

# Industrial-Grade Low-Temperature Scouring Enzyme For Textile Pretreatment: pectin-lyase per bio-scouring a bassa temperatura di cotone, lino e canapa

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

**Industrial-Grade Low-Temperature Scouring Enzyme For Textile Pretreatment** è un enzima liquido per pretrattamento tessile basato su un complesso di pectin-lyase, destinato al bio-scouring di fibre cellulosiche come cotone, lino e canapa. Il suo ruolo è degradare pectine e impurità non cellulosiche associate, migliorando bagnabilità, permeabilità e preparazione del tessuto prima di tintura, candeggio o finissaggio. Enzymes.bio lo fornisce online in unità da 1 kg; CoA e SDS sono forniti insieme all'ordine.

## Perché il bio-scouring enzimatico è rilevante nella preparazione tessile

Nel pretrattamento di fibre vegetali, lo scouring serve a rendere il materiale più idrofilo e più uniforme prima delle fasi successive. Il cotone grezzo, per esempio, non è costituito solo da cellulosa: contiene pectine, cere, grassi, proteine, pigmenti naturali e altri materiali non cellulosici che riducono l'assorbimento dell'acqua e possono ostacolare tintura e candeggio <sup>[1]</sup>. Se queste barriere superficiali non vengono gestite in modo adeguato, il bagno di processo penetra in modo irregolare, con possibili differenze di tono, assorbimento non uniforme e maggiore variabilità tra lotti.

Lo scouring alcalino convenzionale, spesso basato su condizioni fortemente alcaline e temperature elevate, è efficace nel rimuovere impurità idrofobiche, ma tende a essere poco selettivo. Può comportare elevato consumo di energia, carico chimico significativo, necessità di lavaggi intensivi e maggiore contributo al carico organico e salino degli effluenti <sup>[2]</sup>. Per questo la ricerca industriale e accademica ha sviluppato alternative di bio-scouring, in cui gli enzimi colpiscono bersagli chimici specifici presenti sulla fibra, riducendo l'aggressività complessiva del trattamento.

Gli enzimi pectinolitici sono centrali in questo approccio perché le pectine agiscono come componenti strutturali e adesive nello strato esterno delle fibre vegetali. Quando le pectine vengono degradate, la matrice che trattiene cere e altre impurità diventa più facile da rimuovere o disperdere nel bagno,

migliorando l'accessibilità della superficie cellulosica <sup>[3]</sup>. Un enzima di scouring a bassa temperatura non deve quindi essere interpretato come un "detergente universale", ma come un catalizzatore selettivo progettato per indebolire una parte critica della barriera non cellulosica.

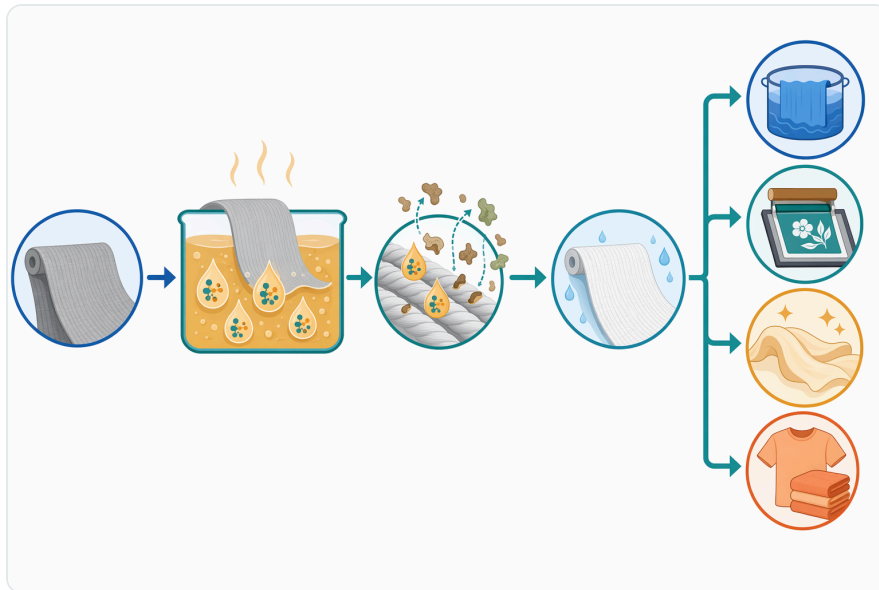
## Che cos'è questo enzima e qual è il suo campo d'uso

---

Il prodotto indicato da Enzymes.bio è descritto come un enzima liquido per scouring tessile a bassa temperatura, con sistema attivo basato su pectin-lyase. È destinato a processi industriali di pretrattamento su cotone, lino/canapa, tessuti misti o interlacciati, tessuti e filati, quando l'obiettivo è migliorare la rimozione di pectine e impurità non fibrose prima delle lavorazioni successive . Enzymes.bio opera come fornitore online del prodotto, non come produttore e non come laboratorio di analisi.

Il formato liquido è coerente con applicazioni di processo in bagno, dove la dispersione omogenea dell'enzima è importante per trattare in modo uniforme la massa tessile. La pagina prodotto posiziona l'enzima per uso industriale e B2B, venduto direttamente online in unità da 1 kg, con documentazione CoA e SDS fornita insieme all'ordine . Questa impostazione lo rende un prodotto applicativo per operatori tessili che hanno già una gestione interna del processo di pretrattamento.

Il termine "low-temperature" va letto in relazione alla lavorazione tessile: l'obiettivo è operare in condizioni più moderate rispetto allo scouring alcalino tradizionale ad alta temperatura. La letteratura sui processi enzimatici tessili sottolinea che gli enzimi possono lavorare in condizioni più miti di pH e temperatura, riducendo il consumo energetico e migliorando la selettività verso il substrato <sup>[1]</sup>. Ciò non significa che ogni processo possa eliminare automaticamente altre fasi, ma indica una direzione tecnologica precisa: preparare il tessuto con minore aggressività chimica mantenendo funzionalità industriale.



**Figure 1.** 저온 효소 정련은 생지 상태의 식물성 섬유 준비 공정과 이후의 표백, 염색 또는 가공 공정 사이에 위치하는, 펙틴 제거에 초점을 둔 전처리 단계입니다.

## Meccanismo d'azione: perché una pectin-lyase migliora la bagnabilità

Le pectine sono polisaccaridi complessi presenti nelle pareti cellulari vegetali e nelle regioni intercellulari. Nelle fibre come il cotone, contribuiscono allo strato esterno non celluloso che trattiene o stabilizza altre impurità idrofobiche, incluse cere e sostanze lipidiche <sup>[3]</sup>. La pectin-lyase catalizza la scissione delle catene pectiniche, riducendo l'integrità di questa matrice e facilitando il distacco delle impurità associate.

Il beneficio tecnico non deriva semplicemente dalla "pulizia" superficiale, ma dal cambiamento della struttura di accesso del bagno alla fibra. Quando lo strato pectinico viene degradato, la superficie cellulosa diventa più esposta, il liquido penetra più facilmente nella struttura del filato o del tessuto e la bagnabilità aumenta <sup>[4]</sup>. In pratica, il tessuto trattato tende ad assorbire più rapidamente il bagno di processo, condizione essenziale per tinte uniformi e per un candeggio più controllabile.

La specificità enzimatica è un elemento chiave. A differenza di un trattamento alcalino forte, che può solubilizzare o saponificare più componenti in modo ampio, un enzima pectinolitico agisce soprattutto sulle pectine e sulle strutture correlate. Questo approccio riduce la pressione chimica sulla cellulosa, pur non eliminando la necessità di controllare il processo complessivo <sup>[1]</sup>. Temperatura, tempo di contatto, pH operativo, rapporto bagno, azione meccanica e composizione del tessuto influenzano sempre il risultato finale.

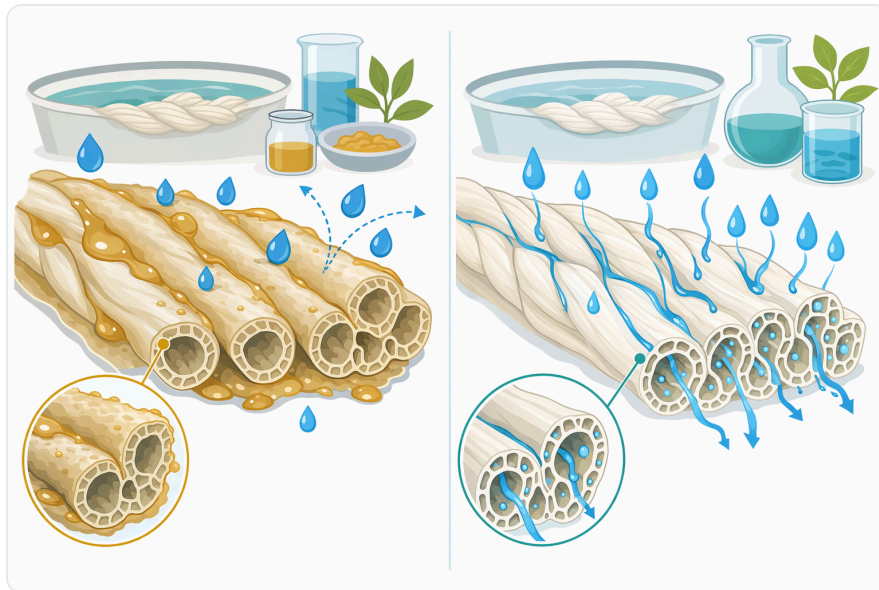
## Differenza tra bio-scouring, sbozzima, biopolishing e catalasi

Nel settore tessile si parla spesso di “enzimi tessili”, ma le famiglie enzimatiche hanno funzioni molto diverse. Le amilasi sono associate soprattutto alla sbozzima di appretti amidacei; le cellulasi sono usate per biopolishing, effetto mano e stone-washing denim; le catalasi servono a decomporre il perossido residuo dopo candeggio; le pectinasi e pectin-lyase sono invece pertinenti allo scouring di fibre vegetali <sup>[2]</sup>. Confondere questi ruoli porta a impostazioni di processo non coerenti.

L'enzima qui discusso appartiene alla logica del pretrattamento pectinolitico, non al finissaggio estetico. Il suo scopo principale è rendere la fibra più accessibile e idrofila prima di tintura, candeggio o finissaggio, non creare effetti abrasivi, modifiche di mano tipiche delle cellulasi o neutralizzazione del perossido <sup>[3]</sup>. Questa distinzione è importante per evitare aspettative eccessive: una pectin-lyase può migliorare la preparazione della fibra, ma non sostituisce enzimi con bersagli chimici differenti.

Famiglia enzimatica	Bersaglio principale	Fase tessile più tipica	Risultato atteso
Pectinasi / pectin-lyase	Pectine e matrice non cellulosica vegetale	Bio-scouring / pretrattamento	Maggiore bagnabilità e rimozione di impurità associate
Amilasi	Amido degli appretti	Sbozzima	Rimozione dell'appretto amidaceo
Cellulasi	Cellulosa superficiale	Biopolishing, denim, modifica mano	Riduzione fibrillazione, effetto mano, effetti estetici
Catalasi	Perossido di idrogeno residuo	Dopo candeggio	Decomposizione del perossido prima della tintura
Lipasi / cutinasi	Componenti lipidiche o cuticolari	Trattamenti complementari	Supporto alla rimozione di cere e sostanze idrofobiche

Questa comparazione mostra perché un complesso pectin-lyase è tecnicamente coerente con il termine “scouring enzyme”. La rimozione delle pectine non è un dettaglio secondario: nelle fibre vegetali, le pectine partecipano alla coesione dello strato esterno e alla ritenzione di impurità che limitano l'assorbimento <sup>[5]</sup>.



**Figure 2.** 펙틴이 풍부한 표면 장벽을 제거하면 젖음성이 낮은 식물성 섬유를 습식 가공에 더 적합한 흡수성 기질로 전환하는 데 도움이 됩니다.

## Evidenze scientifiche sullo scouring enzimatico del cotone

La letteratura sul bio-scouring del cotone supporta l'uso di enzimi pectinolitici per migliorare l'idrofilia. Studi su tessuti di cotone a maglia hanno descritto processi di bio-scouring come alternativa più sostenibile allo scouring alcalino, con l'obiettivo di rimuovere impurità naturali e migliorare la bagnabilità del materiale [4]. Questo razionale è direttamente applicabile a un enzima basato su pectinylase, perché il bersaglio chimico dichiarato coincide con una delle principali barriere alla bagnabilità.

Il cotone richiede particolare attenzione perché la quantità e la distribuzione delle impurità possono variare con provenienza della fibra, filatura, struttura del tessuto e trattamenti precedenti. Un tessuto a maglia, un tessuto ortogonale compatto e un filato possono rispondere in modo diverso allo stesso trattamento, non perché il meccanismo enzimatico cambi, ma perché cambiano accessibilità, trasporto di massa e ritenzione del bagno [4]. In produzione, il bio-scouring va quindi considerato come parte del ciclo complessivo di preparazione.

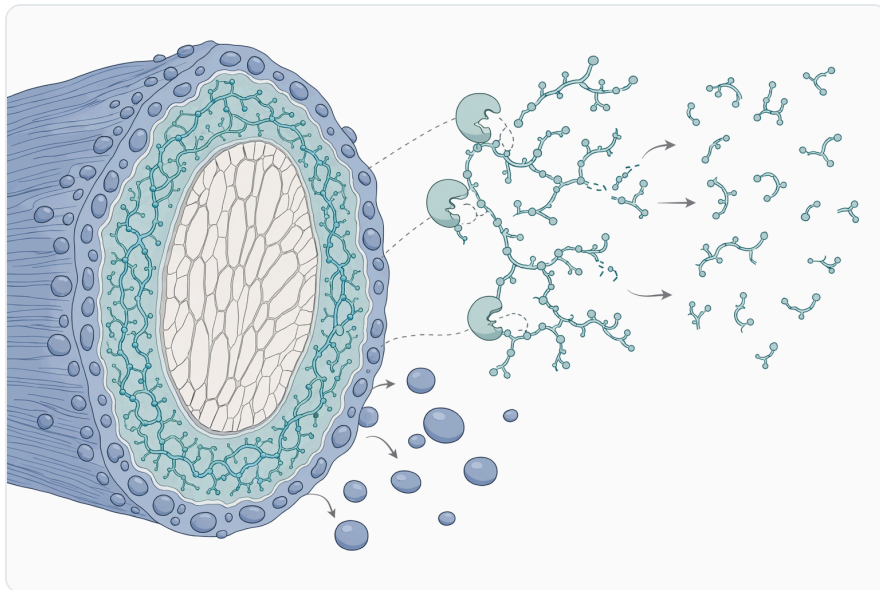
Uno studio su preparazione simultanea di scouring e candeggio del cotone a 60 °C ha mostrato l'interesse per processi a temperatura inferiore rispetto a cicli convenzionali più intensivi [6]. Anche se un processo combinato enzima-ossidante non coincide automaticamente con un singolo prodotto pectinolitico, conferma una tendenza industriale: ridurre temperatura e aggressività chimica mantenendo obiettivi di bagnabilità, pulizia e preparazione al colore.

## Applicazioni su lino, canapa, juta e altre fibre vegetali

Le fibre bastarde come lino e canapa contengono pectine, emicellulose, cere e altri componenti non celluloseici che influenzano separazione, pulizia e bagnabilità. In queste fibre, la rimozione selettiva di componenti pectinici è particolarmente rilevante perché le pectine contribuiscono alla coesione della matrice vegetale [5]. L'indicazione del prodotto per lino/canapa è quindi coerente con il meccanismo d'azione dichiarato .

La ricerca recente sul bio-scouring della juta ha evidenziato l'interesse per trattamenti enzimatici finalizzati a migliorare la compatibilità con la tintura reattiva. In quel contesto, la riduzione di componenti non celluloseici contribuisce a una superficie più adatta all'assorbimento e alla reazione con i coloranti [5]. Sebbene juta, lino, canapa e cotone abbiano strutture diverse, condividono il problema industriale della barriera vegetale non celluloseica.

Per le fibre bastarde è importante evitare una generalizzazione eccessiva. La struttura lignocellulosa, la finezza della fibra, il grado di retting, la presenza di residui cerosi e la costruzione del filato possono influenzare molto la risposta al trattamento [5]. Un enzima pectinolitico è tecnicamente pertinente, ma la prestazione finale dipende dall'equilibrio tra degradazione sufficiente delle pectine e conservazione delle proprietà meccaniche desiderate.



**Figure 3.** 펙틴 분해효소는 섬유 표면의 펙틴 구조를 절단하여 소수성 물질을 붙잡고 있는 불순물 매트릭스를 느슨하게 만듭니다.

## Tessuti misti e interlacciati: cosa aspettarsi realisticamente

---

Il prodotto è indicato anche per tessuti misti o interlacciati. In questi casi, l'azione più rilevante riguarda la componente vegetale cellulosica, perché è lì che si trovano pectine e impurità correlate. Se il tessuto contiene fibre sintetiche, proteiche o artificiali in miscela con cotone, lino o canapa, la pectin-lyase non deve essere considerata un trattamento mirato a tutte le fibre presenti.

Il valore applicativo nei misti consiste nel migliorare la preparazione della frazione cellulosica senza ricorrere necessariamente a condizioni alcaline molto severe. Questo può essere utile quando la miscela contiene componenti sensibili o quando il processo cerca di limitare stress termico e chimico <sup>[7]</sup>. Tuttavia, eventuali esigenze specifiche di altre fibre della miscela richiedono una progettazione del ciclo complessivo, perché un singolo enzima non risolve bersagli chimici estranei alle pectine.

## Scouring a bassa temperatura e ruolo degli enzimi cold-active

---

Il concetto di lavorazione a bassa temperatura si collega al più ampio interesse per enzimi attivi in condizioni moderate. Gli enzimi cold-active o adattati a basse temperature sono studiati perché possono mantenere attività catalitica utile a temperature inferiori rispetto agli enzimi mesofili tradizionali, grazie a maggiore flessibilità strutturale nelle regioni coinvolte nella catalisi <sup>[8]</sup>. Questo principio è rilevante per l'industria tessile, dove ridurre la temperatura di processo può diminuire consumo energetico e stress sul materiale.

Va però distinta la categoria scientifica degli enzimi "cold-active" dal posizionamento applicativo di un prodotto per scouring a bassa temperatura. Non è necessario assumere che ogni enzima low-temperature sia un enzima psicrofilo in senso stretto; ciò che conta per l'utilizzatore tessile è che il sistema sia progettato per lavorare in condizioni più moderate rispetto allo scouring alcalino intensivo <sup>[9]</sup>. La prestazione dipende dall'interazione tra enzima, substrato, bagno e parametri di processo.

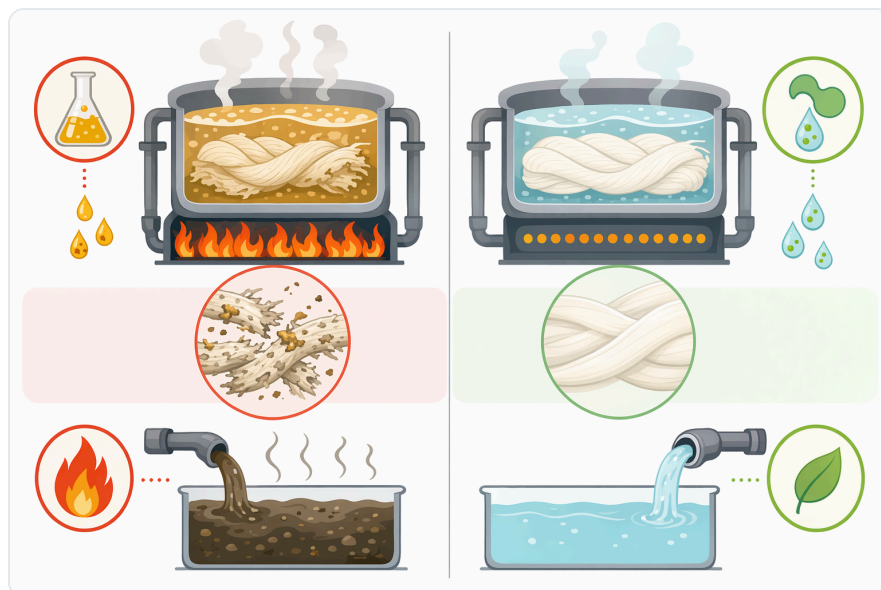
La ricerca sugli enzimi adattati al freddo segnala anche un compromesso frequente: maggiore flessibilità e attività a temperatura inferiore possono associarsi a minore stabilità termica. Questo rende importante mantenere il trattamento entro condizioni compatibili con la funzionalità dell'enzima <sup>[9]</sup>. In un processo industriale, surriscaldamento, pH non coerente o tempi eccessivi possono ridurre il vantaggio della catalisi enzimatica.

## Confronto tecnico: scouring enzimatico a bassa temperatura e scouring alcalino convenzionale

Lo scouring alcalino e il bio-scouring non sono semplicemente due modi equivalenti di “lavare” il tessuto. Il primo agisce con forza chimica ampia; il secondo utilizza selettività biologica per modificare componenti specifiche della superficie vegetale <sup>[1]</sup>. Questa differenza ha conseguenze su energia, effluenti, mano del tessuto e compatibilità con cicli più sostenibili.

Aspetto	Bio-scouring con pectin-lyase	Scouring alcalino convenzionale
Bersaglio principale	Pectine e matrice non cellulosica associata	Ampia rimozione chimica di cere, grassi e impurità
Selettività	Elevata verso substrati pectinici	Più ampia e meno selettiva
Condizioni operative	Orientate a temperatura e pH più moderati	Spesso più alcaline e termicamente intensive
Effetto atteso	Migliore bagnabilità e preparazione più delicata	Pulizia intensa, anche per impurità resistenti
Impatto su effluenti	Potenziale riduzione del carico chimico	Maggiore contributo di alcali e lavaggi
Limiti	Dipende da accessibilità del substrato e composizione del tessuto	Può stressare fibra e aumentare consumo di acqua/energia

Le revisioni sulle applicazioni enzimatiche nel tessile descrivono gli enzimi come strumenti per ridurre consumo di acqua, energia e sostanze chimiche, ma sottolineano anche la necessità di integrare correttamente l'enzima nel ciclo industriale <sup>[2]</sup>. Il bio-scouring è più selettivo, ma può richiedere un bilanciamento con altre fasi quando l'obiettivo include bianchezza elevata, rimozione completa di cere o requisiti estetici molto stringenti.



**Figure 4.** 기존의 알칼리 정련은 다양한 불순물을 폭넓게 제거하는 반면, 저온 바이오 정련은 더 온화한 조건에서 펙틴 관련 구조를 표적으로 합니다.

## Benefici applicativi attesi

Il beneficio più diretto è l'aumento della bagnabilità. Rimuovendo o degradando pectine e impurità correlate, il tessuto assorbe il bagno più rapidamente e in modo più uniforme, condizione importante per tintura reattiva, candeggiamento e finissaggi successivi <sup>[4]</sup>. In termini industriali, la bagnabilità non è un parametro accessorio: determina la regolarità con cui il bagno raggiunge le fibre.

Un secondo beneficio è la possibilità di ridurre l'intensità chimica del pretrattamento. La letteratura su processi tessili sostenibili considera gli enzimi una via per sostituire o attenuare fasi chimiche più severe, con potenziali vantaggi su consumo energetico, carico degli effluenti e protezione della fibra <sup>[1]</sup>. Questo vantaggio deve essere formulato in modo realistico: dipende dal ciclo completo, non solo dalla presenza dell'enzima.

Un terzo beneficio riguarda la qualità della preparazione per la tintura. Se il tessuto è più idrofilo e più uniforme, il colorante può distribuirsi con minori differenze locali di penetrazione. Le revisioni sui processi di tintura sostenibile collegano la preparazione del substrato alla regolarità del successivo processo tintoriale, perché una superficie non preparata in modo omogeneo può generare assorbimenti discontinui <sup>[10]</sup>.

Un quarto beneficio è la compatibilità con la transizione verso ausiliari bio-based. Le ricerche recenti sui bio-ausiliari tessili evidenziano un interesse crescente per soluzioni che riducano la dipendenza da chimica aggressiva e migliorino il profilo ambientale dei processi a umido <sup>[7]</sup>. Un enzima pectinolitico per scouring rientra in questa direzione, purché venga impiegato con aspettative tecniche corrette.

## Variabili di processo che influenzano la resa

La resa del bio-scouring dipende dalla disponibilità del substrato pectinico. Se le pectine sono accessibili, il trattamento può migliorare rapidamente la bagnabilità; se invece sono schermate da cere, appretti, oli di filatura o costruzioni molto compatte, il trasferimento dell'enzima verso il bersaglio può essere meno efficiente [3]. Questo spiega perché due tessuti entrambi "di cotone" possono comportarsi in modo diverso.

Anche la qualità dell'acqua può influenzare i processi a umido. La durezza dell'acqua, legata alla presenza di ioni come calcio e magnesio, è nota per interferire con vari passaggi della lavorazione tessile, perché può influenzare detergenza, precipitazioni, comportamento degli ausiliari e uniformità dei bagni [11]. Nel bio-scouring, questo non cambia il bersaglio dell'enzima, ma può influire sull'ambiente di processo in cui l'enzima deve operare.



Figure 5. 이 효소는 펙틴 관련 불순물이 젖음성에 영향을 미치는 면, 리넨, 대마, 혼방 및 교직 식물성 섬유 소재에 적용할 수 있습니다.

La temperatura è un'altra variabile critica. Temperature più moderate riducono il carico energetico, ma devono rimanere compatibili con la finestra di attività dell'enzima. Temperature troppo basse possono rallentare la reazione; temperature troppo alte possono ridurre la stabilità della proteina enzimatica [8]. Il vantaggio di un enzima low-temperature è proprio spostare l'equilibrio verso condizioni meno severe, senza rinunciare alla funzionalità catalitica.

Il pH influenza carica, conformazione e sito attivo dell'enzima. Le pectinasi e pectin-lyase hanno finestre operative specifiche, e uscire da tali condizioni può ridurre efficienza o selettività [3]. Per questo il bio-scouring va visto come processo controllato: non basta aggiungere l'enzima al bagno, ma

occorre mantenere un ambiente coerente con la sua funzione.

## Limiti tecnici e aspettative corrette

---

Un enzima di scouring pectinolitico non è un candeggiante completo. Può migliorare idrofilia, rimozione di pectine e preparazione del substrato, ma la bianchezza finale può richiedere fasi ossidative dedicate, soprattutto per tessuti destinati a toni chiari o bianchi ottici <sup>[6]</sup>. La distinzione tra “scouring” e “bleaching” è essenziale: il primo migliora pulizia e assorbenza, il secondo modifica cromofori e pigmenti.

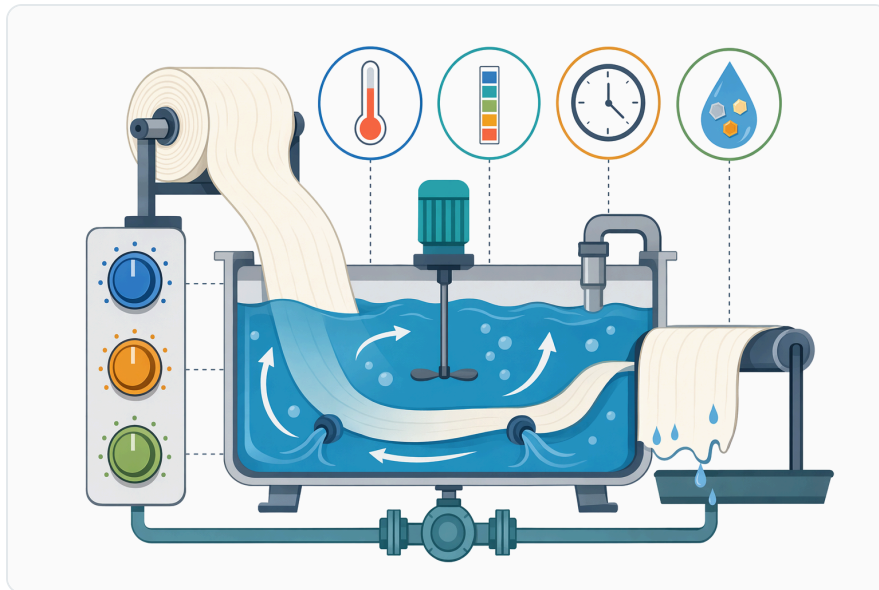
Non è nemmeno un sistema universale per ogni tipo di sporco o additivo. Se il problema principale è un appretto amidaceo, l'enzima pertinente è un'amilasi; se il problema è perossido residuo, la famiglia corretta è la catalasi; se l'obiettivo è il biopolishing, si ragiona su cellulasi <sup>[2]</sup>. Il prodotto a base di pectin-lyase è più adatto quando il collo di bottiglia è la matrice pectinica e la bagnabilità delle fibre vegetali.

Le barriere all'adozione dei processi enzimatici non sono solo tecniche. Studi sull'introduzione di trattamenti enzimatici nel tessile hanno segnalato ostacoli legati a conoscenza di processo, abitudini industriali, percezione del rischio e necessità di controllo operativo <sup>[12]</sup>. Questo spiega perché il bio-scouring può essere tecnicamente valido ma richiedere una gestione attenta del cambiamento rispetto a cicli alcalini consolidati.

## Posizionamento del prodotto Enzymes.bio

---

Enzymes.bio fornisce online **Industrial-Grade Low-Temperature Scouring Enzyme For Textile Pretreatment** in unità da 1 kg, con CoA e SDS inclusi insieme all'ordine . La formulazione è presentata come enzima liquido per pretrattamento tessile a bassa temperatura basato su complesso pectin-lyase, con impiego su cotone, lino/canapa, tessuti misti o interlacciati, tessuti e filati .



**Figure 6.** 신뢰성 있는 효소 정련은 제어된 욕 조건, 처리액의 순환, 접촉 시간, 그리고 적합한 수질 화학 조건에 달려 있습니다.

Il valore tecnico del prodotto è la coerenza tra bersaglio enzimatico e problema industriale: le pectine e le impurità non cellulose riducono la bagnabilità delle fibre vegetali, mentre una pectin-lyase è progettata per degradare proprio componenti pectiniche [3]. Questo collegamento meccanicistico è più solido di una promessa generica di “sostenibilità”, perché spiega come l’enzima può contribuire alla preparazione del tessuto.

In un contesto B2B, il prodotto va considerato come componente di processo per chi gestisce internamente pretrattamento, tintura o finissaggio. Non è una soluzione isolata per ogni requisito di pulizia, bianco o mano, ma uno strumento mirato per rendere lo scouring di fibre vegetali più selettivo e potenzialmente meno intensivo rispetto a cicli alcalini tradizionali [7].

## Conclusion

**Industrial-Grade Low-Temperature Scouring Enzyme For Textile Pretreatment** è un enzima pectinolitico liquido per bio-scouring a bassa temperatura, indicato per migliorare la preparazione di cotone, lino, canapa e componenti cellulose in tessuti misti. Degradando pectine e impurità non cellulose associate, contribuisce ad aumentare bagnabilità e uniformità del substrato prima di tintura, candeggio o finissaggio .

La letteratura supporta il principio tecnico: le pectinasi e gli enzimi correlati sono strumenti riconosciuti per processi tessili più selettivi, con potenziali vantaggi in termini di minore aggressività chimica, riduzione del carico di processo e migliore compatibilità con strategie di lavorazione

sostenibile <sup>[2]</sup>. I risultati finali restano però dipendenti da fibra, costruzione del tessuto, qualità dell'acqua, parametri operativi e obiettivi di finissaggio.

Enzymes.bio non è un produttore né un laboratorio: fornisce il prodotto online in unità da 1 kg, con CoA e SDS insieme all'ordine. Usato nel contesto corretto, questo enzima rappresenta una soluzione tecnica mirata per il pretrattamento tessile di fibre vegetali, soprattutto quando l'obiettivo è sostituire o ridurre condizioni di scouring più severe mantenendo un approccio controllato, selettivo e orientato alla bagnabilità.

## Ordina Industrial-Grade Low-Temperature Scouring Enzyme For Textile Pretreatment 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 Industrial-Grade Low-Temperature Scouring Enzyme For Textile Pretreatment →](#)

## 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. Choudhury, A. (2014). Sustainable Textile Wet Processing: Applications of Enzymes.
2. Khan, M. F. (2025). Recent Advances in Microbial Enzyme Applications for Sustainable Textile Processing and Waste Management. *The Scientist*.
3. Chatha, S. A., Asgher, M., & Iqbal, H. M. (2017). Enzyme-based solutions for textile processing and dye contaminant biodegradation—a review. *Environmental science and pollution research international*, 24, 14005-14018.
4. Bristi, U., Pias, A. K., & Lavlu, F. H. (2019). A Sustainable process by bio- scouring for cotton knitted fabric suitable for next generation. *Journal of Textile Engineering & Fashion Technology*.
5. Islam, K., Roy, M. N., Islam, T., Rokonuzzaman, M., Bashar, M., & Khan, M. A. (2025). Bio-scouring of jute fiber for enhancing compatibility in reactive dyeing. *Materials Research Express*, 12.
6. Shenxi, W., Li, S., Zhu, Q., & Yang, C. Q. (2014). A Novel Low Temperature Approach for Simultaneous Scouring and Bleaching of Knitted Cotton Fabric at 60 °C. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 53, 9985-9991.
7. Catarino, M. L., Sampaio, F., Pacheco, L., & Gonçalves, A. L. (2025). The Shift to Bio-Based Auxiliaries in Textile Wet Processing: Recent Advances and Industrial Potential. *Molecules*, 30.

8. 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.
9. Chapadgaonkar, S., Das, B., & Shourie, A. (2024). Harnessing the Untapped Potential of Cold-Adapted Enzymes. *Industrial Biotechnology*, 20, 257 - 267.
10. Varadarajan, G., & Venkatachalam, P. (2016). Sustainable textile dyeing processes. *Environmental Chemistry Letters*, 14, 113-122.
11. Chaudhary, S., Juneja, S., & Jain, E. (2024). EFFECT OF HARDNESS OF WATER ON TEXTILE WET PROCESSING. *ShodhKosh Journal of Visual and Performing Arts*.
12. Rahman, M., Billah, M., & Hack-Polay, D. (2019). What is hindering change? Anticipating the barriers to the adoption of enzyme-based textile processing in a developing country. *Business Strategy and Development*.

## Contatta Enzymes.bio

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

EMAIL [wholesale@enzymes.bio](mailto: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.