

Cellulase CAS 9012-54-8 pour bioéthanol : hydrolyse de biomasse lignocellulosique, saccharification et applications industrielles

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

La **cellulase CAS 9012-54-8** est une préparation enzymatique utilisée pour hydrolyser la cellulose de biomasses lignocellulosiques en sucres fermentescibles, étape centrale de la production de bioéthanol de deuxième génération. Elle ne fermente pas elle-même les sucres : elle prépare le substrat en libérant principalement du glucose, qui peut ensuite être converti en éthanol par des micro-organismes fermentaires adaptés ^[1].

Enzymes.bio propose cette cellulase comme produit B2B vendu directement en ligne par unité de 1 kg ; Enzymes.bio est un fournisseur en ligne, non un fabricant ni un laboratoire. Le certificat d'analyse et la fiche de données de sécurité sont fournis avec la commande .

Rôle de la cellulase dans la production de bioéthanol lignocellulosique

La production de bioéthanol à partir de biomasse lignocellulosique repose sur une séquence technique distincte de celle des sucres simples ou de l'amidon. Les résidus agricoles, la bagasse de canne à sucre, les pailles, certains coproduits forestiers et des déchets celluloses contiennent de la cellulose enfermée dans une matrice associant hémicelluloses et lignine ; cette architecture rend la matière première résistante à une conversion directe en carburant ^[2].

La cellulase intervient à l'étape de **saccharification enzymatique**. Son rôle est de couper les liaisons β -1,4-glycosidiques de la cellulose, polymère linéaire d'unités de glucose, afin de produire des sucres solubles utilisables en fermentation. Dans la littérature sur les biocarburants celluloses, les glycoside hydrolases fongiques, dont les cellulases, sont régulièrement décrites comme des outils clés pour transformer la fraction cellulose en intermédiaires fermentescibles ^[1].

Le numéro **CAS 9012-54-8** désigne la cellulase comme substance enzymatique. Dans une application bioéthanol, il faut comprendre la cellulase non comme une molécule unique à action isolée, mais comme une préparation dont l'efficacité dépend d'un ensemble d'activités enzymatiques complémentaires, de la nature du substrat et de l'état de prétraitement de la biomasse .

Mécanisme enzymatique : comment la cellulose devient fermentescible

La cellulose est difficile à hydrolyser car ses chaînes de glucose s'assemblent en microfibrilles partiellement cristallines. Ces microfibrilles sont physiquement protégées par la lignine et les hémicelluloses, ce qui limite l'accès des enzymes aux sites de coupure. L'hydrolyse enzymatique ne consiste donc pas seulement à "ajouter une enzyme" : elle exige que la cellulose soit suffisamment accessible pour que les cellulases puissent adsorber, couper et libérer des produits solubles [2].

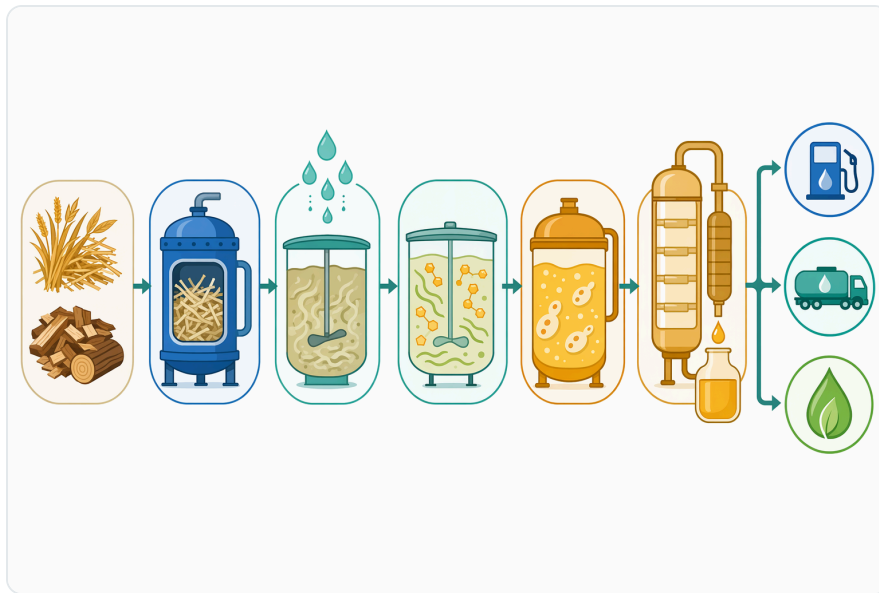


Figure 1. 셀룰라아제는 바이오매스 전처리와 발효 사이 단계에서 작용하며, 접근 가능한 셀룰로오스를 발효 가능한 당으로 전환한다.

Les préparations de cellulase efficaces reposent généralement sur trois familles fonctionnelles. Les **endoglucanases** attaquent les zones internes accessibles des chaînes de cellulose et créent de nouvelles extrémités. Les **cellobiohydrolases**, parfois appelées exoglucanases, progressent depuis ces extrémités et libèrent principalement des unités plus courtes comme le cellobiose. Les **β -glucosidases** hydrolysent ensuite le cellobiose en glucose, qui est plus directement fermentescible par des levures telles que *Saccharomyces cerevisiae* [1].

Cette coopération est importante car l'accumulation d'intermédiaires peut freiner l'hydrolyse. Par exemple, si la conversion du cellobiose en glucose est insuffisante, la réaction globale peut être ralentie malgré l'action des enzymes qui ouvrent la cellulose. C'est pourquoi les travaux sur les biocarburants celluloseux insistent sur l'équilibre du système enzymatique, et non seulement sur la présence d'une activité cellulolytique générique [1].

Place de l'enzyme dans une chaîne de procédé bioéthanol

Dans un schéma industriel, la cellulase est généralement utilisée après une étape de préparation ou de prétraitement de la biomasse. Ce prétraitement vise à modifier la structure lignocellulosique : il peut augmenter la surface accessible, réduire certaines barrières physiques, modifier la lignine ou faciliter l'action ultérieure des enzymes. Les approches intégrées de bioraffinerie considèrent cette articulation prétraitement-hydrolyse comme déterminante pour la performance du bioéthanol cellulosique [2].

Après hydrolyse, les sucres libérés sont fermentés en éthanol. La levure *S. cerevisiae* est souvent utilisée pour convertir le glucose en éthanol, tandis que d'autres micro-organismes ou stratégies peuvent être nécessaires lorsque l'objectif inclut aussi la valorisation de sucres issus des hémicelluloses. Une étude sur la production de bioéthanol à partir de biomasse lignocellulosique a ainsi combiné des enzymes d'*Aspergillus* avec une fermentation par *S. cerevisiae* immobilisée, illustrant la séparation des fonctions entre hydrolyse et fermentation [3].

La cellulase n'est donc pas un agent fermentaire. Elle ne remplace ni le choix du micro-organisme, ni la conception du prétraitement, ni la gestion des inhibiteurs issus de la biomasse. Elle agit comme catalyseur de conversion de la cellulose en sucres, au sein d'un procédé dont les autres étapes déterminent aussi le rendement global et la viabilité économique [2].

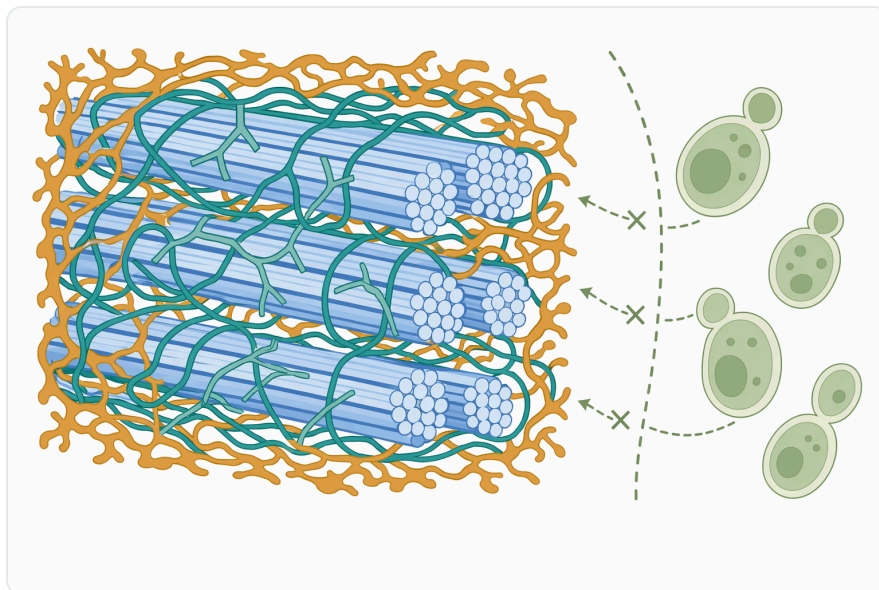


Figure 2. 셀룰로오스는 포도당 단위가 헤미셀룰로오스와 리그닌에 의해 보호되는 불용성 미세섬유 안에 갇혀 있어 직접 발효하기 어렵다.

Biomasses concernées et logique de bioéthanol de deuxième génération

L'intérêt de la cellulase pour le bioéthanol vient du volume de matières cellulosiques disponibles dans les résidus végétaux. Les pailles, tiges, bagasses, coques, déchets de papier et autres coproduits agro-industriels peuvent contenir une fraction cellulosique importante, mais cette fraction n'est pas directement fermentescible. La conversion enzymatique permet d'extraire une valeur énergétique de ressources qui ne sont pas des jus sucrés ou des grains amylacés ^[2].

La bagasse de canne à sucre est un exemple fréquemment étudié, car elle associe disponibilité industrielle et complexité lignocellulosique. Des travaux sur la bagasse prétraitée à l'acide ont montré que l'usage de cellulase influence non seulement la libération de sucres, mais aussi les propriétés de mélange et la rhéologie du milieu, deux aspects pratiques majeurs lorsque les charges solides augmentent ^[4].

Les déchets de papier et boues papetières constituent un autre cas d'application. Une analyse sur la production de bioéthanol à partir de boues de papier recyclé a étudié l'intérêt économique du recyclage des cellulases, soulignant que le coût et la réutilisation des enzymes peuvent peser fortement dans l'équilibre du procédé ^[5].

Comparaison des principales configurations de procédé

Les procédés de production de bioéthanol lignocellulosique peuvent organiser l'hydrolyse enzymatique et la fermentation de plusieurs manières. Le choix dépend de la biomasse, du prétraitement, de la souche fermentaire, des contraintes de mélange et de la stratégie de valorisation des sucres ^[2].

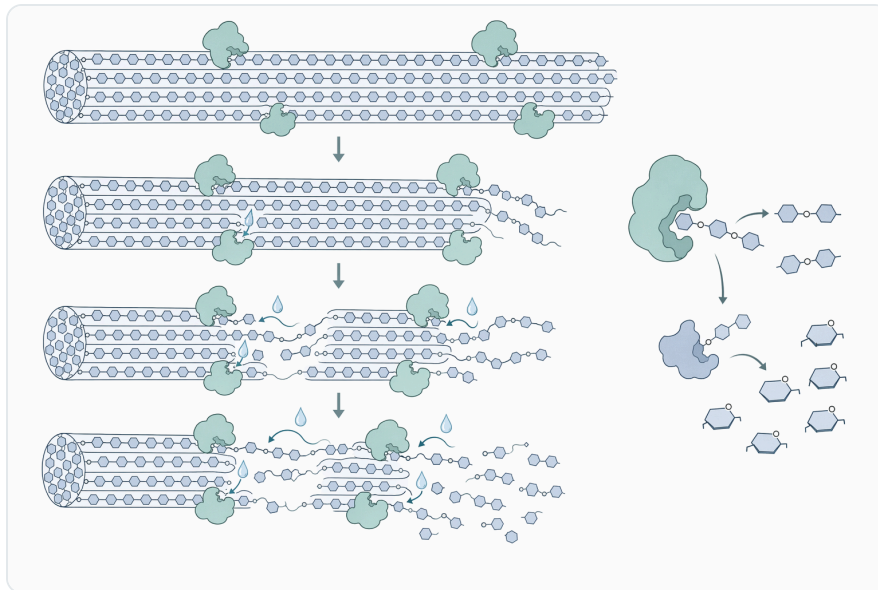


Figure 3. 엔도글루카나아제, 셀로비오하이드롤라아제, β -글루코시다아제가 순차적으로 작용해 셀룰로오스 사슬을 셀로비오스와 포도당으로 전환한다.

Configuration	Principe	Atouts techniques	Points de vigilance
Hydrolyse séparée puis fermentation	La cellulase hydrolyse d'abord la cellulose ; les sucres sont ensuite fermentés	Permet d'ajuster séparément les conditions de saccharification et celles de fermentation	Accumulation possible de sucres intermédiaires ; étape supplémentaire à gérer
Saccharification et fermentation simultanées	Enzyme et micro-organisme agissent dans le même réacteur	Peut limiter l'accumulation de glucose et simplifier certains flux	Compromis nécessaire entre conditions favorables à l'enzyme et à la souche fermentaire
Procédé intégré de bioraffinerie	La cellulose, l'hémicellulose et parfois la lignine sont valorisées dans une logique combinée	Meilleure valorisation potentielle de la biomasse entière	Complexité accrue du procédé et dépendance forte aux équilibres économiques
Recyclage ou immobilisation enzymatique	L'enzyme est récupérée, recyclée ou fixée sur support dans des stratégies spécifiques	Réduction potentielle de l'impact du coût enzymatique	Dépend fortement du support, de la stabilité et de la compatibilité avec le substrat

Les approches intégrées sont largement discutées dans les revues sur l'industrialisation du bioéthanol cellulosique, car la rentabilité ne dépend pas seulement de la conversion en glucose : elle dépend aussi de la gestion des coproduits, des charges solides, de l'énergie, des enzymes et de la robustesse opérationnelle ^[2].

Influence du prétraitement et de l'accessibilité de la cellulose

La cellulase ne peut hydrolyser efficacement que les sites auxquels elle accède. Dans une biomasse brute, la lignine peut former une barrière physique et favoriser une adsorption non productive des protéines enzymatiques. Cette adsorption détourne une partie de l'enzyme de la cellulose hydrolysable et peut réduire l'efficacité globale de la saccharification [2].

Les procédés de prétraitement cherchent donc à rendre la cellulose plus disponible. L'analyse technico-économique du procédé de désacétylation et raffinage à disque a montré que l'énergie de raffinage et l'usage d'enzymes influencent les coûts minimaux associés aux sucres et à l'éthanol, ce qui illustre le lien direct entre préparation mécanique/chimique de la biomasse et économie de l'hydrolyse [6].

La charge solide joue aussi un rôle important. À forte teneur en matière sèche, la concentration finale en sucres peut devenir plus intéressante pour la fermentation, mais le mélange devient plus difficile et la viscosité peut limiter les transferts. Les travaux sur bagasse prétraitée ont précisément étudié l'effet de la cellulase sur les propriétés de mélange et de rhéologie, montrant que la performance enzymatique doit être envisagée avec les contraintes physiques du réacteur [4].

Cellulase, hémicellulases et cocktails enzymatiques

La lignocellulose ne se résume pas à la cellulose. Les hémicelluloses, dont le xylane, entourent et relient les microfibrilles cellulosiques, ce qui peut limiter l'accès des cellulases. C'est pourquoi des cocktails associant cellulase, xylanase et parfois pectinase sont étudiés pour déstructurer plus largement la matrice végétale [7].

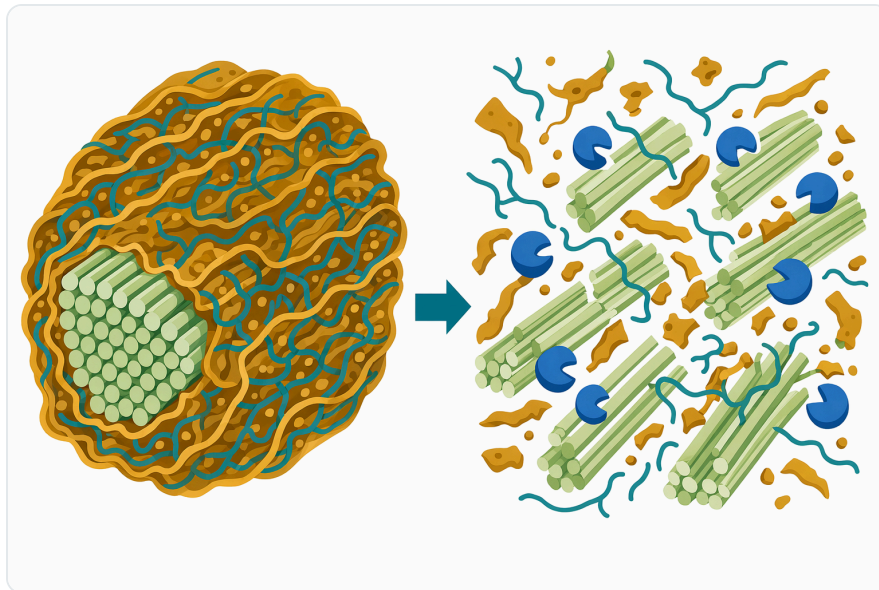


Figure 4. 전처리는 리그노셀룰로오스 매트릭스를 열어 셀룰로오스 표면이 셀룰라아제에 더 많이 노출되도록 함으로써 당화를 향상시킨다.

Une évaluation technico-économique de la coproduction de xylanase, cellulase et pectinase à partir de résidus agro-industriels par fermentation en milieu solide a montré l'intérêt de penser les enzymes comme un ensemble de biocatalyseurs complémentaires. Cette logique est cohérente avec les besoins des bioraffineries, où différentes fractions polysaccharidiques doivent être valorisées pour améliorer l'économie globale [7].

Pour le bioéthanol, l'ajout d'enzymes hémicellulolytiques peut améliorer l'accès à la cellulose et libérer des sucres supplémentaires. Toutefois, la fermentation des pentoses comme le xylose exige des micro-organismes ou des procédés adaptés ; une libération accrue de sucres n'a de valeur industrielle que si la chaîne de fermentation et de séparation peut les utiliser efficacement [2].

Paramètres de procédé à maîtriser sans réduire l'enzyme à une fiche analytique

La performance d'une cellulase dépend de la température, du pH, du temps de contact, du substrat, de la charge solide, de la présence d'inhibiteurs, de l'agitation et de la compatibilité avec la fermentation. Ces paramètres doivent être évalués dans le contexte du procédé réel, car les résultats obtenus sur une biomasse prétraitée ne se transposent pas automatiquement à une autre matière première [2].

Les inhibiteurs issus du prétraitement constituent une difficulté classique. Certains composés solubles, produits de dégradation ou fragments ligniniques peuvent affecter les enzymes et les micro-organismes fermentaires. Les revues sur l'industrialisation du bioéthanol cellulosique soulignent que la réduction de ces effets inhibiteurs et l'optimisation du prétraitement restent des conditions importantes pour passer d'une hydrolyse démontrée en laboratoire à un procédé robuste [2].

L'éthanol lui-même peut aussi influencer certaines enzymes lorsque l'hydrolyse et la fermentation sont combinées. La recherche sur le recyclage, l'immobilisation ou l'ingénierie de cellulases vise en partie à améliorer la stabilité et la réutilisation des biocatalyseurs dans des environnements de procédé plus contraignants [8].



Figure 5. 일반적인 전처리 방법들은 셀룰라아제가 셀룰로오스에 접근하도록 돕는 방식과 그 과정에서 발생하는 공정상의 장단점이 서로 다르다.

Immobilisation et recyclage : pistes pour réduire l'impact du coût enzymatique

Le coût des enzymes est un sujet récurrent dans le bioéthanol cellulosique. Une façon de l'aborder consiste à recycler les cellulases ou à les immobiliser sur des supports, afin de prolonger leur usage. Une étude a examiné l'immobilisation de cellulase sur nanoparticules de Fe_3O_4 avec ligand cuivre pour des applications biocatalytiques, montrant l'intérêt académique de supports magnétiques pour faciliter la séparation de l'enzyme [9].

D'autres travaux explorent des supports carbonés. L'immobilisation de cellulase sur charbon actif issu de coques de *Calophyllum inophyllum* a été étudiée comme voie de valorisation d'un matériau biosourcé, tandis que des approches computationnelles ont examiné l'ingénierie de cellulases pour améliorer leur liaison à des nanotubes de carbone dans une logique de recyclage pour les biocarburants [10] [8].

Ces pistes ne signifient pas qu'une cellulase commerciale standard soit automatiquement réutilisable dans n'importe quel procédé. Elles indiquent plutôt que l'économie du bioéthanol lignocellulosique dépend fortement de la stabilité, de la récupération et de l'utilisation efficace des enzymes, comme l'a

également montré l'étude sur le recyclage de cellulases dans la conversion de boues de papier recyclé [5].

Économie du bioéthanol : pourquoi l'enzyme compte au-delà de la chimie

La cellulase influence l'économie du procédé à deux niveaux. D'abord, elle détermine la quantité de sucres libérés à partir de la cellulose accessible. Ensuite, son propre coût d'usage peut contribuer de manière significative au coût de production, surtout lorsque la charge enzymatique doit compenser un prétraitement insuffisant ou une biomasse difficile [6].

L'analyse de la désacétylation et du raffinage à disque a explicitement relié l'énergie de raffinage et l'usage enzymatique aux prix minimaux de vente des sucres et de l'éthanol. Ce type d'étude montre qu'une hydrolyse efficace n'est pas seulement une question de rendement biologique : elle résulte d'un compromis entre préparation du substrat, quantité d'enzyme, énergie mécanique, concentration en sucres et fermentation [6].

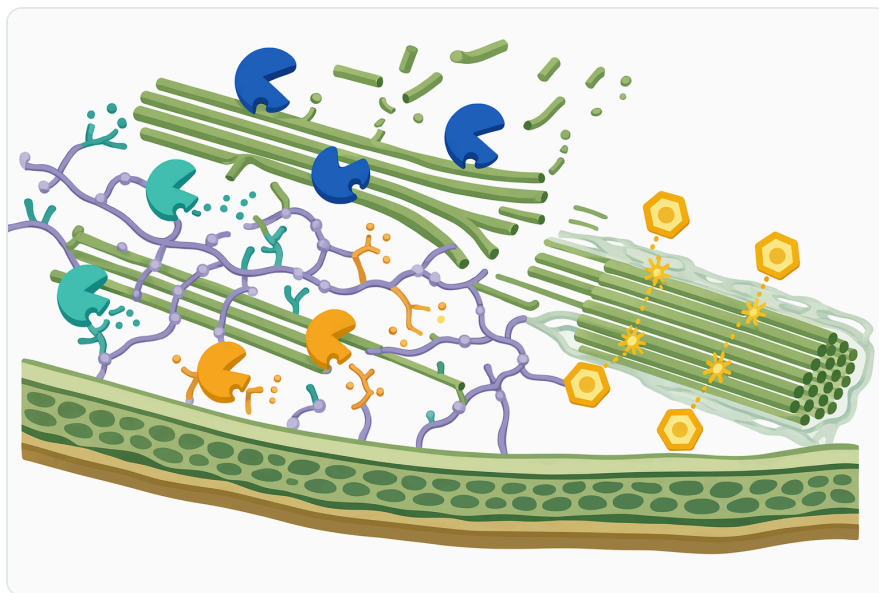


Figure 6. 보조 효소는 헤미셀룰로오스 네트워크를 느슨하게 하고 분해가 어려운 셀룰로오스 영역을 극복하는 데 도움을 주어 셀룰라아제의 효과를 높일 수 있다.

Les approches de bioraffinerie intégrée cherchent à améliorer ce compromis en valorisant plusieurs fractions de la biomasse. Dans cette perspective, la cellulase est un élément central, mais elle s'insère dans un système où hémicellulose, lignine, coproduits et énergie de procédé doivent être considérés ensemble [2].

Applications industrielles au-delà du bioéthanol

Même si la référence visée ici concerne le bioéthanol, les cellulases sont utilisées dans plusieurs secteurs industriels. Dans l'industrie textile, elles peuvent intervenir dans le biopolissage et certains traitements du denim ; des travaux récents ont étudié l'optimisation du lavage denim par cellulases pour réduire l'usage de pierre ponce, tandis que des revues sur les extremozymes décrivent leur intérêt dans des procédés textiles plus durables [11] [12].

Dans le recyclage du papier, les cellulases bactériennes ont été étudiées pour le désencrage de papiers usagés. L'approche enzymatique vise à faciliter le détachement de l'encre et à améliorer le traitement de fibres recyclées, illustrant une autre forme de valorisation de la capacité des cellulases à modifier les structures cellulosiques [13].

Les cellulases peuvent également servir en biotransformation de composés végétaux. Une étude a utilisé une cellulase commerciale pour produire le ginsénoside F1, montrant que l'activité de coupure de liaisons glycosidiques peut être exploitée en dehors du champ strict des carburants [14].



Figure 7. 셀룰라아제를 이용한 당화는 짚, 풀류, 농작물 부산물, 침입성 바이오매스, 과일·채소 착즙박과 같은 잔여물에 적용될 수 있다.

Positionnement produit Enzymes.bio

Pour une utilisation professionnelle, **Cellulase Enzyme For Bioethanol Production CAS 9012-54-8** doit être comprise comme une enzyme de saccharification destinée à la conversion de biomasses cellulosiques en sucres fermentescibles. Elle s'adresse aux applications de développement de procédés,

de bioraffinerie, d'hydrolyse de résidus lignocellulosiques et de préparation de moûts destinés à la fermentation alcoolique .

Enzymes.bio fournit cette référence en ligne par unité de 1 kg. Le fournisseur ne doit pas être assimilé à un fabricant d'enzymes ni à un laboratoire d'essais ; son rôle est la mise à disposition du produit avec les documents accompagnant la commande, notamment le certificat d'analyse et la fiche de données de sécurité .

La documentation technique d'un tel produit doit donc éviter deux excès. Le premier serait de présenter la cellulase comme une garantie automatique de rendement en éthanol, alors que la performance dépend du substrat, du prétraitement et de la fermentation. Le second serait de la réduire à une simple matière première indifférenciée, alors que son mécanisme enzymatique est précisément ce qui rend possible la saccharification de la cellulose ^[1].

Limites techniques et interprétation correcte des résultats

Les résultats publiés dans la littérature sont dépendants des matières premières, des prétraitements et des configurations de procédé. Une cellulase qui fonctionne sur une bagasse correctement préparée ne donnera pas nécessairement la même conversion sur une paille, une coque, une boue papetière ou une biomasse riche en lignine. La comparaison doit donc porter sur l'ensemble du procédé, pas uniquement sur le nom de l'enzyme ^[2].

La variabilité des biomasses est une limite majeure. Composition cellulosique, proportion d'hémicelluloses, degré de lignification, taille des particules, historique de stockage et sévérité du prétraitement modifient l'accessibilité de la cellulose. Les études de techno-économie et de rhéologie montrent que les paramètres physiques et économiques sont aussi importants que la réaction enzymatique elle-même ^{[6] [4]}.

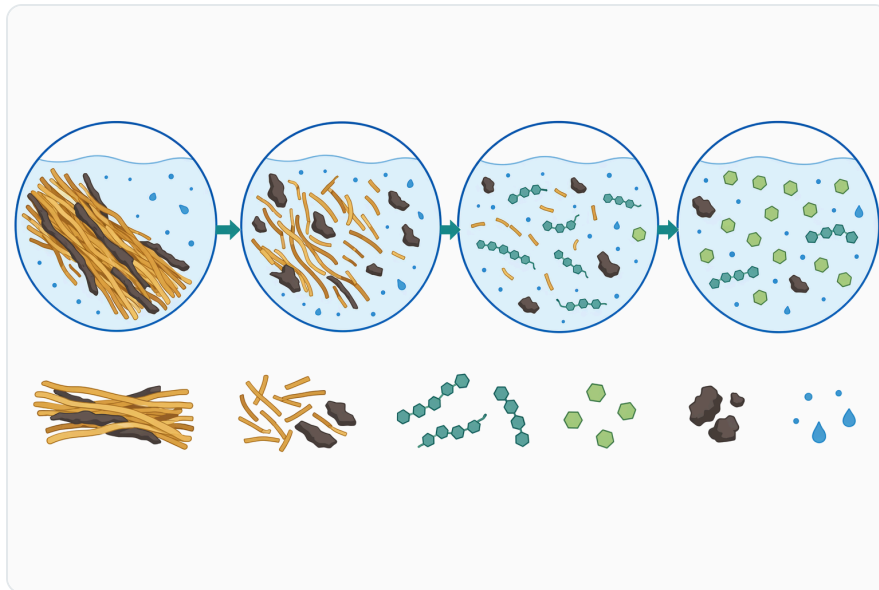


Figure 8. 셀룰라아제 가수분해 과정에서 탄수화물은 불용성 섬유 형태에서 액상 내의 수용성 올리고당, 셀로비오스, 포도당으로 전환된다.

Enfin, la cellulase ne résout pas seule la fermentation des sucres non glucidiques issus de l'hémicellulose. Si un procédé vise la conversion de la biomasse entière, il doit intégrer la question des pentoses, des inhibiteurs et des souches fermentaires adaptées. C'est précisément l'enjeu des approches de bioraffinerie intégrée, qui cherchent à maximiser la valeur de toutes les fractions lignocellulosiques [2].

Conclusion : une enzyme de saccharification essentielle, mais dépendante du procédé

La **cellulase CAS 9012-54-8 pour bioéthanol** est un catalyseur clé pour transformer la cellulose des résidus lignocellulosiques en sucres fermentescibles. Son mécanisme repose sur l'action coordonnée d'endoglucanases, de cellobiohydrolases et de β -glucosidases, qui convertissent progressivement les chaînes de cellulose en glucose utilisable pour la fermentation [1].

Les preuves scientifiques confirment son importance dans le bioéthanol de deuxième génération, mais elles montrent aussi que l'efficacité dépend du prétraitement, de la charge solide, du mélange, des inhibiteurs, de la souche fermentaire et de l'économie globale du procédé. Les travaux sur la bagasse, les boues papetières, les cocktails enzymatiques et les bioraffineries intégrées soulignent que la cellulase est indispensable, sans être une solution autonome [4] [5] [2].

Enzymes.bio propose cette enzyme en vente en ligne par unité de 1 kg, avec CoA et SDS fournis avec la commande. Pour les utilisateurs professionnels, le positionnement correct est clair : il s'agit d'une enzyme de saccharification pour rendre la cellulose exploitable dans les procédés de bioéthanol et de

valorisation lignocellulosique, à intégrer dans une chaîne de procédé maîtrisée .

Commander Cellulase Enzyme For Bioethanol Production Cas 9012-54-8 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 For Bioethanol Production Cas 9012-54-8 →](#)

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. Sunardi, Istikowati, W. T., Ishiguri, F., & Yokota, S. (2020). Fungal Glycoside Hydrolases of White-Rot Fungi for Cellulosic Biofuels Production: A Review. *Asian Journal of Chemistry*, 32, 1815-1823.
2. Qiao, J., Cui, H., Wang, M., Fu, X., Wang, X., Li, X., & Huang, H. (2022). Integrated biorefinery approaches for the industrialization of cellulosic ethanol fuel. *Bioresource Technology*, 127516 .
3. Alabdall, A. H., Almutari, A. A., Aldakeel, S. A., Albarrag, A., Aldakheel, L. A., Alsoufi, M. H., Alfuraih, L. Y., ... et al. (2023). Bioethanol Production from Lignocellulosic Biomass Using *Aspergillus niger* and *Aspergillus flavus* Hydrolysis Enzymes through Immobilized *S. cerevisiae*. *Energies*.
4. Geddes, C., Peterson, J., Mullinnix, M. T., Svoronos, S., Shanmugam, K., & Ingram, L. (2010). Optimizing cellulase usage for improved mixing and rheological properties of acid-pretreated sugarcane bagasse. *Bioresource Technology*, 101 23, 9128-36 .
5. Gomes, D. G., Serna-Loaiza, S., Cardona, C., Gama, M., & Domingues, L. (2018). Insights into the economic viability of cellulases recycling on bioethanol production from recycled paper sludge. *Bioresource Technology*, 267, 347-355 .
6. Chen, X., Shekiro, J., Pschorn, T., Sabourin, M., Tucker, M., & Tao, L. (2015). Techno-economic analysis of the deacetylation and disk refining process: characterizing the effect of refining energy and enzyme usage on minimum sugar selling price and minimum ethanol selling price. *Biotechnology for Biofuels*, 8.
7. Sosa-Martínez, J., Morales-Oyervides, L., Montañez, J., Contreras-Esquivel, J., Balagurusamy, N., Gadi, S. K., & Salmerón, I. (2024). Sustainable Co-Production of Xylanase, Cellulase, and Pectinase through Agroindustrial Residue Valorization Using Solid-State Fermentation: A Techno-Economic Assessment. *Sustainability*.
8. Barik, S., Mukherjee, S., & Saharay, M. (2025). Protein Engineering of Cellulase Enzymes for Enhanced Binding to Single-Walled Carbon Nanotubes: A Computational Approach to Enzyme Recycling in Biofuel Applications. *Catalysis Science & Technology*.
9. Abbaszadeh, M., & Hejazi, P. (2019). Metal affinity immobilization of cellulase on Fe₃O₄ nanoparticles with copper as ligand for biocatalytic applications. *Food Chemistry*, 290, 47-55 .

10. Muzakhar, S. S. A., Elida, F. S., Sukma, N. A., Fahmi, F., & Gunawan, S. (2025). Potential of Calophyllum Inophyllum Shell as Activated Carbon for Cellulase Immobilization. *Engineering Headway*, 24, 123 - 130.
11. Naveed, S., & Zahid, B. (2025). Optimizing denim washing with cellulase enzymes eco-friendly method to reduce pumice consumption. *Pigment & Resin Technology*.
12. Kakkar, P., & Wadhwa, N. (2021). Extremozymes used in textile industry. *Journal of the Textile Institute*, 113, 2007 - 2015.
13. Indumathi, T., Jayaraj, R., Kumar, P., J. M. I. S., Krishnaswamy, V., Ghfar, A. A., & Govindaraju, S. (2021). Biological approach in deinking of waste paper using bacterial cellulase as an effective enzyme catalyst. *Chemosphere*, 287 Pt 2, 132088 .
14. Wang, Y., Choi, K., Yu, H., Jin, F., & Im, W. (2015). Production of ginsenoside F1 using commercial enzyme Cellulase KN. *Journal of Ginseng Research*, 40, 121 - 126.

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.