

Cellulasi neutra per industria tessile: denim washing, biostoning, bio-polishing e finissaggio denim

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

La **cellulasi neutra per denim washing** è un enzima usato nel finissaggio tessile per ottenere abrasione controllata, effetto stone-wash, ammorbidimento e riduzione della peluria superficiale su denim di cotone. Agisce sulle microfibrille cellulosiche esposte in superficie, facilitando il distacco di particelle di fibra e indaco senza comportarsi come uno sbiancante ossidativo. Nel contesto B2B, Enzymes.bio fornisce questo enzima per uso industriale tessile in unità acquistabili online da **1 kg**, con CoA e SDS forniti insieme all'ordine.

Che cos'è la cellulasi neutra per il denim washing

La cellulasi è una classe di enzimi idrolitici in grado di scindere legami nella cellulosa, il polisaccaride strutturale principale delle fibre di cotone. Nel denim, il cotone costituisce il substrato fibroso, mentre il colorante indaco è distribuito prevalentemente negli strati esterni del filato: per questo una modifica controllata della superficie cellulosica può tradursi in variazioni visibili di colore, mano e pulizia superficiale del capo ^[1].

L'espressione **cellulasi neutra** indica una cellulasi formulata per lavorare in condizioni prossime alla neutralità, distinguendosi dalle cellulasi acide e da quelle alcaline. Questa distinzione è importante nel denim washing perché pH, temperatura, tempo di trattamento, movimento meccanico e costruzione del tessuto determinano il bilanciamento tra effetto moda, perdita di peso e conservazione delle proprietà meccaniche ^[2].

Nel settore tessile, le cellulasi sono usate in applicazioni come bio-polishing, bio-washing, biostoning, miglioramento della mano, riduzione del fuzz e supporto a processi di finissaggio più sostenibili. Le review sulle applicazioni microbiche degli enzimi tessili collocano le cellulasi tra gli enzimi più rilevanti per la lavorazione di materiali cellulosici, insieme ad amilasi, pectinasi, laccasi e proteasi ^[3].

Enzymes.bio opera come **fornitore** di enzimi per clienti professionali e non come produttore o laboratorio. Il prodotto **Neutral Cellulase For Textile Industry In Denim Washing Process** è disponibile per acquisto diretto online in unità da **1 kg**; la documentazione di accompagnamento,

inclusi **Certificate of Analysis** e **Safety Data Sheet**, viene fornita insieme all'ordine.

Perché la cellulasi neutra è rilevante nel finissaggio denim

Il denim washing industriale deve produrre un effetto estetico ripetibile senza compromettere in modo eccessivo resistenza, stabilità dimensionale e qualità percepita del capo. I processi tradizionali basati su pietra pomice e abrasione meccanica possono ottenere un aspetto vissuto, ma generano residui solidi, usura delle macchine, polvere, variabilità e potenziale danno alla fibra [4].

La cellulasi neutra risponde a questa esigenza introducendo un'azione biochimica selettiva sulla superficie del cotone. Invece di erodere il tessuto solo per urto e attrito, l'enzima indebolisce microfibrille e zone cellulosiche accessibili; il movimento del bagno di lavaggio rimuove poi le porzioni indebolite, contribuendo a liberare indaco superficiale e a creare un effetto di schiaritura controllata [5].

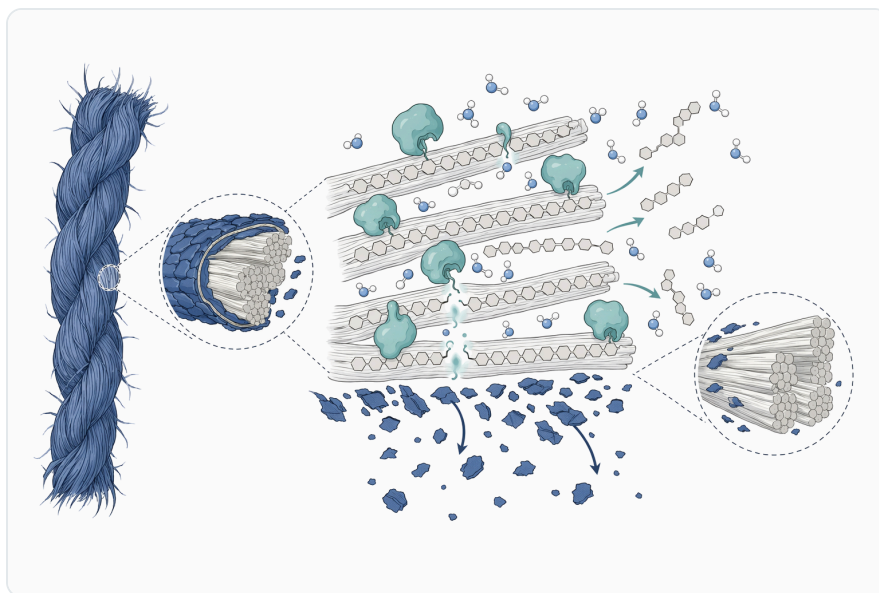


Figure 1. 중성 셀룰라아제는 데님 표면의 노출된 셀룰로오스 미세섬유를 가수 분해하여 조절된 마모 효과와 인디고 탈색을 유도합니다.

Questa azione è particolarmente utile nei trattamenti di **biostoning**, dove l'obiettivo è simulare o integrare l'effetto stone-wash riducendo la dipendenza dalla pomice. La letteratura sul denim finito con trattamento stone-enzimatico mostra che la combinazione di azione enzimatica e meccanica influenza proprietà fisico-meccaniche come perdita di peso, resistenza, rigidità e aspetto superficiale [4].

La scelta di una cellulasi neutra è spesso legata alla ricerca di un compromesso tra abrasione efficace e minore aggressività rispetto ad alcune condizioni acide più severe. Questo non significa che il processo sia automaticamente "delicato": anche un trattamento con cellulasi neutra può indebolire il tessuto se

tempo, carico macchina, temperatura, bagno e azione meccanica non sono coerenti con il tipo di denim e con il risultato richiesto ^[6].

Meccanismo d'azione: dalla cellulosa all'effetto stone-wash

La cellulosa è formata da catene di glucosio organizzate in regioni cristalline e amorfe. Le cellulasi non agiscono tutte nello stesso modo: in un sistema cellulolitico possono essere presenti componenti con attività endoglucanasi, esoglucanasi e β -glucosidasi, che collaborano nella modifica e degradazione della cellulosa accessibile ^[7].

Nel denim washing, la frazione più rilevante del processo è l'attacco alle microfibrille superficiali e alle zone più accessibili della fibra. Le endoglucanasi possono tagliare internamente le catene cellulosiche in aree meno ordinate, riducendo l'integrità delle fibrille sporgenti; l'azione meccanica successiva ne facilita il distacco, insieme a particelle di indaco aderenti alla superficie ^[1].

L'effetto non è equivalente a una decolorazione chimica ossidativa. La cellulasi non "sbianca" l'indaco nel senso classico: modifica il supporto cellulosico su cui il colorante è depositato o intrappolato superficialmente. Per questo il risultato visivo dipende dalla tintura, dalla penetrazione dell'indaco, dalla torsione e struttura del filato, dal peso del tessuto e dalla distribuzione dell'abrasione durante il lavaggio ^[5].

La temperatura influenza non solo la velocità di reazione, ma anche l'interazione tra enzima e substrato cellulosico. Studi sulla capacità di legame delle cellulasi alla cellulosa mostrano che le condizioni termiche possono modificare l'adsorbimento dell'enzima sulla fibra, un aspetto importante perché l'azione della cellulasi richiede contatto effettivo con le superfici cellulosiche disponibili ^[8].

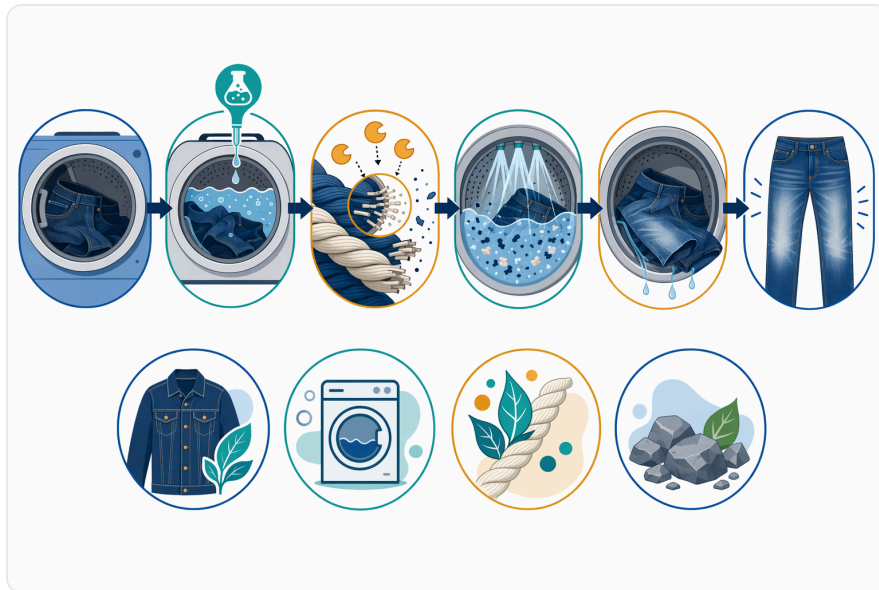


Figure 2. 데님 워싱에서 중성 셀룰라아제는 부석 마모 공정의 일부 또는 전부를 대체하여 조절된 페이딩 효과와 더 부드러운 원단 촉감을 제공합니다.

Il movimento meccanico del tamburo resta indispensabile. Senza frizione, ribaltamento e scambio nel bagno, le microfibrille indebolite dall'enzima non vengono rimosse in modo efficace; al contrario, un'eccessiva sollecitazione meccanica può amplificare il danno e portare a perdita di peso o riduzione di resistenza oltre l'obiettivo estetico ^[4].

Applicazioni principali nel denim: biostoning, bio-washing e bio-polishing

Biostoning del denim

Il **biostoning** è l'applicazione più riconoscibile della cellulasi nel denim washing. L'enzima contribuisce a rimuovere lo strato più superficiale di cellulosa e indaco, producendo abrasione biologica e aspetto vissuto. Rispetto al solo uso di pomice, il trattamento enzimatico consente di modulare l'effetto attraverso variabili di processo e può ridurre alcuni problemi legati a residui solidi e usura meccanica ^[2].

Gli studi su capi denim trattati con processi stone-enzimatici hanno evidenziato che l'effetto desiderato deve sempre essere letto insieme alle proprietà fisico-meccaniche. Parametri come rigidità, perdita di peso, resistenza alla trazione e aspetto superficiale cambiano in funzione dell'intensità del trattamento; il valore industriale dell'enzima sta proprio nella possibilità di regolare il profilo di finissaggio, non nel massimizzare indiscriminatamente l'abrasione ^[4].

Bio-washing e ammorbidimento

Nel **bio-washing**, la cellulasi è usata per migliorare mano, comfort e aspetto del capo. La rimozione delle fibrille superficiali riduce la sensazione di ruvidità, rende la superficie più pulita e può aumentare la percezione di morbidezza, soprattutto in denim rigidi o fortemente costruiti [5].

Il miglioramento della mano non dipende solo dall'enzima, ma anche dalla struttura del tessuto e dalla sequenza di finissaggio. Un denim pesante, un tessuto stretch, un denim a filato compatto o un articolo con finissaggi precedenti possono rispondere in modo diverso allo stesso trattamento enzimatico; per questo la cellulasi deve essere considerata una variabile tecnica integrata nel processo complessivo [9].

Bio-polishing e riduzione del fuzz

Il **bio-polishing** mira a ridurre peluria, fibrille sporgenti e tendenza al pilling nei materiali cellulosici. Nel denim, questa funzione è utile quando si vuole ottenere una superficie più liscia, un aspetto più pulito e una migliore definizione dell'effetto moda, evitando che fibre sollevate rendano il capo opaco o irregolare [2].



Figure 3. 중성 셀룰라아제는 데님 페이딩, 면 바이오 폴리싱, 보풀 제거, 필링 방지 및 의류의 부드러움 개선에 사용됩니다.

La cellulasi agisce sulle fibrille più esposte perché sono più accessibili dell'interno della fibra. Quando il trattamento è controllato, la rimozione di queste microstrutture migliora l'uniformità superficiale; se invece l'azione prosegue oltre il necessario, la stessa idrolisi può tradursi in indebolimento del filato e perdita di massa [6].

Confronto tecnico: cellulasi neutra, cellulasi acida e stone-washing tradizionale

La scelta tra cellulasi neutra, cellulasi acida, pietra pomice o combinazioni di processo dipende dall'effetto richiesto, dal tipo di denim e dai vincoli di produzione. La tabella seguente confronta le logiche operative in modo qualitativo, senza sostituire le procedure interne della lavanderia.

Approccio di finissaggio	Meccanismo prevalente	Effetti desiderati	Criticità tecniche	Considerazioni industriali
Cellulasi neutra	Idrolisi controllata delle microfibrille cellulose in condizioni prossime alla neutralità	Biostoning, bio-washing, ammorbidimento, riduzione fuzz, fading controllato	Possibile perdita di peso o resistenza se il processo è troppo intenso; backstaining da gestire	Buon equilibrio tra effetto moda e controllo del processo; adatta a trattamenti denim celluloseici
Cellulasi acida	Idrolisi cellulolitica in ambiente acido	Abrasione enzimatica e schiaritura superficiale	Storicamente associata a maggior attenzione per backstaining e danno in alcune condizioni	Può essere efficace, ma richiede controllo stringente della sequenza di lavaggio
Pietra pomice	Abrasione meccanica per urto e attrito	Aspetto stone-wash marcato, abrasioni localizzate	Polvere, fanghi, usura macchina, variabilità, possibile danno al capo	Tecnologia tradizionale, spesso integrata o parzialmente sostituita da enzimi
Processi enzimatici combinati	Azione complementare di più enzimi, ad esempio su amido, cellulosa o cromofori	Desizing, bio-washing, modifiche colore, cleaner processing	Maggiore complessità di compatibilità e sequenza	Interessanti per ridurre passaggi separati e ottimizzare bagno e tempi

Le review sul processing tessile sostenibile indicano che gli enzimi possono ridurre la dipendenza da trattamenti più aggressivi, ma sottolineano anche che ogni enzima ha una finestra applicativa specifica e richiede controllo di processo ^[2]. Nel denim, questa osservazione è particolarmente importante perché il risultato estetico è inseparabile dall'integrità del capo.

Effetti misurati negli studi su denim trattato con cellulasi

La ricerca applicata sul denim non valuta solo il colore. Gli studi su trattamenti enzimatici hanno considerato proprietà come resistenza alla trazione, allungamento, rigidità, assorbimento d'acqua, restringimento, perdita di peso, variazione cromatica e morfologia della superficie ^[5].

Questi parametri sono collegati tra loro. Una maggiore rimozione di materiale superficiale può generare fading più evidente e mano più morbida, ma anche incrementare perdita di peso e modificare le proprietà meccaniche. Il compito del processo industriale è trovare il punto in cui l'effetto estetico soddisfa il target senza superare la soglia accettabile di indebolimento ^[4].

Studi su tessuti denim stretch hanno mostrato che diversi processi di lavaggio possono influenzare in modo distinto le proprietà del tessuto, compresi aspetti legati all'elasticità e alla stabilità. Questo è rilevante perché molti denim moderni non sono puro cotone rigido: includono componenti elastiche o costruzioni complesse che possono reagire diversamente all'azione meccanica e chimico-enzimatica ^[9].



Figure 4. 부식만을 사용한 마모 처리와 비교할 때, 중성 셀룰라아제를 이용한 데님 워싱은 원단 손상이 적고 고형 폐기물이 줄어들면서 더 조절된 페이딩 효과를 제공합니다.

La morfologia superficiale è un altro indicatore importante. L'azione della cellulasi tende a ridurre fibrille e fibre sporgenti quando il trattamento è calibrato; tuttavia, un'idrolisi eccessiva può esporre o indebolire zone più profonde della struttura fibrosa. Per questo le pubblicazioni tecniche discutono sia i benefici estetici sia i "problemi" applicativi delle cellulasi nel finissaggio e nella tintura tessile ^[6].

Backstaining: perché avviene e come interpretarlo

Il **backstaining** è la rideposizione indesiderata dell'indaco rimosso su zone del capo, spesso con perdita di contrasto tra parti chiare e scure. È uno dei temi tecnici più discussi nel denim washing enzimatico, perché l'effetto vintage richiede rimozione del colore in alcune aree ma mantenimento della pulizia cromatica in altre [6].

Il fenomeno coinvolge più fattori: particelle di indaco disperse nel bagno, frammenti di fibra, proteine enzimatiche adsorbite, pH, temperatura, rapporto bagno, carico, movimento meccanico e risciacquo. La cellulasi agisce sulla cellulosa, ma il materiale rimosso non scompare: deve restare disperso e uscire dal sistema senza ridepositarsi sul tessuto [2].

Le cellulasi neutre sono spesso considerate utili quando si vuole migliorare il controllo del processo e limitare alcuni effetti indesiderati associati a condizioni più aggressive. Tuttavia, nessun tipo di cellulasi elimina automaticamente il backstaining; la gestione dipende dall'intera ricetta di lavanderia e dalla sequenza di trattamento [6].

Parametri di processo che influenzano il risultato

Nel denim washing, l'enzima è solo una delle variabili. Il risultato dipende da una rete di fattori: peso del tessuto, densità di costruzione, torsione del filato, grado di tintura indaco, presenza di elasthan, tipo di macchina, carico, rapporto bagno, durata, temperatura, pH, azione meccanica e trattamenti prima o dopo la cellulasi [9].

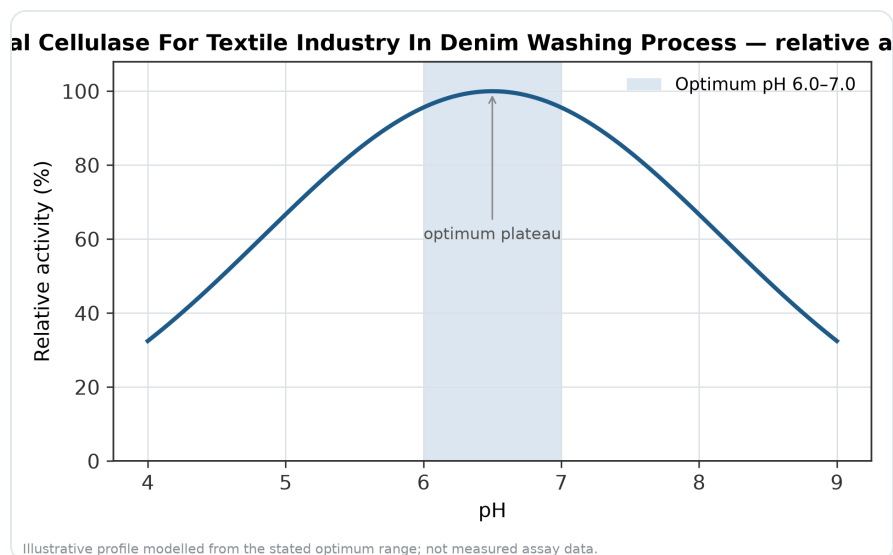


Figure 5. pH에 따른 데님 워싱 공정용 섬유 산업용 중성 셀룰라아제의 상대 활성으로, pH 6.0-7.0에서 최적 활성 구간이 나타납니다.

La durata del trattamento incide sull'estensione dell'idrolisi superficiale. Tempi più lunghi possono aumentare fading e morbidezza, ma anche accrescere perdita di peso e rischio di riduzione della resistenza. La temperatura, a sua volta, modifica sia la cinetica enzimatica sia l'interazione enzima-cellulosa, come indicato dagli studi sulla capacità di legame delle cellulasi alla cellulosa [8].

Il pH è centrale perché ogni cellulasi ha una zona operativa in cui la struttura proteica mantiene attività e stabilità. Una cellulasi neutra è progettata per funzionare in condizioni prossime alla neutralità, ma il bagno reale può essere influenzato da residui di desizing, detergenti, ausiliari, colorante rimosso e alcalinità o acidità provenienti da passaggi precedenti [2].

Anche l'azione meccanica va regolata con attenzione. Una meccanica insufficiente non rimuove efficacemente le fibrille indebolite; una meccanica eccessiva può trasformare un trattamento biochimico selettivo in un'abrasione troppo aggressiva. Nel denim, la sinergia tra enzima e tamburo è quindi il cuore del biostoning [4].

Sostenibilità e limiti realistici dell'approccio enzimatico

Le applicazioni enzimatiche nella lavorazione tessile sono studiate perché possono ridurre l'uso di condizioni chimiche severe e migliorare la selettività dei trattamenti. Le review sul processing tessile sostenibile evidenziano che gli enzimi operano in condizioni più miti rispetto a molti trattamenti convenzionali e possono contribuire a processi più efficienti, purché siano inseriti in ricette tecnicamente corrette [2].

Nel caso del denim, la sostituzione parziale della pomice può ridurre polveri, residui solidi e usura delle apparecchiature. Questo beneficio non va però interpretato come impatto nullo: il processo continua a richiedere acqua, energia, gestione degli effluenti e controllo del materiale colorante rimosso dal tessuto [3].

Le cellulasi microbiche sono oggetto di ricerca continua per migliorare stabilità, specificità, efficienza e compatibilità industriale. Studi recenti discutono l'evoluzione delle applicazioni delle cellulasi in settori come tessile, bioenergia, alimentare e gestione dei rifiuti, mostrando che l'interesse industriale deriva dalla loro capacità di trasformare substrati cellulosici in modo mirato [7].

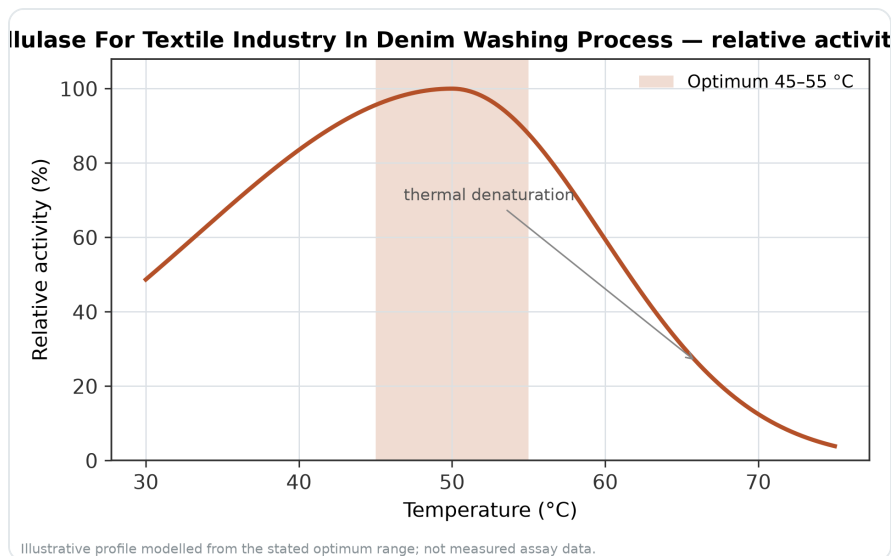


Figure 6. 온도에 따른 데님 워싱 공정용 섬유 산업용 중성 셀룰라아제의 상대 활성으로, 45–55°C에서 최적 활성을 보이며 최적 온도 이상에서는 열변성에 따른 특징적인 활성 감소가 나타납니다.

Nel finissaggio denim, il limite principale resta il compromesso tra effetto estetico e conservazione del capo. Un enzima più efficace non è automaticamente migliore se produce eccessiva perdita di peso, indebolimento o backstaining; la qualità industriale dipende dalla stabilità del processo e dalla ripetibilità del risultato su lotti reali [6].

Cellulasi microbiche e fonti enzimatiche usate nel tessile

Molte cellulasi industriali derivano da microrganismi, inclusi funghi e batteri. La produzione microbica è ampiamente studiata perché permette di ottenere enzimi con caratteristiche differenti di attività, stabilità e compatibilità con varie condizioni applicative [1].

Nel settore tessile, ceppi come **Trichoderma reesei** sono stati studiati per la produzione di cellulasi destinate ad applicazioni industriali. La ricerca su ceppi e sistemi enzimatici ha contribuito a rendere disponibili cellulasi con profili più adatti a bio-polishing e denim washing rispetto a preparazioni meno selettive [10].

Sono stati investigati anche enzimi da altri microrganismi, inclusi batteri e funghi termotolleranti o mutanti selezionati. Ad esempio, studi recenti su cellulasi di **Bacillus subtilis** e **Aspergillus awamori** hanno valutato applicazioni tessili e potenziale nel biofinishing, confermando l'interesse per enzimi con stabilità e prestazioni adatte al trattamento di materiali cellulosici [11].

Queste informazioni non implicano che ogni prodotto commerciale abbia la stessa origine o la stessa composizione enzimatica. Nel contesto di Enzymes.bio, il punto rilevante per l'utente professionale è la disponibilità di una cellulasi neutra destinata al processo denim, con documentazione CoA e SDS fornita insieme all'ordine.

Integrazione con altri trattamenti tessili

La cellulasi può essere parte di una sequenza più ampia che include desizing, lavaggi preliminari, trattamenti enzimatici, ammorbidimento, neutralizzazione del bagno e finissaggi funzionali. In una linea denim, la sua posizione nella sequenza influenza il risultato: residui di amido, ausiliari o alcalinità possono modificare il contatto tra enzima e fibra [2].

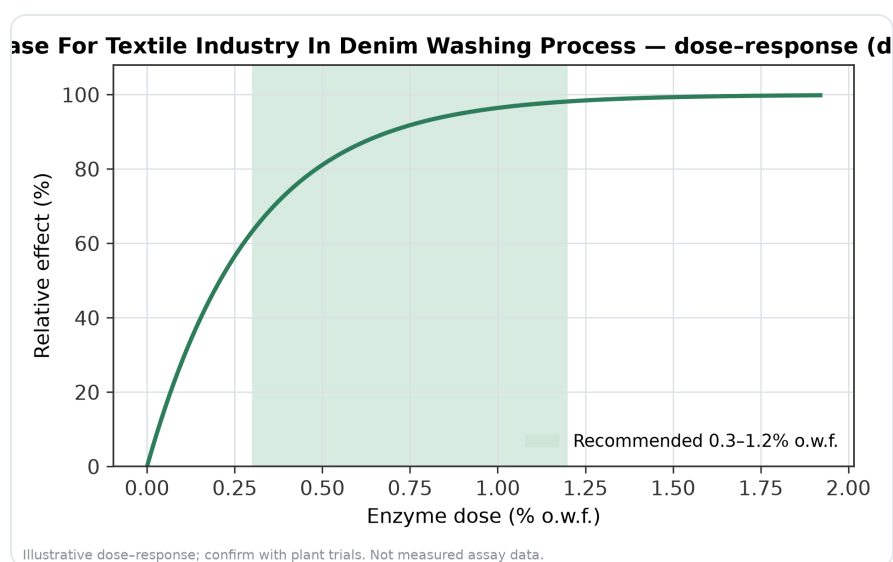


Figure 7. 권장 사용 범위(원단 중량 대비 0.3-1.2%)에서 데님 워싱 공정용 섬유 산업용 중성 셀룰라아제의 예시적 용량-반응 관계입니다.

In alcuni studi, la cellulasi è stata combinata con altri enzimi per ottenere processi integrati. La co-immobilizzazione di cellulasi e laccasi, ad esempio, è stata investigata per la decolorazione di tessuti denim, mostrando l'interesse verso sistemi multi-enzimatici che associano modifica della cellulosa e trasformazioni legate al colore [12].

Le combinazioni enzimatiche devono però essere valutate con attenzione perché ogni enzima ha condizioni operative proprie. Amilasi, laccasi e cellulasi possono avere funzioni complementari, ma non sempre condividono la stessa finestra ottimale di pH, temperatura e stabilità. La progettazione del processo deve quindi evitare che l'efficienza di un enzima comprometta quella dell'altro [3].

Applicazioni oltre il classico denim stone-wash

Sebbene il denim washing sia l'applicazione principale, la cellulasi neutra può essere rilevante anche per altri articoli cellulosici in cui siano richiesti bio-polishing, riduzione della peluria o ammorbidimento superficiale. Cotone, viscosa, lino, ramie e lyocell presentano tutti componenti cellulosiche, ma rispondono in modo diverso in base a struttura e accessibilità della fibra [2].

Nel denim moda, la cellulasi può contribuire a effetti vintage, look consumato, pulizia del fondo e miglioramento della mano. Nel denim più tecnico o stretch, l'uso deve essere più prudente perché il mantenimento delle prestazioni meccaniche e dell'elasticità può essere altrettanto importante dell'effetto estetico [9].

La ricerca sul finissaggio tessile sostenibile include anche trattamenti multifunzionali, rivestimenti e processi a minore impatto. Anche se queste tecnologie non sostituiscono direttamente la cellulasi nel denim washing, mostrano una direzione comune del settore: ridurre trattamenti aggressivi e sviluppare finissaggi più selettivi e funzionali [13].

Ruolo di Enzymes.bio per clienti professionali

Enzymes.bio fornisce **Neutral Cellulase For Textile Industry In Denim Washing Process** come enzima destinato a utilizzatori professionali nel settore tessile. L'azienda non si presenta come produttore né come laboratorio di analisi; il suo ruolo è quello di fornitore online del prodotto.

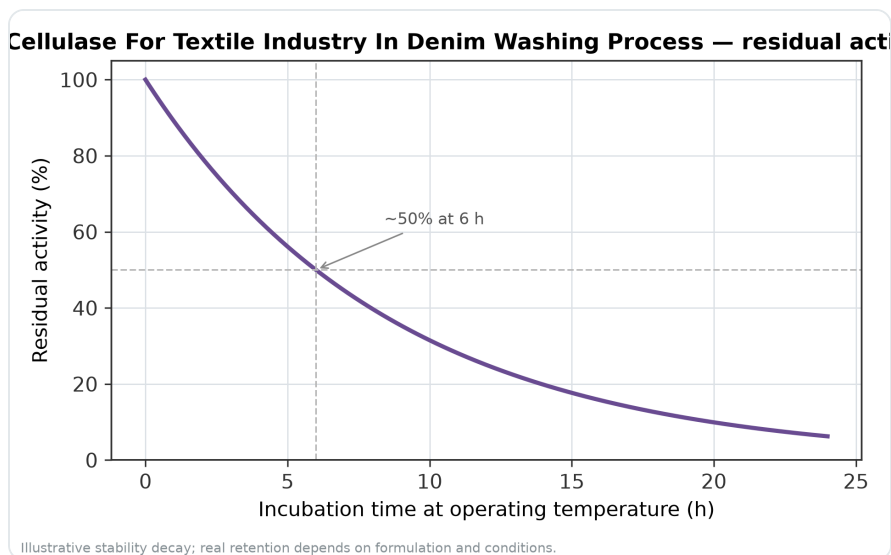


Figure 8. 데님 워싱 공정용 섬유 산업용 중성 셀룰라아제의 예시적 열 안정성 감소로, 작업 온도에서 시간이 지남에 따라 잔존 활성이 감소합니다.

Il formato disponibile è l'unità da **1 kg**, acquistabile direttamente online. Dopo l'ordine, la documentazione di accompagnamento, inclusi **CoA** e **SDS**, viene fornita insieme al prodotto. Le condizioni d'uso nel processo devono essere definite dal responsabile tecnico della lavanderia o del finissaggio, in funzione del tessuto, dell'effetto richiesto e delle procedure interne.

Questa impostazione è coerente con un utilizzo B2B: la cellulasi neutra è uno strumento di processo, non una ricetta universale. Il valore per una lavanderia denim consiste nella possibilità di integrare un'azione enzimatica selettiva in flussi già controllati, con l'obiettivo di ottenere abrasione biologica, fading e miglioramento della superficie in modo più gestibile rispetto alla sola abrasione tradizionale.

Conclusione

La **cellulasi neutra per denim washing** è un enzima tecnico per biostoning, bio-washing, bio-polishing e finissaggio superficiale del denim. Il suo meccanismo si basa sull'idrolisi controllata delle microfibrille cellulosiche esposte: l'azione enzimatica indebolisce la superficie del cotone, mentre la meccanica del lavaggio rimuove fibre e indaco superficiale, generando effetto vissuto, mano più morbida e riduzione della peluria ^[5].

Rispetto ai processi basati solo su pomice o abrasione intensa, l'approccio enzimatico può migliorare il controllo del finissaggio e ridurre alcuni problemi operativi, ma richiede attenzione a perdita di peso, resistenza, backstaining e variabilità del tessuto. Le evidenze disponibili confermano l'importanza delle cellulasi nel settore tessile, soprattutto quando l'enzima è trattato come parte di un processo industriale ben regolato e non come soluzione automatica ^[2].

Enzymes.bio rende disponibile online la cellulasi neutra per applicazioni professionali nel denim washing in unità da **1 kg**, con CoA e SDS forniti insieme all'ordine. Per le lavanderie e i finissaggi denim, il punto tecnico centrale è usare la selettività dell'enzima per ottenere l'effetto estetico desiderato mantenendo il controllo sulle prestazioni del capo.

Ordina Neutral Cellulase For Textile Industry In Denim Washing Process 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 Neutral Cellulase For Textile Industry In Denim Washing Process →](#)

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. Jayasekara, S., & Ratnayake, R. (2019). Microbial Cellulases: An Overview and Applications. *Cellulose*.
2. Kabir, S. M. M., & Koh, J. (2021). Sustainable Textile Processing by Enzyme Applications. *Biodegradation [Working Title]*.
3. Khan, M. F. (2025). Recent Advances in Microbial Enzyme Applications for Sustainable Textile Processing and Waste Management. *The Scientist*.
4. 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.
5. Saleh, S., El-Sayed, I. M., & El-Shikh, A. (2012). Investigating the Impact of Enzymatic Treatment on Mechanical and Chemical Properties of Denim Fabrics. *Research journal of textile and apparel*, 16, 111-117.
6. Dong-liang, Y. (2004). Certain problems in applications of cellulase to textile dyeing and finishing.
7. 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 .
8. Andreaus, J., Azevedo, H., & Cavaco-Paulo, A. (1999). Effects of temperature on the cellulose binding ability of cellulase enzymes. *Journal of Molecular Catalysis B-enzymatic*, 7, 233-239.
9. Hasan, M., Mamun, M., M.A., B., Siddiquee, & Asif, A. (2017). EFFECT OF VARIOUS WASHING PROCESS ON PROPERTIES OF FOUR WAY STRETCH DENIM FABRIC.
10. Miettinen-Oinonen, A. (2004). Trichoderma reesei strains for production of cellulases for the textile industry.
11. 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.
12. Yu, Y., Wang, Q., Yuan, J., Fan, X., & Wang, P. (2017). Co-immobilization of cellulase and laccase onto the reversibly soluble polymers for decolorization of denim fabrics. *Fibers And Polymers*, 18, 993-999.
13. Sfameni, S., Hadhri, M., Rando, G., Drommi, D., Rosace, G., Trovato, V., & Plutino, M. (2023). Inorganic Finishing for Textile Fabrics: Recent Advances in Wear-Resistant, UV Protection and Antimicrobial Treatments. *Inorganics*.

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.