

Cellulase en poudre pour stone washing du denim : délavage enzymatique, biostoning et biopolishing textile

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

La **cellulase en poudre pour stone washing** est utilisée dans les blanchisseries denim pour produire un effet de délavage enzymatique en hydrolysant de façon contrôlée les microfibrilles de cellulose à la surface du coton. Elle permet de compléter ou de réduire l'abrasion par pierres ponce, avec un potentiel de finition plus régulière, moins de résidus minéraux et un toucher plus doux lorsque le pH, la température, le temps de contact et l'action mécanique sont maîtrisés ^[1].

Dans le denim, l'enzyme ne « blanchit » pas chimiquement l'indigo : elle modifie la surface cellulosique du fil, aide à détacher des fibrilles et libère une partie du colorant de surface par combinaison d'hydrolyse enzymatique et de brassage mécanique. Les usages les mieux documentés sont le **biostoning**, le **biopolishing**, le dépilage et les finitions de surface des textiles cellulosiques, avec des limites connues comme le risque de perte de résistance, de perte de masse ou de redéposition d'indigo si le procédé est excessif ou mal contrôlé ^[2].

Rôle de la cellulase dans le stone washing du denim

La cellulase est une famille d'enzymes capables de catalyser l'hydrolyse des liaisons β -1,4-glycosidiques de la cellulose, polymère structural dominant du coton. Dans le contexte textile, l'objectif n'est pas de dégrader le vêtement en profondeur, mais de cibler les zones les plus accessibles de la surface : fibrilles, duvet, extrémités de fibres et micro-reliefs qui retiennent l'indigo et influencent le toucher ^[3].

Le produit **Cellulase Enzyme Powder For Stone Washing Process** vendu par Enzymes.bio appartient à cette catégorie d'auxiliaires enzymatiques pour traitement humide du denim. Enzymes.bio doit être compris comme un fournisseur en ligne, non comme un fabricant ni comme un laboratoire ; le produit est disponible à l'achat direct par unité de 1 kg, et le certificat d'analyse ainsi que la fiche de données de sécurité sont fournis avec la commande .

Dans un lavage à la pierre classique, l'effet visuel provient surtout de l'abrasion mécanique des pierres ponces contre le tissu. Dans un lavage enzymatique, l'action se déplace vers une modification biochimique de la surface du coton, puis vers l'élimination mécanique des particules affaiblies par le mouvement du bain. Les deux approches peuvent être combinées, mais elles ne produisent pas toujours le même contraste ni la même irrégularité visuelle [4].

Le terme **biostoning** désigne précisément cette utilisation de cellulases pour générer un effet de délavage sur denim en diminuant la dépendance aux pierres ponces. Les publications sur les applications textiles des cellulases décrivent ce procédé comme l'un des usages industriels établis des enzymes cellulolytiques, avec le biopolishing et certaines étapes de finition fonctionnelle des textiles cellulosiques [1].

Mécanisme enzymatique : pourquoi le denim se délave

Le coton est principalement constitué de cellulose organisée en faisceaux de microfibrilles. Sur un denim teint à l'indigo, la couleur est largement associée aux couches externes des fils, car l'indigo forme un dépôt peu pénétrant par rapport à des colorants plus diffusants. Lorsque la surface est abrasée ou enzymatiquement érodée, les zones plus claires apparaissent progressivement [5].

Une préparation cellulase peut réunir plusieurs activités complémentaires : des endoglucanases qui ouvrent des coupures internes dans les zones accessibles de la cellulose, des exoglucanases ou cellobiohydrolases qui libèrent des fragments depuis les extrémités de chaîne, et des β -glucosidases qui poursuivent l'hydrolyse des oligomères. Cette coopération explique pourquoi l'effet textile dépend fortement de la composition enzymatique et non seulement de la présence générique d'une « cellulase » [6].

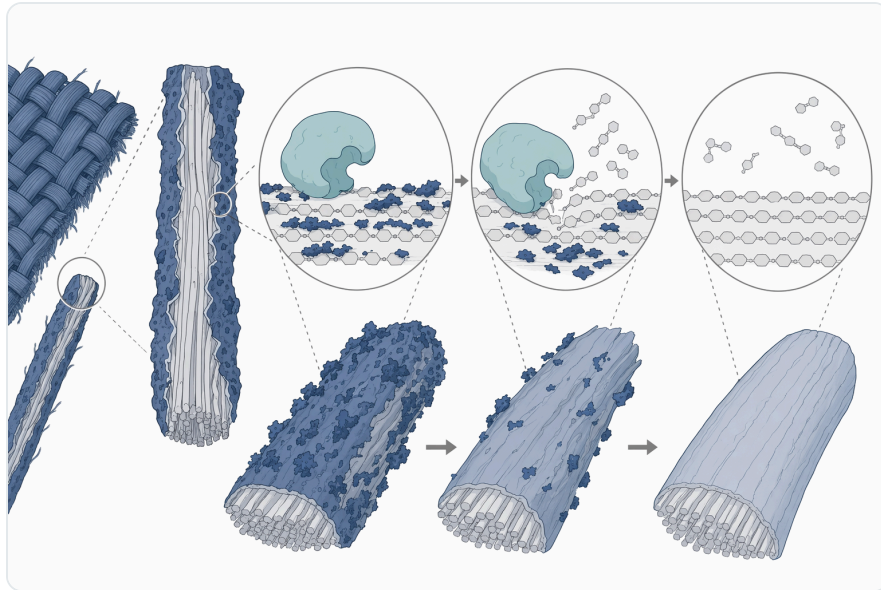


Figure 1. 셀룰라아제는 접근 가능한 면 표면의 미세 섬유에 작용하여, 기계적 텀블링으로 느슨해진 셀룰로오스와 인디고가 포함된 물질을 제거할 수 있게 한다.

Dans le denim, l'effet recherché est une hydrolyse superficielle et limitée. Les fibrilles fragilisées se détachent ensuite sous l'effet du mouvement de la machine, du frottement entre vêtements et du bain de lavage. Cette combinaison d'hydrolyse et d'action mécanique retire une partie des microfibrilles qui portent ou masquent l'indigo, ce qui donne un aspect plus lavé, plus doux et moins duveteux [7].

Ce mécanisme explique aussi les limites du procédé. Si l'enzyme agit trop longtemps, ou dans des conditions trop favorables à son activité, l'hydrolyse peut dépasser la simple surface et provoquer une perte de masse, une baisse de résistance ou un toucher moins maîtrisé. Les travaux sur la finition enzymatique des tissus cellulosiques insistent donc sur l'équilibre entre amélioration de surface et conservation des propriétés mécaniques [8].

Stone wash traditionnel, enzyme wash et procédé hybride

Le stone washing traditionnel donne un aspect usé reconnu, mais il implique la manipulation de pierres, la formation de poussières ou boues minérales et une abrasion significative des machines. Le lavage enzymatique peut réduire cette dépendance à l'abrasion minérale, mais il demande une maîtrise plus fine des conditions de bain, car l'activité enzymatique dépend du milieu de traitement [9].

Approche de finition denim	Principe dominant	Effets recherchés	Points de vigilance
Stone washing avec pierres ponces	Abrasion mécanique directe	Contraste marqué, usure irrégulière, effet vintage	Résidus solides, usure machine, variabilité liée aux pierres et à la charge
Enzyme wash à la cellulase	Hydrolyse contrôlée des fibrilles de coton puis élimination mécanique	Dé lavage plus régulier, toucher plus doux, réduction du duvet	Sensibilité au pH, à la température, au temps, risque de surtraitement
Procédé hybride pierre + cellulase	Abrasion réduite combinée à action enzymatique	Compromis entre contraste visuel et réduction de ponce	Coordination des paramètres mécaniques et enzymatiques
Biopolishing sans objectif stone wash fort	Retrait des fibrilles de surface	Surface plus nette, moins de boulochage, meilleure douceur	Effet de dé lavage plus modéré, dépendance au type de fibre

Les procédés hybrides sont fréquents lorsque l'atelier recherche un dé lavage visuel plus marqué qu'un traitement enzymatique doux, tout en limitant la quantité de pierre. Les études sur les vêtements denim traités par procédés stone-enzymatiques montrent que la finition affecte simultanément l'apparence, la douceur et les propriétés physico-mécaniques, ce qui impose un arbitrage entre esthétique et performance textile ^[4].

Le choix entre ces approches dépend du résultat recherché : un effet vintage irrégulier peut nécessiter davantage d'action mécanique, tandis qu'un adoucissement régulier et un aspect lavé plus contrôlé peuvent être obtenus par cellulase. Dans tous les cas, l'enzyme doit être considérée comme un outil de procédé, non comme une correction automatique de toutes les variables de lavage ^[10].

Types de cellulases et impact sur le rendu textile

Les cellulases utilisées en textile sont souvent décrites selon leur comportement en milieu acide, neutre ou alcalin. Cette distinction est pratique pour les ateliers, car le pH de travail influence l'activité enzymatique, l'adsorption sur la fibre, la libération d'indigo et la probabilité de redéposition. Les revues sur les applications enzymatiques en textile rappellent que les enzymes sont très spécifiques de leurs conditions de fonctionnement ^[2].

Les cellulases acides ont historiquement été associées au bio-stoning du denim, car elles peuvent produire un effet de dé lavage marqué. Cependant, certains systèmes acides ont également été reliés à des enjeux de **backstaining**, c'est-à-dire la redéposition d'indigo sur les zones claires, les fils blancs ou

les poches. Le backstaining n'est pas seulement un problème de rinçage : il dépend aussi de l'affinité entre colorant, fibre et composants enzymatiques [11].

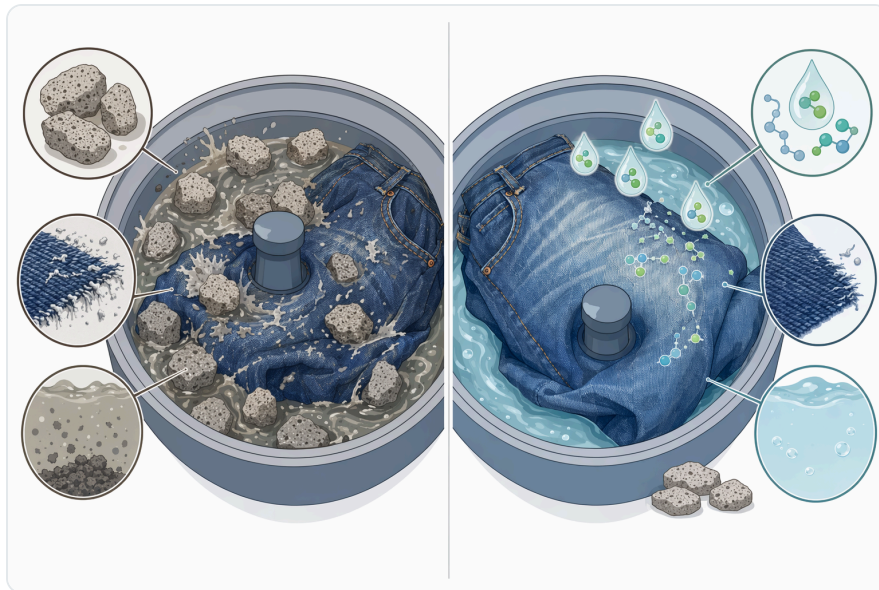


Figure 2. 부석만 사용하는 스톤워싱은 단단한 광물의 마찰에 의존하는 반면, 셀룰라아제 보조 워싱은 표면을 표적으로 한 가수분해와 기계적 움직임을 결합한다.

Les cellulases neutres sont souvent discutées pour des applications où l'on souhaite limiter l'agressivité sur le coton tout en conservant un effet de surface. Les travaux sur le biopolishing du denim avec des cellulases issues de micro-organismes alcalothermophiles montrent que la stabilité et le profil d'activité peuvent être des facteurs importants pour adapter l'enzyme à des conditions industrielles spécifiques [12].

Les cellulases alcalines ou thermostables intéressent aussi l'industrie textile lorsque les procédés exigent une compatibilité avec des bains moins acides, des températures plus élevées ou certaines séquences de traitement humide. La recherche sur les enzymes thermostables montre un intérêt croissant pour des biocatalyseurs plus robustes, mais la robustesse ne remplace pas la validation du rendu textile dans le procédé réel [13].

Paramètres de procédé qui gouvernent le stone washing enzymatique

Le premier facteur est la préparation du denim. Un tissu encore fortement chargé en encollage, impuretés ou résidus de traitement peut limiter l'accès de la cellulase à la cellulose. Les procédés textiles modernes combinent souvent désencollage, lavage, traitement enzymatique et finition ; chaque étape influence l'efficacité de la suivante [5].

Le pH est déterminant parce qu'il modifie à la fois la conformation de l'enzyme, son activité catalytique et les interactions de surface. Le pH optimal pour l'activité n'est pas nécessairement identique au pH qui minimise la redéposition du colorant, ce qui explique pourquoi un réglage très efficace pour délayer peut parfois être moins favorable à la propreté des zones claires [11].

La température agit sur la vitesse de réaction et sur la stabilité enzymatique. Une température insuffisante peut réduire l'effet obtenu dans le temps disponible, tandis qu'une température trop élevée peut inactiver l'enzyme ou modifier la cinétique du procédé. Les recherches sur cellulases microbiennes pour textile insistent sur l'importance de la compatibilité entre l'enzyme, le substrat et les conditions de traitement [14].

Le temps de contact doit être cohérent avec le niveau de délavage souhaité. Un traitement court peut produire un adoucissement ou un nettoyage de surface modéré ; un traitement plus prolongé augmente l'effet visuel mais aussi le risque d'hydrolyse excessive. Les études sur l'adoucissement enzymatique des tissus cellulosiques soulignent que la maîtrise de la durée est essentielle pour éviter une dégradation indésirable [8].

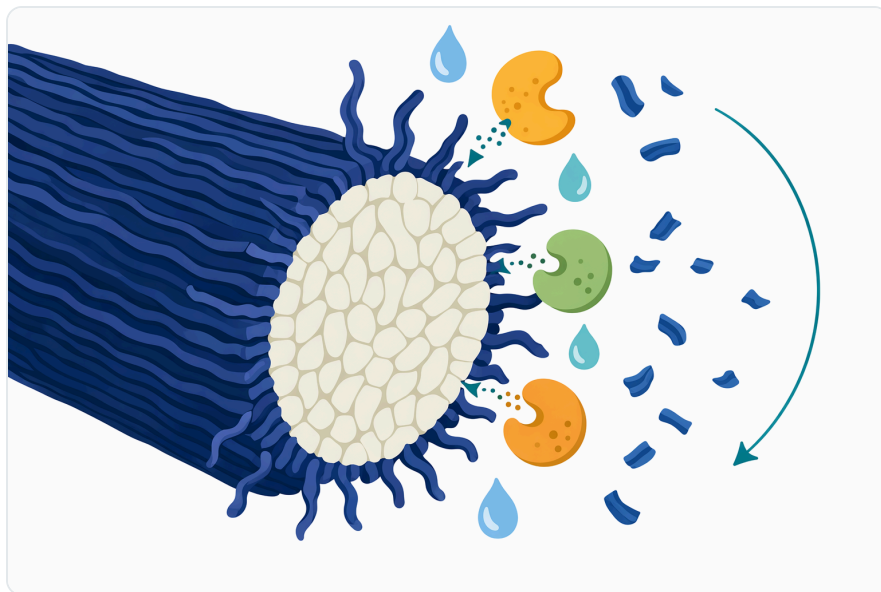


Figure 3. 인디고 링 염색은 면의 바깥 표면이 제어되어 제거되는 과정을 국부적인 색 빠짐으로 눈에 보이게 한다.

L'action mécanique n'est pas secondaire. Sans agitation, les fibrilles hydrolysées resteraient en partie attachées à la surface ; avec trop d'abrasion, la contribution mécanique peut dominer et rendre le procédé moins contrôlable. Les travaux sur la finition cellulase en machines jet et winch montrent que l'équipement et la dynamique de traitement influencent le résultat autant que la chimie enzymatique [7].

L'arrêt de la réaction est enfin une étape critique. Lorsque l'effet recherché est atteint, l'activité enzymatique doit être interrompue par des conditions qui ne permettent plus la poursuite de l'hydrolyse. Cette inactivation évite que la cellulase continue à agir pendant les rinçages ou les étapes de finition, ce qui pourrait augmenter la perte de surface ou modifier le toucher final [2].

Backstaining : comprendre la redéposition d'indigo

Le **backstaining** correspond à la recoloration indésirable de zones qui devraient rester claires, notamment les fils blancs du denim, les poches ou les parties délavées. Dans un bain de bio-stoning, l'indigo détaché de la surface peut rester dispersé, s'associer à des fragments de fibre ou se redéposer sur d'autres surfaces textiles [11].

Les mécanismes impliquent l'adsorption de l'enzyme, l'état de la fibre, la nature du colorant et la composition du bain. Des travaux sur l'effet des teintures et finitions sur la biodégradabilité de fibres de coton et de microfibres ont montré que les colorants et finitions peuvent modifier l'adsorption enzymatique et l'activité, ce qui est directement pertinent pour comprendre les différences de comportement entre denims teints et finis différemment [11].

Le backstaining n'est donc pas un défaut attribuable uniquement à « trop d'enzyme ». Il peut apparaître lorsque le colorant libéré est mal dispersé, lorsque les conditions favorisent l'affinité colorant-fibre, ou lorsque la cellulase présente une interaction particulière avec l'indigo. Les revues de procédés textiles enzymatiques décrivent ce point comme l'une des limites techniques importantes du lavage denim à la cellulase [1].

La prévention passe surtout par la cohérence du procédé : choix d'un profil enzymatique adapté, conditions de bain stables, arrêt net de l'activité et rinçage efficace. Il ne s'agit pas d'ajouter systématiquement plus d'auxiliaires, mais de réduire les situations où l'indigo libéré peut se redéposer avant son évacuation du système [9].

Effets sur la main, le boulochage et l'aspect de surface

Le biopolishing est l'application cousine du bio-stoning. Au lieu de viser prioritairement un délavage visible, il cherche à retirer les fibrilles qui dépassent à la surface des textiles cellulosiques. Cette action réduit le duvet, améliore la netteté visuelle et peut donner une main plus douce, en particulier sur coton, viscose, lin ou autres fibres riches en cellulose [15].

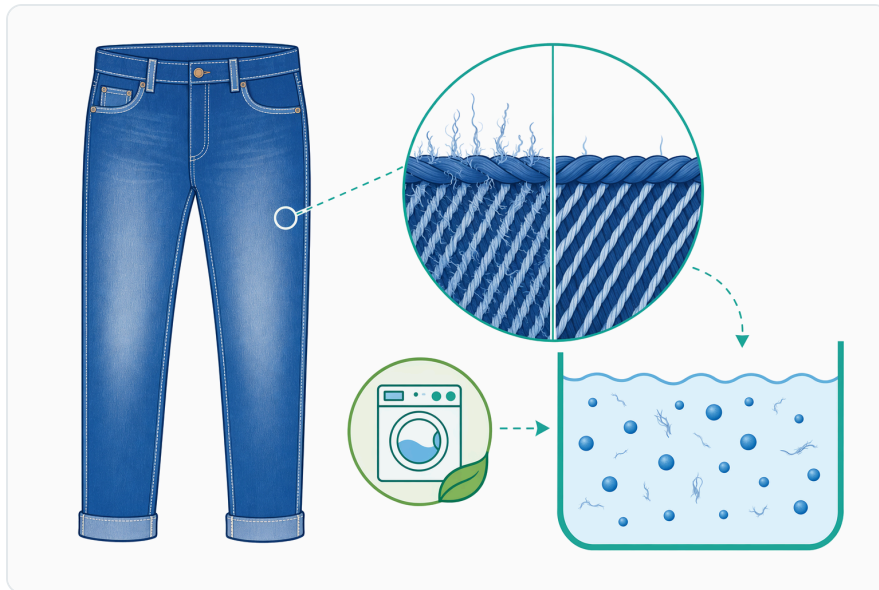


Figure 4. 효소 스톤워싱은 노출 부위의 색 농도를 낮추고, 표면 보풀을 줄이며, 촉감을 부드럽게 하고, 염료가 포함된 미세 입자를 욕액으로 방출할 수 있다.

Le dépilage enzymatique repose sur le même principe : les zones fibrillées, plus accessibles, sont hydrolysées plus rapidement que les parties compactes du fil. Les domaines de liaison à la cellulose et la capacité de l'enzyme à s'adsorber sur la surface jouent un rôle dans l'efficacité de cette action de dépilage [15].

Dans le denim, la réduction du duvet peut améliorer la perception de propreté de surface et intensifier certains contrastes, car les fibres superficielles dispersent la lumière et peuvent masquer le relief du tissu. Les finitions enzymatiques sont donc utiles non seulement pour obtenir un aspect stone wash, mais aussi pour stabiliser l'apparence après lavage et réduire la tendance au boulochage [16].

La limite est que les fibrilles font partie de la structure de surface du textile. Les retirer améliore la main jusqu'à un certain point, mais une action trop forte peut affaiblir les fils, réduire l'épaisseur perçue ou modifier la tenue du vêtement. Les publications sur l'enzymatic softening du lin et d'autres textiles cellulosiques rappellent que douceur et conservation mécanique doivent être équilibrées [8].

Intérêt environnemental et industriel mesuré

Les enzymes sont souvent présentées comme des auxiliaires plus durables parce qu'elles agissent dans des conditions relativement douces et avec une forte spécificité de substrat. Dans le textile, elles sont étudiées pour réduire certaines opérations chimiques sévères, diminuer l'abrasion minérale et améliorer la gestion des effluents, mais elles ne suppriment pas à elles seules l'impact environnemental du lavage denim [17].

La réduction de l'usage de pierres ponce peut diminuer les résidus solides, les poussières et l'usure mécanique associée au stone washing traditionnel. Cet avantage est particulièrement pertinent pour les blanchisseries qui cherchent à simplifier la manutention, limiter l'encrassement des machines et réduire les déchets minéraux issus des cycles de lavage [9].

Les procédés enzymatiques s'inscrivent plus largement dans la transition vers des auxiliaires biosourcés et des traitements humides plus sobres. Les revues récentes sur les auxiliaires bio-based et les enzymes en textile soulignent leur potentiel industriel, tout en rappelant que leur adoption dépend de la reproductibilité, du coût global du procédé, de la compatibilité avec les équipements et de la qualité finale exigée [18].

Il faut également considérer les microfibrilles et effluents. Les traitements de coton et denim peuvent libérer des microfibrilles et des colorants ; les finitions et colorants influencent ensuite la biodégradabilité et les interactions enzymatiques. Une approche responsable du bio-stoning doit donc intégrer le traitement des eaux et la maîtrise des particules libérées, au-delà du seul remplacement des pierres [11].



Figure 5. 셀룰라아제 스톤워싱은 효소 접촉, 텀블링, 느슨해진 물질 제거, 반응 정지, 행굼을 제어해야 하는 습식 기계 공정이다.

Compatibilité avec d'autres traitements textile

La cellulase peut être intégrée dans des séquences comprenant désencollage enzymatique, lavage, biopolishing, teinture, finitions antimicrobiennes ou finitions naturelles. Des travaux sur le prétraitement enzymatique de tissus cellulosiques ont montré que la modification de surface par

cellulase peut améliorer certaines étapes ultérieures, par exemple la fixation de finitions ou la performance de teinture naturelle selon le substrat et le procédé ^[19].

Les combinaisons enzyme-plasma ou enzyme-technologies physiques sont également étudiées pour modifier la surface des polymères celluloses sans recourir uniquement à des traitements chimiques conventionnels. Ces approches montrent que la cellulase peut faire partie d'une stratégie de fonctionnalisation de surface plus large, même si chaque combinaison doit être évaluée selon le textile et l'objectif de finition ^[20].

La synergie entre cellulase et xylanase est un autre axe de recherche, surtout lorsque les substrats contiennent des hémicelluloses ou des composants non celluloses associés. Dans le denim coton classique, la cellulose reste la cible principale, mais les préparations multifonctionnelles peuvent modifier différemment la surface selon la composition du tissu et les contaminants présents ^[6].

Pour les textiles mixtes ou les fibres celluloses régénérées, l'action doit être interprétée avec prudence. Viscose, lyocell, lin ou coton n'ont pas la même morphologie, la même accessibilité ni la même résistance à l'hydrolyse superficielle. Les ouvrages et études sur le traitement des fibres celluloses et artificielles montrent que la réponse au procédé dépend fortement de la structure de fibre ^[5].

Ce que l'on peut attendre de Cellulase Enzyme Powder For Stone Washing Process

Dans une application denim maîtrisée, l'utilisateur peut attendre un effet de délavage enzymatique, une réduction du duvet de surface, une main plus douce et une diminution de la dépendance aux pierres ponce. Ces effets correspondent aux usages décrits dans la littérature sur les cellulases textiles : bio-stoning, biopolishing, dépilage et finition de surface des tissus celluloses ^[1].

Le produit est particulièrement pertinent lorsque l'objectif est de produire un stone wash plus contrôlable et plus propre en termes de résidus minéraux. Il ne remplace pas nécessairement tous les effets mécaniques de la pierre, surtout lorsque le cahier esthétique exige des abrasions très contrastées, des marques irrégulières ou une usure localisée forte ^[10].

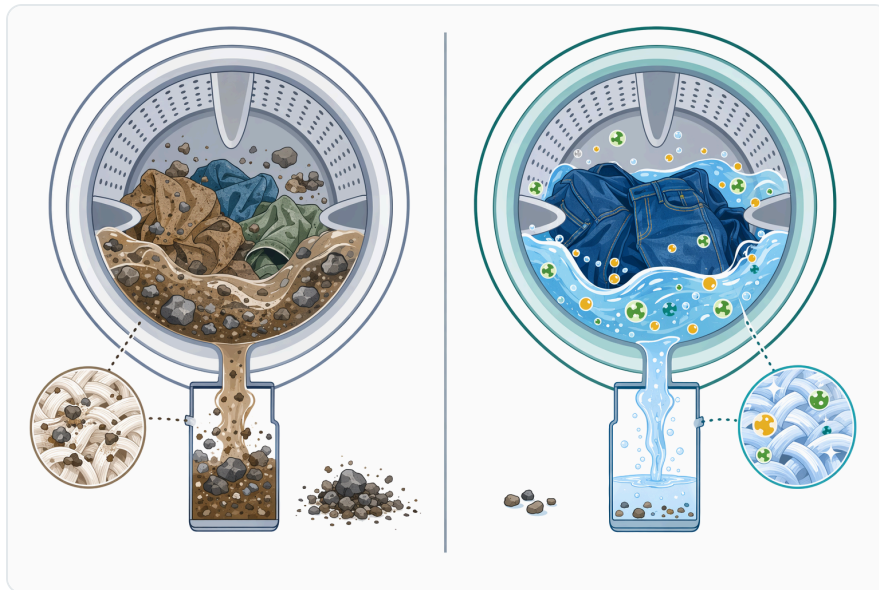


Figure 6. 셀룰라아제는 부식 의존도를 낮출 수 있지만, 물, 에너지, 보조제, 염료가 포함된 폐수는 여전히 관리가 필요하다.

La qualité du résultat dépend de la répétabilité du procédé : préparation du denim, charge machine, rapport bain-vêtement, pH, température, durée, action mécanique, arrêt de la réaction et rinçage. Les études sur machines textiles et finitions enzymatiques montrent que le même principe enzymatique peut produire des résultats différents selon l'équipement et la dynamique de traitement [7].

Comme Enzymes.bio fournit le produit en ligne par unité de 1 kg, l'intégration dans un procédé professionnel doit s'appuyer sur les documents fournis avec la commande, notamment le certificat d'analyse et la fiche de données de sécurité. Ces documents accompagnent l'usage industriel du produit, sans que cela implique qu'Enzymes.bio soit le fabricant ou réalise des essais de laboratoire pour l'utilisateur .

Limites techniques à intégrer avant production

La première limite est la variabilité des tissus denim. Deux lots de coton, deux constructions de tissu ou deux intensités de teinture indigo peuvent réagir différemment à la même cellulase. Les recherches sur l'impact des teintures et finitions confirment que les traitements appliqués au coton modifient l'interaction entre enzymes, fibres et biodégradation ultérieure [11].

La deuxième limite est la perte de propriétés mécaniques en cas de surtraitement. Une cellulase efficace est précisément capable d'hydrolyser la cellulose ; si cette action dépasse la surface visée, elle peut réduire la résistance ou altérer la tenue du vêtement. Les études sur l'adoucissement enzymatique des tissus cellulosiques insistent sur ce risque lorsqu'on recherche une main plus souple [8].

La troisième limite est l'équilibre entre délavage et backstaining. Une libération rapide d'indigo peut donner un bon effet visuel local, mais elle augmente aussi la quantité de colorant mobile dans le bain. Si la dispersion, le rinçage ou les conditions d'adsorption ne sont pas favorables, une partie de ce colorant peut se redéposer sur des zones non souhaitées [11].

La quatrième limite concerne la compatibilité avec les autres auxiliaires. Certains agents de finition, résidus de désencollage, tensioactifs ou conditions chimiques peuvent modifier l'activité enzymatique ou l'accès à la fibre. Les revues sur les enzymes dans le traitement textile rappellent que leur efficacité repose sur un environnement de procédé compatible, et non sur l'enzyme seule [17].

Positionnement pour les blanchisseries denim et ateliers textiles

Pour une blanchisserie denim, la cellulase en poudre pour stone washing est surtout un moyen de transformer une partie de l'abrasion mécanique en modification enzymatique contrôlée. Cela peut réduire la charge de pierres, améliorer le toucher et faciliter une finition régulière, tout en gardant la possibilité de combiner l'enzyme avec une action mécanique lorsque le style visuel l'exige [4].



Figure 7. 셀룰라아제 효소 분말은 효소 스톤워싱, 저부석 가공, 면 바이오폴리싱, 더 넓은 범위의 데님 가공 공정에 적합하다.

Pour les ateliers travaillant des textiles celluloseux hors denim, la même logique peut servir au biopolishing, au dépilage ou à l'amélioration de surface. Les applications fonctionnelles des enzymes en textile incluent de nombreux traitements où l'état de surface conditionne la douceur, la propreté visuelle, la teinture ou la performance d'une finition ultérieure [16].

Pour les responsables qualité, le point central n'est pas seulement l'obtention d'un effet délavé, mais la stabilité de cet effet entre lots. Le lavage enzymatique est potentiellement plus paramétrable qu'un stone wash fortement dépendant des pierres, mais cette paramétrabilité exige des conditions constantes et une inactivation fiable en fin de cycle [2].

Pour les responsables environnement et exploitation, l'intérêt principal réside dans la réduction possible des résidus minéraux, de l'usure mécanique et de certaines contraintes associées aux procédés abrasifs. Les enzymes font partie des solutions étudiées pour rendre les procédés textiles humides plus durables, à condition d'être intégrées dans une gestion globale de l'eau, des effluents et de l'énergie [9].

Conclusion

Cellulase Enzyme Powder For Stone Washing Process est une enzyme en poudre destinée au délavage enzymatique du denim, au bio-stoning et aux finitions de surface des textiles cellulosiques. Son action repose sur l'hydrolyse contrôlée des fibrilles de cellulose accessibles, suivie de leur élimination par l'action mécanique du lavage, ce qui aide à libérer une partie de l'indigo de surface et à adoucir le tissu [1].

Son intérêt industriel est de réduire la dépendance aux pierres ponceuses, de limiter certains résidus solides, d'améliorer la main et de rendre le rendu plus contrôlable lorsque les paramètres de procédé sont bien maîtrisés. Les bénéfices ne sont pas automatiques : le pH, la température, le temps, l'action mécanique, le type de denim et l'arrêt de réaction déterminent l'équilibre entre délavage, douceur, résistance et risque de backstaining [7].

Enzymes.bio propose ce produit en ligne par unité de 1 kg, avec certificat d'analyse et fiche de données de sécurité fournis avec la commande. Pour les ateliers denim, la cellulase doit être envisagée comme un auxiliaire de procédé précis : efficace pour le stone washing enzymatique et le biopolishing, mais à intégrer avec une compréhension claire de son mécanisme, de ses limites et de son interaction avec la fibre, l'indigo et les conditions de lavage .

Commander Cellulase Enzyme Powder For Stone Washing Process 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 Cellulase Enzyme Powder For Stone Washing Process →](#)

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. Korsa, G., Konwarh, R., Masi, C., Ayele, A., & Haile, S. (2023). Microbial cellulase production and its potential application for textile industries. *Annals of Microbiology*, 73, 1-21.
2. Kabir, S. M. M., & Koh, J. (2021). Sustainable Textile Processing by Enzyme Applications. *Biodegradation [Working Title]*.
3. Tidar, N., Pathan, N., Gandharkar, A., Kulkarni, N., & Mahagavkar, Y. (2024). Microbial Cellulases: Isolation, Characterization and Application in Textile Industry. *Ecology, environment & conservation*.
4. Mondal, M. I. H., Khan, M. M. R., & Ahmed, M. F. (2016). Physico-Mechanical Properties of Finished Denim Garment by Stone-Enzymatic Treatment. *Journal of textile and apparel technology and management*, 10.
5. Andraus, J., Colombi, B. L., Gonçalves, J. A., & Santos, K. C. A. (2019). Processing of cotton and man-made cellulosic fibers. *Advances in Textile Biotechnology*.
6. Bajaj, P., & Mahajan, R. (2019). Cellulase and xylanase synergism in industrial biotechnology. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 103, 8711 - 8724.
7. Cortez, J., Ellis, J., & Bishop, D. (2001). Cellulase finishing of woven, cotton fabrics in jet and winch machines. *Journal of Biotechnology*, 89 2-3, 239-45 .
8. Koksharov, S., Bikbulatova, A., Kornilova, N., Aleeva, S., Lepilova, O., & Nikiforova, E. (2022). Justification of an approach to cellulase application in enzymatic softening of linen fabrics and clothing. *Textile research journal*, 92, 4208 - 4229.
9. Kundu, D., Thakur, M. S., & Patra, S. (2020). Textile Fabric Processing and Their Sustainable Effluent Treatment Using Enzymes—Insights and Challenges.
10. Ai-hui, Z. (2011). Application of cellulases in textile faded effect finish.
11. Zambrano, M., Pawlak, J., Daystar, J., Ankeny, M. A., & Venditti, R. (2021). Impact of dyes and finishes on the aquatic biodegradability of cotton textile fibers and microfibers released on laundering clothes: Correlations between enzyme adsorption and activity and biodegradation rates. *Marine Pollution Bulletin*, 165, 112030 .

12. Anish, R., Rahman, M. S., & Rao, M. (2007). Application of cellulases from an alkalothermophilic Thermomonospora sp. in biopolishing of denims. *Biotechnology and Bioengineering*, 96.
13. Hussian, C. H. A. C., & Leong, W. Y. (2023). Thermostable enzyme research advances: a bibliometric analysis. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, 21.
14. Boondaeng, A., Keabpimai, J., Trakunjae, C., Vaithanomsat, P., Srichola, P., & Niyomvong, N. (2024). Cellulase production under solid-state fermentation by Aspergillus sp. IN5: Parameter optimization and application. *Heliyon*, 10.
15. Ramos, R., Pinto, J., Sampaio, L., Mota, M., & Gama, F. M. (2005). Textile depilling : use of enzymes and cellulose binding domains.
16. Sarkar, S., Soren, K., Chakraborty, P., & Bandopadhyay, R. (2020). Application of Enzymes in Textile Functional Finishing.
17. Khan, M. F. (2025). Recent Advances in Microbial Enzyme Applications for Sustainable Textile Processing and Waste Management. *The Scientist*.
18. 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.
19. Vajpayee, M., Dave, H., Singh, M., & Ledwani, L. (2022). Cellulase Enzyme Based Wet-Pretreatment of Lotus Fabric to Improve Antimicrobial Finishing with A. indica Extract and Enhance Natural Dyeing: Sustainable Approach for Textile Finishing. *ChemistrySelect*.
20. Vajpayee, M., Singh, M., Soni, K., & Ledwani, L. (2025). Study of synergistic effect of pre-enzyme treatment and dielectric barrier discharge plasma for surface modification of cellulosic textile polymer. *International Journal of Biological Macromolecules*, 141879 .

Contacteur 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.