

Cellulasi a bassa temperatura per denim washing e stone-wash: polvere enzimatica per biostoning, biopolishing e finissaggio del denim

Team di ricerca Enzymes.bio · Wellington, Nuova Zelanda · June 20, 2026

Le **cellulasi a bassa temperatura per denim washing** sono enzimi usati per modificare in modo controllato la superficie cellulosa del denim, favorendo effetti stone-wash, mano più morbida, riduzione della peluria e aspetto più pulito del capo. Nel denim, l'azione principale non è "sciogliere" il tessuto, ma indebolire e rimuovere microfibrille superficiali del cotone, spesso in combinazione con movimento meccanico e altri ausili di processo ^[1].

Low-Temperature Enzyme Powder For Denim Washing & Stone-Wash Effects, fornito online da **Enzymes.bio** in unità da **1 kg**, è un preparato enzimatico destinato a operatori B2B che lavorano denim e cercano un supporto per cicli di lavaggio più mirati. Enzymes.bio è un **fornitore**, non un produttore dell'enzima né un laboratorio; CoA e SDS sono forniti insieme all'ordine.

Che cos'è una polvere enzimatica a bassa temperatura per denim

Nel lavaggio denim, una polvere enzimatica "a bassa temperatura" indica un preparato pensato per contribuire al finissaggio in condizioni più miti rispetto a trattamenti fortemente abrasivi o termicamente intensivi. La logica industriale è coerente con l'impiego di enzimi nel processamento tessile sostenibile: gli enzimi sono biocatalizzatori selettivi, attivi in ambienti acquosi e impiegati in numerose fasi di lavorazione delle fibre naturali e cellulosiche ^[2].

Il denim è normalmente un tessuto di cotone tinto, spesso con indaco. Poiché il cotone è una fibra cellulosa, il bersaglio tecnico delle cellulasi è la **cellulosa superficiale**: fibrille, peli, estremità di fibra e piccole porzioni esposte dalla tessitura, dal taglio, dalla confezione e dai precedenti trattamenti di finissaggio ^[1].

L'espressione "stone-wash effects" rimanda all'aspetto consumato tradizionalmente ottenuto con pietra pomice. Nel biostoning enzimatico, l'effetto estetico deriva invece dalla combinazione tra azione delle cellulasi sulla superficie del cotone e movimento meccanico del bagno, con distacco controllato di microfibrille e parziale rilascio del colore superficiale ^[3].

Perché le cellulasi sono rilevanti nel denim washing

Le cellulasi sono una famiglia di enzimi che idrolizzano la cellulosa, un polimero formato da unità di glucosio legate tra loro da legami β -1,4-glicosidici. In termini pratici, quando agiscono su un tessuto cellulosico, possono ridurre la lunghezza o la stabilità di catene esposte, facilitando il distacco di parti superficiali debolmente ancorate [4].

Nel denim washing, questa reazione è utile perché le microfibrille superficiali trattengono colore, aumentano la pelosità, opacizzano la superficie e contribuiscono a una mano più ruvida. La rimozione controllata di queste microfibrille è il fondamento tecnico del **biopolishing**, applicato a tessuti cellulosici per migliorare liscezza, brillantezza e qualità percepita della superficie [5].

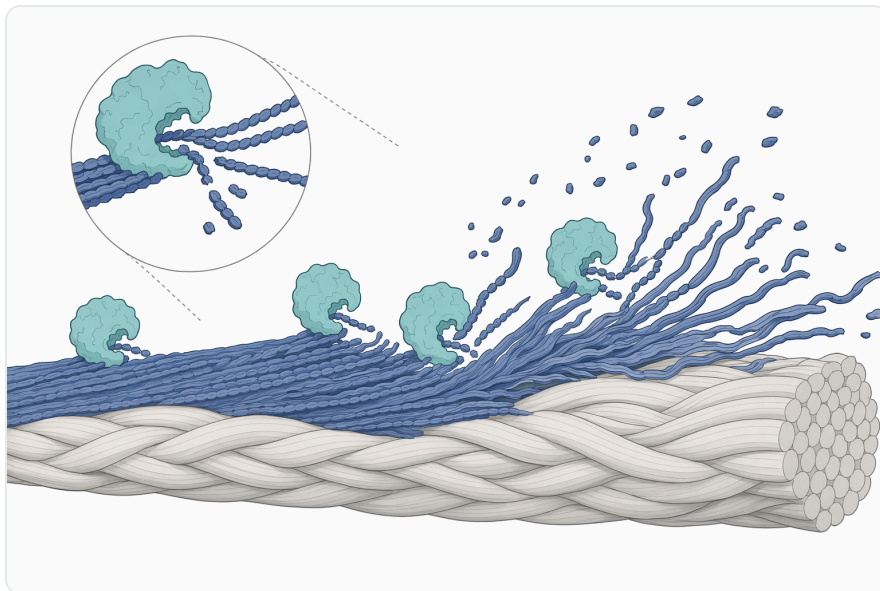


Figure 1. 셀룰라아제는 노출된 면 셀룰로오스 미세섬유를 약화시켜 텀블링 과정에서 인디고 염료가 묻은 표면 물질이 제거되도록 함으로써 데님 페이딩을 만든다.

La stessa classe enzimatica è impiegata anche per il **biostoning**, dove l'obiettivo non è soltanto lisciare la superficie, ma generare un effetto visivo di usura. Studi sul trattamento stone-enzymatic di capi denim mostrano che il finissaggio enzimatico può influenzare proprietà fisico-meccaniche e aspetto del capo, confermando la centralità del bilanciamento tra effetto estetico e conservazione della resistenza [3].

Meccanismo d'azione: cosa succede sulla superficie del denim

La cellulosa del cotone non è uniformemente accessibile. Le zone amorfe, le estremità di catena, le fibrille sollevate e le regioni danneggiate da lavorazioni precedenti sono generalmente più esposte rispetto alle parti cristalline interne. Per questo, in condizioni controllate, una cellulasi tende ad agire in modo più marcato sulla superficie del tessuto che sul nucleo strutturale della fibra ^[4].

Le cellulasi non sono un singolo meccanismo. Le endoglucanasi tagliano legami interni nelle catene di cellulosa, creando nuovi punti di attacco; le esoglucanasi o cellobioidrolasi lavorano progressivamente dalle estremità; le β -glucosidasi completano la conversione di frammenti più piccoli. Nei preparati industriali, il risultato percepito dipende dal profilo complessivo di queste attività e dalla loro interazione con il tessuto ^[6].

Nel denim tinto indaco, l'effetto visivo deriva soprattutto dal distacco di materiale celluloso superficiale che contiene o trattiene colorante, non da una "decolorazione chimica" dell'indaco da parte della cellulasi. Questo punto è importante: le cellulasi modificano il substrato celluloso, mentre enzimi ossidativi come le laccasi sono discussi in letteratura per processi di finissaggio legati più direttamente alla trasformazione o rimozione ossidativa del colore indaco ^[7].

Il movimento meccanico della macchina completa il processo. L'enzima indebolisce le microfibrille; l'azione del bagno, lo sfregamento tra capi e la rotazione favoriscono il distacco delle porzioni superficiali. Se la componente meccanica è troppo debole, l'effetto può essere limitato; se è eccessiva, l'abrasione può prevalere sulla selettività enzimatica, aumentando il rischio di perdita di resistenza o irregolarità del capo ^[8].

"Bassa temperatura" non significa assenza di controllo

Un preparato enzimatico a bassa temperatura è utile quando il processo è progettato per lavorare in condizioni relativamente miti, ma ogni enzima resta sensibile all'ambiente operativo. Temperatura, pH, tempo di contatto, composizione del bagno, residui di tintura, ausili chimici e rapporto tra carico tessile e movimento meccanico possono modificare la velocità e la profondità dell'azione enzimatica ^[9].

Il vantaggio potenziale dei processi a temperatura più bassa è la riduzione dell'intensità energetica e dello stress termico sul tessuto. La ricerca sul processamento tessile sostenibile evidenzia infatti l'interesse per applicazioni enzimatiche che sostituiscano o riducano trattamenti convenzionali più severi, mantenendo una funzionalità di finissaggio mirata ^[2].



Figure 2. 저온 셀룰라아제는 더 낮거나 중간 정도의 세탁 조건에서도 유용한 표면 활성을 제공하도록 설계되어, 의류 품질 목표와 에너지 관리 목표를 함께 지원한다.

Tuttavia, il termine “low-temperature” non deve essere letto come garanzia automatica di un risultato identico su ogni denim. La risposta cambia con peso del tessuto, tipo di filato, costruzione, tintura, presenza di elastan, resine, trattamenti precedenti e grado di usura già presente sul capo ^[10].

Biostoning: come si genera l'effetto stone-wash

Il biostoning utilizza le cellulasi per creare un aspetto lavato, consumato o vintage sul denim. L'enzima agisce sulle fibre superficiali del cotone, favorendo il distacco di fibrille colorate e l'esposizione di zone più chiare; l'effetto è amplificato dallo sfregamento tra capi o da altre componenti meccaniche del processo ^[3].

Rispetto alla sola abrasione con pietra pomice, l'approccio enzimatico consente un'azione più specifica sul substrato cellulosico. Questo non elimina la necessità di controllo meccanico, ma sposta parte del lavoro dall'abrasione fisica indiscriminata a una modifica biochimica della superficie del tessuto ^[1].

Il risultato desiderato può includere contrasto più evidente sulle cuciture, aspetto usato, riduzione dell'intensità superficiale dell'indaco e mano più morbida. La difficoltà tecnica consiste nel raggiungere questi obiettivi senza indebolire eccessivamente il capo, perché l'idrolisi della cellulosa, se non controllata, può interessare anche porzioni strutturalmente importanti della fibra ^[4].

Biopolishing: riduzione della peluria e superficie più pulita

Il biopolishing è un trattamento distinto ma spesso complementare al biostoning. Invece di puntare principalmente all'effetto vintage, mira a ridurre peluria e pilling, migliorando la regolarità della superficie e la percezione tattile del tessuto [5].

Nel denim, la peluria superficiale può attenuare il contrasto visivo e rendere la mano più ruvida. Una cellulasi opportunamente integrata nel lavaggio aiuta a rimuovere le fibrille sporgenti, rendendo il tessuto più liscio al tatto e più pulito all'osservazione [11].



Figure 3. 눈에 보이는 데님 워시다운은 느슨해진 미세섬유와 인디고가 묻은 조각이 가장 쉽게 떨어져 나가는, 마찰이 큰 노출 부위에서 먼저 나타난다.

Il meccanismo è particolarmente utile sui tessuti cellulosici perché le microfibrille sono costituite dallo stesso materiale della fibra principale, ma risultano più esposte all'attacco enzimatico. Questa differenza di accessibilità è ciò che permette un trattamento superficiale selettivo, purché il processo resti entro limiti compatibili con la resistenza richiesta al capo [4].

Cellulasi, laccasi e altri enzimi: differenze applicative nel denim

Nel denim finishing, non tutti gli enzimi svolgono la stessa funzione. Le cellulasi agiscono sul cotone; le laccasi, invece, sono enzimi ossidativi studiati per applicazioni legate al colore, inclusi processi sul denim indaco. Distinguere i meccanismi aiuta a evitare aspettative errate sul comportamento di una polvere enzimatica per denim washing [7].

Tecnologia di trattamento	Bersaglio principale	Effetto tipico sul denim	Punti di attenzione
Pietra pomice	Superficie del tessuto tramite abrasione fisica	Aspetto stone-wash marcato, usura meccanica	Possibile variabilità, residui solidi, stress su tessuto e macchine
Cellulasi	Cellulosa superficiale del cotone	Biostoning, biopolishing, mano più morbida, riduzione peluria	Controllo di pH, temperatura, tempo e azione meccanica
Laccasi	Composti ossidabili, incluso indaco in specifici sistemi	Possibile modifica ossidativa del colore	Dipende fortemente da sistema redox, substrato e condizioni di processo
Xilanasi o enzimi accessori	Componenti non cellulosiche o miscele fibrose specifiche	Supporto in processi tessili particolari	Effetto dipendente dal substrato e dalla formulazione

La sinergia tra enzimi è un tema noto nella biotecnologia industriale: cellulasi e xilanasi, ad esempio, possono mostrare effetti complementari su biomasse vegetali contenenti più polisaccaridi. Nel denim di cotone, però, il ruolo primario per biostoning e biopolishing resta quello delle cellulasi, perché il bersaglio dominante è la cellulosa della fibra ^[12].

Confronto tra stone-wash tradizionale e trattamento enzimatico

Il trattamento con pomice è storicamente efficace perché produce abrasione visibile, ma è relativamente poco selettivo. Colpisce aree esposte del capo, cuciture, pieghe e superfici in modo fisico; ciò può generare effetti estetici desiderati, ma anche stress meccanico non sempre uniforme ^[8].

Il trattamento enzimatico, invece, introduce una componente biochimica specifica. Le cellulasi attaccano la cellulosa accessibile e rendono più facile la rimozione delle microfibrille durante il lavaggio. Questo può ridurre la dipendenza dalla sola abrasione, pur richiedendo una progettazione accurata del ciclo per evitare sottotrattamento o eccessiva perdita di materiale ^[3].

Aspetto operativo	Stone-wash con pomice	Lavaggio con cellulasi a bassa temperatura
Principio d'azione	Abrasione meccanica diretta	Idrolisi enzimatica superficiale più movimento meccanico
Controllo dell'effetto	Fortemente legato a carico, pietre e sfregamento	Legato a enzima, tessuto, pH, temperatura, tempo e rotazione

Aspetto operativo	Stone-wash con pomice	Lavaggio con cellulasi a bassa temperatura
Impatto sulla mano	Ammorbidimento per usura fisica	Ammorbidimento tramite rimozione di fibrille superficiali
Rischio su resistenza	Possibile stress meccanico elevato	Possibile perdita di resistenza se l'azione enzimatica è eccessiva
Residui di processo	Frammenti solidi di pietra e fibra	Frammenti di fibra e materiale rimosso dal tessuto
Applicazione tipica	Effetti vintage marcati	Biostoning, biopolishing e finissaggio più selettivo

Nella pratica industriale, le due logiche possono anche coesistere in processi ibridi, ma la tendenza verso soluzioni enzimatiche nasce dall'interesse per trattamenti più controllabili e compatibili con strategie di finissaggio meno aggressive [2].

Impatto su proprietà fisico-meccaniche del denim

Qualsiasi trattamento che modifica la cellulosa può influenzare le proprietà meccaniche del capo. Nel denim, parametri come resistenza alla trazione, abrasione, stabilità dimensionale e integrità delle cuciture sono collegati alla costruzione del tessuto e ai trattamenti di finissaggio applicati [8].

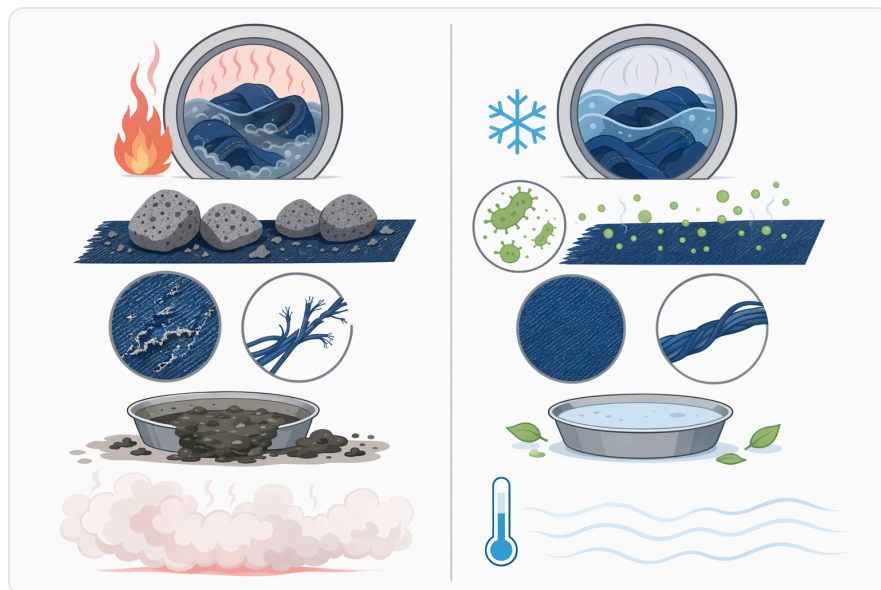


Figure 4. 스톤만 사용하는 방식, 셀룰라아제 방식, 효소와 스톤을 함께 사용하는 방식, 화학적 페이딩 방식은 주로 마모, 생물학적 표면 가수분해, 복합 작용, 화학 반응 중 무엇이 효과를 주도하는지에 따라 달라진다.

Gli studi su capi denim sottoposti a trattamento stone-enzymatic mostrano che il finissaggio può modificare le proprietà fisico-meccaniche insieme all'aspetto. Questo è coerente con il meccanismo: se l'enzima rimuove materiale superficiale e l'azione meccanica accentua l'usura, il capo può diventare più morbido e visivamente lavato, ma anche più sensibile a un trattamento eccessivo [3].

La presenza di elastan o finissaggi funzionali richiede ulteriore attenzione. Ricerche su denim cotone-elastan e finissaggi specifici mostrano che la composizione e i trattamenti aggiunti possono cambiare il comportamento del tessuto, rendendo meno prevedibile il trasferimento diretto di una ricetta da un articolo denim a un altro [13].

Anche l'uso di resine o trattamenti prima e dopo il lavaggio enzimatico può alterare la risposta meccanica. Studi su DMDHEU modificato e resine acriliche applicate a denim di cotone evidenziano che la sequenza di trattamento influisce sulle proprietà finali del tessuto, quindi l'enzima va considerato parte di un sistema di finissaggio più ampio [10].

Sostenibilità: dove l'enzima può contribuire davvero

L'interesse per gli enzimi nel tessile deriva dalla possibilità di sostituire o alleggerire alcune lavorazioni chimiche e meccaniche più severe. Le applicazioni enzimatiche sono spesso presentate come strumenti della "white biotechnology" per lo sviluppo sostenibile, perché operano con selettività e possono ridurre il ricorso a condizioni drastiche [1].

Nel denim, il contributo più concreto è la possibilità di ottenere parte dell'effetto stone-wash attraverso una reazione mirata sulla cellulosa, invece che affidarsi esclusivamente all'abrasione fisica. Questo può ridurre alcune criticità operative associate ai trattamenti tradizionali, ma non elimina consumo d'acqua, energia, movimentazione meccanica o necessità di gestione delle acque di processo [2].

È corretto parlare di potenziale miglioramento ambientale solo in relazione al processo complessivo. Una cellulasi può favorire cicli più miti, ma il bilancio reale dipende da durata del lavaggio, temperatura scelta, carico macchina, risciacqui, ausili chimici, qualità dell'acqua e trattamento degli effluenti [14].

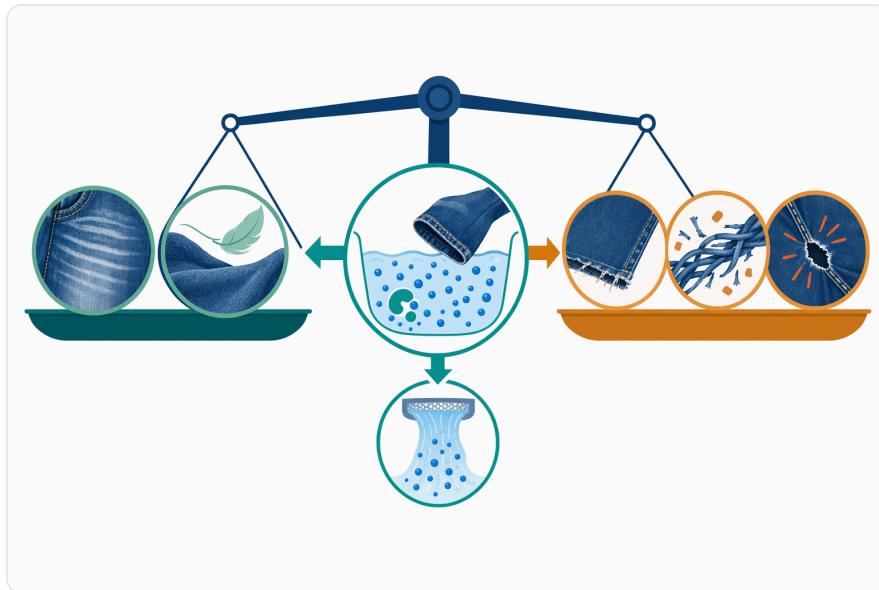


Figure 5. 데님 효소 세탁은 더 강한 페이딩과 부드러운 촉감을 얻는 것과 중량 손실, 강도 저하, 가장자리 얇아짐, 백스테이닝 사이의 균형을 맞춰야 한다.

La ricerca recente sul biopolishing da enzimi derivati da residui agroindustriali mostra anche un interesse crescente per filiere più circolari e fonti enzimatiche alternative. Questo non significa che ogni prodotto commerciale abbia la stessa origine, ma conferma la direzione tecnica del settore verso soluzioni di finissaggio biologicamente assistite ^[11].

Compatibilità con processi denim esistenti

Una polvere enzimatica per denim washing viene normalmente integrata in un ciclo acquoso dove il capo è già preparato per il trattamento. Nella sequenza industriale, il risultato dipende da ciò che è avvenuto prima: desizing, eventuale lavaggio preliminare, tipo di tintura, fissaggi, resine e costruzione del capo ^[8].

Il desizing, ad esempio, influenza l'accessibilità della superficie. Se residui di imbozzimatura o finissaggi ostacolano il contatto tra enzima e fibra, la risposta può essere meno uniforme. Al contrario, una superficie più accessibile può reagire più rapidamente all'azione della cellulasi ^[15].

Anche il pH è una variabile importante, perché le cellulasi hanno intervalli di stabilità e attività legati alla loro origine e formulazione. La letteratura sulle cellulasi industriali sottolinea che attività e stabilità dipendono da condizioni ambientali, struttura dell'enzima e compatibilità con il substrato ^[6].

La temperatura è altrettanto critica. Un enzima destinato a condizioni più basse può essere utile per ridurre l'intensità termica del processo, ma temperature troppo lontane dall'intervallo operativo del preparato possono rallentare l'effetto o compromettere la stabilità dell'enzima ^[9].

Limiti tecnici e rischi di interpretazione

Il primo limite è che “enzimatico” non significa automaticamente delicato. Una cellulasi è selettiva per la cellulosa, ma il denim di cotone è fatto proprio di cellulosa; quindi l’obiettivo è controllare l’accesso alla superficie, non escludere completamente l’impatto sulla fibra ^[4].



Figure 6. 저온 셀룰라아제 분말은 효소만으로 구현하는 깔끔한 페이딩, 스톤 사용을 줄인 효소 보조 빈티지 룩, 더 매끄러운 바이오 폴리싱 패션 워시, 진한 데님의 은은한 워시다운을 지원할 수 있다.

Il secondo limite è la variabilità del denim. Due capi con lo stesso colore apparente possono differire per filato, torsione, peso, titolo, densità, tintura, lavaggi precedenti e presenza di elastan. Queste differenze modificano l’accessibilità della cellulosa e la risposta all’abrasione, rendendo necessario adattare il processo al singolo articolo ^[8].

Il terzo limite riguarda l’effetto colore. La cellulasi può favorire il rilascio di materiale colorato perché rimuove microfibrille di cotone tinto, ma non va confusa con un sistema ossidativo specifico per l’indaco. Per trattamenti in cui l’obiettivo principale è la trasformazione del cromoforo, la letteratura considera separatamente tecnologie come le laccasi ^[7].

Il quarto limite è l’interazione con finissaggi funzionali. Trattamenti antimicrobici, antinfiamma, resinati o altri additivi possono modificare bagnabilità, attrito, accessibilità della fibra e proprietà finali del capo. Studi su finissaggi antimicrobici e su tessuti denim con trattamenti specifici confermano che il denim finito è un sistema complesso, non una semplice fibra di cotone isolata ^[16].

Uso tecnico nel contesto B2B

Per un operatore B2B, il valore di una polvere enzimatica a bassa temperatura sta nella possibilità di introdurre una fase di finissaggio mirata, orientata a biostoning e biopolishing. L'enzima diventa una leva di processo insieme a meccanica, bagno, sequenza di lavaggio e caratteristiche del capo [2].

L'integrazione corretta richiede coerenza con la ricetta interna già in uso. In generale, il trattamento enzimatico deve essere inserito quando la superficie del denim è accessibile, il bagno è compatibile con l'enzima e l'azione meccanica è sufficiente a rimuovere le fibrille indebolite senza trasformare il ciclo in una pura abrasione aggressiva [15].

Dopo l'azione enzimatica, il processo deve evitare che l'attività residua prosegua oltre l'effetto desiderato. In un contesto industriale, la gestione del fine trattamento è parte della progettazione del ciclo, perché l'eccessiva esposizione alla cellulasi può continuare a incidere sulla superficie del cotone [6].

Posizionamento del prodotto Enzymes.bio

Low-Temperature Enzyme Powder For Denim Washing & Stone-Wash Effects è presentato come supporto enzimatico per lavaggi denim, effetti stone-wash, biostoning e miglioramento superficiale. Il razionale tecnico si basa sull'impiego delle cellulasi nei processi tessili cellulósici, documentato in letteratura per biopolishing, finissaggio e trattamento del denim [1].

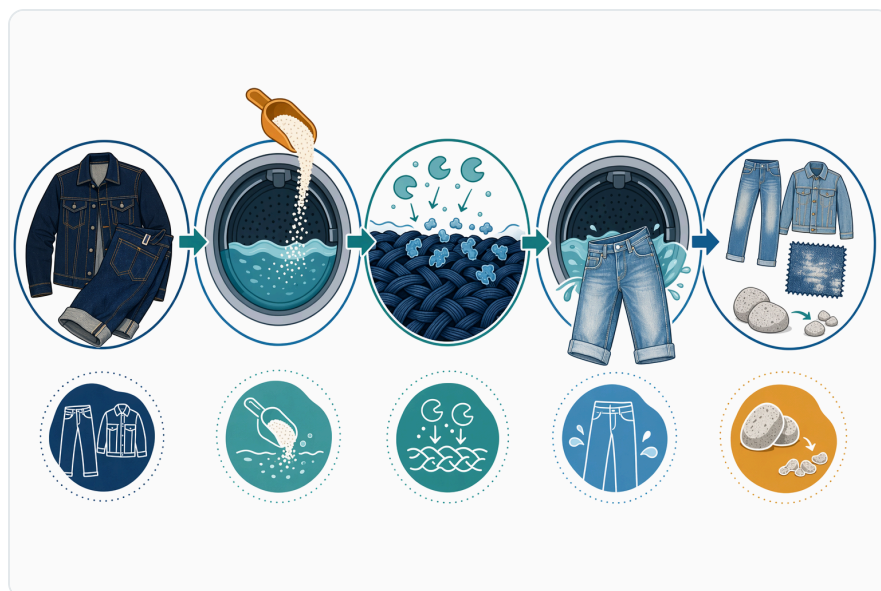


Figure 7. 이 제품은 데님 세탁용 1kg 셀룰라아제 효소 분말로 온라인 주문되며, 주문 처리와 배송, 시험성적서, 안전보건자료가 함께 제공됩니다.

Enzymes.bio opera come **fornitore online** del prodotto, non come produttore dell'enzima e non come laboratorio. Il prodotto è disponibile per acquisto diretto online in unità da **1 kg**; il certificato di analisi e la scheda di dati di sicurezza accompagnano l'ordine.

Il contenuto tecnico qui riportato ha finalità informativa per operatori che conoscono già i propri cicli di lavaggio e finissaggio. Le prestazioni effettive dipendono dalla combinazione tra prodotto, tessuto, macchina, sequenza di processo e obiettivo estetico richiesto ^[3].

Sintesi tecnica finale

Le cellulasi a bassa temperatura sono rilevanti nel denim washing perché permettono di intervenire sulla cellulosa superficiale del cotone in modo più selettivo rispetto alla sola abrasione meccanica. Il risultato atteso comprende effetti stone-wash, riduzione della peluria, mano più morbida e superficie più pulita, purché il processo sia controllato in funzione del capo e dell'effetto desiderato ^[5].

Il biostoning enzimatico non è una semplice sostituzione "uno a uno" della pietra pomice: è un diverso equilibrio tra chimica enzimatica, movimento meccanico e caratteristiche del tessuto. La sua efficacia dipende dall'accessibilità delle microfibrille, dalla stabilità dell'enzima e dalla gestione del trattamento nel ciclo complessivo ^[4].

Per gli operatori B2B, **Low-Temperature Enzyme Powder For Denim Washing & Stone-Wash Effects** di Enzymes.bio rappresenta una soluzione pronta all'acquisto online in formato da **1 kg** per supportare processi di finissaggio denim orientati a biostoning e biopolishing. Il prodotto va valutato come componente tecnico del processo, non come garanzia isolata di un effetto estetico indipendente da tessuto, macchina e ricetta di lavaggio.

Ordina Low-Temperature Enzyme Powder For Denim Washing & Stone-Wash Effects online

Venduto in unità da 1 kg, disponibile a magazzino e pronto per la spedizione. Ordina direttamente dal nostro store: paga online e noi elaboriamo il tuo ordine. Un Certificato di Analisi e una Scheda Dati di Sicurezza sono inclusi in ogni ordine.

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

Riferimenti

Numerati in ordine di prima citazione. Fonti open access, ciascuna verificata come raggiungibile al momento della pubblicazione; i numeri di citazione nel testo rimandano qui.

1. Shahid, M., Mohammad, F., Chen, G., Tang, R., & Xing, T. (2016). Enzymatic processing of natural fibres: white biotechnology for sustainable development. *Green Chemistry*, 18, 2256-2281.
2. Kabir, S. M. M., & Koh, J. (2021). Sustainable Textile Processing by Enzyme Applications. *Biodegradation [Working Title]*.
3. Mondal, M. I. H., Khan, M. M. R., & Ahmed, M. F. (2016). Physico-Mechanical Properties of Finished Denim Garment by Stone-Enzymatic Treatment. *Journal of textile and apparel technology and management*, 10.
4. Maravi, P., & Kumar, A. (2021). Cellulase: Distribution, Production, Characterization and Industrial Applications. *Biotechnology Journal International*.
5. Morgado, J., Cavaco-Paulo, A., & Rousselle, M. (2000). Enzymatic Treatment of Lyocell—Clarification of Depilling Mechanisms. *Textile Research Journal*, 70, 696 - 699.
6. Budhraj, 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*.
7. Muñoz, E., Insuasti, J. A. P., Trujillo, S. D., Río, C. A. D., Arroyave, C., Carrera, M. P., Soto, A., ... et al. (2016). Technology for Denim Finishing Using Laccase Enzymes : A Review.
8. Khan, A. (2018). Study of Abrasion Resistance of Denim Fabric by Changing Shedding Mechanism, Fabric Construction & Finishing Process (Singeing, De-Sizing).
9. Kakkar, P., & Wadhwa, N. (2021). Extremozymes used in textile industry. *Journal of the Textile Institute*, 113, 2007 - 2015.
10. Litim, N., Baffoun, A., & Abdessalem, S. (2016). Impact of Modified Dmdheu and Copolymer Acrylic Resin Using Spraying Treatment Before and After an Enzymatic Washing on the Mechanical Properties of Denim Cotton Fabric. *viXra*.
11. Ikbal, M., Tisha, F. A., Asheque, A. I., Hasnat, E., & Uddin, M. A. (2024). Eco-friendly biopolishing of cotton fabric through wasted sugarcane bagasse-derived enzymes. *Heliyon*, 10.
12. Bajaj, P., & Mahajan, R. (2019). Cellulase and xylanase synergism in industrial biotechnology. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 103, 8711 - 8724.
13. Becenen, N., & Eyi, G. (2020). Investigation of the flammability properties of a cotton and elastane blend denim fabric in the presence of boric acid, borax, and nano-SiO₂. *The Journal of The Textile Institute*, 112, 1080 - 1092.
14. Fernandes, A. M., Pinheiro, A. I., Rodrigues, C., & Silva, C. (2025). Bioeconomy in Textile Industry: Industrial Residues Valorization Toward Textile Functionalization. *Recycling*.
15. Buschle-Diller, G., & Reed, I. (1998). Effect of Enzymatic Treatment on Dyeing and Finishing of Cellulosic Fibers: A Study of the Basic Mechanisms and Optimization of the Process Project: A96- 1 Principal Investigators.
16. Sumithra, M., & VasugiRaaja, N. (2014). Antimicrobial Finishing of Denim Fabrics with Herbal Extracts.

Contatta Enzymes.bio

Hai domande su un ordine? Il nostro team è lieto di aiutarti.

EMAIL wholesale@enzymes.bio

TELEFONO (USA) **+1 (507) 428-6057**

[Contattaci →](#)



400+ Clienti B2B



60+ partner di ricerca universitari



54 serviti in tutto il mondo

© 2026 Enzymes.bio · Fornitura di enzimi industriali e per la lavorazione alimentare · Non destinato al consumo umano né alla vendita al dettaglio.