが透明性を妨げ、クラウディタイプでは粒子安定性や口当たりに関与します。リンゴやニンジンのポマス由来ペクチン画分を比較した研究でも、酸処理と酵素処理ではRG-I領域などの構造変化が異なり、果実加工中のペクチン分解が単なる「粘りの除去」ではなく、多糖構造の再編成であることが示されています^[2]。

リンゴ果汁の粘度は、糖濃度だけでなく、少量の高分子ペクチンの存在に強く左右されます。長鎖ペクチンは水を抱え込み、粒子表面に吸着し、微細な果肉粒子同士の凝集・沈降を遅らせます。そのため、遠心分離やろ過をかけても、液相中に細かい濁りが残り、フィルターや膜の負荷が上がりやすくなります。果汁の清澄化研究では、ペクチナーゼ処理の目的が「色を抜く」ことではなく、ペクチンが支えている粘性ネットワークとコロイド安定性を弱め、後段の固液分離を進みやすくすることにあります^[3]。

この問題はリンゴに限りません。ポメロのクラウディ果汁では、ペクチンが支配的なコロイド不安定性、粒子形態、レオロジー特性に関与し、酵素消化によって粘弾性と分散状態が変化することが報告されています^[4]。リンゴ果汁でも同様に、ペクチンが高分子のまま残ると、果汁の流動性、沈

降挙動、ろ過速度、濃縮前の取り扱いやすさに影響します。したがって、ペクチナーゼは清澄果汁ラインだけでなく、濃縮前処理、果汁ベース、発酵前処理、植物性飲料原料の粘度調整でも意味を持ちます。

ペクチナーゼは単一酵素ではなく、ペクチンを狙う酵素群である

「ペクチナーゼ」は、ペクチンの異なる部位に作用する複数酵素の総称です。代表的には、ポリガラクトナーゼ、ペクチンリアーゼ、ペクチン酸リアーゼ、ペクチンメチルエステラーゼが含まれます。ポリガラクトナーゼは主にガラクトツロン酸残基の α -1,4結合を加水分解し、長いペクチン主鎖を短いオリゴマーへ分解します。ペクチンリアーゼはメチルエステル化されたペクチン鎖を開裂し、ペクチンメチルエステラーゼはメチルエステル基を外して、他のペクチン分解酵素が作用しやすい基質状態をつくります。食品バイオプロセス向けペクチナーゼの近年の総説でも、これらの酵素種、由来、触媒機構、条件最適化が果汁加工で重要な要素として整理されています^[3]。

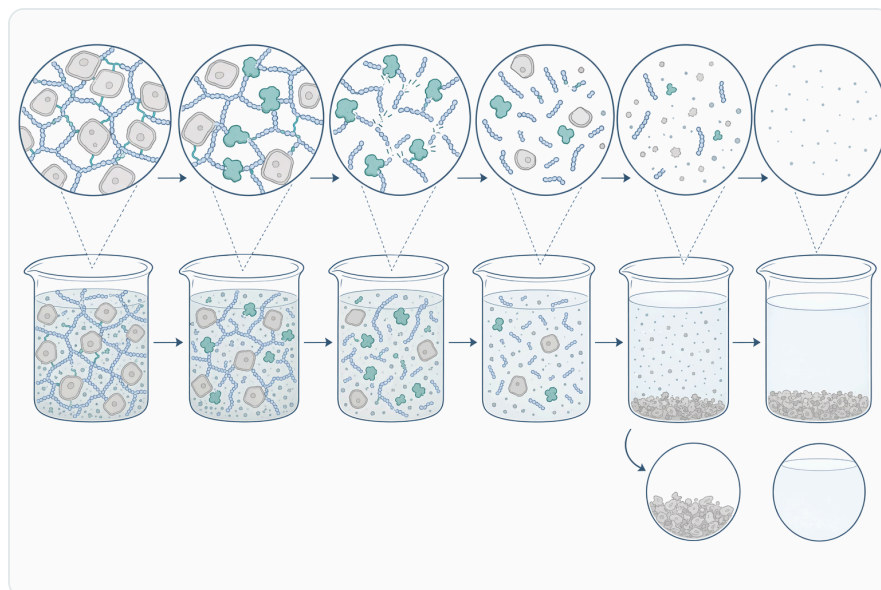


Figure 1. 식품용 펙티나아제가 사과 펙틴을 더 짧은 수용성 조각으로 가수분해하여 점도를 낮추고 청징을 촉진합니다.

リンゴ果汁の清澄化では、特に高分子ペクチンを短鎖化する反応が重要です。高分子ペクチンは、溶液中で広がった鎖として存在し、果汁の見かけ粘度を上げます。酵素が主鎖を切断すると、分子量が下がり、水和した高分子鎖同士の絡み合いが減少します。これにより、果汁はポンプ移送しやすくなり、タンク内での気泡保持や沈降遅延も起こりにくくなります。アボカド果皮から分離されたBacillus属由来ペクチナーゼの特性評価研究でも、ペクチンを基質とする分解活性が、農産物副産物や果実加工への応用可能性と結びつけて検討されています^[5]。

清澄化のもう一つの機序は、微粒子表面に存在するペクチン層の変化です。果肉粒子は、表面にペクチン性多糖を持つことで水中に安定分散しやすくなります。ペクチンが分解されると、粒子間の反発や水和層が弱まり、沈降、凝集、遠心分離、ろ過で除去されやすい状態へ移ります。つまり、ペクチナーゼ処理は「溶けたペクチンを消す」だけではなく、果汁中の粒子と液相の界面状態を変えます。グアバ果汁でアルギン酸被覆磁性ナノ粒子に固定化したペクチナーゼを用いた研究でも、ペクチン加水分解が果汁マトリックス中での清澄化・加水分解挙動に関わることが示されています[6]。

リンゴ果汁清澄化に関する直接的な研究知見

リンゴ果汁では、ポリガラクトツロナーゼを用いた酵素加水分解が果汁収率に影響することが研究されています。Liらの研究は、ポリガラクトツロナーゼと農薬残留物との相互作用がリンゴ果汁の酵素加水分解と収率に及ぼす影響を扱っており、酵素反応が原料マトリックス中の共存成分に影響され得ることを示しています[1]。この知見は、ペクチナーゼの有用性だけでなく、リンゴ品種、栽培履歴、貯蔵状態、破碎条件などが酵素処理の結果に影響し得ることを理解するうえでも重要です。

リンゴ副産物を含む果汁設計でも、ペクチナーゼを含む酵素処理は品質変化に関与します。リンゴバガスを添加したリンゴ果汁に酵素加水分解と超音波処理を組み合わせた研究では、果汁特性の変化が検討され、果肉由来成分を多く含む系で酵素処理が物性と組成に関係することが示されています[7]。通常、清澄果汁ではバガス添加は目的と異なりますが、果肉分が多い原料液や搾汁直後の濁りが強い液では、同じように細胞壁由来多糖の分解が工程挙動を左右します。

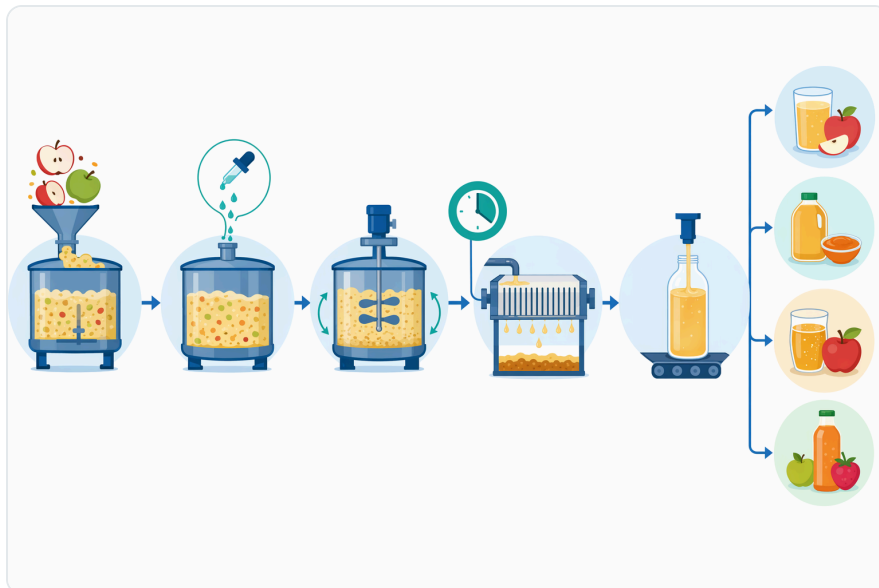


Figure 2. 사과 가공에서는 분쇄 후 펙티나아제를 첨가하여 점도를 낮추고, 주스 추출을 개선하며, 여과를 빠르게 합니다.

Harlikarリンゴ果汁を対象にした複合酵素加水分解の研究では、食物繊維含量と抗酸化能を高めた果汁製造が検討されています^[8]。この研究は、単に透明な果汁をつくる目的だけでなく、リンゴ由来の細胞壁成分をどの程度分解し、どの程度可溶化するかが、最終製品の栄養・機能性設計にも関係することを示します。清澄果汁用途では可溶化と除去のバランス、クラウディ果汁用途では分散安定性と口当たりのバランスが重要になります。

アップルバガスやアップルポマスを原料にした研究も、ペクチナーゼ処理の意味を補強します。高圧ホモジナイズと酵素加水分解により、リンゴバガスやオレンジピールからペクチンおよびセロオリゴ糖を得てプレバイオティック可能性を評価した研究では、果実副産物中のペクチン性多糖が酵素処理によって機能性オリゴ糖へ変換され得ることが示されています^[9]。リンゴ果汁ラインでは主目的が清澄化であっても、ポマス利用を併設する場合、上流での酵素処理が副産物のペクチン構造や抽出性に影響する可能性があります。

他果汁研究から見える処理条件と工程感度

ペクチナーゼ処理の結果は、温度、pH、接触時間、果汁中の可溶性固形分、粒子濃度、ペクチンのメチルエステル化度、熱履歴に左右されます。Bambangan果汁の酵素清澄化研究では、操作条件がペクチナーゼによる清澄化結果に影響することが検討されており、果汁ごとのマトリックス差を無視できないことが示されています^[10]。リンゴ果汁でも、早生品種、貯蔵リンゴ、加熱済みピューレ、破碎後の酸化状態が異なれば、同じ酵素処理でも粘度低下や濁度低下の速度が変わります。

シーバックソーン果汁をペクチナーゼ処理した研究では、主要な物理化学特性と電気化学的フィンガープリントが処理によって変化することが報告されています^[11]。このような研究は、清澄化酵素が単にろ過を速めるだけでなく、果汁中の可溶性成分、酸化還元性を持つ成分、粒子分布に影響し得ることを示します。リンゴ果汁でも、ポリフェノール、香気前駆体、細胞壁由来糖鎖が関係するため、清澄性、色調、風味保持の間で工程設計上の折り合いが必要です。

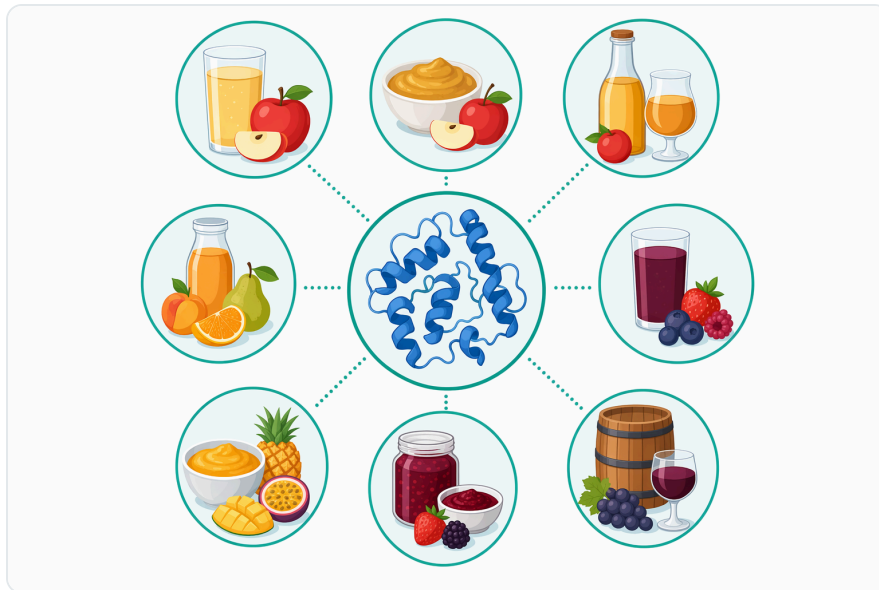


Figure 3. 식품용 펙티나아제는 펙틴으로 인해 혼탁이나 높은 점도가 발생하는 과일 주스 및 과일 가공 분야 전반에 사용됩니다.

低温処理に関しては、食品加工における低温活性酵素の可能性が研究されており、低温でも働く微生物由来酵素は、熱負荷を抑えたい果汁加工に関心を持たれています^[12]。南極海綿に関連する糸状菌からの低温活性ペクチン分解活性も報告されており、ペクチナーゼの由来と温度特性が多様であることが分かります^[13]。ただし、実際の果汁ラインでは、低温で反応を遅く進めるか、より温和な加温で短時間化するかを、製品設計と設備に合わせて考える必要があります。

未処理果汁とペクチナーゼ処理果汁の工程上の違い

観点	ペクチナーゼ未処理のリンゴ果汁	ペクチナーゼ処理後に期待される変化
ペクチン状態	高分子ペクチンが残り、果肉粒子を安定化しやすい	主鎖分解により分子量が下がり、コロイド安定性が弱まる
粘度	移送、熱交換、濃縮前処理で抵抗になりやすい	流動性が上がり、ポンプ移送や攪拌が扱いやすくなる
濁り	微細粒子が沈みにくく、清澄化に時間がかかる	凝集・沈降・遠心分離・ろ過で除去しやすくなる
ろ過挙動	フィルター目詰まりや膜ファウリングが起こりやすい	ろ過負荷の低減が期待できる
製品設計	クラウディ感やボディを保持しやすい	透明性を高めやすいが、過度の処理では口当たりが変わる

観点	ペクチナーゼ未処理のリンゴ果汁	ペクチナーゼ処理後に期待される変化
副産物への影響	ポマス中に比較的未分解のペクチンが残りやすい	ポマスの多糖構造や抽出性が変わる可能性がある

この比較で重要なのは、ペクチナーゼ処理の価値が「透明にする」一点だけではないことです。リンゴ果汁製造では、搾汁後の粘度が下がることでタンク移送、遠心分離、ろ過、濃縮、殺菌前後の取り扱いが安定しやすくなります。特に清澄果汁では、ペクチンが残ったまま後段へ進むと、いったん透明に見えても貯蔵中に二次的なヘイズや沈殿が出る可能性があります。ペクチナーゼ工学の総説では、果汁・食品バイオプロセスにおける清澄化、抽出、粘度低減が主要な応用領域として整理されています^[3]。

一方、クラウディリンゴジュースや果肉感を訴求する製品では、ペクチン分解を進めすぎると、望ましい濁り、ボディ感、自然な沈降安定性が変化します。ペクチンは不都合な成分であると同時に、製品の質感を形成する成分でもあります。したがって、清澄果汁では分解を十分に進め、クラウディ果汁では分散安定性を壊しすぎないように処理を位置づける、という考え方が必要です。ポメロ果汁の研究でも、ペクチン分解は粒子形態とレオロジーの両方に影響しており、濁りを持つ果汁では酵素処理の強さが品質設計に直結します^[4]。

リンゴ果汁ラインでの使いどころ

リンゴ果汁工程では、ペクチナーゼは主に破碎後のマッシュ、搾汁後の粗果汁、清澄化前の保持タンク、濃縮前の前処理に組み込まれます。マッシュ段階で使う場合、細胞壁のペクチンが分解され、果肉組織に保持された液体が外へ出やすくなります。搾汁後の果汁に使う場合は、液相に溶けたペクチンと粒子表面のペクチンを分解し、沈降やろ過を進めやすくします。リンゴ果汁収率を対象としたポリガラクトナーゼ研究は、搾汁・加水分解工程におけるペクチン分解の実務的重要性を裏づけています^[1]。

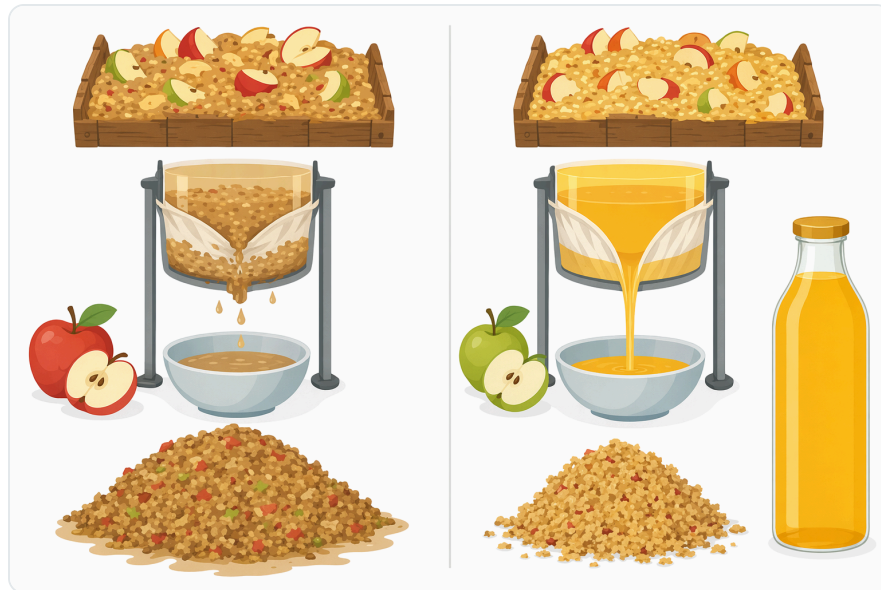


Figure 4. 고온 처리에 의존한 침전이나 여과만으로는 어려운 공정에 비해, 펙티나아제 처리는 더 빠른 청징과 더 낮은 점도의 사과 주스를 제공합니다.

清澄化前処理として使う場合、後段の遠心分離、デカンテーション、ろ過、膜処理の負荷軽減が主な目的になります。ペクチンが残った果汁は、見かけ粘度が高いだけでなく、フィルター表面にゲル状の層を形成しやすく、流束低下の原因になります。酵素処理によってペクチン鎖が短くなると、ろ材表面での閉塞性が下がり、微粒子が分離しやすい状態になります。固定化ペクチナーゼを使ったグアバ果汁研究でも、ペクチン加水分解を果汁中で制御することが清澄化プロセスの中心課題として扱われています^[6]。

濃縮果汁では、粘度低減の効果がさらに重要です。濃縮前にペクチンが多いと、蒸発濃縮中の熱移動、泡立ち、配管抵抗、濃縮液の扱いやすさに影響します。ペクチナーゼ処理で高分子ペクチンを低分子化しておくことで、後段の物理処理が安定しやすくなります。ただし、果汁の熱履歴が先に強く加わると、ペクチンと他成分の相互作用や酵素の働きやすさが変わるため、工程順序は品質目標と設備構成に合わせて設計されます。食品産業における微生物由来酵素の利用では、酵素特性とプロセス条件の整合が重要であると整理されています^[14]。

ペクチナーゼ処理で変わる品質指標

リンゴ果汁メーカーがペクチナーゼ処理で注目する品質指標は、濁度、粘度、ろ過性、沈降性、可溶性固形分、色調、香味、収率です。清澄果汁では、濁度低下とろ過性改善が優先されます。高分子ペクチンが分解されると、果肉粒子を保持していた水和ネットワークが崩れ、微粒子が分離しやすくなります。Bambangan果汁の清澄化研究のように、操作条件が結果に影響するため、ペクチナーゼ処理の効果は「酵素を入れたかどうか」だけでなく、果汁マトリックスと工程条件の組み合わせで決まります^[10]。

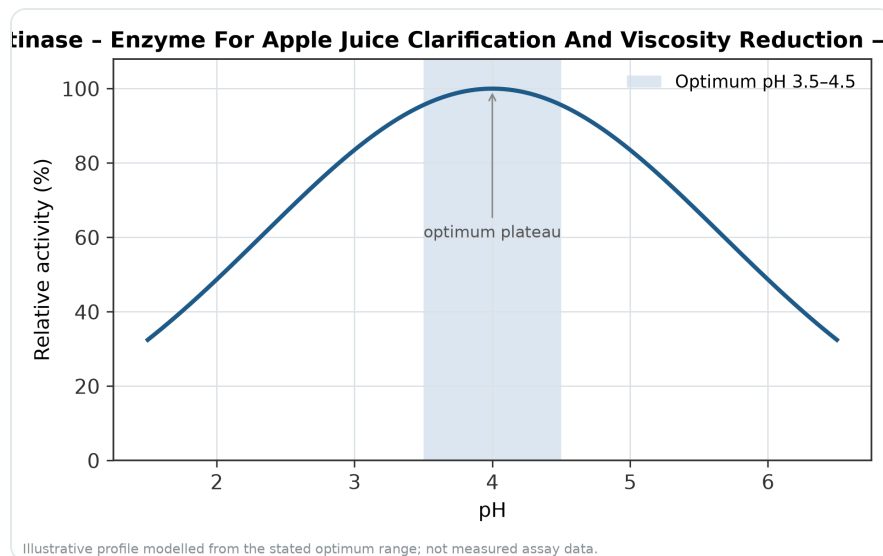


Figure 5. pH에 따른 식품용 펙티나아제(사과 주스 청징 및 점도 감소용 효소)의 상대 활성으로, pH 3.5–4.5에서 최적 활성 구간이 나타납니다.

収率面では、マッシュ処理によって細胞壁が緩み、压榨時に液体が抜けやすくなることが期待されます。リンゴ果汁におけるポリガラクトナーゼと果汁収率の研究は、ペクチン分解が搾汁効率に関わることを直接扱っています^[1]。ただし、収率向上を目的に強い細胞壁分解を行うと、可溶化される多糖や微粒子が増え、清澄化負荷が変わる場合があります。したがって、搾汁収率を上げる処理と、透明な果汁を得る処理は同じ方向に見えても、最終品質に対する最適点は必ずしも一致しません。

色調と香味にも注意が必要です。ペクチナーゼは主にペクチンを分解する酵素ですが、細胞壁が緩むことでフェノール性化合物、香気前駆体、可溶性糖、酸、ミネラルの移行挙動が変わることがあります。シーバックソーン果汁でペクチナーゼ処理により物理化学特性と電気化学的フィンガープリントが変化した報告は、果汁酵素処理が多成分系全体の状態を変えることを示しています^[11]。リンゴ果汁でも、清澄性を高める処理が色の明るさや風味の輪郭に影響する可能性があります。

リンゴポマス、副産物利用、アップサイクルとの関係

リンゴ果汁生産では、搾汁後にアップルポマスが発生します。ポマスには、皮、果肉繊維、種子片、未抽出の糖、有機酸、ポリフェノール、ペクチン性多糖が残ります。ペクチナーゼ処理を上流で行うと、ポマスに残るペクチンの分子量、側鎖構造、抽出性が変わる可能性があります。Red Deliciousリンゴポマスを用いた研究では、統合加水分解により発酵性糖を得るバイオリファイナリ一的アプローチと、フィトケミカルプロファイルや抗菌活性が検討されています^[15]。

アップルバガスやオレンジピールを高圧ホモジナイズと酵素加水分解で処理し、ペクチンおよびセロオリゴ糖のプレバイオティック可能性を評価した研究は、果汁副産物中の多糖が食品素材として再評価され得ることを示しています^[9]。清澄果汁ラインにペクチナーゼを入れる場合、主目的は果

汁側の粘度低減と清澄化ですが、副産物をペクチン抽出、発酵基質、食物繊維素材として利用する工場では、上流の酵素処理が副産物の価値にも影響します。

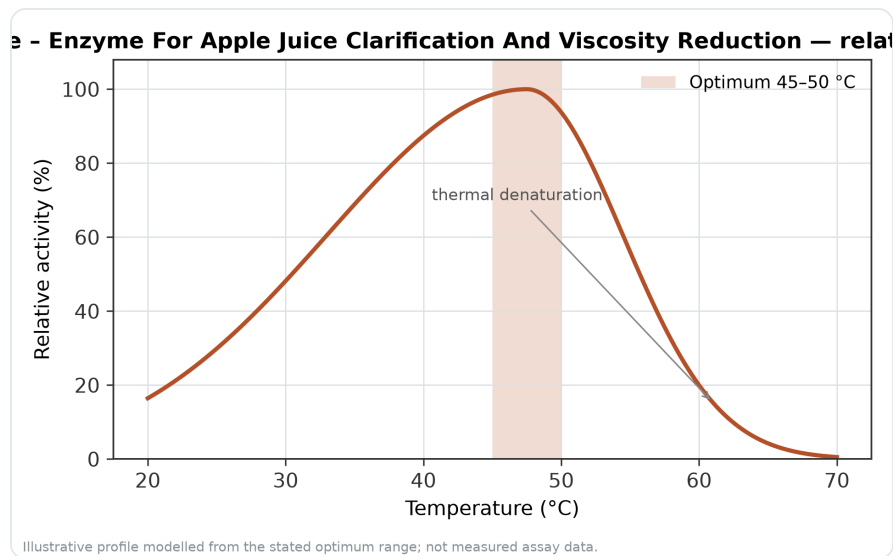


Figure 6. 온도에 따른 식품용 펙티나아제(사과 주스 청징 및 점도 감소용 효소)의 상대 활성으로, 45-50° C에서 최적 활성을 보이며 최적 온도 이상에서는 열변성으로 인한 전형적인 활성 감소가 나타납니다.

複合酵素加水分解によってHarlikarリンゴ果汁の食物繊維含量と抗酸化能を高めた研究は、ペクチン分解を「除去」ではなく「可溶化・機能化」として使う方向性も示しています^[8]。つまり、同じペクチナーゼでも、清澄果汁では濁りと粘度を下げるために使われ、機能性果汁や副産物利用では細胞壁成分を可溶化して価値を高めるために使われます。この違いを理解することで、リンゴ加工全体の物質収支と製品設計をより精密に扱えます。

他の酵素・処理技術との違い

リンゴ果汁加工では、ペクチナーゼ以外にも、セルラーゼ、ヘミセルラーゼ、アミラーゼ、キシラナーゼ、プロテアーゼなどが工程目的に応じて検討されます。セルラーゼやヘミセルラーゼは細胞壁多糖を広く分解し、果肉組織の崩壊や抽出性に関与します。キシラナーゼはヘミセルロースの一種であるキシランを分解し、食品・飼料・パルプなど幅広い産業用途が知られています^[16]。しかし、リンゴ果汁の清澄化と粘度低減の中心課題がペクチンである場合、ペクチナーゼが最も直接的な酵素選択肢になります。

物理処理との役割分担も明確です。遠心分離、ろ過、膜処理は、粒子を物理的に除去する工程です。これに対し、ペクチナーゼは、粒子と液相を安定化しているペクチン性ネットワークを化学的・酵素的に切断します。言い換えると、ペクチナーゼは分離装置そのものではなく、分離しやす

い状態をつくる前処理です。酵素の固定化や機能化ポリマーへの担持に関する研究では、酵素をプロセス内で再利用・安定化する工学的方向性も議論されていますが、通常の果汁ラインでは処理目的と設備に応じて適切な酵素形態が選ばれます^[17]。

殺菌技術とも目的が異なります。ペクチナーゼは微生物を不活化するための酵素ではなく、ペクチンを分解して物性と清澄性を変える加工助剤です。果汁の微生物安全性は、加熱、衛生設計、充填管理、必要に応じた非熱処理などで確保されます。したがって、ペクチナーゼ処理を行っても、殺菌工程や保存安定性管理の代替にはなりません。食品加工における酵素利用は、物性改良、抽出、反応選択性の向上に強みがあり、微生物制御とは別の工程機能として考える必要があります^[14]。

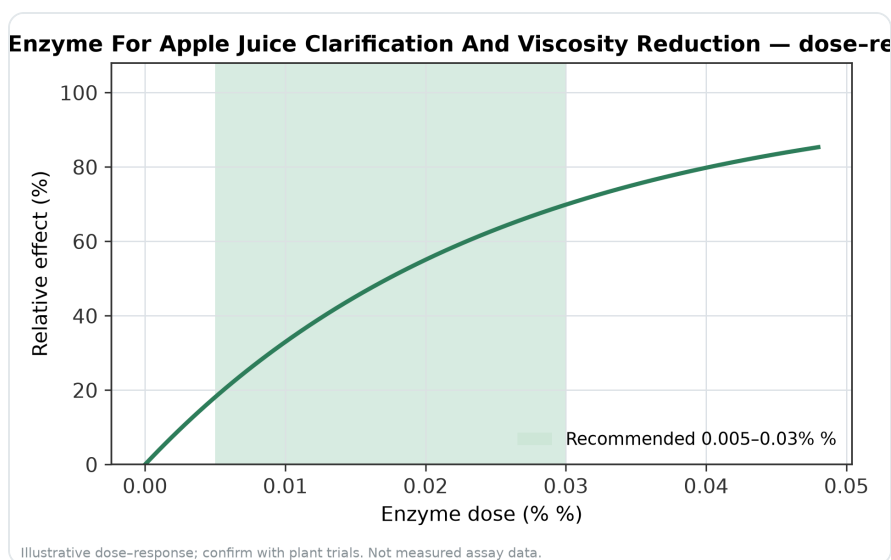


Figure 7. 권장 사용 범위(0.005–0.03%)에서 식품용 펙티나아제(사과 주스 청징 및 점도 감소용 효소)의 용량-반응 예시입니다.

工程設計で避きたい誤解

第一の誤解は、「ペクチナーゼを使えば常に透明度が上がる」という単純化です。ペクチンが濁りの主因であれば清澄化は進みやすいものの、タンパク質、ポリフェノール酸化物、デンプン様成分、金属イオン、熱変性粒子が主因の場合、ペクチナーゼだけでは十分でないことがあります。ペクチナーゼはペクチン分解に特化した酵素群であり、果汁中のすべてのヘイズ原因を分解するものではありません。果汁ごとの操作条件が清澄化に影響することは、Bambangan果汁の研究からも確認できます^[10]。

第二の誤解は、「処理を強くするほど品質が良い」という考え方です。清澄リンゴ果汁では透明性が重要ですが、過度な細胞壁分解は、可溶化成分の増加、口当たりの変化、沈降挙動の変化をもたらす場合があります。クラウドイ果汁では、ペクチンが粒子分散を支えているため、分解しすぎると層分離や沈殿が起りやすくなることもあります。ペクチン支配的な果汁コロイドで酵素消化が形態とレオロジーを変えることは、ポメロ果汁の研究で明確に示されています^[4]。

第三の誤解は、「リンゴ果汁への知見はすべての果汁にそのまま当てはまる」というものです。果実ごとにペクチン量、メチルエステル化度、側鎖構造、酸度、可溶性固形分、ポリフェノール組成が異なります。グアバ、シーバックソーン、ポメロ、Bambanganなどの研究は、ペクチナーゼが果汁加工で広く有用であることを示しますが、同時に果汁マトリックスごとの差も示しています^[6]。リンゴ果汁での運用では、リンゴ特有の酸味、香気、ポリフェノール酸化、ポマス組成を前提に考える必要があります。

Enzymes.bio供給品としての位置づけ

Enzymes.bioは、食品用途向けペクチナーゼを供給するオンライン供給業者であり、製造業者または研究機関として本書を提示するものではありません。本製品は1kg単位でオンラインから直接購入でき、オンライン決済後に注文処理と配送が行われます。注文時には、製品に関するCoAおよびSDSが併せて提供され、社内の受入記録、安全管理、品質文書管理に組み込みやすい形で扱えます。

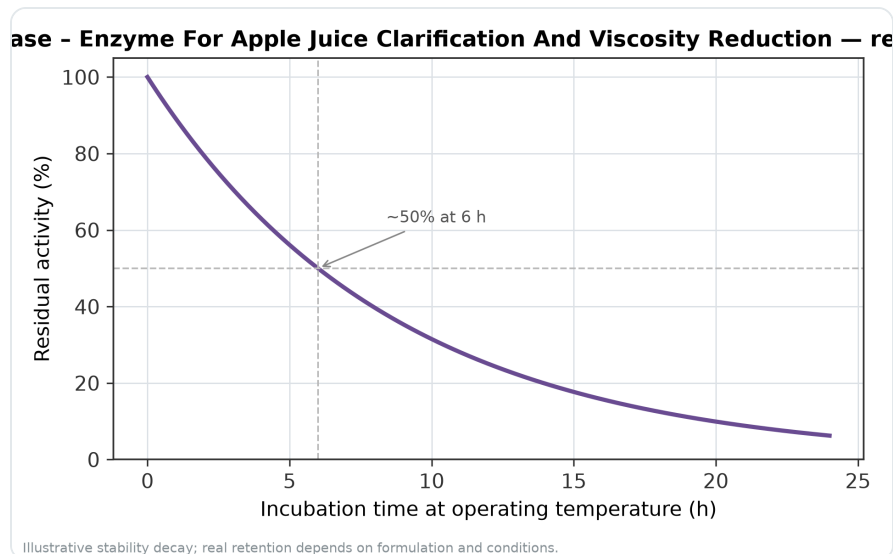


Figure 8. 식품용 펙티나아제(사과 주스 청징 및 점도 감소용 효소)의 열 안정성 감소 예시 — 작동 온도에서 시간이 지남에 따라 잔존 활성이 감소합니다.

この製品の主な想定用途は、リンゴ果汁の清澄化、粘度低減、ろ過性改善です。ペクチナーゼは、果実細胞壁由来ペクチンの主鎖や関連構造を切断し、果汁中のコロイド安定性を弱めることで、分離工程を助けます。リンゴ果汁におけるポリガラクトナーゼ研究、リンゴバガス添加果汁の酵素加水分解研究、Harlikarリンゴ果汁の複合酵素加水分解研究は、リンゴ系マトリックスにおける酵素処理の実用的関連性を示しています^{[1][7]}。

一方で、特定のリンゴ品種、特定のライン、特定の透明度目標に対して、同じ結果を一律に保証するものではありません。酵素処理の結果は、原料果の成熟度、貯蔵期間、破碎条件、酸化状態、加熱履歴、固形分濃度、後段の分離方式によって変化します。ペクチナーゼの価値は、こうした変動

の中でペクチン由来の粘性と濁りを制御し、搾汁、清澄化、ろ過、濃縮の工程負荷を下げる点にあります。食品バイオプロセス向けペクチナーゼ研究では、酵素源、機構、プロセス条件の最適化が重要な検討領域として整理されています^[3]。

主要な実務価値の整理

実務目的	ペクチナーゼが関与する機序	リンゴ果汁での意味
搾汁性の改善	細胞間層と細胞壁ペクチンを分解し、液体を放出しやすくする	マッシュ処理や圧搾前処理で収率改善に関係する
粘度低減	高分子ペクチンを短鎖化し、分子鎖の絡み合いを減らす	移送、攪拌、熱交換、濃縮前処理が扱いやすくなる
清澄化	粒子表面のペクチン層を弱め、沈降・分離を促す	透明果汁の製造、二次ヘイズ抑制に役立つ
ろ過性改善	ゲル状閉塞を起こしやすいペクチンを分解する	フィルターや膜の負荷低減が期待できる
副産物設計	ポマス中の多糖構造や抽出性を変える	ペクチン、食物繊維、発酵基質利用に影響し得る

リンゴ果汁の清澄化におけるペクチナーゼの本質は、ペクチンを「除去対象」として見るだけでなく、果汁の流れ方、粒子の安定性、ろ過挙動、副産物の性質を同時に決める構造因子として扱うことです。ポリガラクトナーゼを含むペクチン分解酵素は、リンゴ果汁の収率や加工性に直接関係し、果汁中のペクチン性コロイドを分解することで清澄化と粘度低減を支えます^[1]。Enzymes.bioの食品用途向けペクチナーゼは、この目的に合わせてオンラインで1kg単位購入できる供給品として位置づけられます。

Food-Grade Pectinase – Enzyme For Apple Juice Clarification And Viscosity Reduction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。

Food-Grade Pectinase – Enzyme For Apple Juice Clarification And Viscosity Reduction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, C., Ju, J., Xie, Y., Yu, H., Guo, Y., Yao, W., & Qian, H. (2021). Effects of interactions between polygalacturonase and pesticide residues during enzymatic hydrolysis on the yield of apple juice. *LWT*.
2. 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 .
3. Zhao, M., Chen, J., Pan, X., Zayed, H., Arsalan, A., & Qi, X. (2025). Advances in Pectinase Engineering for Food Bioprocessing: Novel Sources, Mechanisms, and Optimization Strategies. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*.
4. Liang, T., & Jing, P. (2025). Pectin-dominated colloidal instability in cloudy pomelo juice: Morphological and rheological properties after enzymatic digestion. *Food Chemistry*, 496 Pt 1, 146667 .
5. Aslam, F., Awan, S., Abdul, M., & Iftikhar, S. (2025). Characterization of novel pectinase isolated from Bacillus halotolerant sp. LC3 from avocado peel. *Research journal of biotechnology*.
6. Carvalho-Silva, J., Araújo, A. C. V., Ferreira-Santos, P., Converti, A., & Porto, T. S. (2024). Pectinase immobilized on magnetic nanoparticles coated with alginate for pectin hydrolysis in guava juice assisted by a stirred electromagnetic reactor. *Preparative Biochemistry & Biotechnology*, 55, 541 - 554.
7. Manthei, A., Elez-Martínez, P., Martín - Belloso, O., & Soliva - Fortuny, R. (2025). Effects of Enzymatic Hydrolysis Combined with Ultrasonic Treatment on the Properties of an Apple Juice Enriched with Apple Bagasse. *Beverages*.
8. Zou, X., Hu, J., Pan, Y., Zhang, K., Lu, J., Guo, X., Lin, Y., ... et al. (2024). Composite enzymatic hydrolysis for producing Harlikar apple juice with increased dietary fiber content and antioxidant capacity. *Food Bioscience*.

9. 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 .
10. Divina, I. B., Chew, W. Y., Lee, J., Saallah, S., Nor, M., & Roslan, J. (2024). Effects of Operating Parameters on Enzymatic Clarification of Bambang (Mangifera pajang) Juice Using Pectinase. *JOURNAL OF BIOCHEMISTRY, MICROBIOLOGY AND BIOTECHNOLOGY*.
11. Guo, K. (2024). Changes in the Main Physicochemical Properties and Electrochemical Fingerprints in the Production of Sea Buckthorn Juice by Pectinase Treatment. *Molecules*, 29.
12. Kumari, M., Padhi, S., Sharma, S., Phukon, L. C., Singh, S. P., & Rai, A. (2021). Biotechnological potential of psychrophilic microorganisms as the source of cold-active enzymes in food processing applications. *3 Biotech*, 11.
13. Poveda, G., Gil-Durán, C., Vaca, I., Levicán, G., & Chávez, R. (2018). Cold-active pectinolytic activity produced by filamentous fungi associated with Antarctic marine sponges. *Biological Research*, 51.
14. Ramírez, M., & Calzadiaz, L. (2016). Industrial Enzymes and Metabolites from Actinobacteria in Food and Medicine Industry.
15. Devi, N., Cruz-Martins, N., Malik, T., Kumar, V., Islam, M. T., Verma, R., Singh, G., ... et al. (2025). Phytochemical Profiling and Anti - Bacterial Activity of Red Delicious Apple Pomace With Integrated Hydrolysis to Obtain Fermentable Sugars: A Biorefinery Approach. *Food Science & Nutrition*, 13.
16. Bajpai, P. (2014). Industrial Applications of Xylanases.
17. Sharma, T., Xia, C., Sharma, A., Raizada, P., Singh, P., Sharma, S., Sharma, P., ... et al. (2022). Mechano-chemical and biological energetics of immobilized enzymes onto functionalized polymers and their applications. *Bioengineered*, 13, 10518 - 10539.


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

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。