

Poudre de cellulase basse température pour lavage denim, bio-stoning et effets stone-wash

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

La **poudre enzymatique basse température pour denim** est une préparation à base de **cellulase** destinée au lavage industriel des jeans, vestes et articles en denim afin de produire un effet stone-wash, un toucher plus doux et une surface moins pelucheuse. Elle agit principalement sur les microfibrilles de cellulose accessibles à la surface du coton, ce qui facilite le retrait contrôlé de fibres superficielles et d'indigo pendant l'agitation du bain de lavage ^[1]. Enzymes.bio fournit ce produit en ligne par unité de **1 kg** ; le **CoA** et la **SDS** sont fournis avec la commande.

Rôle de la cellulase basse température dans le lavage du denim

Dans le vocabulaire textile, une poudre enzymatique pour **denim washing**, **bio-wash**, **bio-stoning** ou **stone-wash enzymatique** désigne le plus souvent une préparation de cellulase. Le denim étant majoritairement constitué de coton, donc de cellulose, la cellulase permet de modifier la surface du tissu sans recourir uniquement à l'abrasion minérale des pierres ponceuses ou à des traitements chimiques plus agressifs ^[2]. Le qualificatif « basse température » signifie que la préparation est pensée pour fonctionner dans des conditions de lavage modérées, ce qui intéresse les ateliers cherchant à réduire la contrainte thermique tout en conservant un effet visuel de délavage.

Le lavage enzymatique n'est pas seulement une opération esthétique. Dans l'industrie du jean, il contribue à transformer un tissu rigide, sombre et parfois rêche en vêtement commercialement acceptable : plus souple, plus confortable, plus lisse et visuellement vieilli. Les études consacrées au traitement enzymatique du denim montrent que les paramètres de lavage influencent fortement la perte de poids, la nuance, la résistance et le toucher final, ce qui explique pourquoi la cellulase est utilisée comme outil de finition contrôlable plutôt que comme simple additif de lavage ^[1].

Enzymes.bio intervient comme fournisseur en ligne, non comme fabricant ni laboratoire. Le produit est proposé directement par unité de 1 kg, avec traitement de la commande après paiement en ligne ; les documents associés, notamment le certificat d'analyse et la fiche de données de sécurité,

accompagnent la commande. Cette présentation convient aux utilisateurs B2B qui veulent intégrer une poudre enzymatique dans un procédé existant de lavage du denim sans modifier la nature fondamentale du procédé textile.

Pourquoi remplacer ou compléter le stone-wash mécanique

Le stone-wash classique repose sur l'action abrasive de pierres, souvent de la pierre ponce, dans un tambour de lavage. Cette action enlève progressivement des fibres superficielles et une partie de l'indigo, mais elle peut aussi provoquer des dommages localisés, une usure des machines, des dépôts minéraux et une variabilité entre lots. Les travaux sur le lavage durable du denim indiquent que l'approche enzymatique est étudiée précisément parce qu'elle peut produire un effet de vieillissement avec une charge mécanique plus maîtrisable [2].

La cellulase ne reproduit pas l'action d'une pierre de manière identique : elle agit chimiquement sur la cellulose exposée, tandis que la machine fournit l'agitation nécessaire au détachement des fibrilles affaiblies. C'est cette combinaison enzyme-eau-mouvement qui donne l'effet de surface recherché. Les études sur les influences de différents traitements enzymatiques du denim confirment que le type d'enzyme et les conditions de traitement modifient les propriétés finales du vêtement, notamment l'aspect, la main et certains paramètres mécaniques [3].

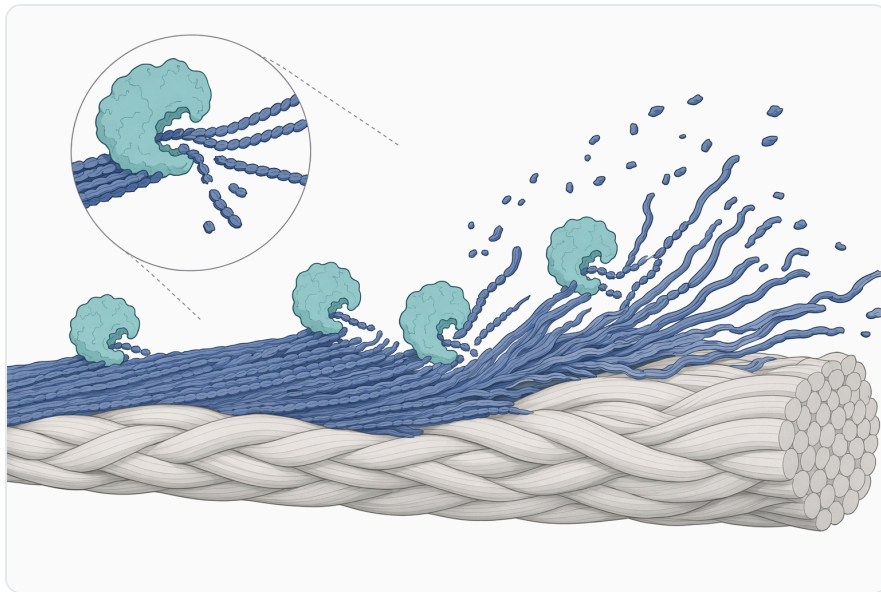


Figure 1. 셀룰라아제는 노출된 면 셀룰로오스 미세섬유를 약화시켜 텀블링 과정에서 인디고가 묻은 표면 물질이 제거되도록 함으로써 데님 페이딩 효과를 만든다.

Dans un procédé de **bio-stoning**, l'objectif est donc de transférer une partie de l'effet abrasif vers une action enzymatique sélective. Cette stratégie peut réduire la dépendance aux pierres, améliorer la régularité de surface et limiter certains défauts associés à une abrasion trop brutale. Les recherches récentes sur l'optimisation du lavage du denim par cellulase s'inscrivent dans cette logique de réduction de la consommation de pierre ponce et d'amélioration de la durabilité du procédé ^[4].

Mécanisme d'action : hydrolyse contrôlée des microfibrilles de coton

La cellulose du coton est un polymère de glucose organisé en chaînes et microfibrilles. Les cellulases hydrolysent les liaisons β -1,4-glycosidiques de cette cellulose, mais dans le denim lavé elles agissent surtout sur les zones accessibles : fibrilles de surface, extrémités de fibres, duvet, zones frottées et parties déjà fragilisées par le tissage, le port ou les prétraitements. Les revues sur les cellulases microbiennes décrivent leur capacité à dégrader la cellulose et leur importance dans de nombreuses applications industrielles, dont les traitements textiles ^[5].

Une cellulase industrielle n'est généralement pas une seule activité isolée. Les systèmes cellulasiques associent des endoglucanases, qui coupent les chaînes de cellulose à l'intérieur des zones accessibles, des cellobiohydrolases ou exoglucanases, qui poursuivent la libération de fragments depuis les extrémités, et des β -glucosidases, qui transforment certains fragments solubles en sucres plus simples. Cette coopération enzymatique explique pourquoi une faible modification chimique de la surface peut produire un effet visible lorsqu'elle est couplée à l'action mécanique du tambour ^[6].

Dans le denim indigo, l'effet visuel vient du fait que l'indigo est principalement localisé en surface des fils teints. Lorsque la cellulase fragilise et détache les microfibrilles de coton superficielles, elle entraîne aussi une partie du colorant fixé sur ces zones externes. Le vêtement paraît alors plus clair, plus usé et plus contrasté, particulièrement sur les arêtes, plis, coutures et zones soumises au frottement. Les travaux sur la caractérisation et l'optimisation du lavage enzymatique de vêtements denim indigo confirment que ce traitement modifie la couleur et les propriétés de surface du vêtement ^[1].

L'intérêt d'une poudre dite basse température réside dans la possibilité de maintenir cette hydrolyse dans une fenêtre de procédé plus douce. Une température trop élevée ou une durée excessive peut accélérer l'attaque de la cellulose et augmenter les pertes de masse ou la fragilisation ; à l'inverse, une température trop basse pour l'enzyme utilisée peut ralentir l'effet. Les études sur le traitement enzymatique du denim montrent que les paramètres de procédé doivent être ajustés pour obtenir le compromis souhaité entre délavage, toucher et conservation des propriétés mécaniques ^[7].



Figure 2. 저온용 셀룰라아제는 더 낮거나 중간 정도의 세탁 조건에서도 유용한 표면 작용을 제공하면서 의류 품질과 에너지 관리 목표를 지원하도록 설계되었다.

Effets recherchés sur le vêtement fini

Le premier effet recherché est le **dé lavage contrôlé**. La cellulase contribue à enlever de très petites quantités de cellulose et d'indigo de surface, ce qui permet d'obtenir un aspect vieilli sans dépendre uniquement d'une abrasion minérale intense. Les publications sur le lavage enzymatique du denim décrivent cette approche comme une méthode permettant de produire des effets de lavage et de finition plus compatibles avec des objectifs de procédé durable [2].

Le deuxième effet est l'**adoucissement de la main**. En retirant une partie des fibrilles qui rendent le coton rugueux ou pelucheux, la cellulase donne au denim un toucher plus souple et plus agréable. Les études sur les traitements enzymatiques du denim rapportent que ces traitements influencent les caractéristiques de confort et d'apparence, ce qui explique leur usage dans les jeans, vestes, chemises, shorts et autres articles en coton indigo [3].

Le troisième effet est le **biopolishing**, c'est-à-dire la réduction de la pilosité superficielle et de la tendance au boulochage. Sur des tissus cellulosiques, le biopolishing enzymatique vise à éliminer les microfibrilles qui émergent de la surface, améliorant la netteté visuelle et la régularité au toucher. Des travaux récents sur le biopolishing de coton par enzymes dérivées de résidus de bagasse confirment l'intérêt des cellulases pour améliorer l'état de surface des tissus cellulosiques [8].

Le quatrième effet est la **modulation du contraste**. Dans le denim, l'abrasion doit souvent être plus marquée sur certaines zones — coutures, plis, reliefs — et plus limitée ailleurs. L'enzyme seule ne crée pas toutes les nuances de mode, mais elle facilite le retrait de surface dans les zones exposées à l'agitation et peut être combinée avec des procédés mécaniques, secs ou oxydatifs selon le style recherché. Les études comparant lavage chimique et traitement laser montrent que les choix de finition influencent fortement les attributs de performance des tissus denim ^[9].

Comparaison avec d'autres procédés de finition denim

Les ateliers de finition utilisent plusieurs routes technologiques : pierre ponce, cellulase, ozone, laser, agents oxydants, résines, adoucissants et traitements mécaniques secs. La cellulase basse température se positionne comme une solution de surface pour coton, particulièrement adaptée lorsque l'on veut obtenir un effet de vieillissement et de douceur en limitant l'intensité thermique ou abrasive. Les recherches sur l'ozone appliqué à des denims de compositions et masses différentes rappellent que chaque technologie interagit différemment avec la structure textile ^[10].



Figure 3. 눈에 보이는 데님 워시다운은 느슨해진 미세섬유와 인디고가 포함된 조각들이 가장 쉽게 떨어져 나가는, 마찰이 많이 가해지는 노출 부위에서 먼저 나타난다.

Procédé de finition	Principe dominant	Effets typiques sur denim	Points de vigilance
Stone-wash mécanique	Abrasion par pierres et mouvement du tambour	Aspect usé, contraste, délavage marqué	Usure machine, déchets minéraux, dommages possibles aux coutures

Procédé de finition	Principe dominant	Effets typiques sur denim	Points de vigilance
Bio-stoning par cellulase	Hydrolyse contrôlée des fibrilles de coton + agitation	Dé lavage plus maîtrisé, toucher plus doux, réduction de pilosité	Risque de perte de résistance si traitement excessif
Biopolishing enzymatique	Élimination des microfibrilles de surface	Surface plus nette, moins de duvet, toucher amélioré	Effet visuel moins agressif qu'un stone-wash fort
Ozone ou oxydation	Oxydation du colorant et modification de surface	Dé lavage, effets de mode, réduction possible de certains bains	Résultat dépendant de la composition textile et du procédé
Laser ou procédés secs	Marquage ou abrasion localisée sans bain principal	Moustaches, usure localisée, motifs reproductibles	Investissement machine et compatibilité avec le design

Cette comparaison montre que la poudre enzymatique n'est pas un substitut universel à toutes les finitions, mais un outil spécifique pour les supports cellulosiques. Dans de nombreux cas, elle complète d'autres étapes : désencollage, lavage préparatoire, abrasion légère, rinçage, neutralisation du style, adoucissage ou séchage. Les études de coût et de pratiques dans les industries de lavage du denim soulignent que le choix des étapes dépend à la fois de l'effet recherché, du prix de revient et des contraintes de production ^[11].

Paramètres de procédé qui influencent le résultat

Le résultat d'un lavage enzymatique dépend de la construction du denim, du taux de coton, du type de teinture, du niveau d'encollage résiduel, de la charge machine, du rapport bain/matière, de l'agitation, de la durée, du pH et de la température. Même si la poudre est conçue pour fonctionner à basse température relative, elle reste une enzyme : son activité varie selon le milieu. Les revues sur les enzymes textiles rappellent que les biocatalyseurs sont sensibles aux conditions de procédé et que leur performance dépend de leur environnement physicochimique ^[12].

Le pH est particulièrement important, car les cellulases textiles peuvent être formulées pour des plages acides, neutres ou plus spécifiques. Une cellulase utilisée hors de sa zone favorable agit lentement ou de manière imprévisible ; dans sa zone favorable, elle peut produire rapidement une attaque de surface. Les travaux sur les cellulases industrielles montrent que les propriétés enzymatiques varient selon l'origine microbienne, la structure protéique et les conditions d'application ^[13].

La température influence la vitesse d'hydrolyse et la stabilité de l'enzyme. Dans une approche basse température, on recherche une activité suffisante pour générer le délavage sans pousser le tissu vers une hydrolyse excessive. Les études portant sur le denim démontrent que les traitements enzymatiques modifient des propriétés mécaniques et chimiques du tissu ; l'enjeu industriel est donc d'obtenir l'effet esthétique tout en limitant les pertes de résistance ou de masse [7].

L'action mécanique reste indispensable. Sans mouvement, les fibrilles hydrolysées restent plus facilement attachées à la surface ; avec une agitation adéquate, elles se détachent et emportent une partie de l'indigo de surface. C'est pourquoi le même produit enzymatique peut donner des résultats différents dans un tambour industriel, une machine pilote ou une charge de vêtements différente. Les recherches sur l'optimisation des procédés de lavage enzymatique soulignent l'importance du réglage global du procédé plutôt que de l'enzyme prise isolément [1].

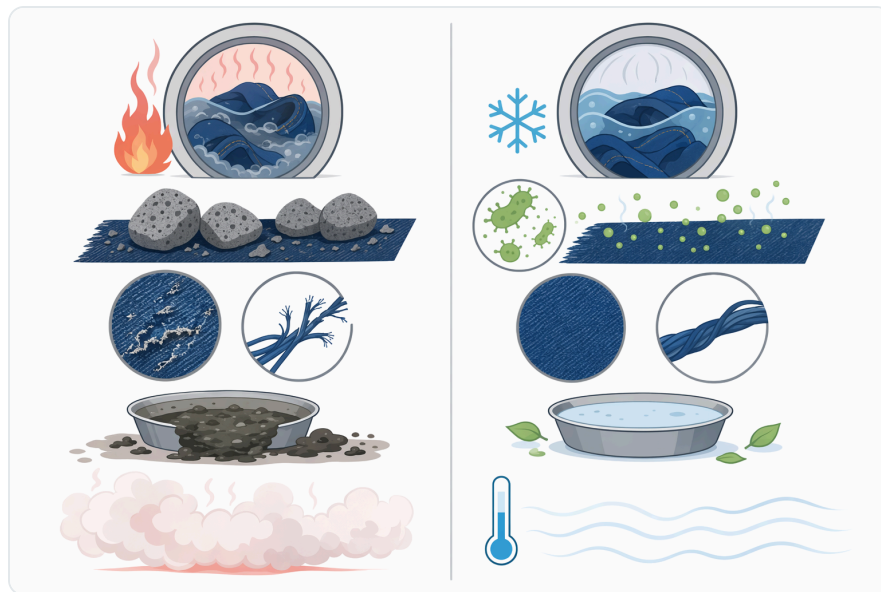


Figure 4. 스톤 단독, 셀룰라아제, 효소와 스톤 병용, 화학적 페이딩 방식은 주로 마모, 생물학적 표면 가수분해, 복합 작용, 또는 화학 반응 중 무엇이 효과를 주도하는지에 따라 달라진다.

Back-staining, perte de résistance et autres limites techniques

Le **back-staining** est l'un des défauts les plus connus du lavage denim : l'indigo détaché de la surface peut se redéposer sur les zones plus claires, les fils blancs ou les poches, réduisant le contraste recherché. La cellulase contribue au retrait de matière colorée, mais ce colorant libéré doit être évacué ou maintenu en suspension par le procédé. Les études sur le lavage enzymatique du denim discutent l'impact des conditions de traitement sur l'apparence finale, ce qui inclut la maîtrise de la nuance et de la propreté visuelle [1].

La perte de résistance est l'autre limite majeure. Une cellulase efficace agit sur la cellulose ; si le traitement est trop long, trop intense ou mal arrêté, l'attaque peut dépasser les seules fibrilles superficielles et affecter la structure utile du tissu. Les recherches sur l'impact du traitement enzymatique sur les propriétés mécaniques et chimiques du denim rappellent que la finition doit équilibrer amélioration de surface et conservation des performances du vêtement ^[7].

Le type de denim modifie également la réponse. Un denim 100 % coton lourd, un denim stretch avec élasthanne, un mélange coton-polyester ou un tricot denim ne réagiront pas de la même manière. Les travaux sur l'ozone appliqué à différentes compositions — coton, polyester, élasthanne — illustrent plus largement que la composition et la masse du tissu influencent fortement les effets de finition ^[10]. Pour la cellulase, la partie réellement concernée reste la fraction cellulosique accessible.

Les résidus de traitement, les détergents, les sels, les auxiliaires, les produits de désencollage ou certains composés présents dans les bains peuvent aussi influencer les enzymes. Des recherches sur l'inhibition d'enzymes mannanolytiques par des sous-produits de prétraitement et des liqueurs de lavage montrent que les milieux industriels complexes peuvent modifier l'activité enzymatique ^[14]. Cette observation est transposable comme principe de prudence : un bain textile n'est pas de l'eau pure, et sa composition influence la biocatalyse.

Place dans une stratégie de finition textile plus durable

Les enzymes sont souvent présentées comme des outils de textile durable parce qu'elles fonctionnent dans l'eau, à conditions relativement modérées, avec une spécificité de substrat et une biodégradabilité généralement favorable. Les revues sur le traitement textile durable par enzymes décrivent leur utilisation pour remplacer ou réduire certains procédés chimiques plus agressifs, notamment dans la préparation, la finition et l'amélioration de surface des fibres ^[12].

Dans le denim, l'intérêt durable se concentre sur plusieurs axes : réduction partielle des pierres, diminution de certaines contraintes thermiques, limitation de traitements chimiques sévères et amélioration de la reproductibilité de l'effet. Les recherches sur le lavage durable du denim par traitement enzymatique vont dans ce sens, tout en montrant que la performance doit être évaluée à l'échelle du procédé complet, pas seulement à l'échelle de l'additif enzymatique ^[2].

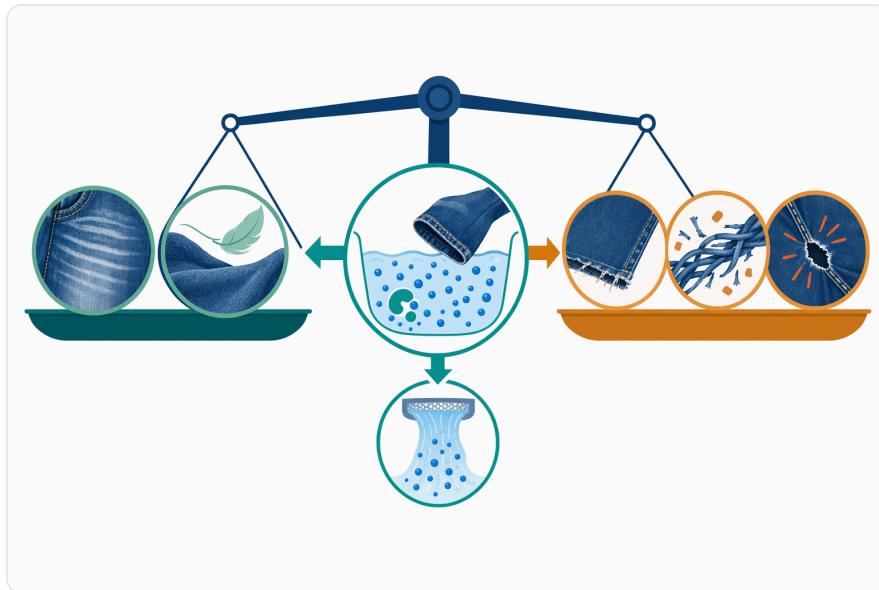


Figure 5. 데님 효소 세탁은 더 강한 페이딩과 부드러운 촉감을 얻는 것과 중량 감소, 강도 저하, 가장자리 얇아짐, 역염색 사이의 균형을 맞춰야 한다.

Il faut toutefois éviter une lecture simpliste. Une enzyme ne rend pas automatiquement un procédé « vert » si le bain est mal géré, si les rinçages sont excessifs ou si les défauts entraînent des relavages. L'avantage environnemental dépend de l'ensemble de la recette, de la machine, du contrôle des eaux, du taux de reprise et du niveau de qualité obtenu au premier passage. Les travaux sur les coûts du lavage denim dans les industries bangladaises rappellent que la viabilité industrielle combine qualité, temps, consommation et coûts opérationnels ^[11].

La cellulase basse température s'intègre donc mieux dans une démarche de réduction d'impact lorsqu'elle est utilisée pour obtenir l'effet désiré avec moins d'agressivité mécanique ou thermique, tout en préservant les propriétés du vêtement. Les recherches récentes sur les cadres de réutilisation et de circularité des vêtements denim tricotés montrent que les procédés de lavage, blanchiment à froid, traitement sec et biopolishing font partie des leviers explorés pour prolonger ou revaloriser les articles textiles ^[15].

Applications industrielles typiques

Bio-stoning de jeans et vêtements denim

L'application principale est le **bio-stoning** de jeans, vestes, chemises, jupes, shorts et autres articles en denim coton. La cellulase permet de produire un vieillissement de surface en complément ou en remplacement partiel de l'abrasion par pierres. Les travaux récents sur l'optimisation du lavage denim par cellulases confirment l'intérêt de cette classe d'enzymes pour réduire la dépendance à la pierre ponce tout en conservant un effet de lavage recherché ^[4].

Bio-wash et adoucissement de surface

Le **bio-wash** vise un effet moins agressif qu'un stone-wash marqué. Il s'agit d'améliorer la douceur, de réduire la rugosité et d'uniformiser la surface du vêtement. Les études sur les effets du lavage biochimique de vêtements denim 100 % coton montrent que les traitements de lavage influencent sensiblement les propriétés du vêtement fini, notamment l'apparence et le confort ^[16].

Biopolishing de coton et tissus cellulosiques

Au-delà du denim indigo, le même principe enzymatique s'applique au biopolishing de tissus cellulosiques : coton, mélanges riches en coton et surfaces présentant du duvet. L'objectif est moins de délayer fortement que d'obtenir une surface plus nette et une meilleure résistance à l'apparition de peluches. Les recherches sur le biopolishing écologique de coton par enzymes issues de bagasse soulignent la pertinence de cette approche pour la finition de textiles cellulosiques ^[8].



Figure 6. 저온용 셀룰라아제 분말은 효소만으로 구현하는 깔끔한 페이딩, 스톤 사용을 줄인 효소 보조 빈티지 룩, 더 매끄러운 바이오 폴리싱 패션 워시, 질은 데님의 가벼운 워시다운에 활용될 수 있다.

Combinaison avec procédés secs, ozone ou laser

Dans la mode denim actuelle, la cellulase est souvent combinée à des techniques de création d'effets localisés : ponçage, whiskers, laser, ozone ou traitements chimiques contrôlés. Le laser permet un marquage précis, tandis que l'ozone agit surtout par oxydation du colorant ; la cellulase intervient plutôt sur la cellulose de surface. Les études comparant laser et lavage chimique montrent que ces technologies affectent différemment les attributs de performance du denim ^[9].

Ce que la poudre basse température apporte concrètement

L'avantage pratique principal est la possibilité de travailler dans une fenêtre de lavage plus douce que certains procédés chauffés classiques, tout en conservant une action de surface sur le coton. Cette caractéristique intéresse les ateliers qui veulent préserver davantage certaines constructions textiles, réduire la contrainte thermique ou adapter des programmes de lavage à des articles sensibles. Les publications sur les extremozymes et enzymes utilisées en textile soulignent l'importance d'enzymes adaptées à des conditions de procédé spécifiques ^[17].

Le deuxième avantage est la finesse de l'effet. La cellulase n'arrache pas mécaniquement la surface comme une pierre ; elle fragilise d'abord les microfibrilles, puis le mouvement les retire. Cela permet de travailler sur la main, la pilosité et l'usure visuelle de manière progressive. Les travaux sur les applications de cellulases en industrie textile confirment leur intérêt pour des opérations de finition où l'amélioration de surface est recherchée ^[18].

Le troisième avantage est la compatibilité avec des objectifs de formulation plus sobres. Une poudre enzymatique peut s'intégrer dans des procédés où l'on cherche à limiter l'intensité d'abrasion, à réduire certains traitements chimiques ou à améliorer la qualité au toucher. Les revues sur les avancées de la technologie des cellulases décrivent toutefois des défis persistants, notamment la stabilité, la spécificité, le coût et l'adaptation aux conditions industrielles ^[19].

Positionnement du produit fourni par Enzymes.bio

La **Low-Temperature Enzyme Powder For Denim Washing & Stone-Wash Effects** proposée par Enzymes.bio correspond à une solution enzymatique destinée aux utilisateurs qui recherchent un traitement de surface du denim par cellulase. Elle s'adresse aux applications de bio-wash, bio-stoning, adoucissement et biopolishing des articles cellulosiques, avec une logique de lavage à conditions modérées. Les données scientifiques disponibles soutiennent l'usage des cellulases dans ces applications, mais le résultat final reste dépendant du tissu et du procédé ^[3].



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

Enzymes.bio n'est pas présenté comme fabricant ni comme laboratoire ; le rôle est celui d'un fournisseur en ligne. Le produit est vendu directement par unité de 1 kg, et les documents associés à la commande, notamment le CoA et la SDS, sont fournis avec celle-ci. Cette information est importante pour les utilisateurs qui doivent intégrer le produit dans leurs procédures internes de réception, de sécurité et de traçabilité.

La performance ne doit pas être interprétée comme une valeur universelle indépendante des conditions. Un même produit enzymatique peut donner un effet doux sur un denim lourd, plus marqué sur un coton très fibrillé, ou différent sur un denim stretch selon la part de fibres non celluloses. Les recherches sur les propriétés mécaniques et chimiques après traitement enzymatique rappellent que chaque combinaison tissu–procédé doit être maîtrisée pour éviter les pertes excessives ^[7].

Conclusion technique

La poudre de cellulase basse température pour lavage denim est un outil de finition destiné à produire des effets stone-wash, bio-stoning, bio-wash et biopolishing sur les textiles riches en coton. Son mécanisme repose sur l'hydrolyse contrôlée des microfibrilles de cellulose accessibles, puis sur leur élimination par l'action mécanique du lavage, ce qui entraîne un adoucissement, une réduction de pilosité et un délavage partiel de l'indigo de surface ^[5].

Les preuves disponibles sur le lavage enzymatique du denim montrent que les cellulases peuvent améliorer l'apparence et le toucher tout en réduisant la dépendance à certains procédés abrasifs ou chimiques. Elles montrent aussi que la qualité finale dépend fortement du pH, de la température, du

temps, de l'agitation, de la composition textile et de la maîtrise du back-staining et de la résistance mécanique ^[1]. Utilisée dans un procédé bien contrôlé, la poudre enzymatique basse température vendue par Enzymes.bio en unité de 1 kg s'inscrit dans les pratiques modernes de finition du denim, avec CoA et SDS fournis avec la commande.

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

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. Mondal, M. I. H., & Khan, M. M. R. (2014). Characterization and process optimization of indigo dyed cotton denim garments by enzymatic wash. *Fashion and Textiles*, 1, 1-12.
2. Khan, M. R., Mondal, I. H., & Uddin, Z. (2013). Sustainable Washing for Denim Garments by Enzymatic Treatment. *Journal of Chemical Engineering*, 27, 27-31.
3. Montazer, M., & Maryan, A. S. (2010). Influences of Different Enzymatic Treatment on Denim Garment. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 160, 2114-2128.
4. Naveed, S., & Zahid, B. (2025). Optimizing denim washing with cellulase enzymes eco-friendly method to reduce pumice consumption. *Pigment & Resin Technology*.
5. Jayasekara, S., & Ratnayake, R. (2019). Microbial Cellulases: An Overview and Applications. *Cellulose*.
6. Ahmed, A., Nasim, F., Batool, K., & Bibi, A. (2017). Microbial β -Glucosidase: Sources, Production and Applications.
7. 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.
8. Ikbal, M., Tisha, F. A., Asheque, A. I., Hasnat, E., & Uddin, M. A. (2024). Eco-friendly biopolishing of cotton fabric through wasted sugarcane bagasse-derived enzymes. *Heliyon*, 10.
9. Ahmed, F., Rahman, A., Islam, M. R., Hossain, M. A., & Aabrar, I. (2022). Influence of Laser Treatment and Chemical Washing on the Performance Attributes of Cotton Woven Denim Fabrics. *Journal of Natural Fibers*, 19, 13876 - 13889.
10. Nizam, E. M. E. H., Islam, M., Tanvir, M., Hossain, M., Mia, B., & Islam, A. (2023). Effects of O₃ Treatment on Different Composition % (Cotton, Polyester, Elastane) of Denim Fabrication (GSM 295, 327, 340, 343, 357, 360, 413).

after Random Wash. *Journal of Textile Science and Technology*.

11. Sultana, N., Iqbal, M. A., & Salam, M. (2019). Trend Analysis of the Costing of Denim Wash: A Study on Bangladeshi Washing Industries. *European Scientific Journal*.
12. Kabir, S. M. M., & Koh, J. (2021). Sustainable Textile Processing by Enzyme Applications. *Biodegradation [Working Title]*.
13. Maravi, P., & Kumar, A. (2021). Cellulase: Distribution, Production, Characterization and Industrial Applications. *Biotechnology Journal International*.
14. Malgas, S., Dyk, J. V., Abboo, S., & Pletschke, B. (2016). The inhibitory effects of various substrate pre-treatment by-products and wash liquors on mannanolytic enzymes. *Journal of Molecular Catalysis B-enzymatic*, 123, 132-140.
15. Hossain, A., Rahman, M., Shakil, S. M. M. A., Mitu, S. A., & Rubel, M. C. (2025). Advancing Circular Fashion: An Innovative Reuse Framework for Knit Denim Garments via Cold Bleaching, Dry Processing and Bio-polishing. *Technium*.
16. Khatun, M. M., & Haq, U. N. (2017). Effects of Biochemical Wash on 100% Cotton Denim Apparel. *Journal of Chemical Engineering*, 5, 6.
17. Kakkar, P., & Wadhwa, N. (2021). Extremozymes used in textile industry. *Journal of the Textile Institute*, 113, 2007 - 2015.
18. Napte, S. U., & Dixit, P. P. (2024). Applications of cellulase enzyme in textile industry purified from Bacillus paramycoides S 5. *International Journal of Science and Research Archive*.
19. Budhraj, A. A., & Roy, R. (2024). ADVANCEMENTS IN CELLULASE ENZYME TECHNOLOGY: APPLICATIONS, CHALLENGES, AND FUTURE PERSPECTIVES. *International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science*.

Contacter 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.