

Wool Protease pour la finition de la laine : enzyme anti-feutrage et anti-boulochage pour textiles en laine

Équipe de recherche Enzymes.bio · Wellington, Nouvelle-Zélande · June 19, 2026

Wool Protease – Anti-Felting & Anti-Pilling Enzyme for Wool Finishing est une enzyme protéolytique destinée à la biofinition des tissus, tricotés et mélanges contenant de la laine. Elle agit sur les protéines accessibles de la cuticule afin de réduire l'accrochage fibre-à-fibre responsable du feutrage, tout en contribuant à une surface plus nette et moins sujette au boulochage lorsqu'elle est intégrée dans un procédé textile maîtrisé. Enzymes.bio fournit ce produit en vente directe en ligne par unité de 1 kg ; le certificat d'analyse et la fiche de données de sécurité sont fournis avec la commande.

Rôle de la protéase dans la finition anti-feutrage de la laine

La laine est une fibre protéique complexe, principalement constituée de kératine, dont la surface est formée d'écailles cuticulaires superposées. Ces écailles donnent à la fibre une friction directionnelle : sous l'effet de l'eau, de la chaleur, du frottement et de l'agitation, les fibres migrent, s'accrochent et s'enchevêtrent progressivement. Le résultat est le rétrécissement par feutrage, phénomène particulièrement critique pour les tricotés, pulls, étoffes lainières et articles lavables contenant de la laine ^[1].

Une protéase pour laine n'a pas pour objectif de « digérer » la fibre, mais de modifier de façon limitée la couche externe responsable de l'accrochage mécanique. En hydrolysant certaines liaisons peptidiques dans les protéines accessibles de surface, elle peut atténuer le relief des écailles, diminuer la rugosité fonctionnelle et réduire la tendance des fibres à s'emboîter les unes dans les autres. Cette logique est au cœur des travaux sur les procédés enzymatiques anti-feutrage de la laine depuis les années 2000 ^[1].

Le même principe contribue à l'effet anti-boulochage. Les bouloches apparaissent lorsque des extrémités de fibres, des fibrilles ou des zones de surface rugueuses s'emmêlent, restent attachées au tissu et forment des agrégats visibles. La littérature récente relie les approches de biotraitement de la

laine à l'amélioration conjointe des propriétés anti-feutrage, anti-boulochage et de teinture, ce qui confirme l'intérêt industriel d'un traitement de surface enzymatique plutôt que d'une simple action cosmétique sur le toucher ^[2].

Ce qu'est Wool Protease d'Enzymes.bio

Wool Protease – Anti-Felting & Anti-Pilling Enzyme for Wool Finishing est présenté par Enzymes.bio comme une enzyme de finition pour les textiles en laine, destinée aux applications anti-feutrage et anti-boulochage. Le produit est proposé en vente en ligne par unité de 1 kg, avec traitement de la commande après paiement ; le CoA et la SDS accompagnent la commande. Enzymes.bio intervient ici comme fournisseur commercial du produit, et non comme fabricant ni laboratoire d'essais .

Dans un atelier de finition, ce type d'enzyme s'inscrit dans la famille des biocatalyseurs utilisés pour transformer la surface textile dans des conditions généralement plus sélectives que de nombreux traitements chimiques traditionnels. Les enzymes textiles sont étudiées et utilisées pour la préparation, la modification de surface, la finition et l'amélioration de propriétés d'usage, avec un intérêt particulier pour les procédés à moindre impact environnemental lorsqu'ils remplacent ou réduisent certaines chimies plus agressives ^[3].

Pour la laine, l'intérêt est spécifique : la fibre est résistante, élastique et confortable, mais sa surface écailleuse limite la lavabilité et favorise le feutrage. Les finitions anti-feutrage cherchent donc à stabiliser la dimension du textile tout en préservant la main, la résistance et l'apparence. Les procédés enzymatiques occupent une place particulière parce qu'ils ciblent la nature protéique de la laine et permettent une modification de surface, mais ils exigent un contrôle rigoureux pour éviter une hydrolyse excessive ^[4].

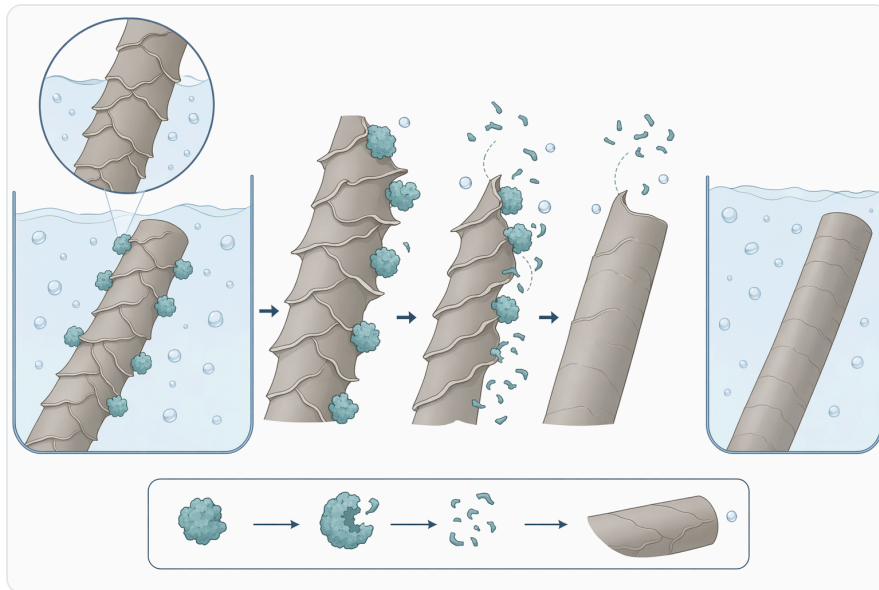


Figure 1. La protéase pour laine cible la matière cuticulaire riche en kératine accessible à la surface externe des fibres de laine afin de réduire la rugosité des écailles, sans digérer intentionnellement le cœur de la fibre.

Mécanisme : action contrôlée sur la cuticule, pas destruction de la fibre

La cuticule de la laine peut être décrite comme une enveloppe d'écailles kératiniques fortement structurées. Ces écailles protègent la fibre, mais elles sont aussi responsables de l'effet de cliquet : lors du lavage ou du foulonnage, les fibres avancent préférentiellement dans un sens, puis se bloquent, ce qui produit l'enchevêtrement irréversible. Les travaux sur la relation entre propriétés anti-feutrage et propriétés physicochimiques de la laine montrent que la modification de surface est un déterminant majeur de la résistance au feutrage ^[5].

Une protéase coupe des liaisons peptidiques dans les protéines accessibles. Sur la laine, les sites les plus pertinents pour l'anti-feutrage sont ceux de la couche externe : protéines cuticulaires, zones non kératiniques plus sensibles et interfaces superficielles. Si l'enzyme agit de façon suffisamment limitée, elle peut lisser ou affaiblir les reliefs d'écailles qui favorisent l'accrochage. Si l'action devient trop profonde, elle peut atteindre des régions structurales internes, avec une perte de masse, une baisse de résistance ou une altération de la main ^[4].

La difficulté technique vient du fait que la laine est réticulée par des ponts disulfure et organisée en couches aux propriétés chimiques différentes. La surface externe n'est pas toujours facilement accessible aux enzymes, tandis que certaines zones internes peuvent être plus sensibles si la fibre est préalablement ouverte ou endommagée. C'est pourquoi la recherche récente étudie souvent des approches combinées : réduction douce, oxydation modérée, plasma, cutinase, lipase, transglutaminase ou protéases végétales, afin d'orienter l'action vers la surface et de limiter les dommages ^[6].

Anti-feutrage et anti-boulochage : deux effets liés, mais pas identiques

Le feutrage est d'abord un phénomène de migration et d'enchevêtrement global des fibres, mesurable à l'échelle du tissu par le rétrécissement dimensionnel. Le boulochage est plus local : des fibres se libèrent partiellement, s'emmêlent, puis restent attachées en surface sous forme de pilules. Les deux phénomènes partagent une cause importante — la rugosité et l'accrochage fibre-à-fibre — mais ils dépendent aussi de la construction textile, de la torsion du fil, de la densité du tricot ou du tissu, et du type de mélange fibreux ^[7].

Une protéase pour laine peut contribuer aux deux objectifs parce qu'elle agit sur la surface de la fibre. En diminuant l'accrochage des écailles, elle réduit la propension au feutrage ; en rendant la surface moins rugueuse, elle peut également limiter la formation ou la persistance de bouloches. Des recherches sur les propriétés de boulochage de jerseys en laine après traitement anti-feutrage montrent que l'effet de ces traitements doit être évalué au niveau de la structure textile réelle, car la filature compacte ou conventionnelle influence aussi le comportement final ^[7].



Figure 2. Le finissage contrôlé de la laine par protéase est utilisé pour limiter le rétrécissement par feutrage, le boulochage et le duvetage, le toucher rêche, les barrières au mouillage et les irrégularités de teinture.

Il est donc préférable de présenter l'enzyme comme un outil de biofinition qui soutient l'anti-feutrage et l'anti-boulochage, plutôt que comme une garantie universelle indépendante du textile. Un tricot en laine mérinos, un tissu peigné dense, une laine plus grossière ou un mélange laine/synthétique ne réagiront pas de manière identique. Les publications sur les procédés durables de biotraitement de la laine insistent précisément sur l'amélioration combinée des propriétés d'usage, mais dans des conditions de traitement définies pour chaque substrat ^[2].

Comparaison des approches de finition de la laine

Approche de finition	Principe dominant	Intérêt principal	Point de vigilance
Protéase pour laine	Hydrolyse contrôlée des protéines accessibles de surface	Réduction du feutrage, surface plus douce, soutien anti-boulochage	Risque de perte de résistance si l'action est excessive ^[4]
Réduction douce + protéase	Ouverture partielle des structures réticulées puis action enzymatique	Meilleure accessibilité de la cuticule et effet anti-feutrage renforcé	Ajustement nécessaire pour préserver la couleur et la fibre ^[8]
Papain ou bromélaïne	Protéases végétales appliquées à la surface de la laine	Alternatives enzymatiques étudiées pour la résistance au rétrécissement	Effet dépendant du contrôle du procédé et du substrat ^[9]
Cutinase/lipase en prétraitement	Modification de composants de surface favorisant l'accès ultérieur	Synergie possible avec traitement enzymatique de la laine	Ne remplace pas toujours une protéase selon l'objectif recherché ^[6]
Transglutaminase avec protéase	Association d'hydrolyse et de réticulation protéique	Peut aider à limiter certains dommages après action protéasique	Nécessite un équilibre entre modification et consolidation ^[10]
Plasma basse température	Activation ou modification physique/chimique de surface	Amélioration de la mouillabilité et de l'accessibilité	Procédé équipement-dépendant, effet lié au niveau de traitement ^[5]

Ce tableau montre que la protéase n'est pas isolée du reste du procédé textile. Elle peut être utilisée seule dans certains schémas, mais la recherche démontre souvent de meilleures performances lorsque l'action enzymatique est préparée ou modulée par une étape complémentaire. L'enjeu est toujours le même : rendre la cuticule suffisamment modifiable pour réduire l'accrochage, sans transformer la biofinition en attaque profonde de la fibre ^[6].

Résultats scientifiques récents : vers des procédés combinés plus sélectifs

Les travaux de 2025 sur la finition anti-feutrage de textiles en laine teints par action collaborative d'une réduction douce et d'une protéase montrent l'intérêt d'un prétraitement qui facilite l'action de l'enzyme sur les écailles. L'objectif n'est pas seulement d'obtenir un tissu moins feutrant, mais aussi de préserver l'apparence d'un textile déjà teint, ce qui est une contrainte industrielle importante pour les finisseurs travaillant après teinture ^[8].

Une autre étude récente décrit une finition enzymatique « trois-en-un » pour textiles lainiers, associant anti-feutrage, teinture à basse température et traitement antibactérien. Ce type de démarche illustre l'évolution de la biofinition : l'enzyme n'est plus considérée uniquement comme un additif anti-rétrécissement, mais comme un outil pouvant s'intégrer dans une architecture de procédé plus large, où l'amélioration de surface, la teinture et les fonctionnalités finales sont pensées ensemble ^[11].

Les travaux de 2024 sur l'effet synergique d'un agent réducteur de ponts disulfure et de la papaïne vont dans la même direction. La papaïne est une protéase végétale ; l'étude montre que l'affaiblissement contrôlé des liaisons disulfure peut rendre la surface plus accessible à l'enzyme et améliorer la résistance au rétrécissement. Cette logique est directement pertinente pour comprendre les limites d'une protéase seule sur la laine : la kératine est résistante, et l'accessibilité de la cuticule détermine une grande partie de l'efficacité ^[9].

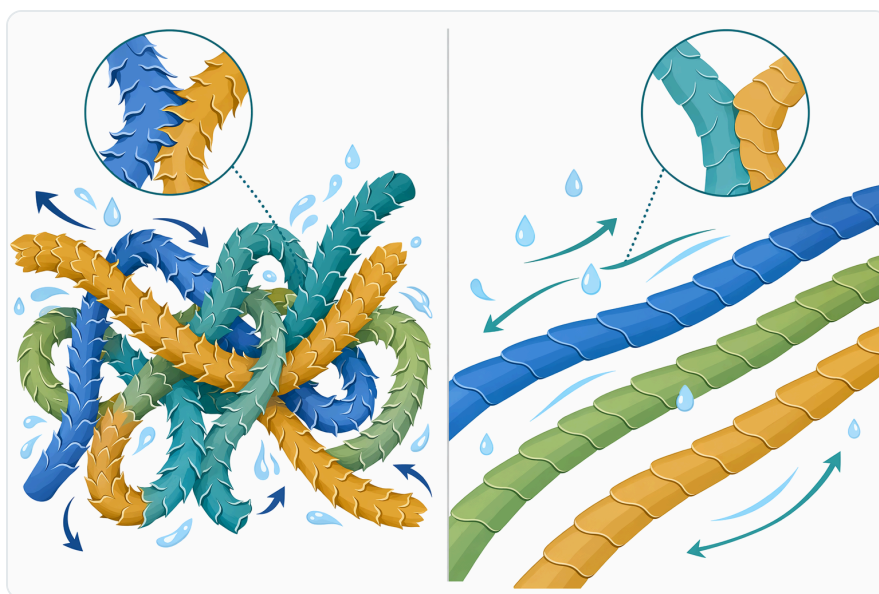


Figure 3. Le rétrécissement par feutrage se produit lorsque des fibres de laine humides et soumises à une agitation migrent de façon directionnelle et s'accrochent les unes aux autres sous l'effet du frottement des écailles cuticulaires.

La bromélaïne, autre protéase végétale, a également été étudiée pour la finition shrink-resist de la laine. Ces travaux confirment que différentes familles de protéases peuvent être mobilisées pour la même finalité industrielle : réduire le rétrécissement par feutrage tout en recherchant une approche plus douce et plus écologique. Les résultats doivent toutefois être interprétés dans leur contexte, car chaque enzyme possède sa propre sélectivité, son profil d'action et sa sensibilité aux conditions de procédé ^[12].

Rôle des enzymes auxiliaires : cutinase, lipase et kératinase

La surface de la laine n'est pas une simple couche homogène de kératine. Elle comporte des lipides, des protéines cuticulaires, des zones hydrophobes et des structures fortement réticulées qui limitent la pénétration de l'eau et des enzymes. C'est pourquoi des études ont exploré l'utilisation de cutinases ou de lipases en prétraitement, seules ou associées à d'autres enzymes, pour améliorer l'accès à la surface avant une action plus ciblée ^[6].

Les travaux sur la cutinase dans la finition shrink-resist de tissus de laine montrent que la modification préalable de la surface peut influencer l'efficacité du traitement enzymatique. Une cutinase n'agit pas comme une protéase classique : elle cible plutôt des liaisons ester dans des substrats cutineux ou lipidiques. Son intérêt, dans la laine, est donc lié à la préparation de la surface et à la synergie possible avec une action protéolytique ultérieure ^[13].

Des recherches plus récentes ont aussi étudié l'association cutinase et enzyme kératinolytique pour améliorer la résistance au rétrécissement de tissus de laine. Cette combinaison est cohérente avec la structure de la fibre : une enzyme peut contribuer à modifier la barrière externe, tandis qu'une autre agit plus directement sur les protéines kératiniques accessibles. Pour un utilisateur industriel, le message essentiel est que la protéase fonctionne dans un système textile, et non dans le vide ^[14].

Transglutaminase et limitation des dommages

L'un des risques associés aux protéases est l'affaiblissement excessif de la fibre lorsque l'hydrolyse n'est pas confinée à la surface. Pour répondre à ce problème, certaines études ont exploré l'emploi simultané ou séquentiel de protéase et de transglutaminase. La transglutaminase peut catalyser des liaisons entre protéines, ce qui ouvre la possibilité de compenser partiellement certaines pertes de cohésion après modification protéolytique ^[10].

Cette stratégie illustre un principe important de la biofinition moderne : il ne suffit pas d'enlever ou d'hydrolyser de la matière ; il faut aussi préserver l'architecture mécanique du textile. Une finition anti-feutrage réussie doit réduire la friction directionnelle et la rugosité responsable de l'accrochage, sans produire un tissu fragile, aminci ou déformé. Les approches protéase-transglutaminase sont donc pertinentes pour comprendre la recherche de compromis entre performance anti-feutrage et conservation des propriétés mécaniques ^[10].

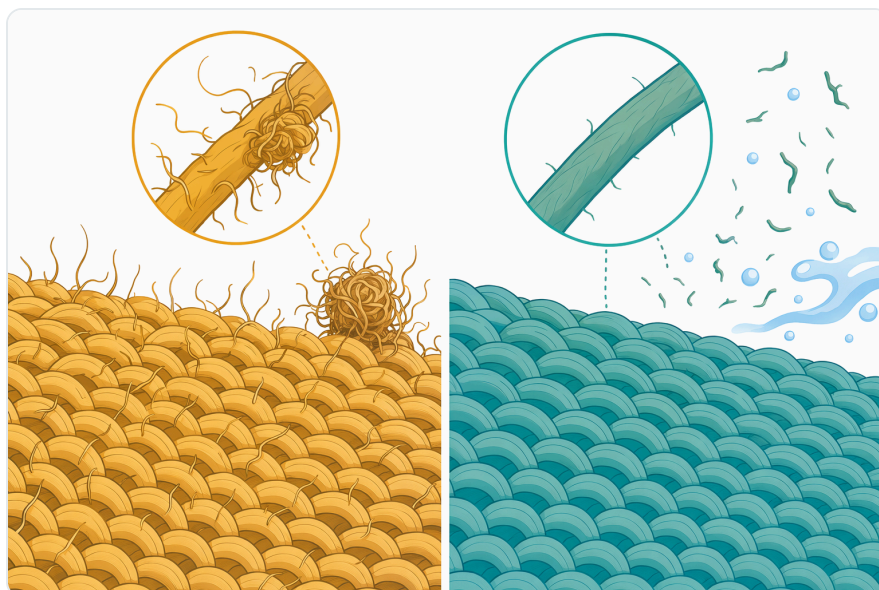


Figure 4. Un traitement anti-boulochage par protéase peut affaiblir les fibrilles de surface exposées et réduire les accrochages liés aux écailles, qui contribuent à la persistance des bouloches.

Influence du plasma et des traitements physiques de surface

Le plasma basse température est étudié pour modifier la surface de la laine sans immersion chimique lourde. Il peut augmenter la mouillabilité, introduire des fonctions chimiques de surface et rendre certaines zones plus accessibles aux traitements ultérieurs. Des recherches sur la relation entre les propriétés anti-feutrage et les propriétés physicochimiques de la laine traitée par plasma montrent que la modification de surface peut être directement corrélée à la résistance au feutrage ^[5].

L'intérêt du plasma, dans une logique enzymatique, est d'ouvrir ou d'activer la surface sans nécessairement dégrader massivement la fibre. Des procédés combinant plasma et enzymes sont étudiés parce qu'ils peuvent améliorer l'efficacité des biocatalyseurs en facilitant leur accès aux sites réactifs. L'application des ultrasons dans la finition anti-feutrage a également été explorée, ce qui confirme que l'activation physique du substrat est un thème récurrent dans la recherche sur la laine lavable ^[15].

Ces technologies ne remplacent pas directement une protéase commerciale de finition ; elles montrent plutôt pourquoi le résultat dépend du niveau de préparation du textile. Une fibre fortement hydrophobe, très écailleuse ou déjà traitée par des apprêts peut être moins accessible qu'une fibre préalablement lavée ou activée. Dans tous les cas, la modification doit rester superficielle et contrôlée pour conserver les qualités intrinsèques de la laine ^[5].

Effets attendus sur le toucher, l'apparence et la teinture

La biofinition protéasique est souvent recherchée pour améliorer la main : une surface moins rugueuse donne une sensation plus douce et plus régulière. Cette amélioration n'est pas seulement sensorielle ; elle résulte d'une modification physique de la fibre, avec moins de reliefs cuticulaires susceptibles de s'accrocher aux fibres voisines ou à la peau. Les études sur les changements de propriétés de fibres de laine après traitement enzymatique confirment que les propriétés sélectionnées de la fibre évoluent avec l'action enzymatique [4].

La teinture peut également être influencée. Une surface plus accessible et plus mouillable peut modifier l'absorption du colorant, la vitesse de montée ou l'uniformité, selon le type de colorant et le procédé. Les travaux sur une approche durable améliorant simultanément les propriétés anti-feutrage, anti-boulochage et de teinture indiquent que ces effets peuvent être intégrés dans un même objectif de finition, plutôt que traités comme des phénomènes séparés [2].

Les articles teints nécessitent néanmoins une attention particulière. Un traitement de surface peut modifier la profondeur apparente de couleur, la brillance, la diffusion lumineuse ou la stabilité de nuance. C'est précisément pourquoi certaines recherches récentes se concentrent sur des textiles lainiers déjà teints et sur l'action collaborative de prétraitements doux avec protéase : le défi industriel est de gagner en résistance au feutrage sans compromettre l'aspect coloristique du produit fini [8].



Figure 5. Les catégories de protéases se distinguent par leur compatibilité avec le bain de traitement, leur activité sur la surface kératinique et le risque de perte excessive de masse ou de résistance si le traitement est trop sévère.

Applications textiles typiques

Les tricots en laine sont parmi les premiers candidats à la finition enzymatique anti-feutrage. Leur structure souple et ouverte facilite le confort, mais elle rend aussi le textile sensible au rétrécissement sous agitation. Une protéase de finition peut contribuer à stabiliser la surface des fibres, réduire l'accrochage et améliorer le toucher, notamment pour les pulls, cardigans, sous-vêtements thermiques et articles d'habillement contenant de la laine .

Les tissus tissés en laine peuvent également bénéficier d'un traitement de surface lorsque l'objectif est de limiter le feutrage lors de l'entretien ou d'obtenir une main plus douce. Les étoffes pour vestes, manteaux, uniformes ou articles techniques en laine exigent généralement un équilibre plus strict entre stabilité dimensionnelle et résistance mécanique. Les études sur les procédés enzymatiques anti-feutrage montrent que la performance dépend fortement du contrôle de l'action sur la cuticule ^[1].

Les mélanges contenant de la laine constituent une autre application importante. Dans un mélange laine/polyester, laine/polyamide ou laine/autre fibre, la protéase cible principalement la fraction protéique, tandis que les fibres synthétiques ne répondent pas de la même manière. Cette sélectivité peut être utile, mais elle oblige à considérer la construction globale du fil et du tissu : si la laine est minoritaire ou fortement protégée par un apprêt, l'effet visible peut différer de celui observé sur une laine pure ^[3].

Limites techniques et maîtrise du procédé

La principale limite d'une protéase pour laine est le risque de surtraitement. Une hydrolyse trop faible ne modifie pas suffisamment les écailles ; une hydrolyse trop forte peut endommager la fibre, réduire la résistance, provoquer une perte de matière ou modifier excessivement la main. Les recherches sur le traitement enzymatique de fibres de laine montrent que les changements de propriétés doivent être interprétés comme le résultat d'un équilibre entre amélioration de surface et préservation structurelle ^[4].

Le substrat textile influence fortement la réponse : type de laine, finesse des fibres, degré de torsion du fil, densité du tissu, présence de colorants, apprêts antérieurs, huile de filature résiduelle ou mélange avec d'autres fibres. Les recherches sur le boulochage de jerseys de laine après traitement anti-feutrage rappellent que la structure du fil, par exemple compacte ou conventionnelle, peut modifier le comportement final du textile, indépendamment de l'action chimique ou enzymatique appliquée ^[7].

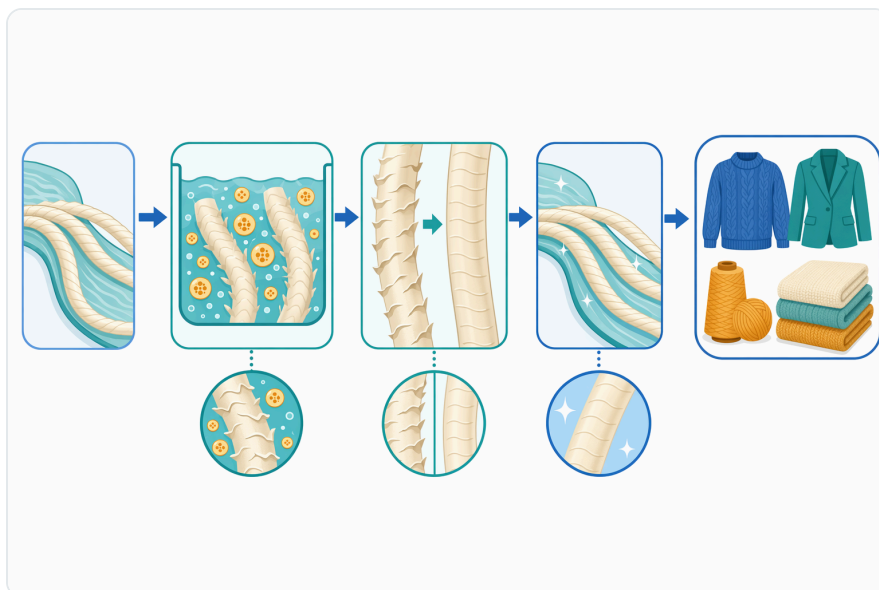


Figure 6. Les séquences combinées de finissage de la laine utilisent couramment une étape douce d'ouverture de surface avant le traitement par protéase, afin que l'enzyme atteigne plus efficacement les structures écailleuses.

Il faut également éviter de supposer qu'un résultat publié avec une enzyme, un prétraitement ou une construction textile donnée sera automatiquement reproduit dans un autre contexte. Les publications citées couvrent la papaïne, la bromélaïne, des cutinases, des enzymes kératinolytiques, des traitements réducteurs, des traitements physiques et des cascades enzymatiques ; elles démontrent la validité du concept, mais aussi la diversité des réponses possibles. La protéase doit donc être comprise comme un levier de formulation et de procédé, pas comme un correctif universel ^[9].

Place de la protéase dans une finition textile plus durable

L'intérêt environnemental des enzymes dans le textile tient à leur sélectivité et à leur capacité à fonctionner dans des procédés potentiellement plus doux que certaines chimies conventionnelles. Les revues sur les applications enzymatiques dans le traitement chimique textile décrivent les enzymes comme des outils importants pour réduire l'intensité de certains traitements, améliorer la qualité de surface et soutenir des procédés plus compatibles avec les attentes actuelles de l'industrie ^[3].

Pour la laine, cette orientation est renforcée par la recherche de solutions anti-feutrage alternatives ou complémentaires aux procédés historiques plus agressifs. Les procédés combinant réduction douce et protéase, les traitements entièrement enzymatiques et les approches à base de protéases végétales illustrent une même tendance : obtenir une laine plus stable au lavage et plus agréable au porter, tout en limitant les contraintes associées à des traitements chimiques sévères ^[11].

Il convient toutefois de rester précis : la durabilité ne dépend pas uniquement de la présence d'une enzyme. Elle dépend aussi de l'eau, de l'énergie, du rinçage, de la compatibilité avec la teinture, de la durée du cycle, de la gestion des effluents et de la qualité finale évitant les rebuts. Une protéase de finition est donc un composant d'une stratégie de procédé plus responsable, et non une preuve automatique de faible impact si le reste de la ligne n'est pas optimisé ^[16].

Positionnement pour les utilisateurs B2B

Pour un finisseur textile, Wool Protease est pertinente lorsque l'objectif est de travailler la surface de la laine par voie enzymatique afin de réduire la tendance au feutrage et au boulochage, d'améliorer la douceur et de soutenir une apparence plus régulière. Elle s'adresse aux applications de biofinition de textiles en laine et de mélanges contenant de la laine, en particulier lorsque la modification contrôlée de la cuticule est préférable à une attaque chimique plus dure .

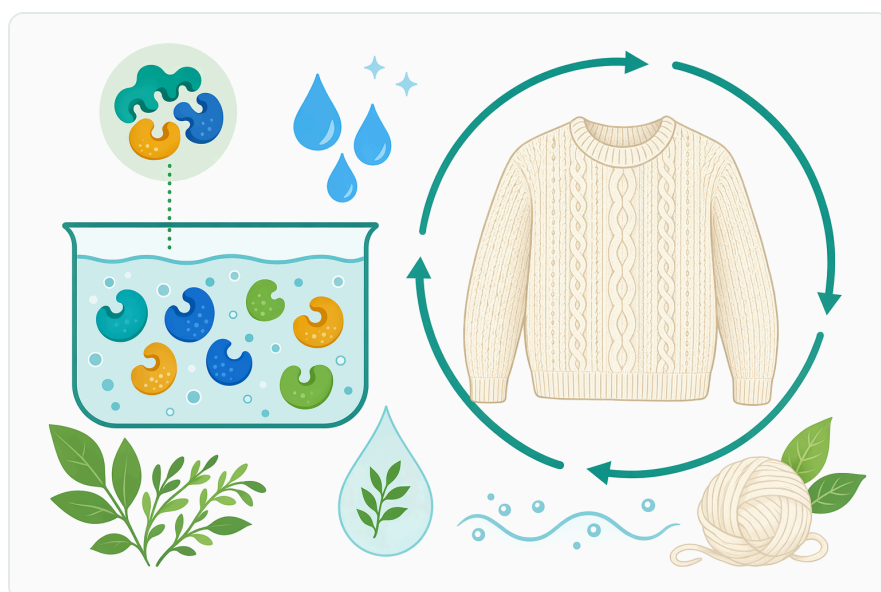


Figure 7. Le finissage enzymatique de la laine soutient des objectifs de transformation à moindre impact et peut prolonger la durée de vie des vêtements en améliorant leur résistance au feutrage et au boulochage.

Le point technique central est le contrôle : la protéase doit agir assez pour diminuer l'accrochage des écailles, mais pas au point d'affaiblir la fibre. Les publications sur la laine montrent que les meilleures approches récentes ne cherchent pas une hydrolyse maximale ; elles recherchent une action superficielle, souvent facilitée par un prétraitement doux ou intégrée à une cascade enzymatique. Cette logique explique pourquoi les paramètres du procédé textile et la nature exacte du substrat restent déterminants ^[8].

Enzymes.bio fournit le produit en ligne par unité de 1 kg, avec CoA et SDS fournis avec la commande. Le rôle d'Enzymes.bio est celui d'un fournisseur B2B en ligne ; les performances finales relèvent de l'intégration du produit dans un procédé de finition adapté au textile, au coloris, à la construction et aux exigences d'usage du client .

Synthèse

Wool Protease – Anti-Felting & Anti-Pilling Enzyme for Wool Finishing est une protéase de biofinition conçue pour modifier la surface des fibres de laine. Son intérêt repose sur un mécanisme clair : l'hydrolyse contrôlée de protéines accessibles de la cuticule afin de réduire le relief des écailles, la friction fibre-à-fibre, le feutrage et la tendance au boulochage .

Les preuves scientifiques soutiennent l'usage des protéases et de procédés enzymatiques apparentés pour améliorer la résistance au rétrécissement de la laine, avec des travaux couvrant les traitements enzymatiques directs, les protéases végétales comme la papaine et la bromélaïne, les associations avec cutinase ou transglutaminase, et les procédés combinés avec réduction douce ou plasma ^[1]. La même littérature rappelle que l'efficacité dépend d'un compromis : modifier assez la surface pour obtenir l'effet recherché, sans provoquer de dégradation excessive de la fibre ^[4].

Dans une stratégie B2B de finition textile, cette enzyme est donc particulièrement pertinente pour les tricots, tissus et mélanges lainiers nécessitant une main plus douce, une meilleure stabilité dimensionnelle et une surface moins accrocheuse. Elle s'intègre dans la tendance plus large des procédés enzymatiques textiles, où la performance technique, la maîtrise du procédé et la réduction des traitements chimiques agressifs sont évaluées ensemble ^[3].

Commander Wool Protease – Anti-Felting & Anti-Pilling Enzyme For Wool Finishing en ligne

Vendu par unité de 1 kg, en stock et prêt à expédier. Commandez directement sur notre boutique — payez en ligne et nous traitons votre commande. Un certificat d'analyse et une fiche de données de sécurité sont inclus avec chaque commande.

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

Références

Numérotées par ordre de première citation. Sources en libre accès, chacune vérifiée comme accessible au moment de la publication ; les numéros de citation dans le texte renvoient ici.

1. Dong, L., & Xu, L. (2008). Enzymatic Process for The Wool Fabric Anti-felting Finishing. *Mathematical Models and Methods in Applied Sciences*, 2, 91.
2. Li, W., Zhang, N., Wang, Q., Wang, P., Yu, Y., & Zhou, M. (2021). A Sustainable and Effective Bioprocessing Approach for Improving Anti-felting, Anti-pilling and Dyeing Properties of Wool Fabric. *Fibers And Polymers*, 22, 3045 - 3054.
3. Choudhury, A. (2020). Enzyme applications in textile chemical processing.
4. Kotlińska, A., & Lipp-Symonowicz, B. (2011). Research on the Enzymatic Treatment of Wool Fibres and Changes in Selected Properties of Wool. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 88-93.
5. Mori, M., & Inagaki, N. (2006). Relationship Between Anti-Felting Properties and Physicochemical Properties of Wool Treated with Low-Temperature Plasma. *Research journal of textile and apparel*, 10, 33-45.
6. Wang, P., Cui, L., Wang, Q., Fan, X., Zhao, X., & Wu, J. (2010). Combined use of mild oxidation and cutinase/lipase pretreatments for enzymatic processing of wool fabrics. *Engineering in Life Sciences*, 10.
7. Wan, A., Yu, W., & Jiang, G. (2014). Pilling properties of wool single jersey made of compact and conventional ring yarns after anti-felting treatment. *Textile Research Journal*, 84, 673 - 683.
8. Zhang, J., Li, K., Wang, J., Xu, B., Liu, Y., Wang, Q., & Wang, P. (2025). Enzymatic anti-felting finishing of the dyed woolen textiles through the collaborative action of mild reduction and protease treatment. *International Journal of Biological Macromolecules*, 142160 .
9. Li, K., Li, Z., Zhang, J., Wang, J., Yu, Y., Zhou, M., Wang, Q., ... et al. (2024). Eco-friendly shrink-resist finishing of wool through synergistic effect of disulfide bond reducing agent and papain. *International Journal of Biological Macromolecules*, 133156 .
10. Hossain, K. M. G., Juan, A. R., & Tzanov, T. (2008). Simultaneous protease and transglutaminase treatment for shrink resistance of wool. *Biocatalysis and Biotransformation*, 26, 405 - 411.
11. Zhang, J., Wu, L., Wang, J., Cui, L., Liu, Y., Yu, Y., Wang, Q., ... et al. (2025). Full-enzymatic three-in-one cascade finishing for woolen textiles: anti-felting, low-temperature dyeing and antibacterial processing. *Bioresource Technology*, 438, 133217 .
12. Kaur, A., & Chakraborty, J. (2015). Controlled eco-friendly shrink-resist finishing of wool using bromelain. *Journal of Cleaner Production*, 108, 503-513.
13. Wang, P., Wang, Q., Fan, X., Cui, L., Yuan, J., Chen, S., & Wu, J. (2009). Effects of cutinase on the enzymatic shrink-resist finishing of wool fabrics. *Enzyme and Microbial Technology*, 44, 302-308.
14. Zhang, N., Pan-Huang, Wang, P., Yu, Y., Zhou, M., & Wang, Q. (2022). Combined Cutinase and Keratinolytic Enzyme to Endow Improved Shrink-resistance to Wool Fabric. *Fibers And Polymers*, 23, 985 - 992.
15. Liu, Z., Li, Y., & Yu, J. (2011). Application of Ultrasound in Anti-felting Finishing Process. *Journal of Fiber Bioengineering and Informatics*, 4, 337-347.

16. Ma, J. (2025). Research on the Application of Ecological Dyeing and Finishing Technology in the Textile Industry Driven by Government Policies: A Comparative Study of Policy Effects between China and Europe. *Textile & Leather Review*.

Contactez Enzymes.bio

Des questions sur une commande ? Notre équipe se fera un plaisir de vous aider.

E-MAIL wholesale@enzymes.bio

TÉLÉPHONE (ÉTATS-UNIS) **+1 (507) 428-6057**

[Nous contacter →](#)



400+ Clients B2B



60+ partenaires de recherche universitaires



54 servis dans le monde entier

© 2026 Enzymes.bio · Fourniture d'enzymes industrielles & de transformation alimentaire · Non destiné à la consommation humaine ni à la vente au détail.