

Cellulase Enzyme Powder For Stone Washing Process | デニムのバイオストーンウォッシュ用セルラーゼ酵素粉末

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

Cellulase Enzyme Powder For Stone Washing Processは、綿デニム表面のセルロース微細繊維を酵素的にゆるめ、インディゴの摩耗感、ソフトな風合い、着古したようなストーンウォッシュ外観を得るためのセルラーゼ酵素粉末です。従来の軽石処理で生じやすい布地損傷、設備摩耗、軽石残渣を抑えながら、表面改質を工程条件で制御しやすいことが、デニム洗い加工での主な価値です。Enzymes.bioは本製品を1kg単位でオンライン販売する酵素供給業者であり、注文時にCoAとSDSが併せて提供されます。

デニムのストーンウォッシュにセルラーゼを使う理由

デニムのストーンウォッシュは、インディゴ染色された綿デニムの表面を摩耗させ、濃淡、アタリ、柔らかさ、着用済みの外観を与える仕上げ工程です。従来は軽石による物理的摩耗が代表的でしたが、軽石は生地だけでなく金属付属品や洗濯設備にも接触し、過剰摩耗、粉化、残渣除去、排水中の固形分といった運用上の負荷を生みます。セルラーゼ酵素を使うバイオストーンウォッシュは、綿の主成分であるセルロースを標的にするため、物理的に全体を削る方法よりも表面選択性の高い加工として位置づけられます^[1]。

セルラーゼの役割は、デニムを化学的に漂白することではありません。反応の中心は、綿繊維表面に突き出した毛羽や微細フィブリルのセルロース鎖を部分的に加水分解し、そこに保持されているインディゴ染料を機械的攪拌とともに離脱しやすくすることです。このため、同じ「色落ち」でも、酸化漂白のように染料分子そのものを強く壊す処理とは機序が異なり、表面繊維の制御された除去によって摩耗感を作る点が特徴です^[2]。

セルラーゼは繊維産業で長く検討されてきた酵素群で、デニムのバイオストーンニング、綿布のバイオポリッシング、ピリング低減、手触り改善などに応用されます。近年のレビューでも、微生物セルラーゼは繊維、食品、飼料、バイオ燃料、紙パルプなど複数産業で使われる産業酵素として整理されており、繊維用途はその代表的な応用領域の一つです^[3]。

製品の位置づけ：Enzymes.bioが供給するオンライン購入品

Enzymes.bioの**Cellulase Enzyme Powder For Stone Washing Process**は、デニムや綿製品の洗い加工におけるバイオストーンウォッシュ用途を想定したセルラーゼ酵素粉末です。Enzymes.bioは製造業者や研究機関ではなく、B2B向けに酵素製品をオンラインで提供する供給業者であり、本製品もウェブ上の商品ページから1kg単位で直接購入できる形態で掲載されています。

購入フローは、実験委託や個別製造の依頼ではなく、オンライン販売品としての入手を前提にしています。注文時にはCoAとSDSが併せて提供されるため、受領後の社内管理、保管、安全衛生確認、工程文書への組み込みに必要な基本資料を同時に扱えます。Enzymes.bioのショップでは複数の酵素製品がオンライン販売されており、セルラーゼ製品群もその一部として案内されています。

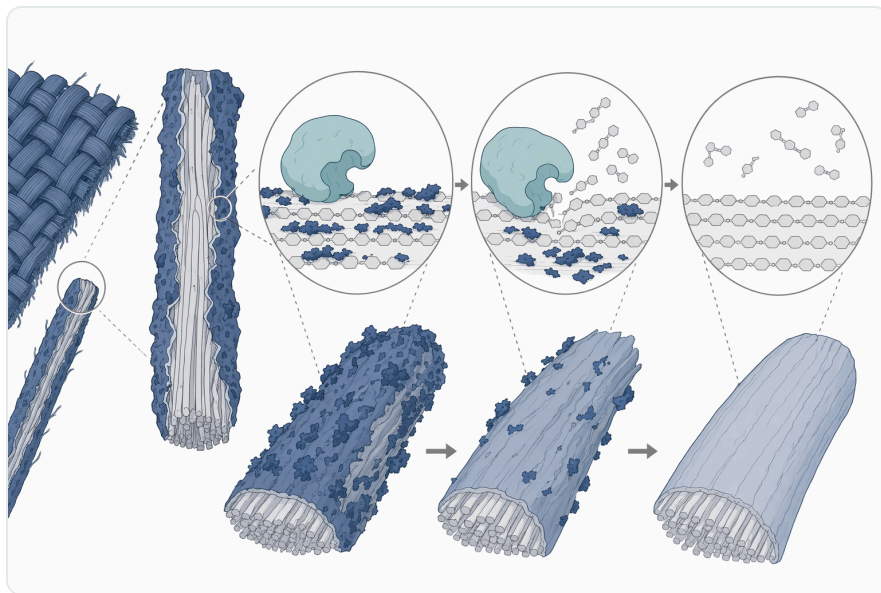


Figure 1. 셀룰라아제는 접근 가능한 면 표면의 미세 섬유에 작용하여, 기계적 텀블링으로 느슨해진 셀룰로오스와 인디고를 함유한 물질을 제거할 수 있게 한다.

本稿では、特定の活性単位、分析法、グレード名、処方仕様を前提にせず、セルラーゼという酵素技術がデニムのストーンウォッシュ工程でどのように機能するかを説明します。実際の仕上がりは、生地組成、糸番手、染色濃度、縫製後の前処理、洗い機の機械作用、浴条件、処理時間によって変化するため、本製品は「一定の外観を自動的に作る添加剤」ではなく、表面セルロースを制御して加工幅を広げるための酵素ツールとして理解するのが適切です^[4]。

セルラーゼの反応機構：デニム表面で何が起きるか

セルロース鎖への吸着と局所的な加水分解

綿デニムの基材はセルロースです。セルロースはグルコース単位が β -1,4結合で連なった直鎖状高分子で、繊維内部では結晶性領域と非晶性領域を含む階層構造を作っています。セルラーゼはこのセルロースの表面に吸着し、水分子を使ってグリコシド結合を切断することで、長い鎖をより短い断片へ変換します。繊維加工では、繊維の芯まで分解するのではなく、表面に露出した毛羽や微細繊維を選択的に弱めることが目的です^[2]。

一般にセルラーゼ系は、セルロース鎖の内部を切断するエンドグルカナーゼ、鎖末端からセロビオース単位などを遊離させるセロビオヒドロラーゼ、短鎖糖をさらに分解する β -グルコシダーゼなどの協調作用で説明されます。デニム加工で重要なのは、これらの反応が水系の穏やかな工程内で起こり、機械的な布同士の摩擦と合わさって表面毛羽の脱落を進める点です^[3]。

インディゴの見え方を変える表面改質

デニムのインディゴ染色では、染料は綿繊維の内部深くまで均一に完全浸透するというより、糸表面に強く関与し、芯白構造を残すことが多くあります。そのため、表面の繊維が少しずつ削られると、白っぽい芯や下層が見え、視覚的なフェード感が現れます。セルラーゼは染料そのものを主対象にするのではなく、染料を保持している表面セルロースを弱めることで、洗い中の摩擦による染料離脱を促進します^[1]。

この機序により、セルラーゼ処理では軽石のような硬質粒子によるランダムな衝突だけに頼らず、酵素反応と機械作用の組み合わせで外観を作れます。強い「点状のアタリ」や極端なヴィンテージ感を求める場合は機械作用や他の仕上げとの組み合わせが設計要素になりますが、均一なフェード、ソフト感、毛羽低減を重視する場合、セルラーゼは生地表面の微細構造を制御する有効な選択肢になります^[5]。

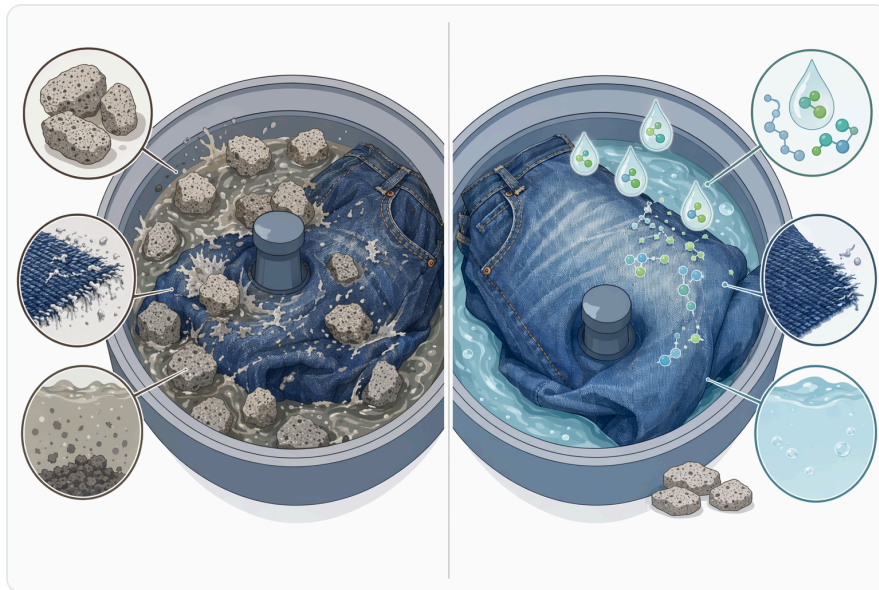


Figure 2. 부석만 사용하는 스톤 워싱은 단단한 광물의 마찰에 의존하는 반면, 셀룰라아제 보조 워싱은 표면을 표적으로 한 가수분해와 기계적 움직임을 결합한다.

バイオポリッシングとの共通性

デニムのバイオストーンウォッシュと綿布のバイオポリッシングは、どちらも表面セルロース繊維の制御除去という点で共通しています。バイオポリッシングでは、洗濯や摩擦で毛羽立ちやピリングの原因となる微細繊維を酵素で処理し、表面を平滑化することを狙います。デニムでは、同じ表面改質がインディゴのフェードと風合い変化に結びつくため、セルラーゼの働きは「毛羽を減らす酵素処理」と「ストーンウォッシュ風外観を作る処理」の両方に関係します^[1]。

軽石処理との比較

軽石は、デニム洗い加工における伝統的な摩耗媒体です。視覚的なストーンウォッシュ効果を得やすい一方で、硬い石が衣類、ボタン、リベット、ファスナー、洗濯機ドラムに衝突し続けるため、製品損傷や設備摩耗が避けにくくなります。さらに、軽石の破碎粉や残片は、衣類からの除去、排水処理、作業場の清掃という追加負荷を生じます。セルラーゼ処理は、セルロースを標的にする生体触媒反応であるため、物理的摩耗だけに依存する方法とは加工の制御点が異なります^[5]。

比較項目	軽石ストーンウォッシュ	セルラーゼによるバイオストーンウォッシュ
主な作用	硬質粒子による物理的摩耗	表面セルロースの酵素的加水分解と機械作用の併用
標的	生地、付属品、設備を含む接触面全体	主に綿表面のセルロース微細繊維

比較項目	軽石ストーンウォッシュ	セルラーゼによるバイオストーンウォッシュ
外観形成	強い摩耗感、ランダムなアタリが出やすい	フェード、ソフト感、毛羽低減を工程条件で調整しやすい
布地損傷	過剰摩耗や局所損傷のリスク	過処理時の強度低下には注意が必要
設備・付属品への影響	ドラム、金属部品、ボタン類を摩耗させやすい	非セルロース部材への直接的な酵素作用は限定的
廃棄物・残渣	軽石片、粉じん、沈殿物が発生	固形摩耗媒体を減らしやすい
工程設計	石の量、サイズ、時間、機械作用が中心	pH、温度、時間、機械作用、失活条件が中心

この比較で重要なのは、セルラーゼが常に軽石の完全代替になるという意味ではない点です。求めるブランド表現、アタリの強さ、生地の厚み、色の濃さによっては、軽石を減らして酵素と併用する、または酵素処理を主体にして機械作用を調整するなど、複数の設計があり得ます。研究文献でも、セルラーゼは繊維の持続可能な仕上げ技術として評価される一方、酵素の安定性、加工条件、基材依存性が実用上の検討点であると整理されています^[4]。

工程条件が仕上がりに与える影響

pH：色落ち、バック染色、繊維損傷のバランス

セルラーゼはタンパク質酵素であるため、反応しやすいpH範囲を持ちます。デニム加工では、酸性側で強いフェード感を得やすいタイプ、中性付近でバック染色を抑えやすいタイプなど、酵素特性と工程設計の関係が重視されてきました。バック染色とは、洗い中に離脱したインディゴがポケット地や白場へ再付着し、くすみや青味移りとして見える現象です。pHは酵素活性だけでなく、染料粒子の分散、繊維表面電荷、界面活性条件にも影響するため、色調管理の中心的な要素になります^[1]。

温度：反応速度と酵素安定性

温度が上がると、一般に酵素反応は速くなりますが、一定範囲を超えるとタンパク質構造が崩れて失活します。繊維加工で使われるセルラーゼには、比較的穏やかな温度条件で働くものから、耐熱性を意識して研究されるものまで幅があります。近年は耐熱性セルラーゼや高温工程への適応も研究されており、デニムの持続可能なバイオフィニッシングに関する研究でも、温度安定性は実用性を左右する重要因子として扱われています^[5]。

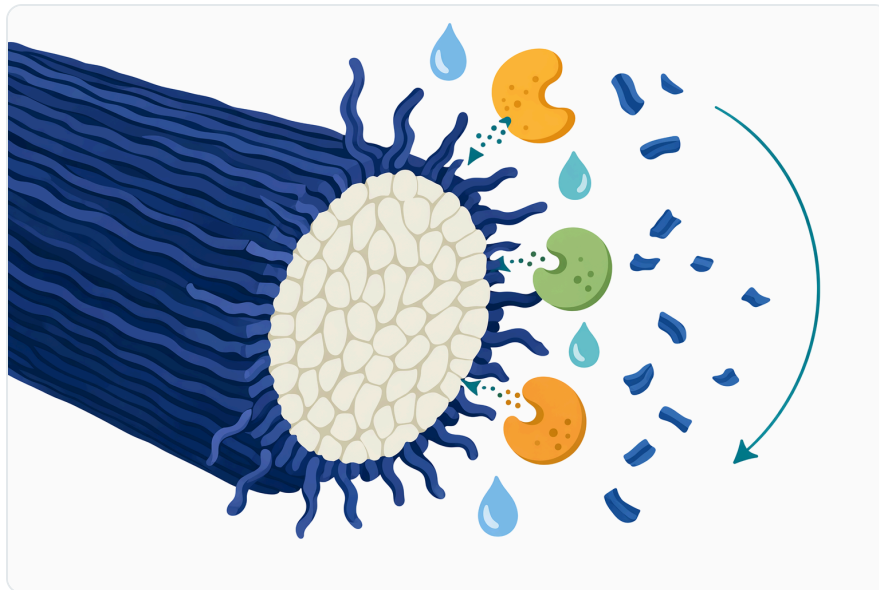


Figure 3. 인디고 링 염색은 면의 바깥 표면이 조절되어 제거될 때 국부적인 페이딩으로 눈에 띄게 한다.

時間と機械作用：酵素反応だけでは外観は完成しない

セルラーゼが表面繊維を弱めても、実際に色落ちや毛羽除去として見えるには、洗い機内での布同士の擦れ、液流、回転、落下衝撃といった機械作用が必要です。処理時間が短すぎると表面改質が不足し、長すぎると強度低下や過度なフェードにつながります。つまり、セルラーゼ処理は「酵素量を増やせばよい」工程ではなく、反応速度と機械的摩耗のバランスを合わせることで外観を作る加工です^[2]。

失活と後工程：反応を止める設計

目的の外観に達した後は、酵素反応を止める工程が重要です。セルラーゼが残存して反応を続けると、狙ったフェードを超えて毛羽除去や強度低下が進むおそれがあります。繊維加工では、温度変化、pH調整、洗浄による除去などにより酵素活性を低下させ、後工程へ移行します。これは、酵素が穏やかに働く一方で、反応を工程内で明確に区切る必要があることを示しています^[4]。

期待できる加工効果

フェード感とヴィンテージ外観

セルラーゼ処理では、デニム表面のインディゴ保持層がゆるみ、洗い中の摩擦で染料が部分的に離脱します。その結果、全体に淡くなるフェード、縫い目や折れ目周辺のアタリ、着用感のある表情が生まれます。軽石の強い衝突による局所的な摩耗とは異なり、酵素処理では布表面の微細繊維を起点に外観が変わるため、より制御された色落ちを狙いやすいことが特徴です^[1]。

ソフトハンドとドレープ性

綿デニムは、未加工または濃色の状態では硬く、表面に毛羽が多いことがあります。セルラーゼが表面毛羽を弱めて除去すると、触感がなめらかになり、衣類としての着用感が改善されます。これは単なる柔軟剤付与とは異なり、繊維表面の微細構造そのものが変化するため、洗い後の外観と手触りの両方に影響します^[3]。

ピリング低減と表面の清浄感

バイオポリッシングと同様に、セルラーゼはピリングの核となる突出繊維を減らす方向に働きます。デニムや綿カジュアル衣料では、毛羽が少ないほど色の見え方がクリアになり、表面の清浄感が増します。特に濃色デニムでは、毛羽が光を乱反射して白っぽく見えることがあるため、表面毛羽の管理は色調にも関係します^[1]。

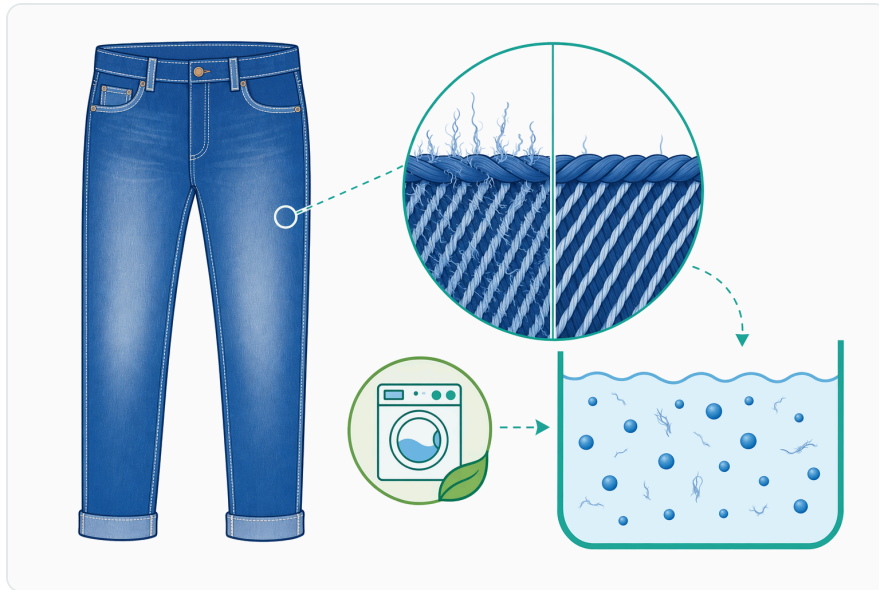


Figure 4. 효소 스톤 워싱은 노출 부위의 색 농도를 낮추고, 표면 보풀을 줄이며, 촉감을 부드럽게 하고, 염료를 함유한 미세 입자를 욕액으로 방출할 수 있다.

軽石使用量と固形残渣の低減

セルラーゼによるバイオストーンウォッシュは、軽石への依存を下げる設計に適しています。軽石を減らせれば、破碎片の除去、洗い機内の詰まり、排水中の無機固形分、作業場の粉じんを抑えやすくなります。持続可能なデニム仕上げを扱う研究では、セルラーゼを用いたバイオフィニッシングが、環境負荷を下げる方向の加工技術として検討されています^[5]。

酵素タイプとデニム加工での考え方

デニム用セルラーゼは、単に「セルロースを分解する酵素」と一括りにするだけでは不十分です。酸性域で働きやすいもの、中性付近で使いやすいもの、熱安定性を重視したもの、複合酵素として表面改質を広く進めるものなど、用途に応じた違いがあります。近年のセルラーゼ研究では、微生物起源、耐熱性、固定化、ナノ材料との組み合わせなど、産業条件下で酵素性能を維持するためのアプローチが幅広く報告されています^[6]。

ただし、デニムの仕上がりは酵素の種類だけで決まりません。同じセルラーゼでも、ローブ染色かスラッシャー染色か、糸の撚り、オンス、糊抜き状態、縫製仕様、洗い機のローディング、攪拌の強さによって表情は変化します。したがって、セルラーゼは「外観を決定する唯一の要因」ではなく、染色・縫製・洗い条件の中で表面セルロースを調整する一つの制御因子です^[2]。

研究文献から見た信頼性

セルラーゼの産業応用は、単発の用途提案ではなく、複数のレビューで継続的に整理されている分野です。2021年のレビューでは、真菌セルラーゼの生産、酵素特性、産業利用が取り上げられ、セルラーゼが繊維、食品、飼料、紙パルプ、バイオ燃料などで応用される多機能な酵素群であることが示されています^[3]。

2024年のレビューでも、微生物セルラーゼの研究と産業応用が俯瞰され、セルロース系バイオマスの変換だけでなく、繊維加工のような既存産業における表面改質用途が重要な応用領域として扱われています。デニム加工でのセルラーゼ使用は、この広いセルラーゼ応用の中でも、基質が綿セルロースであり、反応対象が明確な実用例に分類できます^[2]。



Figure 5. 셀룰라아제 스톤 워싱은 효소 접촉, 텀블링, 느슨해진 물질의 제거, 반응 정지, 헹굼을 제어해야 하는 습식 기계 공정이다.

纖維産業に特化した文献では、微生物セルラーゼの単離、特性評価、纖維加工への応用が論じられています。こうした研究は、セルラーゼが綿纖維表面を変化させ、バイオストーンングやバイオポリッシングに利用できるという技術的妥当性を支えます。一方で、個々の商用製品の仕上がりや工程適合性は、実際の生地と設備条件に依存するため、文献の結論をそのまま全ロットに一般化することは避けるべきです^[1]。

デニムに直接関連する近年の研究では、耐熱性セルラーゼを用いた持続可能なデニムのバイオフィニッシングが扱われ、環境負荷低減の方向性が示されています。これは、セルラーゼが単に色落ちを作るための補助剤ではなく、軽石や強い化学処理に依存しすぎない仕上げ技術として評価されていることを示します^[5]。

実用上の限界と注意すべき変動要因

セルラーゼはセルロースに作用する酵素であるため、綿、麻、レーヨンなどセルロース系纖維には反応しやすい一方、ポリエステル、ナイロン、ポリウレタンなどの合成纖維そのものを同じ機序で分解するわけではありません。ストレッチデニムや混紡素材では、綿部分の表面改質が外観を作る中心になりますが、伸縮糸、樹脂加工、コーティング、顔料処理がある場合は、見え方や強度変化が異なる可能性があります^[4]。

過処理にも注意が必要です。セルラーゼは表面を選択的に処理しやすいとはいえ、反応が長すぎたり、機械作用が強すぎたりすると、引裂強度、縫い目強度、摩耗耐久性に影響することがあります。これは酵素が危険という意味ではなく、セルロースを分解するという本来の機能が、目的範囲を超えると品質リスクになるということです^[2]。

バック染色も重要な品質課題です。洗い中に離れたインディゴが再付着すると、白ポケットや淡色部が青くくすみ、狙ったコントラストが得られません。セルラーゼの種類、pH、洗浄分散、浴中の染料挙動、後洗い条件が関係するため、単に酵素を投入するだけでなく、染料を再付着させにくい工程設計が必要です^[1]。

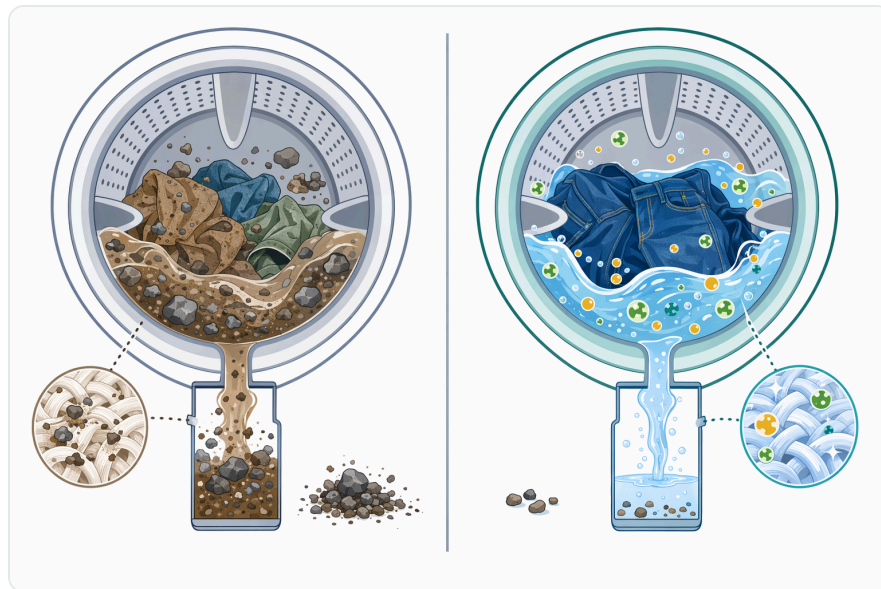


Figure 6. 셀룰라아제는 부식 의존도를 줄일 수 있지만, 물, 에너지, 조제, 염료 함유 폐수는 여전히 관리가 필요하다.

また、セルラーゼ処理は「環境に良い」という単純な表現だけで評価すべきではありません。軽石や強い化学処理を減らせる可能性はありますが、実際の環境負荷は水使用量、温度条件、洗浄回数、排水処理、再加工率、製品不良率まで含めて決まります。持続可能性の観点では、酵素の導入そのものより、狙った外観を少ない再処理で安定して得ることが重要です^[5]。

用途範囲：デニムから綿製品の表面改質まで

主用途は、ジーンズ、デニムジャケット、デニムシャツ、デニムスカートなどのインディゴ染色綿製品のバイオストーンウォッシュです。縫製後のガーメントウォッシュ工程で使うことで、縫い目、ポケット口、裾、ベルトループなど摩擦を受けやすい部位に自然な濃淡を出し、全体の硬さを和らげる方向に働きます。

デニム以外では、綿ニット、綿シャツ、キャンバス、ツイルなどのセルロース系繊維で、毛羽低減、ピリング抑制、表面平滑化、ソフトハンドを目的にしたバイオポリッシングにも関連します。繊維産業向けセルラーゼの文献では、デニムのバイオストーンニングと綿布のバイオポリッシングが近接した用途として扱われています^[1]。

一方で、ウールやシルクなどタンパク質繊維の改質、ポリエステル削減加工、合成繊維の染料剥離などはセルラーゼの主機序とは異なります。混紡品では、セルロース相に対する反応が中心になるため、素材構成を踏まえて加工目的を設定する必要があります^[2]。

Enzymes.bioで購入する場合の実務的な位置づけ

Enzymes.bioの本製品は、デニム洗い加工、綿製品仕上げ、ガーメントウォッシュ工程でセルラーゼ処理を導入する事業者向けのオンライン販売品です。1kg単位で購入できるため、標準化された購買フローに乗せやすく、製品ページから直接注文できます。Enzymes.bioは酵素供給業者として製品を取り扱っており、製造業者や試験機関としてのサービスを前提にした説明ではありません。



Figure 7. 셀룰라아제 효소 분말은 효소 스톤 워싱, 저부식 가공, 면 바이오폴리싱, 더 넓은 데님 마감 공정에 적합하다.

CoAとSDSは注文時に提供されるため、受領後の品質文書確認、安全衛生管理、保管条件の社内共有に利用できます。ここでのCoAは当該出荷品に添付される文書であり、SDSは取扱い上の安全情報を確認するための文書です。工程投入量、処理条件、仕上がり基準は、各加工現場の素材と設備条件に応じて設計される領域です。

まとめ：デニムの外観制御と工程負荷低減のためのセルラーゼ

Cellulase Enzyme Powder For Stone Washing Processは、デニムのストーンウォッシュ外観を酵素的に作るためのセルラーゼ粉末です。セルロースを主成分とする綿デニムの表面毛羽や微細フィブリルに作用し、インディゴを保持する表面構造をゆるめることで、フェード感、ソフトハンド、毛羽低減、ピリング抑制に寄与します^[1]。

軽石処理と比べると、セルラーゼは硬質粒子による全体摩耗ではなく、綿表面のセルロースを標的にするため、布地、付属品、設備への物理的負荷を下げる工程設計に適しています。ただし、外観と強度はpH、温度、時間、機械作用、素材構成に大きく左右されるため、酵素処理は管理された洗い加工工程の一部として設計する必要があります^[4]。

Enzymes.bioは本製品を1kg単位でオンライン販売する酵素供給業者です。デニムのバイオストーンウォッシュ、綿布のバイオポリッシング、ガーメントウォッシュ工程において、軽石依存を下げながら表面改質を制御したい事業者にとって、本製品は実用的なセルラーゼ酵素オプションとして位置づけられます。

Cellulase Enzyme Powder For Stone Washing Process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。

[Cellulase Enzyme Powder For Stone Washing Process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. Tidar, N., Pathan, N., Gandharkar, A., Kulkarni, N., & Mahagavkar, Y. (2024). Microbial Cellulases: Isolation, Characterization and Application in Textile Industry. *Ecology, environment & conservation*.
2. Sutaoney, P., Rai, S., Sinha, S., Choudhary, R., Gupta, A., Singh, S. K., & Banerjee, P. (2024). Current perspective in research and industrial applications of microbial cellulases. *International Journal of Biological Macromolecules*, 130639 .
3. Singh, A., Bajar, S., Devi, A., & Pant, D. (2021). An overview on the recent developments in fungal cellulase production and their industrial applications. *Bioresource Technology Reports*, 14, 100652.
4. Budhreja, A. A., & Roy, R. (2024). ADVANCEMENTS IN CELLULASE ENZYME TECHNOLOGY: APPLICATIONS, CHALLENGES, AND FUTURE PERSPECTIVES. *International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science*.
5. Demirkan, E., Kut, D., Karakaya, E., Yıldırım, İ., Liaqat, F., & Khazi, M. I. (2026). Sustainable bio-finishing of denim fabric using a novel thermostable cellulase from mutant Bacillus subtilis IE3 for reduced environmental impact. *International Journal of Biological Macromolecules*, 151223 .

6. Suhag, S., Yadav, P., Sachdeva, V., Lohan, K., Luhach, V., & Hooda, V. (2025). Enhancing cellulase performance through nanomaterials and MOFs: innovations and applications. *Preparative Biochemistry & Biotechnology*, 55, 1096 - 1117.


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。