

# Celulasa en polvo de baja temperatura para lavado de denim: biostoning, efecto stone-wash y biopulido textil

Equipo de investigación de Enzymes.bio · Wellington, Nueva Zelanda · June 21, 2026

**Low-Temperature Enzyme Powder For Denim Washing & Stone-Wash Effects** es una preparación enzimática en polvo suministrada por Enzymes.bio para procesos de acabado húmedo de denim donde se buscan suavidad, efecto lavado, reducción de microfibrillas y apariencia “stone-wash” con condiciones de proceso más moderadas. Su función técnica se basa principalmente en la acción de celulasas sobre la superficie de algodón: la enzima hidroliza zonas accesibles de celulosa, ayuda a desprender fibrillas superficiales y facilita la liberación parcial del índigo superficial durante la acción mecánica del lavado.

Enzymes.bio actúa como proveedor del producto, no como fabricante ni laboratorio. El producto se vende directamente en línea en unidades de **1 kg**, y el **CoA** y la **SDS** se proporcionan junto con el pedido.

## Qué es un polvo enzimático de baja temperatura para denim

Un polvo enzimático para lavado de denim es una preparación seca destinada a incorporarse al baño de acabado de prendas de mezclilla, normalmente después de operaciones previas como el desengomado y antes de etapas finales como enjuague, suavizado y secado. En el caso del denim de algodón, la enzima más relevante suele ser la **celulasa**, una familia de enzimas que cataliza la ruptura de enlaces glucosídicos en la celulosa, el principal polisacárido estructural de la fibra de algodón. La literatura sobre celulasas microbianas describe su amplio uso industrial precisamente porque pueden transformar sustratos celulósicos bajo condiciones acuosas y relativamente suaves frente a tratamientos químicos más agresivos <sup>[1]</sup>.

La expresión “baja temperatura” no debe interpretarse como una promesa universal de desempeño idéntico en cualquier lavadora, tejido, receta o color. En un contexto textil, indica que la preparación está orientada a trabajar en condiciones térmicas más moderadas que ciertos procesos convencionales de acabado, lo que puede ayudar a reducir la severidad del tratamiento y el consumo de calor cuando el resto de variables está bien controlado. Las revisiones sobre enzimas activas en frío señalan que

estas proteínas son de interés industrial porque mantienen actividad catalítica en rangos térmicos más bajos, aunque su estabilidad y eficiencia dependen de la estructura de la enzima, del sustrato y del entorno del proceso <sup>[2]</sup>.

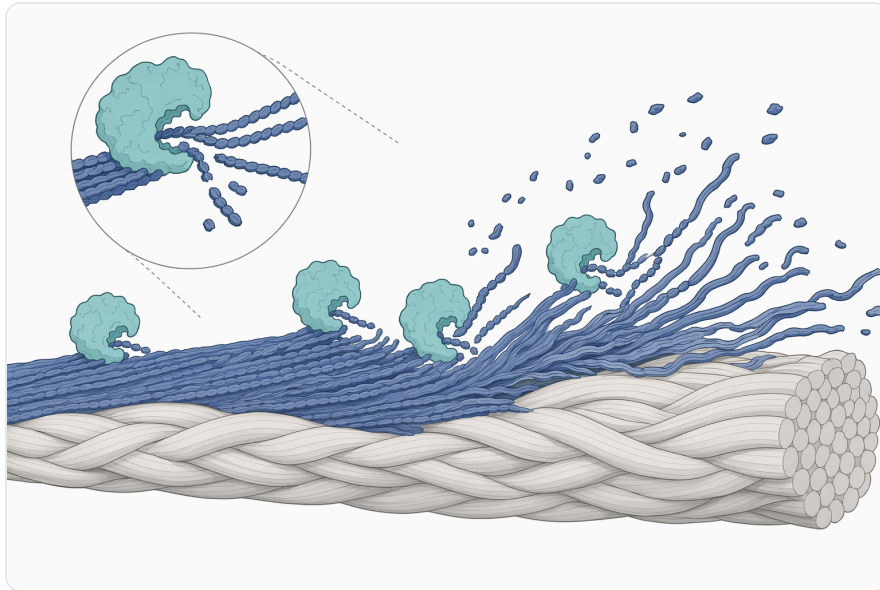
En denim, la utilidad práctica no consiste en “disolver” la prenda ni en blanquear químicamente el índigo. La acción principal ocurre en la superficie de la fibra: la celulasa debilita o corta microfibrillas de algodón expuestas por el hilado, el tejido, el teñido, el uso de la prenda y la acción mecánica del tambor. Al desprenderse esas microfibrillas durante el lavado, se modifica el tacto, se reduce la pelusilla superficial y se libera parte del colorante localizado en las capas externas del hilo, generando una apariencia más gastada o lavada. Estudios sobre celulasas de origen fúngico han relacionado explícitamente endoglucanasas microbianas con aplicaciones de **bio-stoning** en denim, lo que respalda este principio de uso textil <sup>[3]</sup>.

## Mecanismo concreto: cómo la celulasa produce suavidad y efecto stone-wash

---

La celulosa del algodón está formada por cadenas de glucosa unidas por enlaces  $\beta$ -1,4, organizadas en regiones cristalinas y amorfas. Las celulasas actúan como un sistema funcional: las endoglucanasas atacan segmentos internos más accesibles de la cadena, las celobiohidrolasas avanzan desde extremos de cadena liberando fragmentos más cortos, y las  $\beta$ -glucosidasas convierten oligosacáridos solubles en glucosa. Aunque la proporción exacta de cada actividad varía entre preparaciones, esta cooperación explica por qué una celulasa puede modificar una superficie textil sin requerir una degradación masiva de toda la fibra cuando el tratamiento se controla adecuadamente <sup>[4]</sup>.

En denim, la reacción es selectiva por accesibilidad física, no por “inteligencia” de la enzima. La celulosa situada en fibrillas levantadas, zonas rozadas, bordes, costuras y áreas con mayor exposición al baño es más susceptible que el núcleo compacto del hilo. Por eso el acabado enzimático combina química y mecánica: la enzima debilita la superficie, mientras la rotación, el roce prenda-prenda, el contacto con el tambor y, si se utiliza, la abrasión complementaria, desprenden el material debilitado. Esta combinación permite crear contraste en zonas elevadas de la prenda sin depender únicamente de una piedra pómez intensa.



**Figure 1.** 셀룰라아제는 노출된 면 셀룰로오스 미세섬유를 약화시켜 텀블링 과정에서 인디고가 묻은 표면 물질이 제거되도록 함으로써 데님 페이딩 효과를 만든다.

El efecto visual se explica también por la arquitectura del denim índigo. En muchos tejidos de mezclilla, el colorante se concentra en capas externas del hilo de urdimbre, mientras el interior permanece más claro. Cuando el tratamiento enzimático retira material superficial, se exponen zonas menos teñidas o se reduce la intensidad del índigo visible. Por eso la celulasa no es un colorante ni un oxidante: su papel es abrir camino al desgaste controlado de la superficie de algodón, y el tono final depende del tinte, del número de baños de índigo, de la construcción del tejido y de la energía mecánica aplicada.

Las celulasas activas a menor temperatura tienen interés porque pueden conservar velocidad catalítica útil en condiciones donde otras enzimas trabajan con lentitud. Las revisiones sobre enzimas activas en frío describen adaptaciones estructurales frecuentes, como mayor flexibilidad conformacional cerca del sitio activo, lo que facilita la catálisis cuando la energía térmica disponible es menor; el compromiso habitual es una menor estabilidad frente a calor elevado en comparación con enzimas más termorresistentes <sup>[5]</sup>. Para el acabado de denim, esa lógica se traduce en un potencial operativo: buscar un equilibrio entre actividad suficiente, menor severidad térmica y menor riesgo de sobretratamiento.

## Aplicaciones principales en acabado de mezclilla

### Biostoning para efecto stone-wash

El **biostoning** es la aplicación más representativa de la celulasa en denim. Su objetivo es imitar o complementar el efecto del stone-wash tradicional, en el que la abrasión física de la piedra pómez desgasta la superficie del tejido y aclara zonas de alto contacto. La enzima permite generar parte de

ese desgaste mediante hidrólisis superficial de celulosa, lo que ayuda a liberar índigo y crear un aspecto envejecido. La investigación sobre endoglucanasas procedentes de aislamientos de *Aspergillus* incluye específicamente su relación con la producción de celulasas para bio-stoning de denim, confirmando la relevancia de este grupo enzimático en la aplicación [3].

Un proceso enzimático no reproduce automáticamente todos los matices visuales de una piedra. La piedra genera impactos irregulares, desgaste localizado y variación mecánica difícil de igualar solo con enzima. En cambio, la celulasa aporta una vía más controlable para reducir microfibrillas y promover un deslavado más uniforme o ajustable. En la práctica, muchas estrategias de acabado combinan variables: carga, tiempo, acción mecánica, auxiliares anti-redeposición y, en algunos diseños, abrasión física complementaria. El valor de una celulasa de baja temperatura está en ampliar la ventana de proceso para trabajar con menor severidad térmica sin abandonar el efecto visual buscado.

### Biopulido y tacto más suave

El **biopulido** o **biopolishing** se centra menos en el contraste de color y más en la calidad superficial. Al retirar fibrillas levantadas, la prenda puede adquirir un tacto más liso, menor tendencia a pelusa y mejor caída. En denim, esto resulta importante porque el tejido crudo puede sentirse rígido y áspero, especialmente en construcciones pesadas o con acabados previos mínimos. La literatura sobre aplicaciones textiles de celulasas fúngicas reporta usos vinculados a mejora superficial y acabado textil, lo que encaja con el papel del biopulido en prendas de algodón [6].



**Figure 2.** 저온용 셀룰라아제는 더 낮거나 중간 정도의 세탁 조건에서도 유용한 표면 작용을 제공하면서, 의류 품질과 에너지 관리 목표를 지원하도록 설계되었다.

El resultado táctil depende de la intensidad del tratamiento. Una hidrólisis insuficiente apenas modifica la mano del tejido; una hidrólisis excesiva puede traducirse en pérdida de peso, debilitamiento de zonas críticas o un aspecto demasiado erosionado. Por ello, el biopulido en denim debe entenderse como una operación de superficie. Su objetivo no es degradar la estructura portante del tejido, sino eliminar fibras sobresalientes y facilitar que el acabado posterior —por ejemplo, suavizantes o resinas compatibles con el diseño de la prenda— actúe sobre una superficie más limpia.

### Lavado de baja severidad para prendas con riesgo de daño

Las prendas ligeras, los tejidos con elastano, las costuras con tensión alta y los lavados con objetivos de tono moderado pueden beneficiarse de estrategias menos agresivas. Un producto orientado a baja temperatura puede ayudar a reducir una de las variables que aceleran la hidrólisis y la abrasión térmica del proceso, aunque no elimina la necesidad de controlar acción mecánica, pH, duración y química auxiliar. Las revisiones sobre enzimas activas en frío subrayan que la actividad a menor temperatura puede ser atractiva para procesos que buscan ahorro energético o protección de materiales sensibles <sup>[2]</sup>.

En denim con elastano, por ejemplo, la celulasa actúa sobre la fracción de algodón, pero el comportamiento dimensional y la recuperación elástica dependen también de la fibra elástica, de la torsión del hilo, de la construcción del tejido y de la historia térmica de la prenda. Un proceso más suave puede reducir estrés, pero no compensa una receta mal balanceada. Lo mismo ocurre con prendas teñidas de forma irregular o con efectos previos: la enzima amplifica la accesibilidad de las zonas expuestas, por lo que la variación original del tejido seguirá influyendo en el resultado.

### Comparación con stone-wash tradicional y celulasas convencionales

La siguiente tabla resume diferencias prácticas entre tres enfoques de acabado. No sustituye la validación interna de cada planta, pero ayuda a situar el papel del polvo enzimático de baja temperatura dentro de las opciones disponibles.

Enfoque de acabado	Mecanismo dominante	Ventaja principal	Limitación práctica	Riesgos a controlar
Stone-wash con piedra pómez	Abrasión física por impacto y fricción	Efecto irregular, contraste localizado y apariencia clásica	Mayor desgaste mecánico, generación de residuos de piedra, posible daño en costuras y maquinaria	Roturas, pérdida de resistencia, variabilidad entre cargas

Enfoque de acabado	Mecanismo dominante	Ventaja principal	Limitación práctica	Riesgos a controlar
Celulosa para biostoning convencional	Hidrólisis superficial de celulosa combinada con acción mecánica	Desgaste más controlable y menor dependencia de abrasión intensa	Requiere control de pH, temperatura, tiempo y enjuague	Sobre-hidrólisis, pérdida de peso, back-staining
Celulosa en polvo de baja temperatura	Hidrólisis superficial diseñada para operar en condiciones térmicas moderadas	Potencial de proceso más suave y ahorro de calor, manteniendo efecto lavado	El desempeño depende de la receta completa y del tejido	Actividad insuficiente si el proceso es demasiado frío o corto; variación de tono si la mecánica no es uniforme

La ventaja ambiental potencial de las enzimas frente a tratamientos más agresivos no se debe exagerar como si bastara con añadir enzima al baño. Las enzimas son biodegradables y altamente específicas, pero el impacto real depende de todo el proceso: temperatura, agua, químicos auxiliares, enjuagues, carga de colorante liberado y tratamiento de efluentes. Las revisiones sobre enzimas microbianas destacan su interés biotecnológico por su especificidad y aplicabilidad industrial, pero también muestran que su rendimiento depende de la compatibilidad con el entorno de reacción <sup>[7]</sup>.

## Variables de proceso que determinan el resultado

### Temperatura: actividad suficiente sin sobretratamiento

La temperatura afecta la velocidad de hidrólisis. En términos generales, al aumentar la temperatura dentro de la zona compatible con una enzima, la reacción suele acelerarse; si se supera la estabilidad de la proteína, la enzima pierde estructura y disminuye su actividad. En preparaciones orientadas a baja temperatura, el objetivo no es trabajar “lo más frío posible”, sino mantener una actividad útil en condiciones moderadas. La literatura sobre enzimas activas en frío explica que estas enzimas pueden ser catalíticamente eficientes a temperaturas reducidas por su flexibilidad estructural, aunque esa misma flexibilidad puede hacerlas más sensibles a condiciones térmicas elevadas <sup>[5]</sup>.



**Figure 3.** 눈에 띄는 데님 워시다운은 느슨해진 미세섬유와 인디고가 묻은 조각들이 가장 쉽게 떨어져 나가는, 노출된 고마찰 부위에서 먼저 나타난다.

Para una planta de lavado, esto significa que temperatura, tiempo y acción mecánica son variables interdependientes. Si se reduce la temperatura, puede ser necesario ajustar otras variables para alcanzar el mismo efecto visual; si se aumenta demasiado la severidad total, puede crecer la pérdida de fibra. En denim, donde la apariencia depende de una película superficial de índigo y de la integridad del hilo, los pequeños cambios de severidad pueden producir diferencias visibles entre lotes.

### pH y compatibilidad química

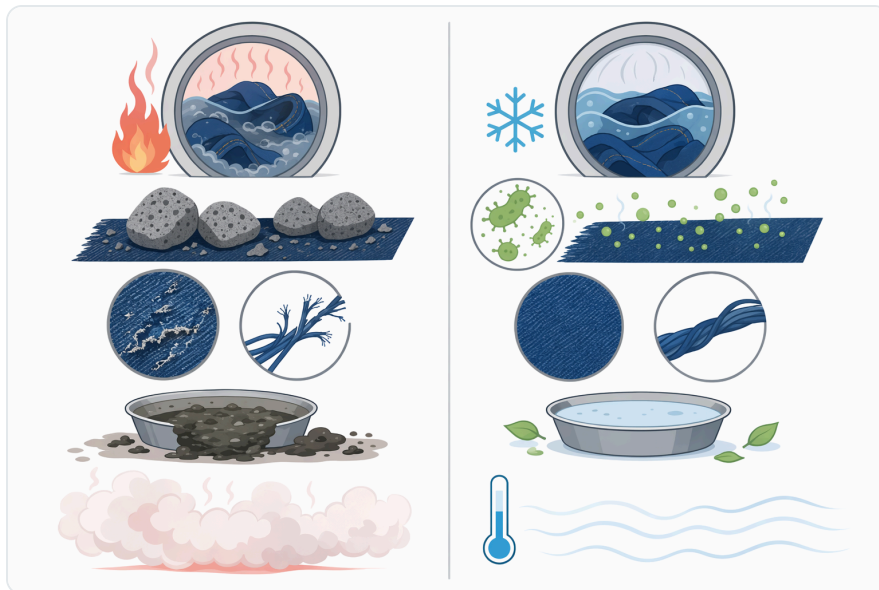
Cada celulosa presenta una ventana de pH donde conserva estructura y actividad. Fuera de esa ventana, la carga eléctrica de aminoácidos clave cambia, el sitio activo se vuelve menos eficiente o la proteína se desnatura. Las fuentes sobre producción y aplicación de celulasas muestran que el pH es una variable central en la actividad de estas enzimas, junto con temperatura, composición del sustrato y presencia de compuestos que pueden estabilizar o inhibir la reacción <sup>[8]</sup>.

En acabado de denim, el pH también influye en los auxiliares presentes: humectantes, dispersantes, agentes anti-back-staining, suavizantes posteriores y residuos de etapas anteriores. Un desengomado incompleto, alcalinidad residual o surfactantes incompatibles pueden alterar el desempeño de la enzima. Por ello, la formulación enzimática debe verse como parte de una secuencia de proceso, no como un aditivo aislado que corrige automáticamente cualquier condición del baño.

## Acción mecánica y relación con el desprendimiento de fibrillas

La enzima corta enlaces; la lavadora desprende lo debilitado. Sin acción mecánica suficiente, la celulasa puede hidrolizar zonas accesibles pero dejar parte del material en la superficie. Con acción mecánica excesiva, la prenda puede sufrir daño por abrasión, especialmente en bordes, bolsillos, costuras, trabillas y zonas con concentración de tensión. Esta interacción explica por qué dos lavados con la misma enzima pueden producir resultados distintos en máquinas diferentes.

El diseño del tambor, la carga de prendas, la circulación del baño y la presencia de elementos abrasivos determinan la distribución del roce. En prendas con paneles de distinto grosor o con acabados localizados, el flujo del baño y el contacto prenda-prenda pueden crear diferencias de tono. La celulasa aumenta la sensibilidad de la superficie al desprendimiento; la mecánica decide dónde y con qué intensidad se hace visible ese desprendimiento.



**Figure 4.** 스톤 단독, 셀룰라아제, 효소와 스톤의 병용, 화학적 페이딩 방식은 주로 마모, 생물학적 표면 가수분해, 복합 작용, 또는 화학 반응 중 무엇이 효과를 주도하느냐에서 차이가 난다.

## Tiempo de contacto e inactivación

La celulasa no deja de actuar por sí sola mientras conserva condiciones compatibles, sustrato accesible y humedad. Por eso el tiempo de contacto es una variable crítica. Un tratamiento más largo puede intensificar el efecto stone-wash y el tacto suave, pero también aumentar pérdida de peso o afectar resistencia. Las revisiones sobre hidrólisis enzimática de biomasa celulósica muestran que la conversión depende de la disponibilidad de sustrato, del tiempo de reacción y de la combinación de enzimas presentes, principios que también explican la evolución del acabado sobre algodón <sup>[9]</sup>.

Después del efecto deseado, la planta suele introducir una etapa que reduce o detiene la actividad enzimática mediante cambios de condición y enjuagues adecuados. En términos prácticos, esto protege la reproducibilidad: evita que la hidrólisis continúe durante transferencias, esperas o etapas posteriores. La inactivación también ayuda a prevenir variaciones dentro de la misma carga, especialmente si algunas prendas permanecen más tiempo húmedas o calientes que otras.

## **Back-staining: por qué ocurre y cómo se relaciona con la celulasa**

---

El **back-staining** es la redeposición de índigo desprendido sobre zonas claras, hilos de trama, bolsillos, etiquetas textiles o áreas ya desgastadas. En el biostoning, la enzima facilita la liberación de material superficial que puede arrastrar colorante; si el baño no mantiene ese colorante disperso o si los enjuagues son insuficientes, el índigo puede volver a fijarse físicamente sobre la prenda. El problema no es que la celulasa “tiña” la prenda, sino que aumenta la cantidad de material coloreado disponible para redeposición.

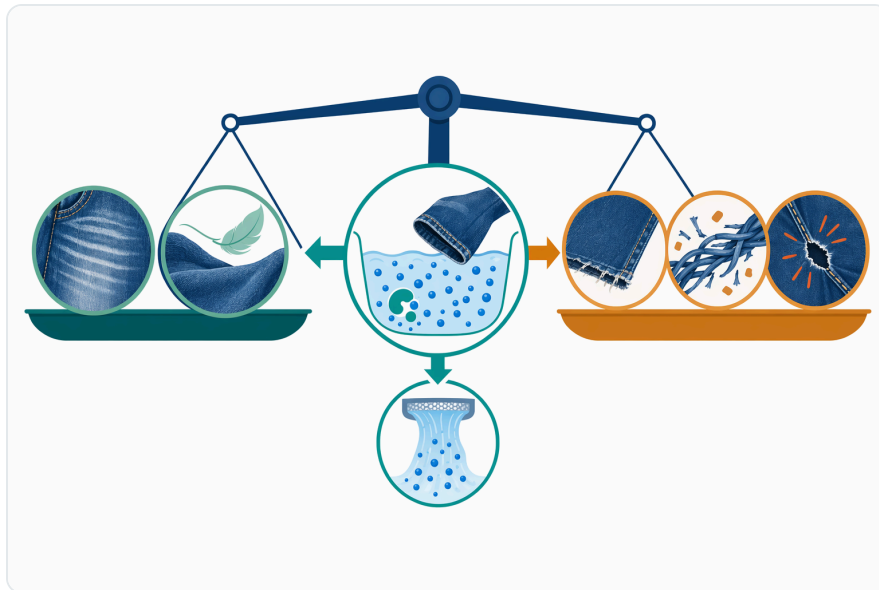
El control del back-staining depende de la secuencia completa: buen desengomado, dispersión de partículas, renovación del baño, acción mecánica equilibrada y enjuagues eficaces. Las celulasas inmovilizadas y modificadas se han estudiado en otros campos para mejorar estabilidad, recuperación o control de reacción, lo que ilustra que la ingeniería del entorno enzimático puede cambiar de forma significativa el comportamiento práctico de una celulasa <sup>[10]</sup>. En lavado de denim, aunque se usen preparaciones solubles o dispersables, el mismo principio aplica: el entorno decide si la hidrólisis se traduce en un acabado limpio o en redeposición indeseada.

Un enfoque de baja temperatura puede ayudar indirectamente si reduce la severidad global del desprendimiento, pero no elimina el riesgo. Si se libera índigo y no se mantiene suspendido, el back-staining puede aparecer incluso en procesos moderados. Por eso el resultado final debe evaluarse no solo por el grado de desgaste, sino también por la limpieza de hilos blancos, el contraste en costuras, la homogeneidad entre prendas y la estabilidad del tono tras enjuague y secado.

## **Evidencia científica relevante para celulasas y baja temperatura**

---

La base científica de esta aplicación se apoya en tres líneas de evidencia. La primera es la función conocida de las celulasas sobre celulosa: numerosas investigaciones sobre producción microbiana de celulasa describen su capacidad para hidrolizar sustratos lignocelulósicos y celulósicos, con participación de enzimas que actúan de manera complementaria sobre enlaces  $\beta$ -1,4 <sup>[1]</sup>. Aunque muchas de esas investigaciones se enfocan en biomasa y biocombustibles, el mecanismo molecular — hidrólisis de celulosa— es el mismo que se aprovecha de forma superficial en algodón.



**Figure 5.** 데님 효소 세탁은 더 강한 페이딩과 부드러운 촉감을 얻는 대신 중량 감소, 강도 저하, 가장자리 얇아짐, 역오염 위험을 균형 있게 관리해야 한다.

La segunda línea es la aplicación textil directa. Trabajos sobre celulasas de *Aspergillus* han vinculado endoglucanasas con aislados capaces de producir enzimas para bio-stoning de denim, y estudios recientes sobre celulasas de *Aspergillus awamori* incluyen aplicaciones textiles dentro de su evaluación [6]. Esto no prueba automáticamente el rendimiento de una formulación comercial concreta, pero sí confirma que las celulasas microbianas son una base técnica legítima para el acabado enzimático de mezclilla.

La tercera línea es la adaptación a baja temperatura. Las revisiones sobre enzimas activas en frío documentan su potencial en procesos industriales donde operar con menos calor puede ser ventajoso, y explican que su actividad a baja temperatura se asocia con cambios de flexibilidad y dinámica molecular [2]. Además, investigaciones sobre endocelulasas adaptadas a baja temperatura, como enzimas GH5 con dominios de unión a carbohidratos, muestran el interés académico por mejorar la hidrólisis celulósica en condiciones menos calientes [11]. Para denim, esta evidencia respalda el enfoque conceptual, aunque la validación final siempre depende de la prenda y del proceso de lavado.

## Beneficios realistas para operaciones B2B de lavado de denim

El primer beneficio esperado es una mejora del tacto. Al reducir microfibrillas superficiales, el denim puede sentirse menos áspero y más flexible. Este efecto es especialmente útil en prendas que deben conservar una apariencia de algodón auténtico pero con mayor confort al uso. La celulasa no sustituye todos los acabados mecánicos o químicos de suavidad, pero puede preparar una superficie más limpia para que las etapas posteriores sean más eficaces.

El segundo beneficio es el control del aspecto lavado. En comparación con una abrasión exclusivamente mecánica, la hidrólisis enzimática permite modular el desprendimiento superficial mediante variables de proceso. Esto puede ayudar a obtener lavados desde suaves hasta más contrastados, dependiendo de la construcción del denim y del diseño de acabado. La evidencia sobre celulasas para bio-stoning indica que estas enzimas son adecuadas para generar efectos de desgaste en prendas de mezclilla cuando se integran en una receta apropiada <sup>[3]</sup>.

El tercer beneficio es la posible reducción de severidad térmica. Una celulasa orientada a baja temperatura puede encajar en procesos que buscan menor consumo de calor o menor estrés sobre prendas sensibles. Este beneficio debe formularse con precisión: no significa que todas las demás variables puedan mantenerse sin cambios ni que el proceso sea automáticamente más sostenible. Significa que la enzima puede conservar utilidad catalítica en un marco térmico más moderado, lo que abre opciones de optimización energética y de protección de tejido.

El cuarto beneficio es la reducción parcial de dependencia de piedra pómez u otros tratamientos abrasivos intensos. En acabados donde la piedra se usa para obtener irregularidad visual, la enzima puede complementar el efecto y permitir una abrasión física menos severa. En acabados donde se busca un look más limpio y uniforme, la celulasa puede ser protagonista del proceso. La decisión depende del estándar visual de la marca, del tipo de denim y del nivel de contraste deseado.



**Figure 6.** 저온용 셀룰라아제 분말은 효소만으로 구현하는 깔끔한 페이딩, 스톤 사용을 줄인 효소 보조 빈티지 룩, 더 매끄러운 바이오 폴리싱 패션 워시, 어두운 데님의 가벼운 워시다운에 활용될 수 있다.

## Límites técnicos: lo que una enzima no puede garantizar por sí sola

---

Una celulasa no corrige un tejido mal preparado. Si el desengomado es irregular, si hay residuos alcalinos incompatibles, si la prenda tiene diferencias de absorción o si el lote de denim presenta variabilidad de teñido, el acabado enzimático puede amplificar esas diferencias. La enzima actúa donde encuentra celulosa accesible; no iguala mágicamente zonas con distinta construcción, tensión, color o historial de proceso.

Tampoco existe una relación lineal simple entre “más enzima” y “mejor stone-wash”. A partir de cierto punto, aumentar severidad puede generar más pérdida de fibra que valor visual. La hidrólisis excesiva puede reducir resistencia, afectar costuras o crear un aspecto apagado. Las investigaciones sobre celulasas y enzimas accesorias en hidrólisis de biomasa muestran que el desempeño depende de sinergias, accesibilidad del sustrato y condiciones de reacción, no solo de añadir más catalizador <sup>[9]</sup>.

La baja temperatura tampoco es sinónimo de ausencia de daño. Si el tiempo se prolonga demasiado, si la acción mecánica es alta o si el pH favorece una actividad sostenida durante más tiempo del previsto, puede ocurrir sobretratamiento. La ventaja de una enzima de baja temperatura es ofrecer actividad útil en condiciones moderadas; el control de proceso sigue siendo imprescindible.

## Integración en una secuencia típica de acabado húmedo

---

En una secuencia industrial, el tratamiento enzimático de denim suele ubicarse después de retirar materiales de encolado y preparar la prenda para una humectación uniforme. Este orden es importante porque la celulasa necesita contacto con la superficie de algodón. Si barreras de almidón, ceras, aceites o auxiliares residuales impiden la humectación, la reacción puede volverse irregular y generar diferencias de tono.

Durante la etapa enzimática, el baño debe permitir distribución uniforme del polvo disuelto o dispersado, contacto suficiente con la prenda y control de las variables principales. La enzima actúa en la fase acuosa sobre la superficie accesible de algodón; la lavadora aporta la energía mecánica que transforma esa hidrólisis microscópica en cambio visual y táctil. Después, el proceso debe incluir una transición que reduzca la actividad enzimática y retire material desprendido, seguida de enjuagues y acabados finales compatibles.



**Figure 7.** 이 제품은 데님 세탁용 1kg 셀룰라아제 효소 분말로 온라인 주문되며, 주문 처리와 배송, 시험성적서(Certificate of Analysis), 안전보건자료(Safety Data Sheet)가 함께 제공됩니다.

Esta integración no requiere presentar el producto como un reactivo de laboratorio ni como un sistema cerrado. Para un usuario B2B, lo relevante es entender la función dentro del acabado: desengomar o preparar, tratar enzimáticamente, detener la reacción, enjuagar, controlar redeposición y finalizar el tacto. Cada planta ajusta la receta a su maquinaria, prenda y objetivo de moda, manteniendo la seguridad y documentación aplicables.

## Seguridad, manipulación y documentación

Las enzimas industriales son proteínas activas y deben manipularse de acuerdo con la **SDS** correspondiente. En forma de polvo, la medida práctica más importante es evitar la generación innecesaria de polvo suspendido y seguir los controles habituales de higiene industrial, ventilación y protección personal definidos para el sitio de trabajo. Aunque las enzimas son catalizadores biodegradables y específicas en comparación con muchos químicos convencionales, siguen siendo materiales funcionales que requieren manejo responsable.

El **CoA** acompaña el pedido y sirve como documento de conformidad del lote suministrado; la **SDS** acompaña el pedido y orienta la manipulación segura, almacenamiento y respuesta ante incidentes. Enzymes.bio suministra el producto como proveedor en línea en unidades de **1 kg**. No se presenta como fabricante ni laboratorio, y la información técnica debe utilizarse como apoyo para comprender la aplicación, no como sustituto de los procedimientos internos de la planta.

## Conclusión técnica

---

Low-Temperature Enzyme Powder For Denim Washing & Stone-Wash Effects encaja técnicamente dentro de la familia de tratamientos con celulasa para denim: biostoning, stone-wash enzimático, biopulido y mejora de tacto. Su mecanismo se basa en la hidrólisis controlada de celulosa superficial, seguida del desprendimiento mecánico de fibrillas y de parte del índigo asociado a la capa externa del hilo. La evidencia científica respalda tanto el uso de celulasas en aplicaciones textiles de denim como el interés industrial de enzimas activas a menor temperatura <sup>[2]</sup>.

El resultado final, sin embargo, depende de la receta completa: tejido, tinte, construcción, pH, temperatura, tiempo, acción mecánica, control de back-staining, enjuague e inactivación. Usado con criterio, un polvo enzimático de baja temperatura puede ayudar a obtener suavidad y apariencia lavada con condiciones más moderadas. Usado sin control, puede producir variabilidad, redistribución de índigo o pérdida innecesaria de resistencia. Por ello, debe entenderse como una herramienta técnica de acabado húmedo, no como una garantía automática de un único efecto visual en todos los denim.

### Pedir Low-Temperature Enzyme Powder For Denim Washing & Stone-Wash Effects en línea

Se vende en unidades de 1 kg, en stock y listo para enviar. Haga su pedido directamente en nuestra tienda: pague en línea y procesaremos su pedido. Con cada pedido se incluyen un Certificado de Análisis y una Ficha de Datos de Seguridad.

[Comprar Low-Temperature Enzyme Powder For Denim Washing & Stone-Wash Effects →](#)

## Referencias

---

Numeradas por orden de primera cita. Fuentes de acceso abierto, verificadas como disponibles en el momento de publicación; los números de cita en el texto enlazan aquí.

1. Areeshi, M. Y. (2022). Microbial cellulase production using fruit wastes and its applications in biofuels production.. *Journal of food microbiology*, 378, 109814 .
2. Hamid, B., Bashir, Z., Yattoo, A., Mohiddin, F., Majeed, N., Bansal, M., Poczai, P., ... et al. (2022). Cold-Active Enzymes and Their Potential Industrial Applications—A Review. *Molecules*, 27.
3. Ahmed, J., Asma-Ul-Taslim, J., Raihan, T., Shohag, M., Hasan, M., Suhani, S., Qadri, F., ... et al. (2022). Characterization of an endo-beta-1,4 glucanase gene from paper-degrading and denim bio-stoning cellulase producing *Aspergillus* isolates. *Biotechnology and applied biochemistry*, 70, 1057 - 1071.

4. Singh, R., Saati, A., Faidah, H., Bantun, F., Jalal, N. A., Haque, S., Rai, A., ... et al. (2022). Prospects of microbial cellulase production using banana peels wastes for antimicrobial applications. *Journal of food microbiology*, 388, 110069 .
5. Kuddus, M., Roohi, Bano, N., Sheik, G. B., Joseph, B., Hamid, B., Sindhu, R., ... et al. (2024). Cold-active microbial enzymes and their biotechnological applications. *Microbial Biotechnology*, 17.
6. Mostafa, F., Wehaidy, H. R., Sharaf, S., El-hennawi, H., Mahmoud, S. A., & Saleh, S. A. A. (2024). Aspergillus awamori MK788209 cellulase: production, statistical optimization, pea peels saccharification and textile applications. *Microbial Cell Factories*, 23.
7. Bajar, S., Singh, A., & Bishnoi, N. (2020). Exploration of low-cost agro-industrial waste substrate for cellulase and xylanase production using Aspergillus heteromorphus. *Applied Water Science*, 10.
8. Yadav, N., Chahar, D., Bisht, M., & Venkatesu, P. (2023). Assessing the compatibility of choline-based deep eutectic solvents for the structural stability and activity of cellulase: Enzyme sustain at high temperature. *International Journal of Biological Macromolecules*, 125988 .
9. Xu, C., Zhang, J., Zhang, Y., Guo, Y., Xu, H., Xu, J., & Wang, Z. (2019). Enhancement of high-solids enzymatic hydrolysis efficiency of alkali pretreated sugarcane bagasse at low cellulase dosage by fed-batch strategy based on optimized accessory enzymes and additives. *Bioresource Technology*, 292, 121993 .
10. Khoshnevisan, K., Vakhshiteh, F., Barkhi, M., Baharifar, H., Poor-Akbar, E., Zari, N., Stamatis, H., ... et al. (2017). Immobilization of cellulase enzyme onto magnetic nanoparticles: Applications and recent advances. *Molecular Catalysis*, 442, 66-73.
11. Ma, L., Aizhan, R., Wang, X., Yi, Y., Shan, Y., Liu, B., Zhou, Y., ... et al. (2020). Cloning and characterization of low-temperature adapted GH5-CBM3 endo-cellulase from Bacillus subtilis 1AJ3 and their application in the saccharification of switchgrass and coffee grounds. *AMB Express*, 10.

## Contactar con Enzymes.bio

¿Tiene preguntas sobre un pedido? Nuestro equipo estará encantado de ayudarle.

CORREO ELECTRÓNICO [wholesale@enzymes.bio](mailto:wholesale@enzymes.bio)

TELÉFONO (EE. UU.) **+1 (507) 428-6057**

**Contáctenos →**



**400+** Clientes B2B



**60+** socios universitarios de investigación



**54** atendidos en todo el mundo

© 2026 Enzymes.bio · Suministro de enzimas industriales y para procesamiento de alimentos · No apto para consumo humano ni venta minorista.