

Wool Protease per finissaggio lana: enzima anti- infeltrimento e anti-pilling per superfici più lisce e lavabili

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

La **Wool Protease** è una proteasi per il finissaggio della lana progettata per modificare in modo controllato la superficie cheratinica della fibra, riducendo l'aggancio tra scaglie cuticolari che contribuisce a infeltrimento, restringimento e pilling. Nelle applicazioni tessili, l'interesse tecnico delle proteasi deriva dalla loro capacità di agire sulle proteine accessibili della superficie della lana, offrendo un'alternativa o un complemento a trattamenti chimici più severi quando il processo è ben controllato ^[1].

Enzymes.bio rende disponibile online una proteasi per applicazioni su lana in formato da **1 kg**; il **CoA** e la **SDS** sono forniti insieme all'ordine. Enzymes.bio opera come fornitore online e non come produttore né come laboratorio applicativo.

Che cos'è la Wool Protease e perché è rilevante nel finissaggio della lana

Una **Wool Protease** è un enzima proteolitico destinato alla lavorazione tessile della lana. Le proteasi idrolizzano legami peptidici nelle proteine; nel caso della lana, il substrato rilevante è la cheratina, con particolare attenzione agli strati esterni della fibra, dove si trovano le scaglie cuticolari responsabili di una parte importante del comportamento di infeltrimento ^[2].

La lana è una fibra proteica complessa: la sua superficie non è liscia, ma ricoperta da scaglie sovrapposte orientate lungo l'asse della fibra. Questa morfologia conferisce alla fibra proprietà utili, ma genera anche attrito direzionale. Durante lavaggio, agitazione meccanica e sfregamento, le fibre tendono a muoversi più facilmente in una direzione che nell'altra; ciò favorisce l'incastro progressivo tra fibre, con compattazione del tessuto e restringimento irreversibile ^[1].

Nel finissaggio enzimatico, la proteasi non deve essere interpretata come un agente che "consuma" la lana in modo indiscriminato. L'obiettivo industriale è diverso: limitare l'azione alla superficie accessibile, attenuare l'effetto delle scaglie, ridurre microasperità e peluria, e migliorare la mano senza

compromettere la resistenza meccanica della fibra. La letteratura sullo shrinkproofing della lana sottolinea proprio questo equilibrio: l'azione proteolitica può essere utile, ma la sua penetrazione eccessiva nella fibra può produrre danni [3].

Il problema tecnico: infeltrimento, restringimento e pilling

Infeltrimento e restringimento feltrante

Il **felting shrinkage** è uno dei limiti più importanti della lana nei capi lavabili. Non è un semplice ritiro elastico: è un restringimento progressivo e spesso irreversibile causato dall'intreccio meccanico delle fibre. Le scaglie cuticolari funzionano come piccoli elementi di ancoraggio; in presenza di acqua, calore, detergenza e movimento, le fibre si spostano, si agganciano e riducono la dimensione complessiva del manufatto [4].

I trattamenti anti-infeltrimento cercano quindi di ridurre la frizione direzionale della superficie. Storicamente questo risultato è stato ottenuto con trattamenti chimici ossidativi o con sistemi a base di resine, inclusi processi noti nel settore come trattamenti cloranti seguiti da polimeri. Questi approcci sono efficaci, ma sono stati oggetto di attenzione ambientale per la formazione di sottoprodotti organoalogenati negli effluenti e per la necessità di processi chimici relativamente intensivi [1].

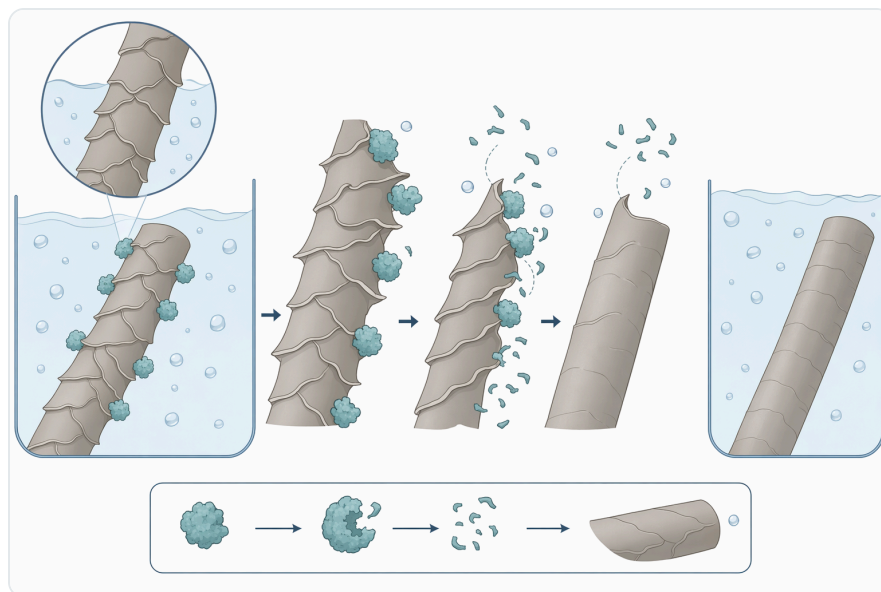


Figure 1. 울 프로테아제는 섬유 내부를 의도적으로 분해하지 않으면서, 울 섬유 바깥 표면의 접근 가능한 케라틴이 풍부한 큐티클 물질을 표적으로 하여 스케일의 거칠기를 줄입니다.

La proteasi agisce con un principio diverso: invece di ossidare massivamente la superficie o depositare un film permanente, idrolizza frazioni proteiche accessibili. Se il trattamento è ben limitato alla cuticola, può diminuire l'altezza funzionale delle scaglie e rendere più scorrevole il contatto fibra-fibra. Studi su sistemi proteasi/riducenti, su bromelina e su tecniche di applicazione multiple hanno mostrato che l'enzimologia tessile può contribuire al controllo dell'infeltrimento, pur richiedendo condizioni operative accurate ^[4].

Pilling, peluria superficiale e qualità tattile

Il **pilling** si sviluppa quando fibre superficiali, estremità libere o microfibrille sporgenti si aggrovigliano in piccoli noduli visibili. Nella lana, il fenomeno è collegato alla morfologia superficiale, alla finezza della fibra, alla costruzione del filato, alla struttura del tessuto o della maglia e alle sollecitazioni d'uso. Una superficie più regolare e meno pelosa tende a offrire meno punti di ancoraggio per la formazione di pill.

La proteasi può contribuire alla riduzione di peluria e irregolarità superficiali perché agisce sulle proteine esposte della fibra. Questo effetto è distinto ma correlato all'anti-infeltrimento: in entrambi i casi l'obiettivo è ridurre microagganci meccanici e fibre sporgenti. La letteratura sul finissaggio della lana include l'uso di enzimi proteolitici per migliorare morbidezza, levigatezza e comportamento superficiale, ma segnala anche la necessità di evitare un'idrolisi troppo profonda ^[2].

Per l'utilizzatore tessile, il vantaggio non è solo estetico. Una superficie meno pelosa può migliorare la percezione di pulizia del tessuto, la definizione della mano e la regolarità dopo cicli di uso e lavaggio. Tuttavia, il pilling non dipende esclusivamente dall'enzima: filato, torsione, costruzione, finissaggi precedenti e parametri meccanici del lavaggio restano determinanti ^[5].

Meccanismo d'azione: come una proteasi modifica la superficie della lana

La fibra di lana è dominata da cheratina, una proteina ricca di legami disolfuro che contribuiscono alla stabilità della struttura. La cuticola esterna è più reticolata e meno facilmente accessibile rispetto ad altre regioni, mentre alcune zone interne o meno cristalline possono essere vulnerabili se l'enzima penetra oltre la superficie. Il problema tecnico del finissaggio enzimatico è quindi la **localizzazione dell'attacco proteolitico** ^[6].

Una proteasi per lana lavora idrolizzando legami peptidici accessibili. In termini pratici, l'azione può: attenuare bordi e asperità delle scaglie, rimuovere frazioni proteiche superficiali danneggiate o sollevate, diminuire la frizione direzionale e modificare la bagnabilità della superficie. Questi effetti

sono desiderabili quando restano limitati alla cuticola e non causano una perdita significativa di integrità della fibra [7].



Figure 2. 제어된 울 프로테아제 가공은 펠팅 수축, 보풀 및 잔털 발생, 거친 촉감, 습윤 장벽, 염색 균일성 문제를 개선하는 데 사용됩니다.

La ricerca ha esplorato diverse strategie per rendere più selettiva l'azione enzimatica. Alcuni studi hanno combinato proteasi con **L-cisteina** o altri sistemi riducenti per indebolire selettivamente la struttura superficiale ricca di legami disolfuro, rendendo più efficace la successiva idrolisi proteolitica. L'obiettivo è favorire la rimozione controllata delle scaglie senza estendere il danno alle zone interne della fibra [4].

Un'altra direzione riguarda proteasi con proprietà funzionali aggiuntive o modificate per migliorare la localizzazione superficiale. Il concetto di "proteasi trifunzionale", studiato per trattamenti anti-infiltramento, combina capacità di riduzione, idrolisi e localizzazione, proprio per affrontare il problema storico della proteasi libera: l'efficacia aumenta se l'enzima opera dove serve, mentre diminuisce il rischio se non diffonde troppo in profondità [6].

Evidenze scientifiche sul trattamento anti-infiltramento con proteasi

La letteratura scientifica conferma che il trattamento enzimatico della lana non è un'idea marginale, ma una linea di ricerca consolidata nel wet processing tessile. Già gli studi sugli effetti di enzimi proteolitici e lipolitici su lana non trattata e lana shrink-resist hanno mostrato che le proteasi possono modificare in modo misurabile le proprietà della fibra, distinguendosi dagli enzimi che agiscono su componenti lipidiche o ausiliari [2].

Uno dei punti ricorrenti è la necessità di controllare l'equilibrio tra riduzione del restringimento e conservazione delle proprietà meccaniche. Wang e collaboratori hanno descritto un approccio di shrinkproofing enzimatico con tecniche di padding multiple, inquadrandolo come strategia più ecologica e ad alta efficienza per il finissaggio della lana. L'aspetto importante non è soltanto l'uso dell'enzima, ma la modalità di applicazione, perché la distribuzione del trattamento sulla fibra condiziona il risultato finale [3].

La bromelina, una proteasi vegetale, è stata studiata per ottenere un finissaggio shrink-resist controllato ed eco-compatibile. Questo tipo di ricerca è utile perché dimostra che diverse proteasi possono produrre effetti anti-infeltrimento, ma non tutte con lo stesso profilo di selettività, aggressività o compatibilità con la lana. La scelta dell'enzima e del processo resta quindi una variabile tecnica essenziale [7].

Studi più recenti hanno approfondito sistemi combinati. Il trattamento basato su **L-cisteina/proteasi** è stato proposto come tecnologia shrink-proof più rispettosa dell'ambiente, poiché la riduzione controllata dei ponti disolfuro superficiali può facilitare l'azione proteolitica sulle scaglie. Analogamente, l'uso di composti dell'acido tioglicolico insieme a proteasi è stato studiato per rimuovere efficacemente le scaglie dalla superficie della lana nei trattamenti anti-felting [4] [8].

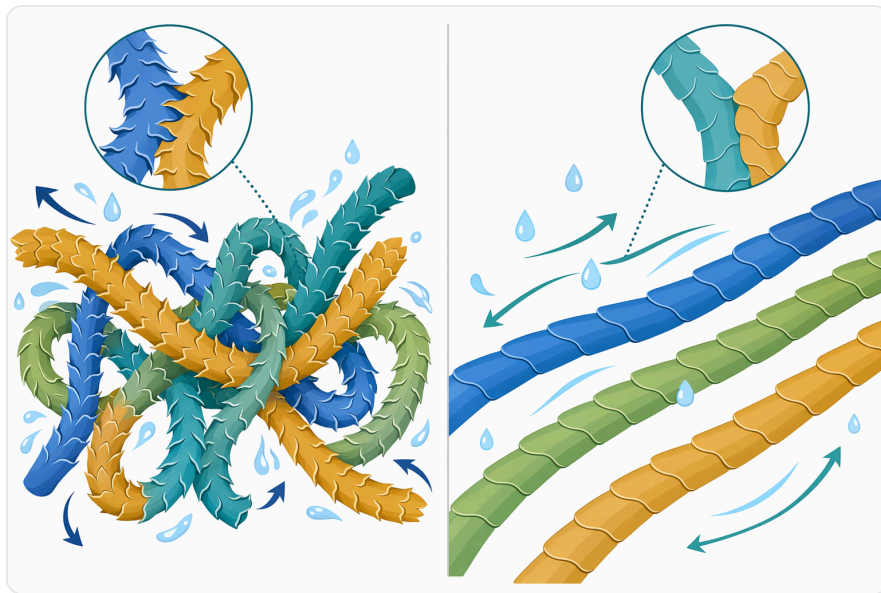


Figure 3. 펠팅 수축은 젖은 울 섬유가 교반 중 한 방향으로 이동하며 큐티클 스케일의 마찰로 서로 맞물릴 때 발생합니다.

È importante leggere queste evidenze in modo tecnico e non promozionale. Gli studi non dimostrano che qualsiasi proteasi, applicata in qualsiasi condizione, renda la lana automaticamente lavabile in macchina. Dimostrano piuttosto che l'azione proteolitica, se orientata alla cuticola e integrata in un

processo coerente, può ridurre il contributo delle scaglie all'infeltrimento e migliorare la performance superficiale [9].

Confronto tra approcci di finissaggio anti-infeltrimento

Approccio di finissaggio	Principio tecnico	Punti di forza	Limiti tecnici	Riferimenti
Trattamenti cloranti/resinosi tradizionali	Ossidazione/modifica chimica della cuticola e successiva protezione polimerica	Efficacia storicamente elevata nello shrinkproofing	Impatto ambientale legato a sottoprodotti e carico chimico; possibile modifica della mano	[1]
Proteasi su lana	Idrolisi controllata di proteine superficiali accessibili	Processo enzimatico, potenziale riduzione dell'intensità chimica, miglioramento di mano e superficie	Rischio di perdita di resistenza se l'enzima penetra o agisce troppo a lungo	[2]
Proteasi + L-cisteina o riducenti delicati	Apertura controllata di legami disolfuro superficiali seguita da idrolisi proteolitica	Migliore accesso alle scaglie, potenziale rimozione più efficace della cuticola	Richiede controllo accurato per evitare danno eccessivo o alterazioni indesiderate	[4]
Proteasi + composti tioglicolici	Combinazione di riduzione chimica e idrolisi enzimatica per rimozione delle scaglie	Azione mirata sulle scaglie superficiali nei trattamenti anti-felting	Processo più complesso rispetto alla sola proteasi	[8]
Bromelina e proteasi specifiche	Uso di proteasi con profilo applicativo distinto	Possibile shrink-resist finishing controllato e più benigno	Prestazioni dipendenti da substrato, processo e grado di controllo	[7]
Biosurfattanti + enzimi	Miglioramento dell'interazione bagno/fibra e supporto all'azione enzimatica	Approccio eco-friendly per top di lana	Da adattare alla forma del materiale e al ciclo industriale	[9]
Chitosano e finissaggi polimerici alternativi	Deposizione o interazione superficiale con biopolimeri	Possibile contributo anti-felting e miglioramento della mano	Non sostituisce necessariamente l'azione enzimatica; richiede compatibilità di processo	[10]

Proteasi e sostenibilità nel wet processing della lana

L'interesse per le proteasi nella lana deriva anche dalla transizione verso processi tessili a minore impatto. Gli enzimi sono biocatalizzatori: operano in acqua, hanno specificità di substrato e possono ridurre la necessità di condizioni chimiche aggressive rispetto a trattamenti convenzionali. Nella biotecnologia tessile, le proteasi sono state considerate tra gli strumenti utili per migliorare finissaggio, pulizia e modifica superficiale delle fibre proteiche ^[11].

Nel caso della lana, il beneficio ambientale potenziale è legato soprattutto alla riduzione della dipendenza da trattamenti ossidativi severi e da processi che generano effluenti più problematici. Il finissaggio anti-Infeltrimento è stato a lungo dominato da soluzioni efficaci ma chimicamente intensive; per questo la ricerca su enzimi, biosurfattanti, biopolimeri e nanotecnologie ha cercato alternative o integrazioni più sostenibili ^[12].

La sostenibilità, però, non è una proprietà automatica dell'ingrediente. Un processo enzimatico mal controllato può richiedere rilavorazioni, scarti o compensazioni chimiche successive, annullando parte del vantaggio. Per questo gli studi più solidi non si limitano a indicare "uso di proteasi", ma analizzano l'intero sistema: stato della lana, pretrattamenti, diffusione dell'enzima, resistenza residua, qualità della superficie e compatibilità con tintura o finissaggi successivi ^[13].

Applicazioni industriali della Wool Protease

Finissaggio anti-Infeltrimento per tessuti e maglieria in lana

L'applicazione principale della Wool Protease è il finissaggio anti-Infeltrimento di tessuti, maglieria, filati o top di lana destinati a migliore stabilità dimensionale. Il trattamento mira a ridurre l'aggancio tra fibre, migliorando il comportamento durante lavaggio e uso. Nei sistemi con proteasi, la performance dipende dal grado di modifica superficiale ottenuto senza indebolire eccessivamente la fibra ^[3].

Nei tessuti di lana fine e nella maglieria, anche una modifica moderata può essere significativa perché la percezione del consumatore è influenzata da mano, scorrevolezza, drappeggio e aspetto dopo lavaggio. Tuttavia, l'enzima non sostituisce la progettazione tessile: finezza della fibra, torsione del filato e struttura del manufatto restano parametri che influenzano il restringimento ^[14].

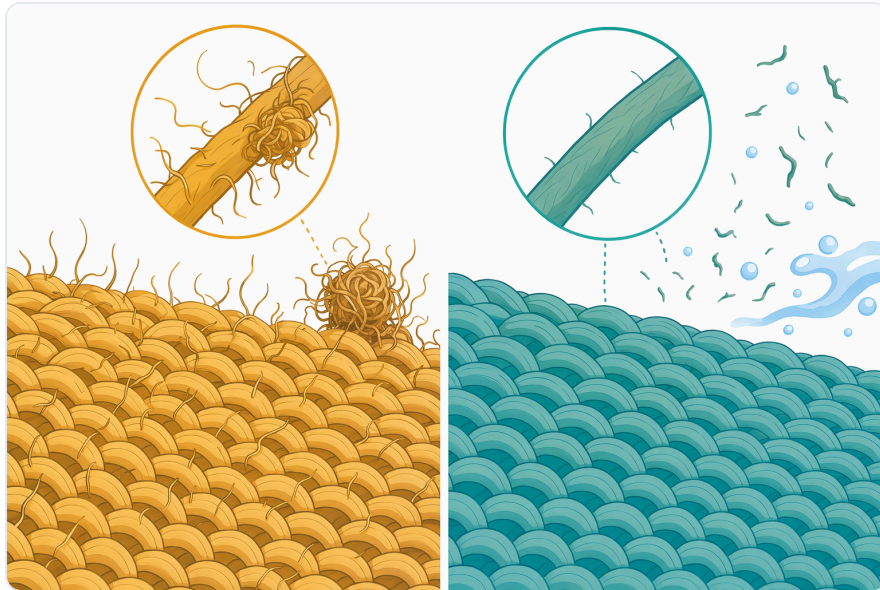


Figure 4. 항필링 프로테아제 처리는 노출된 표면 피브릴을 약화시키고, 보풀이 계속 남는 데 기여하는 스케일 관련 걸림을 줄일 수 있습니다.

Trattamento anti-pilling e riduzione della peluria

La proteasi può essere utilizzata come strumento di rifinitura superficiale per ridurre fuzz, fibre sporgenti e microasperità. Questo è particolarmente rilevante nei capi dove la formazione di pelucchi compromette il valore percepito: maglieria, accessori, tessuti moda, miste lana e articoli pettinati. L'azione enzimatica, se ben dosata, può rendere la superficie più regolare e meno incline all'aggregazione di fibre libere ^[5].

Il beneficio anti-pilling deve essere considerato insieme alla resistenza all'abrasione. Un'azione proteolitica troppo intensa può indebolire le fibre superficiali invece di stabilizzarle. Per questo il trattamento deve puntare alla rimozione controllata della peluria più vulnerabile, non alla degradazione estesa della fibra ^[2].

Miglioramento della mano e della levigatezza

Una superficie cuticolare meno irregolare può dare una sensazione più morbida e liscia. La letteratura sul finissaggio della lana include le proteasi tra gli strumenti per modificare la mano e la qualità superficiale, in particolare quando il trattamento è sufficientemente superficiale da non compromettere corpo e resilienza del tessuto ^[1].

La mano finale dipende comunque da più fattori: contenuto di umidità, finissaggi ammorbidenti, costruzione del tessuto, follatura precedente, tintura e asciugatura. La proteasi agisce su una componente specifica — la superficie proteica — e può essere integrata con altri passaggi di finissaggio quando il ciclo tessile lo richiede ^[15].

Supporto alla tintura e ai finissaggi successivi

La modifica enzimatica della superficie può influenzare bagnabilità e accessibilità della lana. Alcuni studi hanno esplorato l'uso di enzimi in combinazione con altre tecnologie, ad esempio laccasi e polietilenimina, per colorazione e finissaggio della lana. Questo conferma che la superficie della lana è un'interfaccia reattiva: cambiarne chimica e morfologia può alterare anche la risposta ai trattamenti successivi [15].

Nei materiali già tinti, la cautela è maggiore. La rimozione o l'alterazione di strati superficiali può influire su profondità colore, uniformità o rilascio di colorante. I lavori più recenti su lana tinta trattata con sistemi riducenti e proteasi hanno cercato proprio di conciliare rimozione delle scaglie, riduzione del danno e conservazione del colore [8].

Applicazioni su lana in top e su substrati specifici

Il trattamento enzimatico non riguarda solo tessuti finiti. La ricerca su top di lana ha considerato combinazioni di biosurfattanti ed enzimi per un trattamento anti-felting più eco-compatibile. Lavorare su top, filato o tessuto produce sfide diverse: cambia l'accessibilità della superficie, la distribuzione del bagno, la sensibilità meccanica e il rischio di infeltrimento durante il trattamento stesso [9].



Figure 5. 프로테아제의 종류에 따라 처리 옥과의 적합성, 케라틴 표면에 대한 활성, 처리가 과도할 경우 중량 또는 강도 손실이 커질 위험이 달라집니다.

Sono stati studiati anche casi applicativi particolari, come la rimozione simultanea di gusci di uova di pidocchi dalla lana e l'effetto anti-felting con un singolo trattamento proteasico. Pur essendo una nicchia, questo esempio mostra la capacità delle proteasi di agire su materiali proteici aderenti alla

fibra e sulla superficie della lana in un unico contesto applicativo ^[16].

Variabili tecniche che influenzano il risultato

Il risultato di una Wool Protease non dipende solo dalla presenza dell'enzima, ma dalla relazione tra enzima, substrato e processo. La lana non è un materiale uniforme: razza, finezza, danno precedente, contenuto lipidico residuo, tintura, finissaggi e storia meccanica modificano la risposta. Gli studi comparativi su trattamenti chimici mostrano che proprietà meccaniche, anti-felting e tintura sono interdipendenti ^[14].

La preparazione del substrato è una delle variabili più importanti. Residui di grasso, cere, suint, ausiliari di filatura o finissaggi precedenti possono ostacolare il contatto enzima-fibra o generare risultati disomogenei. Una superficie più accessibile consente un'azione più prevedibile; al contrario, barriere superficiali o contaminanti possono portare a zone sovratratte e zone sottotratte ^[12].

Anche la forma del manufatto cambia il profilo di rischio. Una maglia aperta può essere più sensibile ad agitazione e deformazione; un tessuto compatto può limitare la penetrazione del bagno; un top di lana può offrire grande superficie ma richiedere attenzione per evitare compattazioni. Per questo la proteasi deve essere integrata in un ciclo di finissaggio coerente con la costruzione tessile ^[10].

Infine, il trattamento enzimatico richiede un punto di arresto. Una proteasi che continua ad agire oltre il tempo utile può aumentare perdita di massa, riduzione della tenacità o alterazione della mano. La ricerca su proteasi localizzate e su sistemi combinati nasce proprio per ridurre questo rischio, concentrando l'attacco dove serve e limitando l'azione sulle regioni strutturali della fibra ^[6].

Vantaggi attesi per utilizzatori B2B

Per un utilizzatore B2B, la Wool Protease è interessante perché permette di progettare un finissaggio superficiale più selettivo rispetto a molte modifiche chimiche generalizzate. La selettività enzimatica può aiutare a intervenire sulla cuticola e sulla peluria superficiale senza modificare inutilmente l'intero volume della fibra, a condizione che il processo sia controllato ^[11].

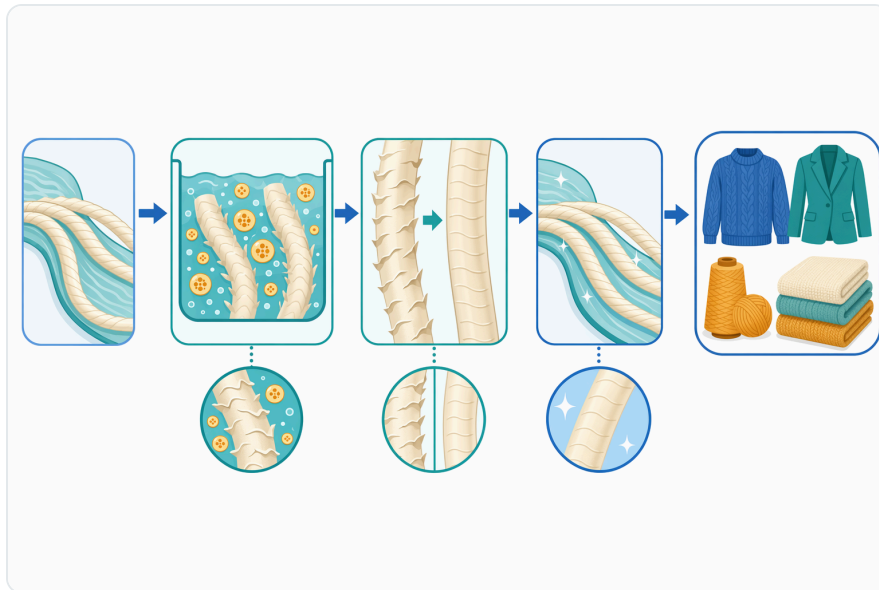


Figure 6. 복합 울 가공 공정에서는 효소가 스케일 구조에 더 효과적으로 도달하도록, 프로테아제 처리 전에 순한 표면 개방 단계를 사용하는 경우가 많습니다.

Il primo vantaggio atteso è la riduzione della tendenza all'infeltrimento. Diminuendo l'effetto meccanico delle scaglie, la lana può mostrare migliore stabilità dimensionale e minore compattazione durante lavaggio e uso. Gli studi su proteasi, bromelina e sistemi proteasi/riducente supportano questa direzione applicativa, pur evidenziando che il risultato dipende dal bilanciamento tra efficacia e danno [7].

Il secondo vantaggio è il miglioramento della qualità superficiale. Una superficie meno ruvida e meno pelosa può apparire più pulita, offrire una mano più gradevole e ridurre la predisposizione al pilling. Questo è particolarmente importante in segmenti dove il valore del tessuto è legato alla percezione tattile e visiva, come maglieria fine, capi premium e accessori in lana [1].

Il terzo vantaggio riguarda la compatibilità con strategie di finissaggio più responsabili. Le tecnologie bio-based, inclusi enzimi, biosurfattanti e biopolimeri, sono state studiate come parte di un più ampio spostamento verso processi tessili meno impattanti. La Wool Protease può inserirsi in questo quadro come componente di processo, non come soluzione isolata e universale [12].

Limiti tecnici e precauzioni interpretative

La principale criticità delle proteasi sulla lana è l'eccesso di idrolisi. Se l'enzima agisce troppo in profondità o troppo a lungo, la modifica superficiale può trasformarsi in danno strutturale. Gli effetti indesiderati possono includere perdita di resistenza, perdita di peso, variazioni della mano e ridotta durabilità del manufatto [2].

La seconda criticità è la variabilità del substrato. Una lana non tinta, un tessuto tinto, una maglia follata, un top, un tessuto misto lana/cotone o lana/sintetico non rispondono nello stesso modo. Studi su tessuti unione lana/cotone hanno mostrato che pretrattamenti con proteasi alcaline o neutre possono influenzare le proprietà prestazionali del tessuto, indicando che la composizione mista richiede valutazione tecnica del ciclo [5].

La terza criticità riguarda l'interazione con il colore. Nei tessuti tinti, la modifica della cuticola può modificare assorbimento, riflessione superficiale o rilascio del colorante. Per questo i processi enzimatici su lana già tinta devono essere considerati con attenzione, specialmente quando l'obiettivo è mantenere tono, solidità e uniformità cromatica [8].

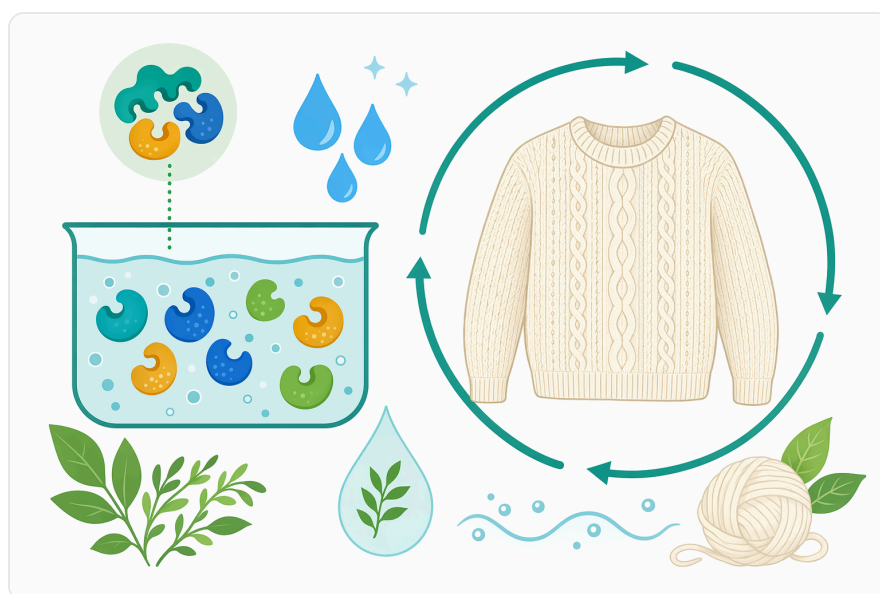


Figure 7. 효소 기반 울 가공은 더 낮은 환경 부담을 목표로 하는 공정에 도움이 되며, 펠팅과 보풀에 대한 저항성을 개선해 의류의 수명을 연장할 수 있습니다.

Infine, non tutte le strategie enzimatiche disponibili in letteratura sono equivalenti a un prodotto commerciale standard. Alcuni studi utilizzano proteasi modificate, sistemi riducenti specifici, biopolimeri o sequenze di trattamento progettate per uno scopo sperimentale. La Wool Protease va quindi vista come uno strumento applicativo da integrare in un processo industriale esistente, non come una garanzia autonoma di performance [6].

Posizionamento del prodotto Enzymes.bio

Wool Protease – Anti-Felting & Anti-Pilling Enzyme For Wool Finishing è rivolta a utilizzatori che lavorano su finissaggio enzimatico della lana e cercano una proteasi per modificare la superficie della fibra con finalità anti-inefeltrimento, anti-pilling e miglioramento della mano. Enzymes.bio rende

disponibili proteasi acquistabili online e opera come fornitore, non come produttore né come laboratorio di analisi o sviluppo applicativo .

Il prodotto è venduto direttamente online in unità da **1 kg**. Dopo l'acquisto, il **certificato di analisi CoA** e la **scheda di dati di sicurezza SDS** accompagnano l'ordine, così che l'utilizzatore disponga della documentazione essenziale per la gestione interna del materiale.

Conclusioni

La Wool Protease è una tecnologia enzimatica credibile per il finissaggio della lana quando l'obiettivo è modificare la superficie cheratinica, ridurre l'effetto delle scaglie cuticolari, contenere l'infeltrimento e migliorare la qualità tattile e visiva del tessuto. Le evidenze scientifiche supportano l'impiego di proteasi, bromelina, sistemi con L-cisteina, biosurfattanti e approcci combinati come alternative o integrazioni ai trattamenti anti-felting tradizionali [\[4\]](#) [\[7\]](#).

Il punto chiave è il controllo: una proteasi utile è quella che agisce sulla superficie, non quella che degrada la fibra in profondità. Per questo la Wool Protease deve essere considerata un componente tecnico di processo, adatto a cicli di finissaggio ben gestiti in cui substrato, trattamento e risultato atteso siano coerenti. Enzymes.bio la fornisce online in formato da 1 kg, con CoA e SDS inclusi nell'ordine.

Ordina Wool Protease – Anti-Felting & Anti-Pilling Enzyme For Wool Finishing 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 Wool Protease – Anti-Felting & Anti-Pilling Enzyme For Wool Finishing →](#)

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. Shen, J. (2008). Wool finishing and the development of novel finishes.
2. Nolte, H., Bishop, D., & Höcker (1996). Effects of Proteolytic and Lipolytic Enzymes on Untreated and Shrink-resistant Wool. *Journal of The Textile Institute*, 87, 212-226.

3. Wang, L., Yao, J., Niu, J., Liu, J., Li, B., & Feng, M. (2018). Eco-Friendly and Highly Efficient Enzyme-Based Wool Shrinkproofing Finishing by Multiple Padding Techniques. *Polymers*, 10.
4. Li, B., Li, J., Shen, Y., Wu, H., Sun, Y., Zhang, P., & Yang, M. (2022). Development of Environmentally Friendly Wool Shrink-Proof Finishing Technology Based on L-Cysteine/Protease Treatment Solution System. *International Journal of Molecular Sciences*, 23.
5. Ammayappan, L., Moses, J., Senthil, K., & Lam, J. (2011). Effect of Alkaline and Neutral Protease Enzyme Pretreatment Followed by Finishing Treatments on Performance Properties of Wool/Cotton Union Fabric: A Comparative Study. *Journal of Natural Fibers*, 8, 272 - 288.
6. Mei, J., Zhang, N., Yu, Y., Wang, Q., Yuan, J., Wang, P., Cui, L., ... et al. (2018). A novel "trifunctional protease" with reducibility, hydrolysis, and localization used for wool anti-felting treatment. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 102, 9159 - 9170.
7. Kaur, A., & Chakraborty, J. (2015). Controlled eco-friendly shrink-resist finishing of wool using bromelain. *Journal of Cleaner Production*, 108, 503-513.
8. Li, R., Zhu, Q., Zhou, M., Xu, B., Wang, P., Wang, Q., & Yu, Y. (2025). Effective removal of scales from wool surface through the combination of thioglycolic acid compounds and proteases for anti-felting finishing. *International Journal of Biological Macromolecules*, 141698 .
9. Iglesias, M., Sequeiros, C., García, S., & Olivera, N. (2019). Eco-friendly anti-felting treatment of wool top based on biosurfactant and enzymes. *Journal of Cleaner Production*.
10. Tonin, C., Roncolato, G., Innocenti, R., & Ferrero, F. (2007). Process Optimization and Industrial Scale-Up of Chitosan Based Anti-Felting Treatments of Wool. *Journal of Natural Fibers*, 4, 77 - 90.
11. Gübitz, G., & Cavaco-Paulo, A. (2001). Biotechnology in the textile industry—perspectives for the new millennium. *Journal of Biotechnology*, 89 2-3, 89-90 .
12. Ibrahim, N. A., Amin, H., Abdel-Aziz, M., & Eid, B. (2022). A green approach for modification and functionalization of wool fabric using bio- and nano-technologies. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 24, 3287 - 3302.
13. El-sayed, H., El-Fiky, A. F., & Mowafi, S. (2022). Extremozymes as Future Appropriate Benign Elements for Eco-friendly Wet Processing of Wool and Silk. *Journal of Natural Fibers*, 19, 15035 - 15044.
14. Mori, M., & Matsudaira, M. (2012). Relationship between Various Chemical Treatments on the Mechanical, Anti-Felting and Dyeing Properties of Wool. *Advanced Materials Research*, 441, 376 - 381.
15. Yuan, M., Wang, Q., Shen, J., Smith, E., Bai, R., & Fan, X. (2018). Enzymatic coloration and finishing of wool with laccase and polyethylenimine. *Textile Research Journal*, 88, 1834 - 1846.
16. Liu, W., Yuan, F., Wang, J., Qin, C., Pang, Z., Teng, Y., Li, F., ... et al. (2022). Simultaneous lice eggshell removal from wool and anti-felting with a single protease treatment. *Journal of Cleaner Production*.

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.