

Food-Grade Cellulase Enzyme for Botanical Extraction | 植物抽出向け食品グレード・セルラーゼ

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

Food-Grade Cellulase Enzyme for Botanical Extraction は、植物細胞壁のセルロース構造を部分的に加水分解し、ポリフェノール、色素、香気関連成分、植物油、多糖画分などを抽出媒体へ移行しやすくする食品用途向けセルラーゼです。

植物抽出では、抽出対象成分そのものの溶解性だけでなく、細胞壁・細胞間層・繊維質マトリクスが物質移動を制限するため、セルラーゼは「成分を作る酵素」ではなく「植物組織を開いて抽出を支援する酵素」として使われます。パイナップル果皮、オレンジ果皮、藻類、ホップ残渣などを対象にした研究では、セルラーゼまたは酵素補助抽出が有用成分の回収性や工程効率に関わる技術として検討されています^{[1][2]}。

植物抽出でセルラーゼが必要になる理由

植物原料から有用成分を取り出す工程では、目的成分が水や含水エタノールに溶けるかどうかだけでは収率を説明できません。ポリフェノール、フラボノイド、色素、精油前駆体、植物油、多糖関連成分は、細胞内液胞、細胞壁、細胞間層、タンパク質・脂質・多糖の複合マトリクスに保持されることがあり、抽出媒体がその場所まで到達しなければ効率よく溶出しません。セルラーゼは、植物細胞壁の主要骨格であるセルロースに作用し、壁構造の剛性を下げ、抽出液の浸透と成分の拡散を促すために利用されます。セルラーゼが色素および生理活性成分抽出に応用される背景には、こうした細胞壁バリアの緩和という明確な機序があります^[3]。

食品・飲料・植物エキスの製造では、抽出収率を上げるために高温、長時間処理、高濃度有機溶媒、強い機械処理へ頼ると、香気の損失、酸化、褐変、沈殿、濁り、熱感受性成分の減少が問題になる場合があります。酵素補助抽出は、植物組織側の抵抗を下げることで、温和な条件でも成分移行を進める発想です。たとえばパイナップル果皮廃棄物から天然抗酸化物質としてのポリフェノールを得る研究では、超音波とセルラーゼを組み合わせた抽出法が最適化対象として扱われ、果皮のような繊維質副産物にも酵素処理の価値があることを示しています^[1]。

Enzymes.bio は本製品の供給業者であり、製造業者または研究機関として本酵素を説明するものではありません。Food-Grade Cellulase Enzyme for Botanical Extraction は、植物抽出工程に組み込みやすい食品用途向けセルラーゼとして、1 kg 単位でオンライン直接購入できる形で供給されま

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。

作用機序：セルロースの加水分解が抽出をどう変えるか

セルロースは、植物細胞壁の機械的強度を支える直鎖状多糖であり、微細繊維としてヘミセルロースやペクチン質と絡み合っています。セルラーゼはこのセルロース鎖の結合を加水分解し、細胞壁の連続性を崩し、孔隙性を高めます。実務的には、植物組織を完全に溶解するというより、細胞壁の一部をほぐし、抽出媒体が内部へ入り、目的成分が外へ出るまでの拡散距離と抵抗を下げる働きです。藁の分解用途に向けたセルラーゼ研究でも、セルロースを含む植物残渣の分解にはセルラーゼ活性が中心的な役割を担うことが示されています^[4]。

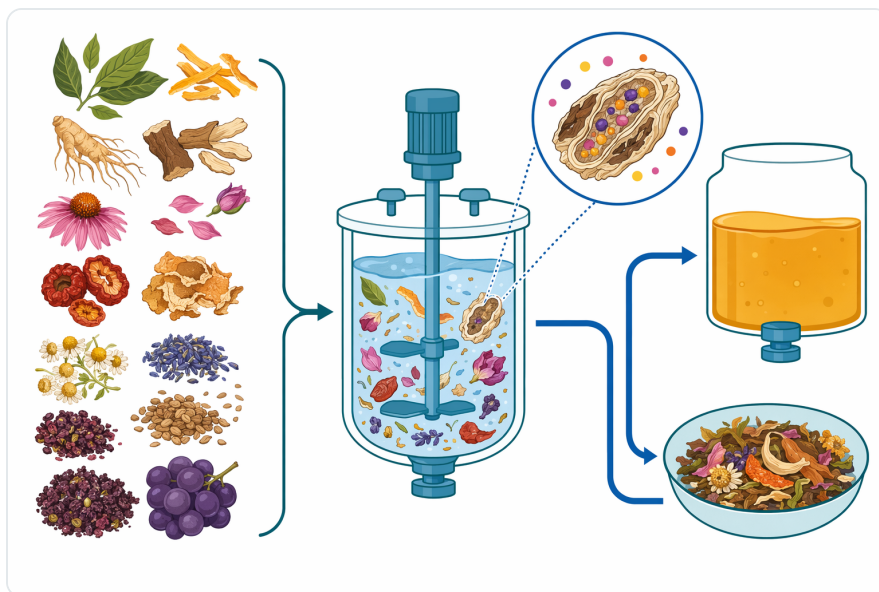


Figure 1. 섬유질이 많은 식물 구조로 인해 액체 침투, 성분 방출, 후속 분리 공정이 제한될 때 셀룰라아제가 사용됩니다.

抽出工程で重要なのは、細胞壁の崩壊そのものではなく、物質移動の改善です。乾燥果皮、茶葉、ハーブ、種子、穀物副産物では、乾燥や粉碎で細胞の一部が壊れていても、細胞壁片や繊維質ネットワークが残るため、液相への移行が遅くなります。セルラーゼ処理により壁構造が緩むと、抽出媒体の浸透、目的成分の溶出、懸濁液中での固液分離性が変化することがあります。オレンジ果皮からのヘスペリジン抽出を扱った研究では、セルラーゼ利用と工程条件の統計的最適化が検討されており、柑橘果皮のように多糖が多い原料で酵素処理が抽出戦略の一部になり得ることが分かります^[2]。

一方、植物細胞壁はセルロースだけで構成されているわけではありません。ペクチンが多い果皮、ヘミセルロースが豊富な穀物外皮、リグニン化が進んだ茎葉、油脂を多く含む種子では、セルラーゼの効果の現れ方が異なります。マンゴー果皮やマラン果実廃棄物からのペクチン抽出研究では、

果実副産物の細胞壁成分が抽出対象にも構造障壁にもなり得ることが示され、果皮系原料ではセルロース性骨格とペクチン質の両方を考慮する必要があります^{[5][6]}。

植物抽出で対象となる成分とセルラーゼの関係

セルラーゼは、目的成分へ直接変換反応を行う酵素ではありません。たとえばポリフェノールを新たに合成するわけでも、色素を化学的に生成するわけでもありません。主な役割は、植物組織中に保持されている成分を抽出媒体へ移しやすくすることです。このため、セルラーゼの有用性は「目的成分がどこに存在するか」「細胞壁や繊維質がどの程度障壁になっているか」「抽出媒体がどのように浸透するか」によって決まります。色素・生理活性成分の抽出におけるセルラーゼ応用は、細胞壁分解と抽出効率改善を結び付ける代表的な領域です^[3]。

ポリフェノールやフラボノイドでは、細胞内に存在する遊離型成分だけでなく、細胞壁成分と相互作用している結合型画分も問題になります。超音波補助酵素加水分解による *Elaeagnus angustifolia* L. の結合型ポリフェノール抽出研究では、酵素処理と物理的促進を組み合わせることで、単純な溶媒抽出では取り出しにくい画分を対象にできることが示されています^[7]。このような原料では、セルラーゼ処理による壁構造の緩和が、結合型または閉じ込められたフェノール性成分の回収に関与します。

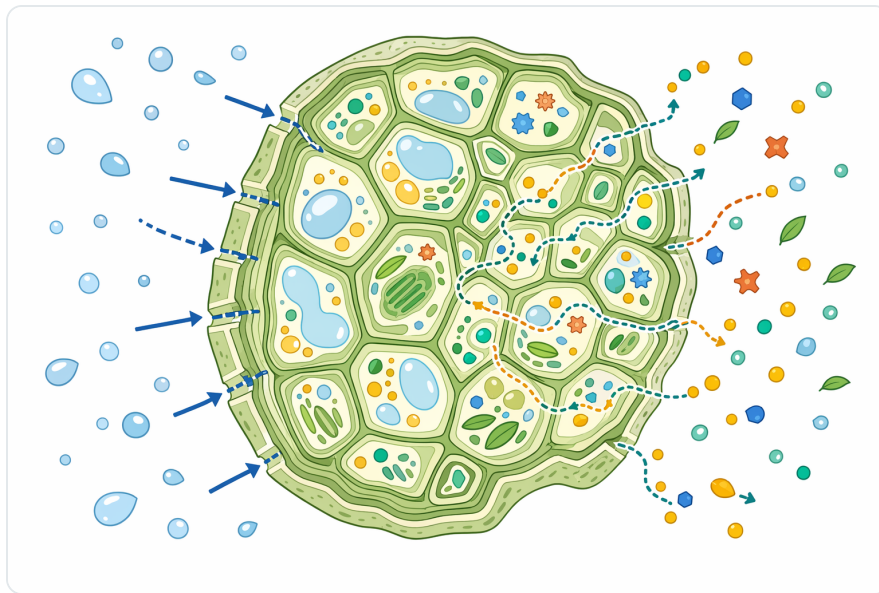


Figure 2. 셀룰로오스가 풍부한 세포벽 구조는 식물 원료를 절단하거나 분쇄한 후에도 물질 전달을 가로막는 물리적 장벽으로 작용할 수 있습니다.

色素・タンパク質系色素では、藻類の細胞壁も重要な障壁になります。未利用緑藻 *Chaetomorpha aerea* からフィコビリタンパク質を得る研究では、酵素とマイクロ波を組み合わせた抽出条件の最適化および LC-MS/MS による特徴付けが行われています^[8]。藻類は陸上植物とは細胞壁組成が異

なるため、セルラーゼ単独で説明しきれない場合がありますが、酵素によって細胞壁や細胞外マトリクスを緩める考え方は共通しています。

植物油や精油関連成分では、油滴や香気成分が細胞構造内に保持されるため、細胞壁の破砕は抽出速度と回収率に影響します。持続可能な油抽出における真菌バイオテクノロジーのレビューでは、酵素を利用した油抽出が、有機溶媒依存を下げる可能性のある技術として整理されています^[9]。また、シソ精油のマルチモーダル抽出に関するレビューでは、精油抽出が単一手段ではなく、物理的・生物学的処理を組み合わせる最適化される領域であることが示されています^[10]。

抽出対象別に見たセルラーゼの実務的な位置づけ

抽出対象・原料例	セルラーゼが関与する主な障壁	期待される工程上の変化	関連する研究領域
果皮由来ポリフェノール	果皮のセルロース性繊維、細胞壁、ペクチン質	抽出媒体の浸透、抗酸化関連成分の溶出促進	パイナップル果皮の超音波・セルラーゼ抽出 ^[1]
柑橘フラボノイド	果皮組織、白皮部の多糖マトリクス	ヘスペリジンなどの回収性改善を狙う工程最適化	オレンジ果皮からのヘスペリジン抽出 ^[2]
結合型ポリフェノール	細胞壁成分との相互作用、閉じ込め	酵素加水分解と超音波による放出促進	Elaeagnus angustifolia L. の結合型ポリフェノール抽出 ^[7]
藻類色素・タンパク質	藻類細胞壁、細胞外多糖、タンパク質保持構造	酵素・マイクロ波併用による抽出性改善	Chaetomorpha aerea のフィコビリタンパク質抽出 ^[8]
ホップ由来成分	繊維質残渣、樹脂・ポリフェノール保持構造	前処理によるキサントフモール抽出収率への影響	使用済みホップの前処理研究 ^[11]
植物油・種子油	細胞壁、油体を囲む組織、タンパク質・多糖複合体	水系・低溶媒系抽出の補助	持続可能な油抽出における酵素利用 ^[9]

この表が示すように、セルラーゼの価値は「どの成分にも同じように効く」という単純なものではありません。果皮では繊維質とペクチン質、藻類では特殊な多糖、ホップでは樹脂状成分と繊維質、種子では油体周辺構造が問題になります。セルラーゼはそれらのうちセルロース性骨格へ作用し、抽出工程全体の抵抗を下げる一要素として機能します。使用済みホップの前処理研究では、物理的・化学的・酵素的処理がキサントフモール抽出収率へ与える影響が比較されており、原料ごとの前処理選択が重要であることが分かります^[11]。

超音波・マイクロ波・押出などとの組み合わせ

酵素補助抽出は、単独で使われる場合もありますが、実際には超音波、マイクロ波、加温、圧搾、攪拌、押出、湿式粉碎などと組み合わせで設計されることが多くあります。超音波はキャビテーションによって組織の微細破壊や液相移動を促し、セルラーゼは細胞壁多糖を加水分解するため、両者は異なる方向から抽出を支えます。パイナップル果皮ポリフェノール研究で超音波・セルラーゼ抽出が扱われていることは、繊維質副産物に対して物理的促進と酵素反応を組み合わせる考え方をよく示しています^[1]。

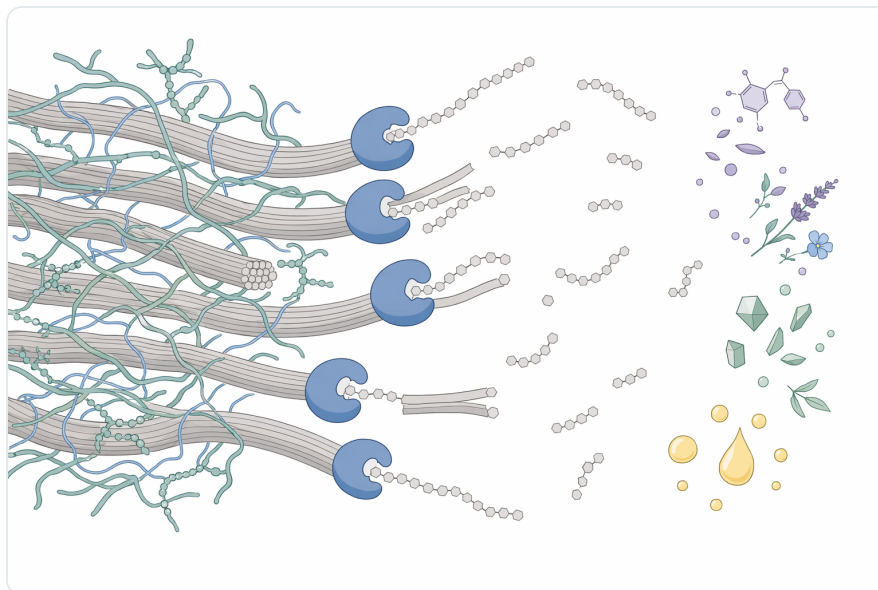


Figure 3. 셀룰라아제는 접근 가능한 세포벽 표면에서 β -1,4 결합 셀룰로오스 사슬을 가수분해하여 지지 구조를 약화시키고 추출액이 이동할 수 있는 경로를 엽니다.

マイクロ波補助抽出では、内部加熱や細胞構造への影響により、抽出媒体への成分移行が促進されます。藻類フィコビリタンパク質の研究では、酵素とマイクロ波を組み合わせた抽出が最適化されており、熱・電磁的处理と酵素分解を統合するアプローチが有用成分回収に応用されています^[8]。ただし、タンパク質、香気成分、ポリフェノールのように熱や酸化に敏感な成分では、物理処理の強度を上げればよいとは限らず、目的成分の安定性を考慮した工程設計が必要です。

押出や高せん断処理も、植物原料の構造を開く方法として利用されます。甘味トウモロコシ副産物を対象とした二軸押出機内での酵素加水分解研究では、年生植物材料の脱構築に対して機械的处理と酵素反応を組み合わせる考え方が示されています^[12]。この種の工程では、機械処理で表面積と水和性を高め、セルラーゼがアクセスしやすい基質面を増やすことで、抽出や加水分解の効率が変化します。

原料別に見た適用の考え方

果皮・果実副産物は、セルラーゼを使う植物抽出で特に分かりやすい対象です。パイナップル果皮、オレンジ果皮、マンゴー果皮、マラン果実廃棄物などは、食品加工で発生しやすく、ポリフェノール、フラボノイド、ペクチン、多糖などの供給源になり得ます。しかし、果皮は繊維質が多く、ペクチンやセルロースにより組織が強く保持されるため、単純な浸漬だけでは成分が出にくいことがあります。果皮廃棄物からポリフェノールやペクチンを得る複数の研究は、こうした副産物が酵素補助抽出に適した検討対象であることを示しています^{[1][5]}。

茶、ハーブ、薬草様植物では、細胞壁を緩めることでポリフェノールや香味関連成分の抽出が改善する可能性があります。ただし、抽出が進みすぎると渋味、苦味、濁り、沈殿性成分も同時に増える場合があるため、目的は単純な「総抽出量最大化」ではなく、最終製品の風味、色調、安定性とのバランスになります。結合型ポリフェノールを対象とした超音波補助酵素加水分解研究は、フェノール性成分の回収では抽出量だけでなく抗酸化活性などの機能評価も重要になることを示しています^[7]。



Figure 4. 식물 추출 공정에서 셀룰라아제는 일반적으로 고액 분리와 최종 농축 또는 건조 전에 수화 단계나 추출 단계에서 첨가됩니다.

ホップ、シソ、芳香植物では、精油、樹脂、ポリフェノール、苦味関連成分が複雑に共存します。使用済みホップに対する物理的・化学的・酵素的の前処理研究では、キサントフモール抽出収率に前処理が影響することが検討されています^[11]。シソ精油に関する近年のレビューでも、抽出技術は単一の加熱蒸留だけでなく、多様な促進手段を組み合わせることで品質と回収性を調整する方向へ進んでいます^[10]。

穀物副産物や茎葉系原料では、セルロース、ヘミセルロース、リグニンの比率が高くなり、セルラーゼ処理は抽出だけでなく、原料の脱構築や糖化の文脈でも扱われます。米藁の同時糖化発酵や藁分解向けセルラーゼ研究では、セルロース性バイオマスに対する酵素加水分解が、抽出・発酵・資源化の基盤技術として位置づけられています^{[2][4]}。植物抽出用途では、糖化そのものが目的でなくとも、繊維質構造を緩める知見が応用できます。

食品用途向けセルラーゼを使う工程上の利点

第一の利点は、植物組織へのアクセスを改善できることです。粉碎後の植物原料でも、細胞壁片や繊維質が抽出媒体の流路を制限します。セルラーゼ処理により、固形物表面だけでなく内部からも成分が移行しやすくなり、同じ抽出媒体でも回収性や抽出速度が変わる可能性があります。セルラーゼが色素・生理活性成分抽出へ応用される理由は、細胞壁を構成するセルロース性障壁を酵素的に緩和できる点にあります^[3]。

第二の利点は、比較的温和な工程へ組み込みやすいことです。熱や強溶媒で組織を壊す方法は効果的な場合もありますが、食品・飲料用途では風味、色調、酸化安定性、溶媒残留、後処理負荷が問題になります。酵素補助抽出は、植物側の構造を選択的に弱めることで、過度な加熱や強い化学処理への依存を抑える選択肢になります。廃棄物の化学的・酵素的加水分解による資源化を扱うレビューでも、酵素反応はバイオマスを有用製品へ変換する技術群の一つとして整理されています^[13]。



Figure 5. 셀룰라아제 처리로 기대되는 주요 실용적 효과는 셀룰로오스가 풍부한 조직이 병목 요인일 때 회수 수율 증가, 방출 속도 향상, 분리 용이성 개선, 추출물 외관 개선입니다.

第三の利点は、副産物の高付加価値化に適していることです。果皮、搾汁残渣、穀物外皮、使用済みホップ、茎葉などは、従来は低価値用途へ回りやすい一方で、ポリフェノール、多糖、繊維、香味成分を含むことがあります。セルラーゼを含む酵素処理は、こうした副産物から成分を取り出し、食品素材、飲料ベース、植物エキス、香味素材、機能性素材として利用するための前処理になり得ます。マラン果実廃棄物やマンゴー果皮からのペクチン抽出研究は、果実残渣を成分資源として見る流れを反映しています^{[5][6]}。

過度に期待すべきでない点

セルラーゼを加えれば、すべての植物原料で収率が直線的に上がるわけではありません。植物原料の細胞壁は、セルロース、ヘミセルロース、ペクチン、リグニン、タンパク質、脂質、灰分などが複合した構造であり、目的成分の局在も原料ごとに異なります。セルロース性障壁が主要因でない場合、セルラーゼ単独の寄与は限定的になる可能性があります。油抽出に関する真菌バイオテクノロジーの議論でも、植物油の回収では複数の酵素や前処理が関与する複合的な工程として扱われています^[9]。

また、抽出量が増えることと、最終品質が良くなることは同じではありません。細胞壁が開くと、目的成分だけでなく、不要な多糖、可溶性タンパク質、苦味成分、沈殿性成分、濁り要因も同時に抽出される可能性があります。とくに透明飲料、香味抽出物、色調管理が必要な製品では、抽出後のろ過性、沈殿安定性、風味バランスを考慮する必要があります。植物由来成分の抽出では、前処理や抽出様式が得られる成分プロファイルへ影響するため、単純な収率指標だけで工程を評価しないことが重要です^[11]。

熱に弱い成分を扱う場合も注意が必要です。酵素反応には一定の水分、時間、温度条件が必要ですが、温度を上げれば必ず有利になるわけではありません。香気成分、色素、タンパク質系色素、酸化されやすいポリフェノールでは、酵素活性と成分安定性の両立が必要です。藻類フィコビリタンパク質のようなタンパク質性成分を対象とする研究で酵素・マイクロ波条件が最適化されるのは、抽出促進と成分保持の両方を制御するためです^[8]。

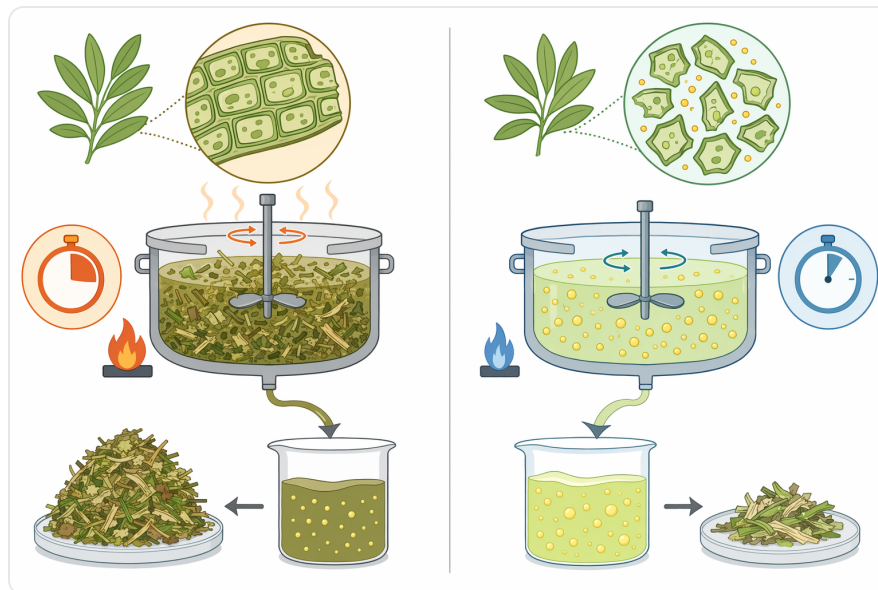


Figure 6. 효소 종류마다 표적으로 하는 식물 기질 성분이 다르므로, 추출을 제한하는 요인이 펙틴, 전분, 헤미셀룰로오스 또는 단백질이 아니라 셀룰로오스일 때 셀룰라아제가 가장 적합합니다.

セルラーゼ処理を工程に組み込むときの基本設計

植物抽出向けセルラーゼは、一般に粉碎・細断・水和された植物原料へ添加し、水または含水溶媒中で反応させた後、固液分離や濃縮などの後工程へ進める流れで使われます。重要なのは、酵素を単独の添加物として見るのではなく、原料前処理、粒度、水分、抽出媒体、攪拌、温度、時間、後工程の分離性と一体で考えることです。超音波・セルラーゼ抽出の最適化研究では、抽出を左右する複数条件が同時に検討されており、植物抽出が単一因子では決まらないことを示しています^[1]。

粒度は、セルラーゼの効果に大きく関わります。大きすぎる粒子では酵素が内部へ届きにくく、細かすぎる粒子では粘度上昇や固液分離の悪化を招くことがあります。セルラーゼは水相で基質へ接触して働くため、乾燥原料では水和や膨潤が進んでいることも重要です。二軸押出機内での酵素加水分解研究が示すように、機械的脱構築と酵素反応は相互に関係し、基質へのアクセス性が工程結果を左右します^[12]。

抽出媒体も、酵素反応と目的成分の溶解性の両方に影響します。ポリフェノールや香味成分では含水エタノールが使われることがありますが、酵素が働くには水相が必要であり、溶媒組成が酵素機能や細胞壁膨潤に影響します。結合型ポリフェノールの超音波補助酵素加水分解では、酵素反応と抽出媒体条件の組み合わせが成分回収と抗酸化活性に関わる領域として扱われています^[7]。

反応後の処理では、酵素反応を止める工程、固液分離、濃縮、乾燥、ろ過、清澄化などが目的に応じて続きます。セルラーゼ処理により植物組織が細かく崩れると、抽出は進みやすくなる一方で、粘度や微細懸濁物が増える場合もあります。そのため、工程全体では「抽出しやすさ」と「分離し

やすさ」のバランスが重要です。使用済みホップの前処理研究のように、抽出前処理は最終的な回収性へ影響する一方、原料の物理状態を変えるため後工程にも関係します^[11]。



Figure 7. 셀룰라아제는 식물 조직에 대한 물리적 접근성을 높이지만, 목표 성분을 운반할 수 있는 추출 단계의 필요성을 대체하지는 않습니다.

食品・飲料・植物エキス用途での応用領域

食品・飲料分野では、茶、ハーブ、果皮、穀物副産物、香辛植物、種子、海藻・藻類などから、味、香り、色、機能性に関わる成分を取り出す工程でセルラーゼが検討されます。抽出対象は、ポリフェノール、フラボノイド、色素、多糖、精油関連成分、植物油など多様ですが、共通する課題は植物組織中から液相へ成分を移すことです。セルラーゼ応用に関する文献では、色素や生理活性成分の抽出補助として、細胞壁分解の役割が明確に位置づけられています^[3]。

植物性飲料や穀物・豆類素材では、抽出対象がポリフェノールだけでなく、タンパク質、多糖、食物繊維、可溶性固形分へ広がります。ひよこ豆粉の酵素加水分解条件が植物性炭水化物の破壊度とタンパク質収率へ与える影響を扱った研究や、ヒマワリ加工副産物からの酵素的タンパク質抽出研究は、植物マトリクスを酵素で開くことがタンパク質・炭水化物系素材の回収にも関係することを示しています^{[14][15]}。

藻類・海藻由来素材では、陸上植物とは異なる細胞壁多糖、色素、タンパク質が対象になります。緑藻 *Chaetomorpha aerea* からのフィコビリタンパク質抽出研究では、酵素・マイクロ波補助抽出と成分特徴付けが組み合わされており、未利用藻類バイオマスの高付加価値化に酵素処理が関与し得ることを示しています^[8]。この分野では、セルラーゼを含む酵素処理が、藻類細胞壁の多様性に合わせて他の処理と組み合わせられる場合があります。

Enzymes.bio 製品としての位置づけ

Enzymes.bio の Food-Grade Cellulase Enzyme for Botanical Extraction は、植物抽出、食品・飲料原料、植物由来エキス、香味素材、植物油、機能性素材などの工程で、セルラーゼを取り入れた事業向けに供給される食品用途向け酵素です。Enzymes.bio は供給業者であり、製造業者または研究所として本製品を説明するものではありません。製品は 1 kg 単位でオンライン直接購入でき、注文時に CoA および SDS が併せて提供されます。

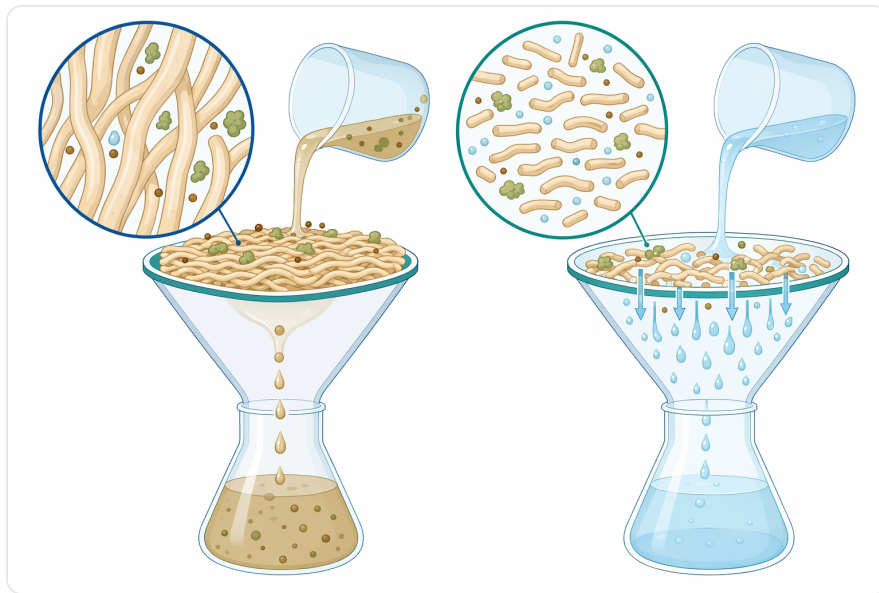


Figure 8. 여과 저항과 탁도가 셀룰로오스가 풍부한 조각들 때문에 발생할 때, 셀룰라아제는 섬유질 네트워크의 결속력을 낮추어 더 깨끗한 분리를 돕습니다.

この製品を理解するうえで重要なのは、セルラーゼを「抽出対象成分を増やす添加成分」ではなく、「植物組織のセルロース性障壁を緩和する生体触媒」と見ることです。パイナップル果皮、オレンジ果皮、ホップ残渣、藻類、穀物・豆類素材などの研究領域で示されているように、酵素補助抽出は植物原料の種類、前処理、抽出媒体、物理的促進手段との組み合わせによって効果が変わります^{[1][2]}。

まとめ：植物組織を開くための食品用途向けセルラーゼ

Food-Grade Cellulase Enzyme for Botanical Extraction は、植物細胞壁のセルロース構造を部分的に加水分解し、抽出媒体の浸透と目的成分の溶出を助ける食品用途向けセルラーゼです。ポリフェノール、フラボノイド、色素、植物油、多糖、香気関連成分などの抽出では、目的成分の溶解性だけでなく、植物組織側のバリアが大きく影響するため、セルラーゼ処理は工程改善の有力な選択肢

になります。セルラーゼの色素・生理活性成分抽出への応用、果皮ポリフェノール抽出、柑橘フラボノイド抽出、藻類成分抽出などの研究は、この機序を実際の植物原料へ広げて検討しています^[3]^[1]。

ただし、セルラーゼは万能な抽出促進剤ではありません。原料中のセルロース性障壁がどの程度支分的か、ペクチン・ヘミセルロース・リグニン・タンパク質・脂質がどのように関与するか、抽出後のろ過性や品質がどう変わるかによって、最適な使い方は変わります。したがって本酵素は、植物抽出工程の中で「壁構造を緩め、物質移動を改善するための酵素的ツール」として位置づけるのが最も正確です。Enzymes.bio では本製品を 1 kg 単位でオンライン直接購入でき、注文時には CoA と SDS が提供されます。

Food-Grade Cellulase Enzyme For Botanical Extraction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 Cellulase Enzyme For Botanical Extraction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. Kumalaningrum, A. N., Yosep, A., Yuniar, R. A., Simamora, G. R. R., & Avanza, M. R. (2025). Optimization of polyphenolic compound extraction as natural antioxidants from pineapple peel waste (Ananas comosus (L.) Merr.) using ultrasonic-cellulase extraction (UCE) method. *Advances in Food Science, Sustainable Agriculture and Agroindustrial Engineering*.
2. Ramalingam, K., Nandhi, P., Murugan, R., Mookkandi, V. P. S., & Selvaraj, K. (2022). Statistical optimization of cellulase production and its efficacy in hesperidin extraction from orange peel and bioethanol production from rice straw by simultaneous saccharification and fermentation. *Research journal of biotechnology*.
3. Lavecchia, R., & Zuorro, A. (2016). Cellulase Applications in Pigment and Bioactive Compound Extraction.
4. Aweke, Y. K., Tasisa, B., Garoma, W. D., & Denbi, W. B. (2022). Extraction and characterization of cellulase from forest and compost soil fungal isolates for the application of straw degradation. *International Journal of Health Sciences*.

5. Olango, P. J., Alba, R. R. A., Duhaylongsod, E. J. L., & Lobarbio, C. F. Y. (2025). Extraction of Low-methoxyl Pectin from Mango Peels for Immobilization of Cellulase. *Mindanao journal of science and technology*.
6. Tumilap, K., Ranario, L. M. D., Guno, F. D., Galeon, P. L., Aguilar, E. G. P., Zacal, V. P., & Pérez, J. (2025). A Preliminary and Comparative Study on the Valorization of Marang (Artocarpus odoratissimus Blanco) Fruit Waste Through Enzyme - Assisted Pectin Extraction. *Food Bioengineering*.
7. Lv, J., Li, L., Liang, Z., Wu, W., Zhang, N., & Jia, Q. (2025). Extraction of Bound Polyphenols from Elaeagnus angustifolia L. by Ultrasonic-Assisted Enzymatic Hydrolysis and Evaluation of Its Antioxidant Activity In Vitro. *Foods*, 14.
8. Hoang, N., Nguyen, M., Nguyen, N. H., Nguyen, T., Dang, T. T., Nguyen, T. H. N., Nguyen, T., ... et al. (2026). Optimized enzyme-microwave-assisted extraction and LC-MS/MS characterization of phycobiliproteins from the underutilized green alga Chaetomorpha aerea.. *International Journal of Biological Macromolecules*, 151137 .
9. Barbieri, M., Junior, D. C., & Frases, S. (2025). Fungal Biotechnology Applications in Sustainable Oil Extraction. *Applied microbiology*.
10. Cao, A., Chen, Y., Lin, O., Yuan, J., Yu, H., & Qi, D. (2026). Recent Advances in Multimodal Extraction Processes and Biological Activities of Perilla Essential Oil. *Asian Journal of Chemical Sciences*.
11. Modzelewska, A., Jackowski, M., & Trusek, A. (2025). Physical, Chemical, and Enzymatic Pretreatment of Spent Hops and Its Impact on Xanthohumol Extraction Yield. *Molecules*, 30.
12. Vandenbossche, V., Vandenbossche, V., Brault, J., Brault, J., Vilarem, G., Vilarem, G., Rigal, L., ... et al. (2015). Bio-catalytic action of twin-screw extruder enzymatic hydrolysis on the deconstruction of annual plant material: case of sweet corn co-products.. *Industrial Crops and Products*, 67, 239-248.
13. Szopa, D., Skrzypczak, D., Izydorczyk, G., Chojnacka, K., Moustakas, K., & Witek-Krowiak, A. (2023). Waste Valorization towards Industrial Products through Chemo- and Enzymatic- Hydrolysis. *Bioengineered*, 14.
14. Kachanova, A., & Agafonova, S. (2025). The effect of the parameters of enzymatic hydrolysis of chickpea flour on the degree of destruction of vegetable carbohydrates and protein yield during the preparation of the isolate. *Journal International Academy of Refrigeration*.
15. Krylova, I., & Fedorov, A. V. (2025). Enzymatic protein extraction from sunflower processing products. *Processes and Food Production Equipment*.

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。