

Fruit Pectinase Enzyme For Orange Juice Production : オレンジジュース製造向けペクチナーゼの用途・作用機序・工程上の利点

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

Fruit Pectinase Enzyme For Orange Juice Production は、オレンジジュースや柑橘系飲料の製造で、ペクチンに起因する粘度、濁り、ろ過負荷、搾汁効率の低下を緩和するために使われる果実用ペクチナーゼです。Enzymes.bioでは、本製品をオレンジジュース製造向けにオンラインで直接購入できる1 kg単位の酵素製品として供給しており、注文時にCoAおよびSDSが併せて提供されます。

ペクチナーゼの実務的な価値は、果汁中の長鎖ペクチンを低分子化または構造変換し、果汁を「流れやすく、分離しやすく、清澄化しやすい」状態へ移行させる点にあります。

オレンジジュース製造におけるペクチンの位置づけ

オレンジを破碎・搾汁すると、果肉、じょうのう膜、アルベド、微細パルプに含まれるペクチン質が果汁相へ移行します。ペクチンは植物細胞壁と中葉に多い多糖で、ガラクトuron酸を主骨格とし、メチルエステル化や側鎖構造の違いによって水中での挙動が変わります。果汁中では、ペクチンが水を保持し、微細粒子の周囲にコロイド状の保護層を形成するため、粘度の上昇、濁りの安定化、沈降の遅延、ろ過速度の低下につながります。柑橘加工副産物からペクチン、精油、その他の有価成分を回収する研究が継続していることから、柑橘原料におけるペクチンの存在量と産業的重要性は明確です^[1]。

オレンジジュースでは、必ずしも「濁り」が悪いとは限りません。クラウディタイプのジュースでは、果肉感や自然な外観として一定の濁度が求められます。一方、清澄果汁、透明飲料ベース、濃縮前処理、ブレンド飲料用の柑橘ベースでは、過剰なペクチンが工程上の障害になります。とくに、遠心分離や膜ろ過の前段でペクチンネットワークが残ると、分離対象の微粒子が安定化され、処理時間や圧力負荷が増えやすくなります。ペクチンがクラウディ果汁のコロイド不安定性に強く関与することは、ポメロ果汁の形態・レオロジー変化を酵素消化後に評価した研究でも示されています^[2]。

Fruit Pectinase Enzyme For Orange Juice Productionとは

Fruit Pectinase Enzyme For Orange Juice Production は、オレンジジュース製造工程での粘度低下、収率改善、清澄化支援を目的とする果実加工用ペクチナーゼ製品です。Enzymes.bioは酵素の供給業者であり、本製品を1 kg単位でオンライン直接販売しています。製品は研究室での開発品としてではなく、食品・飲料加工で使われる工程補助酵素として位置づけられ、CoAとSDSは注文時に併せて提供されます。

ペクチナーゼという語は、単一の酵素名として使われる場合もありますが、果汁加工の文脈では、ペクチン質に作用する複数酵素の総称として理解する方が実務に合います。代表的には、ポリガラクトツロナーゼ、ペクチンリアーゼ、ペクチンメチルエステラーゼなどが含まれます。これらは同じ「ペクチンを扱いやすくする」目的に寄与しますが、切断様式、反応生成物、果汁レオロジーへの影響は異なります。Bacillus velezensis 由来ペクチンリアーゼに関する研究でも、ペクチン分解酵素が果汁加工の改善に関係することが検討されています^[3]。

Enzymes.bioの立場は、製品を製造している研究所やメーカーとして特定の製造条件を説明することではなく、果汁加工用途に適した酵素製品を供給することです。そのため、実際の工程では、原料ロット、パルプ量、目的とする清澄度、加熱履歴、分離設備、最終製品の外観設計に応じて、本製品をペクチン制御のための工程補助として組み込むことになります。

作用機序：ペクチン鎖を崩し、果汁の流動性と分離性を高める

ペクチナーゼの主要な作用は、果汁中で増粘・ゲル化・微粒子安定化に関与するペクチン構造を変えることです。ポリガラクトツロナーゼ型の作用では、ポリガラクトツロン酸主鎖のグリコシド結合が加水分解され、長いペクチン鎖が短くなります。ペクチンリアーゼ型の作用では、エステル化ペクチンの主鎖が β 脱離により切断されます。ペクチンメチルエステラーゼ型の作用では、メチルエステル基が外れ、ペクチンの電荷状態やカルシウムとの相互作用が変化します。これらの反応が組み合わせると、果汁の粘性を支える網目構造が弱まり、微細粒子が沈降またはろ過されやすくなります。果汁加工におけるペクチナーゼ利用では、こうした構造変化が収率や清澄性の改善と結びつきます^[4]。

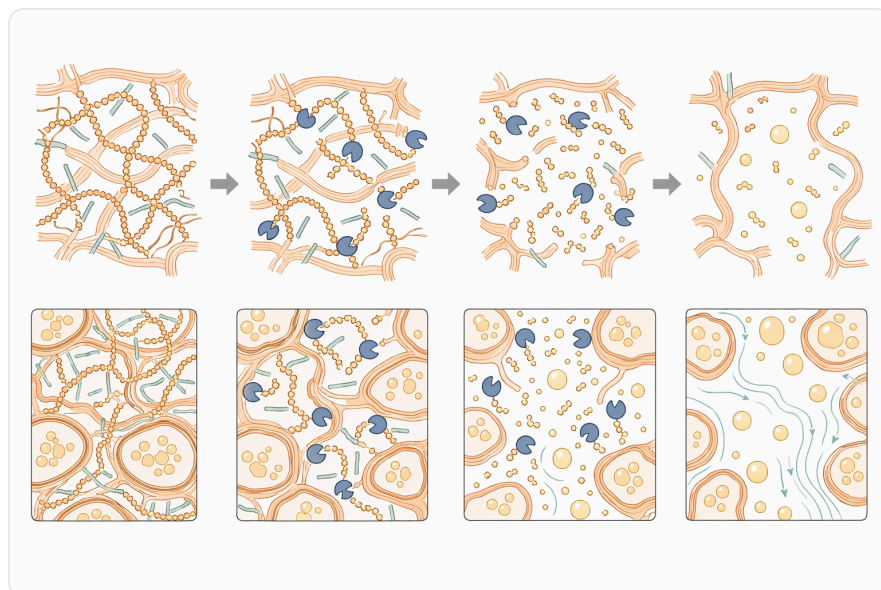


Figure 1. 펙티나아제는 오렌지 과육과 주스의 펙틴 사슬을 짧게 만들어 수분 결합, 점도, 입자 안정화 및 조직 결합력을 낮춥니다.

この機序で重要なのは、ペクチナーゼが「色を漂白する」「香味を直接作る」酵素ではないことです。ペクチナーゼは、主に果汁中の高分子ペクチンを制御し、工程上の物性を変える酵素です。粘度が下がると、ポンプ移送、攪拌、熱交換、遠心分離、ろ過の各段階で果汁が扱いやすくなります。清澄化では、ペクチンに保護されていた微細粒子が凝集・沈降しやすくなり、濁度の低下や透過性の改善が期待できます。シーバックソーン果汁のペクチナーゼ処理研究でも、酵素処理に伴う物理化学的性質とフィンガープリントの変化が評価されており、果汁の物性制御におけるペクチナーゼの重要性が示されています^[5]。

一方、処理を強くすれば常に望ましい結果になるわけではありません。クラウドジュースでは、過度なペクチン分解により自然な濁りや口当たりが失われることがあります。透明果汁では清澄度が優先されますが、パルプ入り飲料では安定した懸濁感やボディ感も品質要素です。したがって、ペクチナーゼ処理は「最大限に分解する工程」ではなく、「最終製品の仕様に合わせてペクチン構造を調整する工程」として理解する必要があります。

オレンジジュース工程で期待される実務上の効果

粘度低下による移送・混合・分離の改善

オレンジ果汁や柑橘パルプの粘度が高いと、ポンプ負荷、攪拌ムラ、熱交換効率の低下、ろ過詰まりが発生しやすくなります。ペクチナーゼ処理によって高分子ペクチンが切断されると、果汁の流動性が改善し、下流工程の安定化につながります。これは単に作業性の問題ではなく、濃縮や充填

前処理を含むライン全体の処理能力にも影響します。バンバンガン果汁の酵素清澄化研究では、操作条件が清澄化結果に影響することが検討されており、果汁種類ごとの工程条件設計が重要であることが示されています^[6]。

オレンジジュース製造では、果肉量の多い原料、搾汁直後の高パルプ画分、果皮由来成分を含む流れで粘度問題が顕在化しやすくなります。ペクチナーゼは、これらの画分に含まれるペクチンを低分子化し、パルプの崩れやすさと液相分離性を高めます。結果として、同じ設備構成でも処理が安定しやすくなり、沈降・遠心・ろ過に進む前段の負荷を軽くできます。

搾汁収率と抽出性の改善

果実組織では、ペクチンが細胞同士を結びつけ、細胞壁構造の一部として果汁成分を保持しています。破碎だけでは細胞壁マトリックスが残り、液相がパルプ中に保持されることがあります。ペクチナーゼが中葉や細胞壁ペクチンを分解すると、細胞間接着が弱まり、液体が抜けやすくなります。ムザオナツメ果汁でのペクチナーゼ処理研究では、収率と品質向上を目的としてペクチナーゼ利用が検討されており、果汁製造における抽出性改善の考え方と一致します^[4]。

オレンジの場合、果皮やじょうのう膜由来のペクチンが多い画分ほど、酵素処理の効果が出やすい傾向があります。ただし、果皮成分の混入が多いと、苦味成分や香気バランスなど、ペクチン以外の品質要因も同時に考慮する必要があります。柑橘ジュースの脱苦味処理に関するレビューでは、苦味の制御には多様な処理技術が関与することが整理されており、ペクチナーゼは主に物性と分離性の改善を担う酵素として位置づけるのが適切です^[7]。

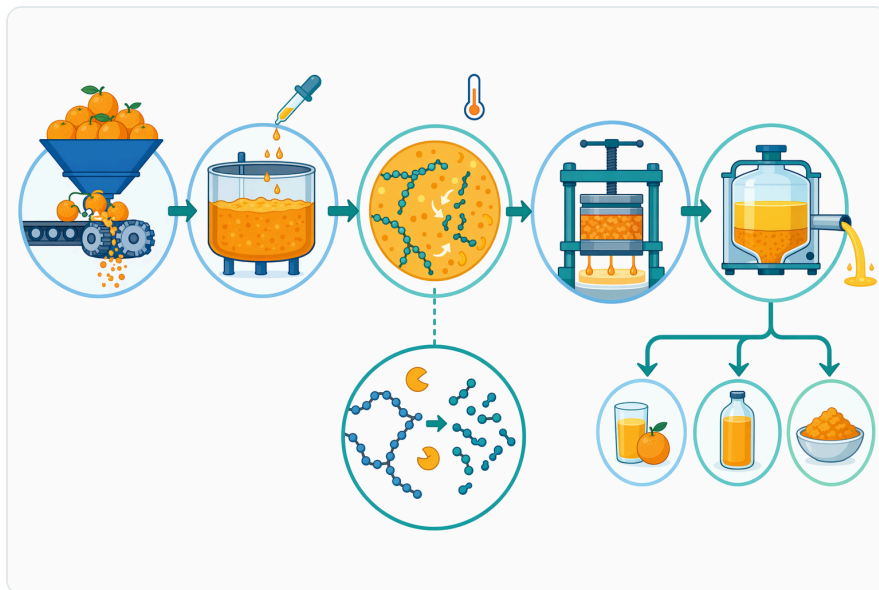


Figure 2. 펙티나아제는 착즙, 청징 또는 여과 전에 적용하여 오렌지 주스 매트릭스를 더 쉽게 분리하고 취급할 수 있게 합니다.

清澄化とろ過性の改善

清澄オレンジジュースでは、ペクチンが微細粒子を安定化している限り、粒子は沈降しにくく、ろ過面に粘性の高いケーキ層を形成しやすくなります。ペクチナーゼ処理により保護コロイドとしてのペクチンが分解されると、粒子同士が凝集しやすくなり、遠心分離やろ過で除去しやすい状態になります。ペクチン優位のコロイド不安定性を扱ったポメロ果汁研究は、ペクチン構造が濁りとレオロジーに深く関わることを示しており、柑橘果汁の清澄化設計にも参考になります^[2]。

清澄化の目的は、外観を透明にすることだけではありません。ペクチンが残った果汁では、濃縮時に粘度が上がりやすく、膜処理ではファウリングが増えやすく、保存中に沈殿や濁度変化が生じることがあります。ペクチナーゼ処理は、こうした後工程・保存中の問題を軽減する前処理として機能します。

ペクチナーゼ処理の対象工程

破碎後マッシュへの添加

破碎後のオレンジマッシュにペクチナーゼを作用させると、細胞間ペクチンが分解され、搾汁時に液相が放出されやすくなります。この段階では、収率改善とパルプ粘度低下が主な目的になります。果実マッシュはペクチン濃度が高く、液相と固相が密接に混ざっているため、酵素が組織構造へ作用する余地が大きい工程です。オレンジ皮を利用したペクチナーゼ生産研究でも、柑橘副産物に含まれるペクチンが酵素生産や果汁加工と密接に関係することが示されています^[8]。

この工程での注意点は、ペクチナーゼが果汁成分全体を均一に変えるには十分な接触が必要であることです。局所的に高粘度の塊が残ると、酵素の分散が遅れ、搾汁性の改善が不均一になります。したがって、破碎粒度、攪拌、パルプ濃度、温度履歴は、酵素そのものと同じくらい結果に影響します。

搾汁後果汁への添加

搾汁後の果汁にペクチナーゼを添加する場合、主な目的は清澄化、ろ過性改善、濁度制御です。この段階では、固形パルプの大きな構造を崩すというより、液相中に溶け込んだペクチンや微細粒子表面のペクチンを制御します。清澄果汁、透明飲料ベース、ブレンド用柑橘果汁では、この使い方が工程設計に組み込みやすい場合があります。

搾汁後処理では、温度、pH、接触時間、果汁中の可溶性固形分、パルプ量が結果を左右します。Citrus reticulata の酵素加水分解と発酵に関する研究では、酵素処理が栄養成分、風味、植物化学成分の変化と関連して評価されており、柑橘果実では酵素処理が単なる物性改善だけでなく、品質設計全体に影響し得ることが示されています^[9]。



Figure 3. 오렌지 주스 가공에서 펙티나아제의 주요 용도는 착즙 수율 향상, 점도 저하, 청징, 여과 성능 개선입니다.

柑橘副産物・サイドストリームへの応用

オレンジジュース製造では、果皮、パルプ、搾汁残渣、膜分離濃縮残分などのサイドストリームが発生します。これらにはペクチンが多く含まれ、粘度や処理性の問題を生じます。ペクチナーゼ処理は、主果汁だけでなく、副産物流の流動性改善や価値化にも関係します。柑橘加工サイドストリームから得られるペクチン由来オリゴ糖の発酵特性に関する研究では、酵素処理が副産物の利用可能性を広げることが示されています^[10]。

食品産業では、廃棄物や副産物を有価物へ転換する流れが強くなっており、柑橘ジュース産業の廃棄物を価値化するプロセス設計や経済評価も研究されています^[11]。ペクチナーゼは、こうした副産物流の分解、抽出、低粘度化、オリゴ糖化の一部に関与し得る酵素ですが、Fruit Pectinase Enzyme For Orange Juice Production の主用途は、あくまでオレンジジュース製造における果汁処理と工程改善です。

比較表：オレンジジュース工程でのペクチナーゼ利用目的

利用場面	主なペクチン由来課題	ペクチナーゼの作用	期待される工程上の変化	注意すべき品質要素
破碎後マッシュ	細胞間接着、パルプ保持水、高粘度	中葉・細胞壁ペクチンの分解	搾汁性、抽出性、流動性の改善	果皮由来苦味、過度な組織崩壊
搾汁後果汁	可溶性ペクチン、微粒子安定化	ペクチン鎖の低分子化、保護コロイドの弱化	清澄化、沈降性、ろ過性の改善	クラウディ感、口当たり、濁度設計

利用場面	主なペクチン由来課題	ペクチナーゼの作用	期待される工程上の変化	注意すべき品質要素
濃縮前処理	高粘度、熱交換効率低下	増粘成分の低減	濃縮時の取り扱い改善	香味保持、加熱履歴
透明飲料ベース	残存濁り、保存中沈殿	コロイド安定性の低下	外観の明るさ、透明性の改善	目標色調、沈殿許容範囲
柑橘副産物流	高粘度残渣、処理困難なパルプ	ペクチン分解、低粘度化	移送・混合・価値化処理の改善	主果汁用途との分離管理

この比較から分かるように、同じペクチナーゼでも、添加位置によって期待される効果は異なります。搾汁前に使う場合は「組織から液体を出しやすくする」意味が強く、搾汁後に使う場合は「液相中のペクチンによる濁り・粘度を制御する」意味が強くなります。果汁清澄化研究では、果汁種類ごとに操作条件と結果が変わるため、製品形態に合わせた処理設計が重要とされています^[6]。

他の果汁研究から見たペクチナーゼの妥当性

ペクチナーゼはオレンジだけでなく、多様な果汁で清澄化、収率改善、粘度低下を目的に研究されています。ムザオナツメ果汁では、*Aspergillus niger* を用いた低コストなペクチナーゼ生産と、果汁の収率・品質改善への応用が報告されています^[4]。この知見は、ペクチンを多く含む果実マトリックスでは、酵素処理が果汁化工程に直接関与することを示します。

シーバックソーン果汁では、ペクチナーゼ処理に伴う主要物理化学特性と電気化学的フィンガープリントの変化が評価されています^[5]。これは、ペクチナーゼが濁度や粘度だけでなく、果汁の成分プロファイルや加工後の品質評価にも影響し得ることを示しています。オレンジジュースでも、ペクチン分解は香味成分や色素を直接分解する反応ではありませんが、沈降・ろ過によって共沈する成分や保持される微粒子が変わるため、最終的な外観と口当たりに影響します。

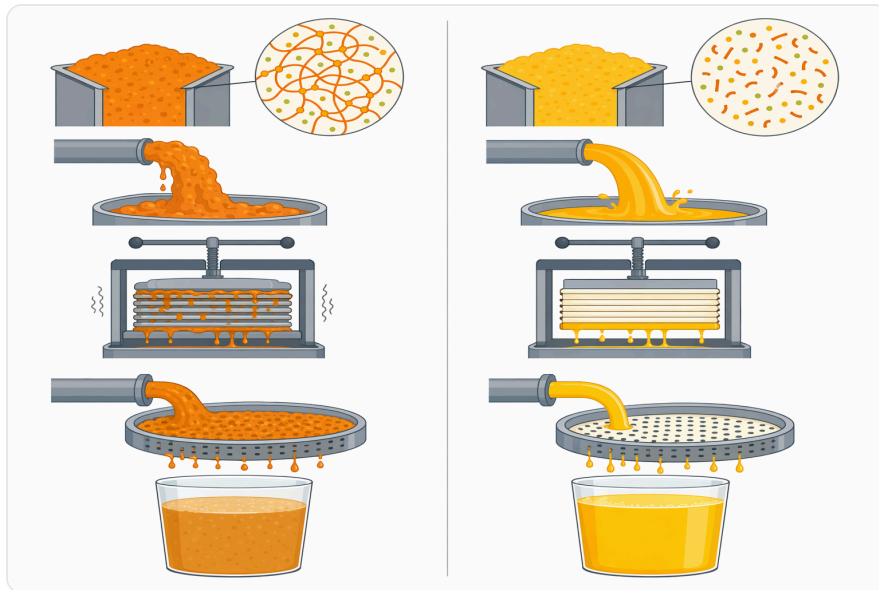


Figure 4. 혼탁 오렌지 주스와 청징된 감귤 베이스는 서로 다른 펙틴 관리가 필요합니다. 한 제품에서는 혼탁 안정성이 바람직할 수 있지만, 다른 제품에서는 이를 줄이는 것이 필요할 수 있기 때문입니다.

Bacillus velezensis 由来ペクチンリアーゼの研究では、果汁加工改善に向けた酵素特性が検討されています^[3]。リアーゼ型酵素は、特定のペクチン構造に対して効率的に作用する場合があります、柑橘果汁のようにエステル化度や側鎖構造が品質に影響する原料では、酵素タイプの違いが処理結果に反映されます。実務上は、酵素名が同じ「ペクチナーゼ」でも、含まれる酵素活性の構成により、粘度低下、清澄化、パルプ崩壊のバランスが変わります。

オレンジジュース品質への影響をどう考えるか

ペクチナーゼ処理後のオレンジジュースでは、最も分かりやすい変化は粘度と濁度です。粘度低下により、飲料としての口当りは軽くなり、清澄果汁では視覚的な明るさが増します。ただし、クラウディタイプでは、ある程度の濁りが自然感や果汁感に結びつくため、過度な清澄化は製品意図に合わない場合があります。ペクチンが支配的なコロイド不安定性を示す柑橘系果汁の研究は、濁りを単なる欠陥ではなく、ペクチンと粒子の相互作用として捉える必要があることを示しています^[2]。

香味への影響は、ペクチナーゼが香気成分を主基質としないため間接的です。しかし、酵素処理によって果肉粒子、膜片、ペクチン複合体が除去されると、それらに吸着・保持されていた成分の分布が変わる可能性があります。また、果皮由来成分が多い原料では、清澄化と同時に苦味や渋味の感じ方が変わることがあります。柑橘ジュースの脱苦味技術に関するレビューは、苦味制御が吸着、酵素、膜分離など複数の技術課題を含むことを整理しており、ペクチナーゼだけで苦味問題を解決するものではないことを示しています^[7]。

栄養・機能性の面では、ペクチン分解によりペクチン由来オリゴ糖や低分子画分が生成することがあります。柑橘ペクチンの酵素加水分解物に関する研究では、ジュース加工中に得られる新規プレバイオティック様加水分解物が検討されています^[12]。ただし、Fruit Pectinase Enzyme For Orange Juice Productionの主目的は機能性成分の製造ではなく、オレンジジュース製造における物性・清澄化・収率の改善です。

工程条件を考える際の実務的視点

ペクチナーゼの反応は、温度、pH、接触時間、パルプ量、原料の成熟度、破碎状態、前加熱の有無に影響されます。柑橘果汁は酸性であり、食品加工用ペクチナーゼにはその環境で機能することが求められます。ただし、ここで重要なのは、単一の固定条件を全工程に当てはめるのではなく、目的製品に合わせて「どこまでペクチンを分解するか」を決めることです。果汁清澄化に関する操作条件研究でも、条件設定が清澄化結果に大きく関与することが扱われています^[6]。

原料側の変動も無視できません。オレンジの品種、栽培条件、収穫時期、病害影響、成熟度は、果実の酸度、糖度、果汁品質、細胞壁成分に影響します。Huanglongbing 影響下のオレンジ樹における栄養供給、果実収量、果汁品質の研究では、栽培・樹体条件が果汁品質に影響し得ることが示されています^[13]。そのため、同じ酵素処理でも、原料ロットが変わると粘度低下や清澄化の進み方が変化します。

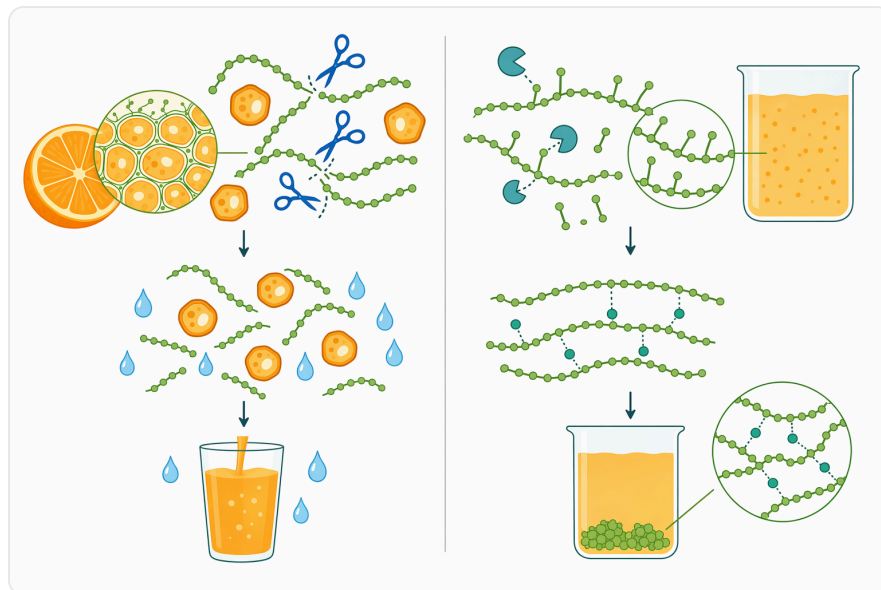


Figure 5. 첨가된 펙티나아제는 가공을 위해 펙틴을 분해하는 데 사용되는 반면, 오렌지에 자연적으로 존재하는 펙틴 메틸에스테라이스는 혼탁 안정성에 영향을 미치는 방식으로 펙틴을 변형할 수 있습니다.

ペクチナーゼ処理の終点は、単に時間で判断するよりも、目標とする製品物性に照らして考える方が実務的です。透明果汁では濁度とろ過性、濃縮前処理では粘度と熱交換性、パルプ処理では搾汁性と残渣含水、クラウドジュースでは外観安定性と口当たりが重要になります。酵素処理は、加熱、遠心分離、ろ過、脱気、濃縮、充填と連続する工程の一部であり、単独で品質を決めるものではありません。

比較表：ペクチナーゼ処理と非酵素処理の違い

項目	ペクチナーゼ処理	機械的分離のみ	加熱・保持中心の処理
主な対象	ペクチン構造、コロイド安定性	粗大パルプ、沈降しやすい粒子	微生物制御、酵素失活、粘度変化
粘度への影響	ペクチン低分子化により低下しやすい	高分子ペクチンは残りやすい	条件により変化、ペクチン自体は残存し得る
清澄化への寄与	微粒子の安定化を弱める	分離可能な粒子のみ除去	熱変性や沈殿を伴う場合がある
果汁品質への影響	目標に応じて物性を調整	果肉感は残りやすい	香味・色調への熱影響に注意
適した場面	収率改善、ろ過性改善、透明果汁化	粗ろ過、遠心前処理	殺菌、安定化、後処理

この比較は、ペクチナーゼが機械的分離や加熱処理を置き換える万能手段ではないことを示しています。酵素処理は、機械的手段だけでは崩しにくいペクチン由来の粘性・コロイド安定性に作用する点で独自の役割を持ちます。食品副産物を価値化するFood Industry 4.0関連技術のレビューでも、酵素処理を含む生物学的・加工技術が副産物利用やプロセス改善に関わることが整理されています^[14]。

Enzymes.bioからの供給形態と取り扱い

Enzymes.bioは、Fruit Pectinase Enzyme For Orange Juice Production を1 kg単位でオンライン直接販売する酵素供給業者です。製品はオレンジジュース製造向けのペクチナーゼとして提供され、注文時にCoAとSDSが併せて提供されます。Enzymes.bioは本製品を製造する研究所として工程条件を提示する立場ではなく、果汁加工用途の酵素を供給するサプライヤーです。

酵素製品はタンパク質を含むため、一般的な粉体・酵素取り扱いと同様に、吸入、皮膚接触、眼への接触を避ける管理が必要です。取り扱い時には、SDSに記載された保管・保護・清掃・廃棄情報に従うことが基本になります。食品酵素の安全性評価に関する文献では、酵素そのものだけでなく

く、生産由来不純物や用途に応じた評価が重要視されており、酵素は通常の商品素材とは異なる管理対象として扱われます^[15]。

保管では、酵素の反応性を維持するため、密封、乾燥、直射日光や過度の熱を避けることが重要です。水分、温度、長時間の開封は酵素タンパク質の安定性に影響し、粉体の固結や取り扱い性低下にもつながります。注文時に提供されるCoAとSDSは、受入確認と現場での安全管理に用いられますが、本記事では個別ロットの分析値や活性単位を示しません。

持続可能性と柑橘加工の文脈

オレンジジュース産業では、果皮、搾汁残渣、種子、パルプなど大量の副産物が発生します。近年は、これらを廃棄物として扱うだけでなく、ペクチン、精油、食物繊維、発酵基質、機能性素材へ変換する研究が進んでいます。柑橘加工廃棄物を価値化する経済評価とプロセス設計の研究は、ジュース産業において副産物流の扱いがコスト、環境、製品開発に直結することを示しています^[11]。

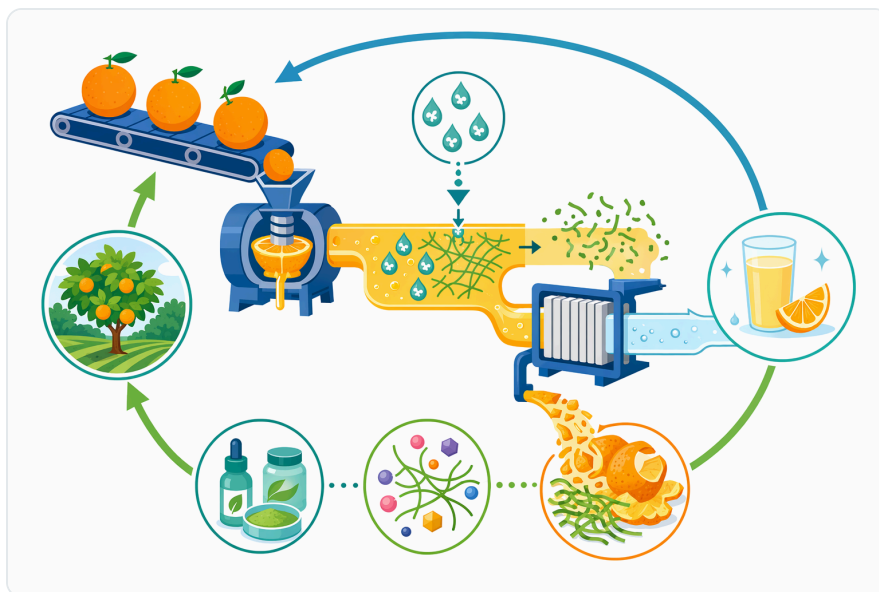


Figure 6. 펙틴 관리는 오렌지 주스 가공을 펙틴이 풍부한 감귤 껍질 및 과육 부산물의 더 넓은 활용과 연결해 줍니다.

ペクチナーゼは、この文脈で二つの意味を持ちます。第一に、主工程であるオレンジジュース製造において、収率、粘度、清澄化を改善する工程補助です。第二に、サイドストリーム中のペクチンを分解し、低粘度化やオリゴ糖化を通じて処理性を高める可能性があります。柑橘処理副産物から得られるペクチン由来オリゴ糖の発酵特性研究は、酵素処理が副産物の利用価値を広げ得ることを示しています^[10]。

ただし、Fruit Pectinase Enzyme For Orange Juice Production を導入する主な理由は、環境訴求そのものではなく、オレンジジュース製造の物性制御と工程改善です。持続可能性は、収率改善、残渣処理性、下流工程の安定化、副産物流の価値化といった実務上の結果と結びついたときに意味を持ちます。農産食品分野ではデータ化、工程管理、品質情報の可視化が進んでおり、酵素処理も品質とプロセス効率を結びつける要素の一つとして扱われます^[16]。

まとめ：オレンジジュースのペクチン制御に使う工程補助酵素

Fruit Pectinase Enzyme For Orange Juice Production は、オレンジジュース製造において、ペクチン由来の高粘度、濁り、ろ過負荷、搾汁効率低下を緩和するための果実用ペクチナーゼです。ペクチナーゼは、果汁中のペクチン鎖を低分子化または構造変換し、果汁を移送しやすく、分離しやすく、清澄化しやすい状態へ導きます。果汁清澄化、粘度低下、収率改善に関する複数の果汁研究は、この用途の技術的妥当性を支持しています^[4]。

オレンジジュース用途では、清澄果汁、濃縮前処理、柑橘パルプ処理、透明飲料ベースなど、目的によって望ましい処理強度が異なります。ペクチナーゼは万能な清澄剤ではなく、ペクチンという特定の構造要因を制御する工程補助酵素です。クラウディ感を残す製品では過度な分解を避け、透明性を重視する製品ではろ過・遠心分離と組み合わせて清澄化を進める考え方が適しています。

Enzymes.bioは、本製品を1 kg単位でオンライン直接販売する供給業者であり、注文時にCoAとSDSが提供されます。オレンジジュース製造でペクチンに起因する粘度、濁り、搾汁性、ろ過性が課題となる場合、Fruit Pectinase Enzyme For Orange Juice Production は、果汁の物性を工程に合わせて調整するための実用的な酵素選択肢です。

Fruit Pectinase Enzyme For Orange Juice Production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。

[Fruit Pectinase Enzyme For Orange Juice Production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. Welti - Chanes, J., Hernández - Meléndez, O., Peña, M. M., & Bárzana, E. (2025). Dual process for improved recovery of essential oil and pectin from citrus waste. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*.
2. 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 .
3. 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 .
4. Yang, C., Wang, J., Chio, C., Chen, X., Zhang, L., Zhang, J., Feng, Z., ... et al. (2019). Low - cost recycling production of pectinase to increase the yield and quality of Muzao jujube juice by *Aspergillus niger*. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 14.
5. Guo, K. (2024). Changes in the Main Physicochemical Properties and Electrochemical Fingerprints in the Production of Sea Buckthorn Juice by Pectinase Treatment. *Molecules*, 29.
6. Divina, I. B., Chew, W. Y., Lee, J., Saallah, S., Nor, M., & Roslan, J. (2024). Effects of Operating Parameters on Enzymatic Clarification of Bambangan (*Mangifera pajang*) Juice Using Pectinase. *JOURNAL OF BIOCHEMISTRY, MICROBIOLOGY AND BIOTECHNOLOGY*.
7. Admane, D., Gurjar, M., Mendke, S., Bansode, V., Ghosh, D., & Roy, S. S. (2023). Exploring diverse processing techniques for debittering of citrus juice: A mini review. *Journal of crop and weed*.
8. Ejaz, U., Hanif, A., Khan, A. A., Jawad, L., Rasheed, I., Noor, B., Alswat, A., ... et al. (2025). Production and Characterization of Pectinase Through Solid-State Fermentation of Orange Peels by a Mutant Yeast Strain. *International journal of food Science*, 2025.
9. Li, Y., Guo, L., Mao, X., Ji, C., Li, W., & Zhou, Z. (2024). Changes in the nutritional, flavor, and phytochemical properties of *Citrus reticulata* Blanco cv. 'Dahongpao' whole fruits during enzymatic hydrolysis and fermentation. *Frontiers in Sustainable Food Systems*.
10. Zwolschen, J., Vos, A., Ariëns, R., & Schols, H. (2025). Fermentation characteristics of pectin-derived oligosaccharides from enzyme treated side streams of citrus processing. *Carbohydrate Polymers*, 355, 123352 .
11. Marchette, I. R., Cavallari, R. B. C., Canto Rothier, F., Bojorge, N., Alhadeff, E., Young, A., & Santos, B. F. (2025). Economic assessment and process design to valorize citrus juice industry waste. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 19.
12. Lu, X., Zhao, C., Liu, D., Hu, M., Cui, J., Wang, F., Zeng, L., ... et al. (2023). A novel prebiotic enzymatic hydrolysate of citrus pectin during juice processing. *Food Hydrocolloids*.
13. Esteves, E., Maltais-Landry, G., Zambon, F., Ferrarezi, R., & Kadyampakeni, D. (2021). Nitrogen, Calcium, and Magnesium Inconsistently Affect Tree Growth, Fruit Yield, and Juice Quality of Huanglongbing-affected Orange Trees. *Hortscience*.
14. Ait-Kaddour, A., Hassoun, A., Tarchi, I., Loudiyi, M., Boukria, O., Cahyana, Y., Ozogul, F., ... et al. (2024). Transforming plant-based waste and by-products into valuable products using various "Food Industry 4.0" enabling technologies: A literature review. *Science of the Total Environment*, 176872 .

15. Dungen, M. W., Galano, M., Vondervoort, P. J., Kooi, I., Bruine, A., Peij, N. V., & Abbas-Lindfors, H. E. (2025). Safety evaluation of a food enzyme containing phospholipase activity produced by a strain of *Fusarium commune*. *Food and Chemical Toxicology*, 115484 .
16. Abbasi, R., Martinez, P., & Ahmad, R. (2022). The digitization of agricultural industry – a systematic literature review on agriculture 4.0. *Smart Agricultural Technology*.


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。