

# $\beta$ -Glucanase de qualité alimentaire pour extraction végétale : rendement, viscosité, clarification et filtration

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

La  $\beta$ -glucanase de qualité alimentaire pour extraction végétale est un auxiliaire enzymatique utilisé pour hydrolyser les  $\beta$ -glucanes qui contribuent à la structure ou à la viscosité de certaines matrices végétales. Dans un procédé bien hydraté, elle peut améliorer l'accessibilité de la matière, faciliter la séparation solide/liquide et soutenir l'extraction de composés d'intérêt lorsque les  $\beta$ -glucanes sont un facteur limitant. Enzymes.bio la propose en ligne par unité de 1 kg ; le CoA et la SDS sont fournis avec la commande.

## Rôle technique de la $\beta$ -glucanase dans l'extraction végétale

Une  $\beta$ -glucanase est une enzyme qui coupe des liaisons glucosidiques dans des  $\beta$ -glucanes, c'est-à-dire des polymères de glucose présents dans plusieurs matrices biologiques. Les  $\beta$ -glucanes sont étudiés comme fibres alimentaires solubles, avec des origines, structures, propriétés d'extraction et utilisations industrielles variables selon la source botanique ou microbienne <sup>[1]</sup>. Dans l'extraction végétale, l'intérêt de cette enzyme n'est donc pas de « liquéfier » toute la biomasse, mais de réduire une barrière spécifique : les chaînes de  $\beta$ -glucanes qui participent à la cohésion, à la rétention d'eau ou à l'augmentation de viscosité.

Les parois végétales ne sont pas constituées d'un seul polymère. Elles associent cellulose, hémicelluloses, pectines, protéines pariétales, composés phénoliques et, selon l'espèce et le tissu, différentes formes de glucanes. Cette architecture explique pourquoi l'extraction industrielle de composés végétaux ne dépend pas seulement du solvant, mais aussi du broyage, de l'hydratation, de la diffusion interne et de la désorganisation de la matrice ; les revues sur l'extraction végétale en eau soulignent précisément l'importance de concevoir des procédés efficaces à l'échelle industrielle plutôt que de considérer l'eau comme un simple milieu d'extraction passif <sup>[2]</sup>.

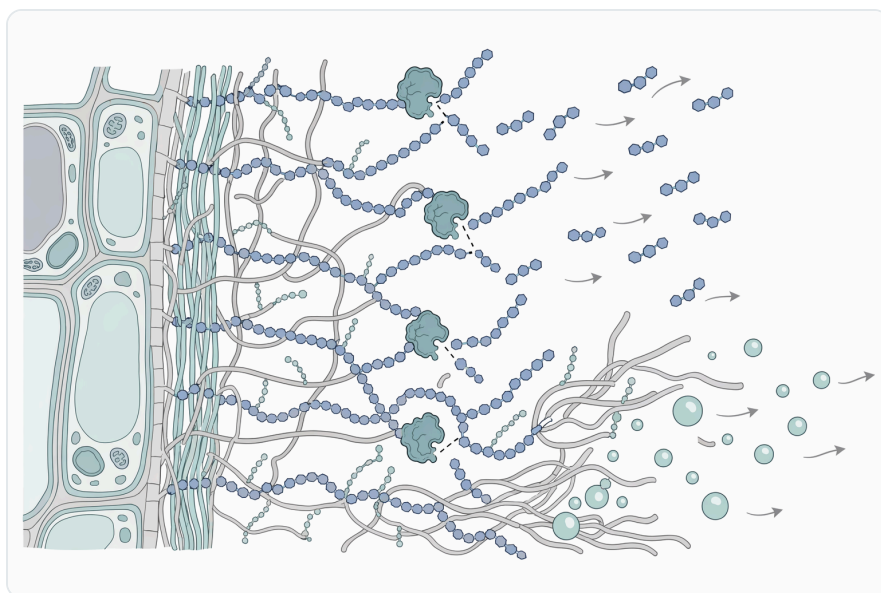
Dans ce contexte, une  $\beta$ -glucanase de procédé est pertinente lorsque les  $\beta$ -glucanes contribuent à l'un des problèmes suivants : rendement insuffisant, viscosité élevée, clarification lente, colmatage de filtres ou libération incomplète de composés intracellulaires ou pariétaux. Son action est plus ciblée que celle

d'un traitement thermique ou chimique agressif, car elle hydrolyse certaines liaisons dans certains glucanes, au lieu de dégrader indistinctement la matrice. Les approches dites « vertes » d'intensification de l'extraction végétale mettent en avant cette logique : améliorer la libération de substances à partir de matières végétales tout en limitant les conditions excessivement sévères [3].

## Mécanisme d'action : ce que l'enzyme modifie réellement

### Hydrolyse des $\beta$ -glucanes et réduction de la taille moléculaire

Le mécanisme central est l'hydrolyse : l'enzyme introduit une coupure dans une chaîne de  $\beta$ -glucane par addition d'eau au niveau d'une liaison glucosidique compatible avec sa spécificité. Sur le plan procédé, cette coupure raccourcit les chaînes, modifie leur capacité à former des réseaux et peut réduire leur contribution à la viscosité. Dans les produits céréaliers enrichis en  $\beta$ -glucane, l'activité  $\beta$ -glucanase a été étudiée pour son impact sur la dégradation du poids moléculaire des  $\beta$ -glucanes, ce qui illustre directement l'effet de ces enzymes sur la taille des polymères [4].



**Figure 1.**  $\beta$ -글루카나아제는 긴  $\beta$ -글루칸 사슬에서 분해되기 쉬운  $\beta$ -글리코시드 결합을 가수분해하여, 네트워크 형성 성향이 낮아진 더 짧은 조각을 생성한다.

Il faut distinguer les familles de glucanes. Les  $\beta$ -1,3-glucanases ciblent des liaisons  $\beta$ -1,3, très importantes dans certains contextes biologiques comme les réponses de défense des plantes. Des travaux classiques sur une  $\beta$ -1,3-glucanase du tabac ont décrit une enzyme liée à la défense végétale et son traitement N- et C-terminal, montrant que ces glucanases sont des protéines spécialisées plutôt que de simples agents de dégradation non spécifiques [5]. D'autres  $\beta$ -glucanases peuvent agir sur des glucanes à liaisons mixtes, notamment dans des matrices céréaliers où les liaisons  $\beta$ -1,3 et  $\beta$ -1,4 coexistent.

Cette spécificité explique pourquoi une  $\beta$ -glucanase peut être très utile dans une matrice et beaucoup moins décisive dans une autre. Une biomasse riche en pectines, par exemple, pourra dépendre davantage d'activités pectinolytique ; une biomasse riche en cellulose cristalline exigera d'autres mécanismes enzymatiques. La pectine fait elle-même l'objet de procédés d'extraction et de purification spécifiques, avec des propriétés fonctionnelles différentes de celles des  $\beta$ -glucanes [6].

### Effets physiques sur la matrice végétale

Lorsque les  $\beta$ -glucanes contribuent à un réseau de paroi ou à une phase soluble visqueuse, leur hydrolyse peut modifier plusieurs propriétés mesurables du procédé : perméabilité des particules végétales, diffusion des composés solubles, séparation solide/liquide et filtrabilité. Ces effets sont mécaniquement liés : une chaîne polymérique plus courte retient généralement moins fortement l'eau, forme moins de réseaux étendus et oppose moins de résistance à l'écoulement qu'une chaîne longue intacte, sous réserve de la composition complète de l'extrait.

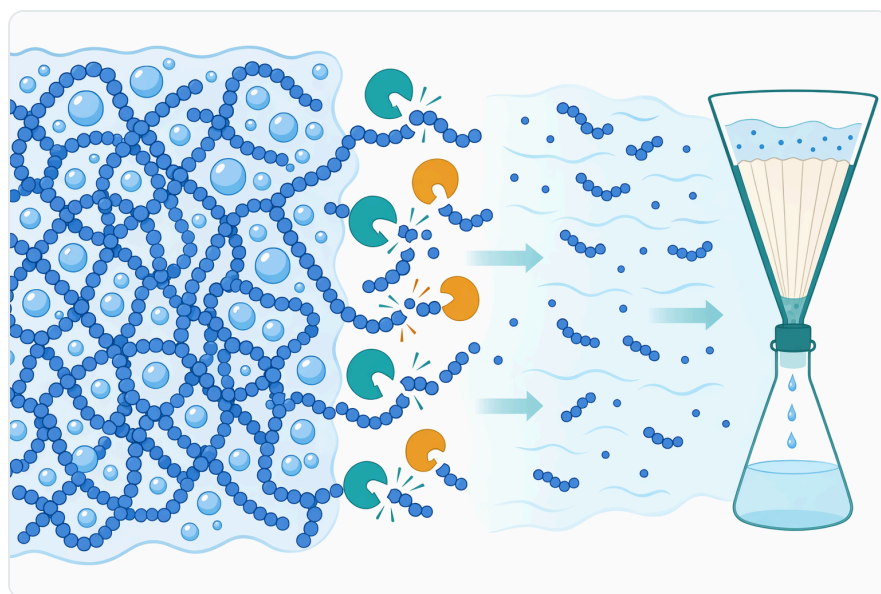


Figure 2. 수화된 긴  $\beta$ -글루칸 사슬은 서로 얽히고 물을 결합할 수 있으며, 효소에 의한 탈중합은 높은 점도를 유발하는 물리적 요인을 줄인다.

La recherche en physiologie végétale confirme que les  $\beta$ -glucanases ne sont pas seulement des enzymes industrielles, mais aussi des acteurs naturels de la modification des tissus. Dans la canne à sucre, un gène de  $\beta$ -1,3-glucanase de famille D a été décrit comme induit par des stress biotiques et abiotiques, ce qui illustre la place des glucanases dans la réponse et la restructuration des tissus végétaux [7]. Dans la pomme de terre infectée par *Phytophthora infestans*, l'induction temporelle et spatiale de  $\beta$ -1,3-glucanase et de chitinase a également été étudiée dans les feuilles, montrant l'association de ces enzymes avec des zones biologiquement actives de défense [8].

Pour l'extraction, la conclusion pratique est précise : la  $\beta$ -glucanase agit sur un verrou polysaccharidique possible, mais pas sur tous les verrous. Elle peut augmenter l'accessibilité lorsque la matrice est limitée par des glucanes, réduire la viscosité lorsque des glucanes solubles dominent le comportement rhéologique, et améliorer la clarification lorsque ces polymères entretiennent des colloïdes ou ralentissent la filtration.

## Où l'intégrer dans un procédé d'extraction végétale

La  $\beta$ -glucanase est généralement intégrée après une étape de réduction de taille — broyage, découpe, mouture ou désintégration — et lorsque la matrice est suffisamment hydratée pour permettre le contact enzyme-substrat. L'enzyme doit atteindre les glucanes ; si les particules sont trop grosses, trop sèches ou mal dispersées, l'activité disponible dans le milieu ne se traduit pas nécessairement par un effet procédé. Des travaux sur le marc de carotte ont montré l'intérêt d'associer des traitements enzymatiques et une désintégration mécanique pour augmenter la concentration en  $\beta$ -carotène dans une poudre issue de coproduits, ce qui illustre l'importance de combiner ouverture physique et biocatalyse <sup>[9]</sup>.

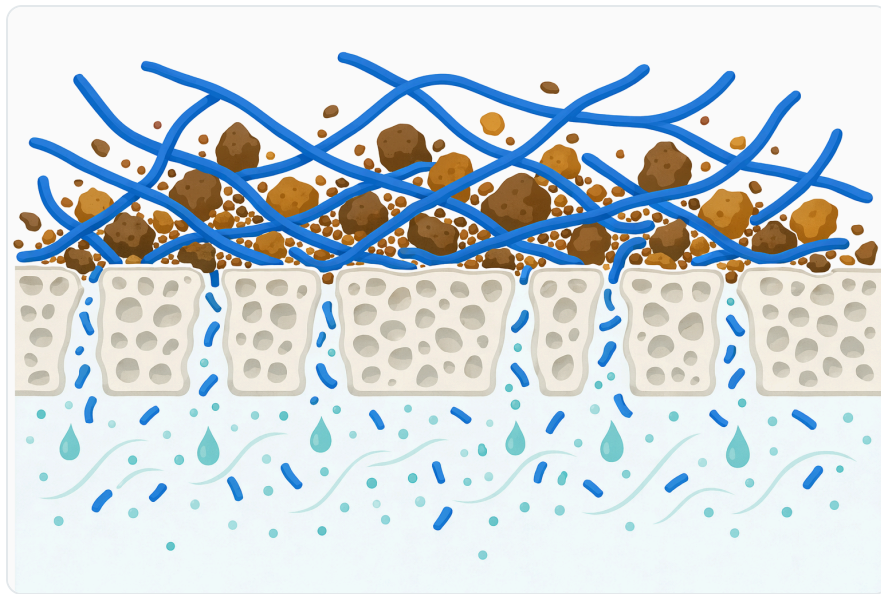


Figure 3. 더 짧아진  $\beta$ -글루칸 조각은 여과 중 끈적한 기공 막힘 네트워크를 형성할 가능성이 낮다.

Dans une extraction aqueuse ou hydroalcoolique compatible, l'enzyme est utilisée comme une étape de préparation ou de macération enzymatique. Les paramètres critiques restent ceux d'une transformation enzymatique : hydratation, homogénéité du mélange, conditions de pH et de température compatibles avec l'activité, durée de contact et séquence avec les opérations aval. Il ne

s'agit pas ici de définir une méthode analytique ni une unité d'activité, mais de rappeler qu'une enzyme ne peut agir efficacement que si le procédé lui permet de rencontrer son substrat dans un environnement favorable.

Après l'étape enzymatique, la ligne peut poursuivre vers pressage, décantation, centrifugation, filtration, clarification, concentration ou stabilisation. La  $\beta$ -glucanase peut être utilisée seule lorsque les  $\beta$ -glucanes sont la cible principale, ou dans une logique multi-enzymatique lorsque la matrice contient aussi des pectines, hémicelluloses ou protéines structurales limitantes. Les revues récentes sur l'extraction de protéines végétales et de protéines de légumineuses montrent que la fonctionnalité finale dépend fortement des conditions d'extraction, de fractionnement et de modification, ce qui vaut aussi pour les schémas enzymatiques appliqués aux matrices complexes [\[10\]\[11\]](#).

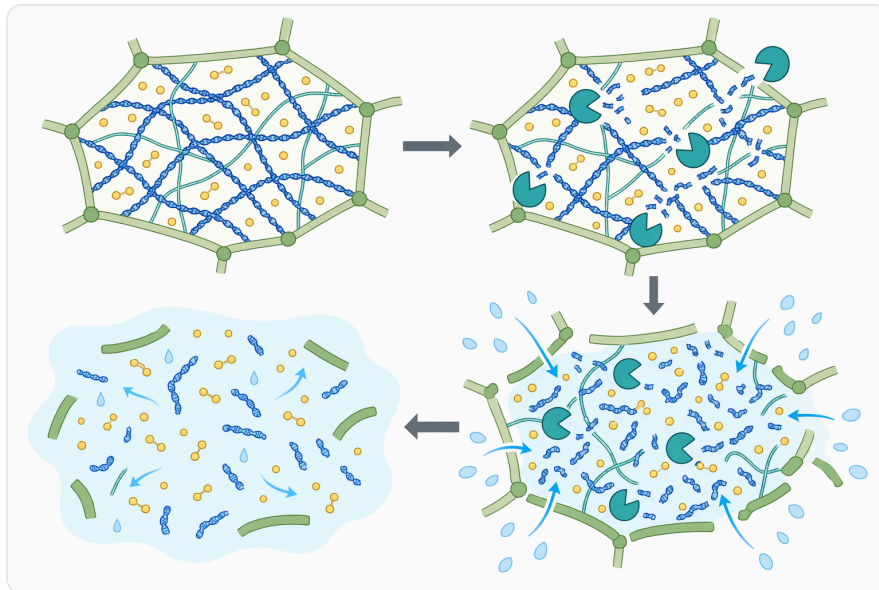
## Applications industrielles pertinentes

---

### Extraits botaniques, polyphénols et composés bioactifs

Dans les extraits botaniques, la  $\beta$ -glucanase peut soutenir la libération de composés piégés dans la matrice végétale lorsque les  $\beta$ -glucanes participent à l'effet barrière. Les polyphénols, tanins, acides phénoliques, pigments et autres composés d'intérêt peuvent être affectés par l'accessibilité de la matrice autant que par leur solubilité intrinsèque. Les tanins font l'objet de procédés d'extraction variés, et les revues sur ce sujet soulignent que le choix du procédé influence fortement la récupération et les applications possibles de ces composés [\[12\]](#).

Pour les polyphénols et saponines, les solvants eutectiques profonds sont étudiés comme options d'extraction plus durables, avec des performances influencées par plusieurs facteurs de procédé [\[13\]](#). La  $\beta$ -glucanase ne remplace pas ces choix de solvant, mais elle peut s'insérer en amont ou pendant l'extraction lorsque la limitation vient de la diffusion hors de la structure végétale. Dans cette logique, le solvant rend le composé soluble, tandis que l'enzyme aide à diminuer la résistance physique de la matrice.



**Figure 4.** 글루칸이 풍부한 세포벽 구조가 가수분해되면 매트릭스가 느슨해지고 용해성 추출물의 확산 경로가 짧아질 수 있다.

L'acide gallique offre un exemple de composé phénolique d'intérêt alimentaire : une revue récente couvre ses applications dans l'industrie alimentaire, ses bénéfices étudiés, sa biodisponibilité et ses interactions <sup>[14]</sup>. Une  $\beta$ -glucanase n'est pas une enzyme « spécifique de l'acide gallique » ; son intérêt serait indirect, par amélioration de l'accès à des fractions végétales où des composés phénoliques sont retenus ou associés à la paroi.

### **Céréales, avoine, orge et matrices riches en $\beta$ -glucanes**

Les céréales riches en  $\beta$ -glucanes, comme l'avoine et l'orge, sont des matrices particulièrement pertinentes pour comprendre le rôle de la  $\beta$ -glucanase. Les  $\beta$ -glucanes y sont valorisés comme fibres solubles, mais ils peuvent aussi contribuer à une viscosité élevée ou à une séparation plus difficile selon l'objectif du procédé. Les caractéristiques structurales, l'extraction, la purification et l'utilisation industrielle des  $\beta$ -glucanes sont largement décrites dans les revues consacrées à cette fibre soluble <sup>[1]</sup>.

Dans un procédé d'extraction, deux objectifs peuvent entrer en tension. Si l'industriel cherche à préserver un  $\beta$ -glucane de haut poids moléculaire pour ses propriétés fonctionnelles, une activité  $\beta$ -glucanase excessive serait indésirable. Si, au contraire, l'objectif est de fluidifier un extrait ou de libérer d'autres composés, l'hydrolyse partielle des  $\beta$ -glucanes peut être bénéfique. C'est pourquoi l'application doit être formulée en termes de fonction procédé, et non comme une amélioration universelle de toutes les qualités du produit.

## Jus, boissons végétales, extraits aqueux et clarification

Les jus, boissons végétales et extraits aqueux peuvent contenir des particules fines, colloïdes et polysaccharides solubles qui compliquent la clarification. Lorsque les  $\beta$ -glucanes participent à cette viscosité ou à cette turbidité, la  $\beta$ -glucanase peut améliorer l'écoulement et la séparation. Les études sur les produits végétaux fermentés et les alternatives aux produits animaux montrent l'importance croissante des matrices végétales transformées, dont les propriétés de texture et de stabilité dépendent fortement des biopolymères présents [15].



Figure 5. 가장 적합한 적용 분야는 접근 가능한  $\beta$ -글루칸이 점도 증가나 분리 저항에 기여하는 곡물, 효모, 곰팡이, 발효 관련 원료 및 일부 식물성 원료 흐름이다.

Les protéines végétales constituent un cas où l'extraction ne vise pas seulement un rendement, mais aussi une fonctionnalité : solubilité, émulsification, gélification ou stabilité. Les revues sur la récupération de protéines à partir de coproduits végétaux insistent sur l'intérêt de technologies innovantes pour progresser vers des procédés à moindre déchet [16]. La  $\beta$ -glucanase peut être pertinente dans ce type de chaîne si les  $\beta$ -glucanes gênent l'extraction ou la séparation, mais elle doit être compatible avec les propriétés fonctionnelles recherchées.

## Huiles essentielles, arômes et composés volatils

Pour les huiles essentielles et les arômes, le rôle d'une  $\beta$ -glucanase est plus indirect. Les technologies d'extraction d'huiles essentielles relèvent souvent de la distillation, de l'extraction assistée ou d'autres procédés spécialisés ; les revues sur l'extraction, la séparation et la purification des huiles essentielles

détaillent cette diversité technique [17]. Une enzyme de paroi peut toutefois être considérée comme prétraitement dans certaines matrices végétales si elle améliore l'ouverture du tissu avant une étape principale d'extraction.

L'extraction assistée par micro-ondes est également étudiée pour les huiles essentielles, avec des innovations visant à améliorer efficacité et rendement [18]. Dans un tel schéma, la  $\beta$ -glucanase n'est pas un substitut à l'énergie micro-ondes ; elle appartient à une autre famille d'outils, fondée sur la spécificité biochimique plutôt que sur un apport énergétique. L'intérêt éventuel réside dans la combinaison raisonnée de prétraitements, sous réserve que les conditions ne dénaturent pas prématurément l'enzyme.

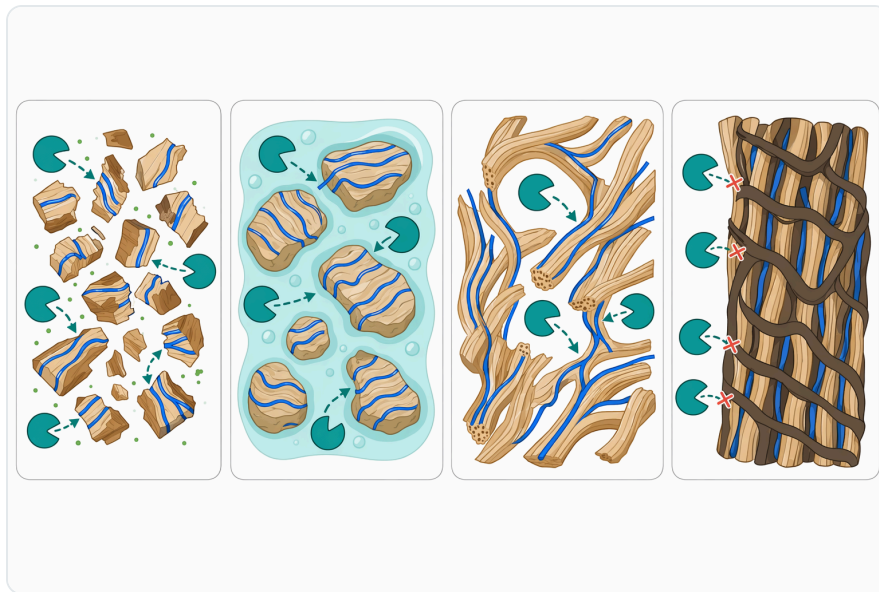


Figure 6.  $\beta$ -글루카나아제는 분쇄, 수화, 열처리 또는 적합한 전처리를 통해 글루칸 기질이 노출될 때 가장 잘 작용한다.

## Comparaison avec d'autres approches de désorganisation végétale

Approche de procédé	Mécanisme principal	Effet attendu	Points de vigilance
$\beta$ -Glucanase	Hydrolyse ciblée de $\beta$ -glucanes compatibles	Réduction de viscosité, meilleure accessibilité, filtration facilitée lorsque les $\beta$ -glucanes sont limitants	Effet dépendant de la composition réelle de la matrice
Pectinases	Dégradation de pectines	Dépectinisation, clarification, amélioration de pressage pour matrices riches en pectines	Moins pertinentes si la limitation principale vient des glucanes

Approche de procédé	Mécanisme principal	Effet attendu	Points de vigilance
Traitement mécanique	Réduction de taille, rupture de tissus	Surface d'échange accrue, diffusion plus rapide	Peut générer des fines colmatantes ou échauffer la matière
Extraction en eau optimisée	Solubilisation et diffusion en milieu aqueux	Procédé plus simple et potentiellement plus durable	Rendement limité si la matrice reste peu perméable
Solvants eutectiques profonds	Solubilisation améliorée de familles ciblées	Extraction de polyphénols, saponines ou autres composés selon le système	Compatibilité alimentaire et aval à évaluer selon l'usage
Micro-ondes	Chauffage volumique et rupture assistée	Extraction intensifiée pour certaines matrices	Sensibilité thermique des composés et intégration procédé

Ce tableau montre que la  $\beta$ -glucanase n'est pas en concurrence directe avec toutes les technologies d'extraction : elle répond à une limitation particulière, la contribution des  $\beta$ -glucanes à la résistance de la matrice ou à la viscosité de l'extrait. Les stratégies modernes d'extraction végétale combinent souvent plusieurs leviers — solvant, énergie, mécanique, enzymes — afin d'obtenir un équilibre entre rendement, qualité et robustesse industrielle <sup>[3][2]</sup>.

## Avantages attendus, sans promesse excessive

Le premier avantage réaliste est l'amélioration de l'accessibilité de la matrice. Lorsque les  $\beta$ -glucanes participent à la cohésion de la paroi ou à une phase gélifiée, leur hydrolyse peut faciliter la diffusion de composés solubles hors des particules végétales. Cette logique est cohérente avec les recherches générales sur les  $\beta$ -glucanes, qui montrent que leur structure, leur masse moléculaire et leur mode d'extraction influencent leurs propriétés fonctionnelles <sup>[1]</sup>.

Le deuxième avantage est la réduction de viscosité dans les extraits où les  $\beta$ -glucanes solubles ont un rôle épaississant. Cette réduction peut améliorer le pompage, l'agitation, le transfert thermique, la décantation ou la filtration. L'étude de la dégradation du poids moléculaire des  $\beta$ -glucanes sous l'effet de l'activité  $\beta$ -glucanase dans des produits céréaliers fournit un fondement direct à cette relation entre enzyme, taille polymérique et comportement de matrice <sup>[4]</sup>.



**Figure 7.** 추출 효소마다 표적이 되는 매트릭스 고분자가 다르므로, 공정을 제한하는 요인이 펙틴, 셀룰로오스, 헤미셀룰로오스, 단백질 또는 전분이 아니라  $\beta$ -글루칸일 때  $\beta$ -글루카나아제가 가장 적합하다.

Le troisième avantage est l'amélioration possible des opérations aval. La filtration et la clarification sont souvent limitées par une combinaison de particules fines, colloïdes et polymères hydratés ; réduire l'un de ces facteurs peut suffire à rendre l'ensemble du procédé plus stable. En revanche, si le colmatage provient surtout de fines insolubles, de protéines agrégées ou de pectines, la  $\beta$ -glucanase seule ne doit pas être présentée comme une réponse complète.

## Limites techniques et interprétation des résultats

La limite principale est la spécificité du substrat. Le terme «  $\beta$ -glucanase » regroupe des activités qui ne ciblent pas toutes les mêmes liaisons ni les mêmes architectures de glucanes. Les  $\beta$ -1,3-glucanases végétales étudiées dans le tabac, la canne à sucre ou la pomme de terre relèvent d'un contexte biologique précis, principalement lié aux réponses de défense et à la modification localisée des tissus [5][7][8]. En extraction industrielle, l'enjeu est de savoir si les glucanes présents dans la matière première sont effectivement accessibles et sensibles à l'activité utilisée.

La deuxième limite est l'objectif produit. Si le composé d'intérêt est le  $\beta$ -glucane lui-même, notamment pour valoriser une fibre soluble de haut poids moléculaire, l'hydrolyse enzymatique peut diminuer une propriété recherchée. À l'inverse, si les  $\beta$ -glucanes sont un obstacle à la récupération d'autres fractions, leur dégradation partielle peut être favorable. La littérature sur les  $\beta$ -glucanes insiste sur la relation entre structure, extraction, purification, biofonctionnalité et utilisation industrielle, ce qui impose de définir clairement ce que le procédé doit préserver ou transformer [1].

La troisième limite est l'effet matrice. Dans une plante riche en pectine, tanins condensés, lignine ou protéines insolubles, les  $\beta$ -glucanes ne sont pas forcément le facteur limitant. Les revues sur les tanins, les protéines végétales et les composés phénoliques montrent que chaque famille de composés possède ses propres contraintes d'extraction, de stabilité et d'application [12][10][19]. La  $\beta$ -glucanase doit donc être comprise comme un outil de procédé ciblé, non comme une enzyme universelle pour tous les extraits végétaux.



Figure 8. 일반적인 효소 보조 추출 공정에서는 정화 및 후속 마무리 공정 전에 수성 마쇄, 침지, 슬러리 유지 또는 추출 단계에서  $\beta$ -글루카나아제를 첨가한다.

## Qualité alimentaire, manipulation et documentation

Une  $\beta$ -glucanase de qualité alimentaire pour extraction végétale est destinée à des usages de transformation, formulation ou procédé dans des environnements industriels compatibles avec l'application alimentaire visée. Elle n'est pas destinée à la consommation directe. Comme toute préparation enzymatique, elle doit être manipulée avec les précautions appropriées aux enzymes en poudre ou en préparation concentrée ; les guides professionnels de manipulation des enzymes rappellent notamment les enjeux liés à l'exposition aux poussières et aux aérosols enzymatiques [20].

Enzymes.bio intervient comme fournisseur en ligne, et non comme fabricant ni laboratoire. Le produit est vendu directement par unité de 1 kg ; le certificat d'analyse et la fiche de données de sécurité sont fournis avec la commande. Cette documentation accompagne l'utilisation industrielle du produit, sans transformer la page produit en protocole analytique ni en méthode d'essai.

La page de catégorie  $\beta$ -glucanase d'Enzymes.bio situe le produit dans une offre d'enzymes destinée à des usages professionnels . Pour un utilisateur B2B, le point essentiel est de relier l'achat à une fonction procédée claire : dégradation de  $\beta$ -glucanes, diminution de viscosité, amélioration de l'accessibilité ou facilitation de la clarification lorsque la matière première justifie cette cible.

## Positionnement pratique pour les utilisateurs B2B

La  $\beta$ -glucanase de qualité alimentaire pour extraction végétale convient particulièrement aux opérateurs qui travaillent sur des céréales, coproduits végétaux, extraits botaniques, boissons végétales ou matrices aqueuses dans lesquelles les  $\beta$ -glucanes peuvent limiter le rendement ou la séparation. Elle s'intègre dans une stratégie d'extraction raisonnée, aux côtés d'autres leviers comme la réduction de taille, l'hydratation contrôlée, l'extraction en eau, les solvants adaptés ou les technologies d'intensification <sup>[3][2]</sup>.

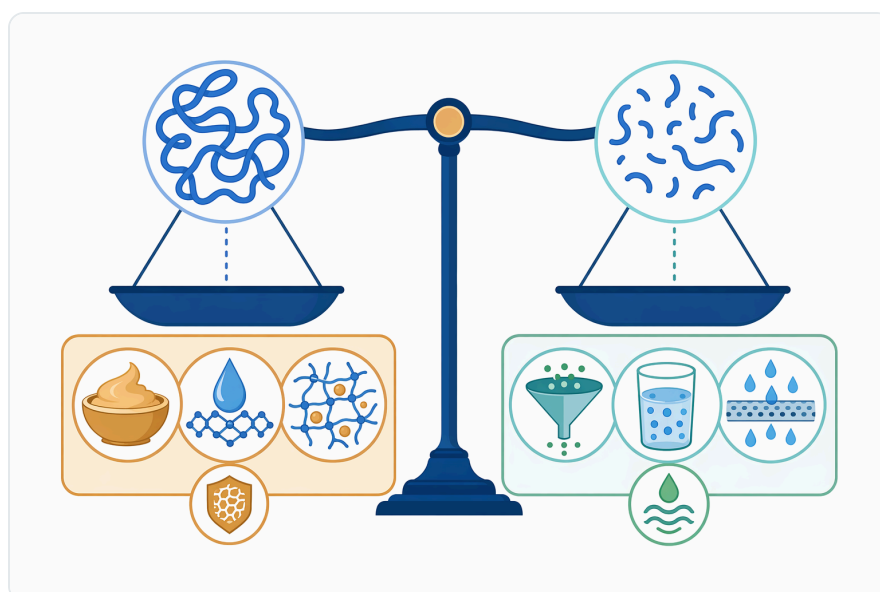


Figure 9.  $\beta$ -글루카나아제는 분자량을 낮춰 공정성을 개선할 수 있지만, 그 결과 생성되는  $\beta$ -글루칸 분획은 기능적 특성이 달라질 수 있다.

Son utilisation doit être envisagée en fonction de la matière première et du résultat recherché. Pour libérer des composés bioactifs, elle agit indirectement en rendant la matrice plus accessible ; pour réduire la viscosité, elle agit plus directement sur les chaînes de  $\beta$ -glucanes ; pour améliorer la filtration, elle peut diminuer une partie de la charge polymérique qui ralentit l'écoulement. Ces effets sont cohérents avec les connaissances disponibles sur la dégradation enzymatique des  $\beta$ -glucanes et sur l'importance de la structure des biopolymères végétaux dans les procédés d'extraction <sup>[4][1]</sup>.

En résumé, Food Grade  $\beta$ -Glucanase For Plant Extraction est un auxiliaire enzymatique ciblé pour les procédés végétaux où les  $\beta$ -glucanes jouent un rôle technique défavorable. Son intérêt est maximal lorsque le procédé vise une meilleure accessibilité de la matrice, une viscosité plus faible, une clarification plus rapide ou une séparation solide/liquide plus robuste, sans prétendre remplacer toutes les autres enzymes de paroi ni toutes les technologies d'extraction.

### Commander Food Grade B-Glucanase For Plant Extraction 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 Food Grade B-Glucanase For Plant Extraction →](#)

## 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. Singla, A., Gupta, O. P., Sagwal, V., Kumar, A., Patwa, N., Mohan, N., Ankush, ... et al. (2024). [Beta-Glucan as a Soluble Dietary Fiber Source: Origins, Biosynthesis, Extraction, Purification, Structural Characteristics, Bioavailability, Biofunctional Attributes, Industrial Utilization, and Global Trade](#). *Nutrients*, 16.
2. Gallina, L., Cravotto, C., Capaldi, G., Grillo, G., & Cravotto, G. (2022). [Plant Extraction in Water: Towards Highly Efficient Industrial Applications](#). *Processes*.
3. Malyushevskaya, A., Koszelnik, P., Yushchishina, A., Mitryasova, O., & Gruca-Rokosz, R. (2022). [Green Approach to Intensify the Extraction Processes of Substances from Plant Materials](#). *Journal of Ecological Engineering*.
4. Vatandoust, A. (2012). [Beta-Glucanase Activity and its Impact on Beta-Glucan Molecular Weight Degradation in Cereal Products Fortified with Beta-Glucan](#).
5. Shinshi, H., Wenzler, H., Neuhaus, J., Felix, G., Hofsteenge, J., & Meins, F. (1988). [Evidence for N- and C-terminal processing of a plant defense-related enzyme: Primary structure of tobacco prepro-beta-1,3-glucanase](#). *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 85 15, 5541-5 .
6. Yi, L., Cheng, L., Yang, Q., Shi, K., Han, F., Luo, W., & Duan, S. (2024). [Source, Extraction, Properties, and Multifunctional Applications of Pectin: A Short Review](#). *Polymers*, 16.
7. Su, Y., Wang, Z., Liu, F., Li, Z., Peng, Q., Guo, J., Xu, L., ... et al. (2016). [Isolation and Characterization of ScGluD2, a New Sugarcane beta-1,3-Glucanase D Family Gene Induced by Sporisorium scitamineum, ABA, H2O2, NaCl, and CdCl2 Stresses](#). *Frontiers in Plant Science*, 7.

8. Schröder, M., Hahlbrock, K., & Kombrink, E. (1992). Temporal and spatial patterns of 1, 3-beta-glucanase and chitinase induction in potato leaves infected by *Phytophthora infestans*. *Plant Journal*, 2, 161-172.
9. Baskovtceva, A., Barakova, N., Samodelkin, E. A., Kiprushkina, E., Alkhateeb, R., & Tochilnikov, G. (2023). Unlocking the potential of carrot pomace: Enzymatic and impact-disintegrator-activator processing for elevated beta-carotene concentration in carrot powder. *Functional Foods in Health and Disease*.
10. Tang, J., Yao, D., Xia, S., Cheong, L., & Tu, M. (2024). Recent progress in plant-based proteins: From extraction and modification methods to applications in the food industry. *Food chemistry: X*, 23.
11. Rivera, J., Siliveru, K., & Li, Y. (2022). A comprehensive review on pulse protein fractionation and extraction: processes, functionality, and food applications. *Critical reviews in food science and nutrition*, 64, 4179 - 4201.
12. Das, A., Islam, M., Faruk, M. O., Ashaduzzaman, M., & Dungani, R. (2020). Review on tannins: Extraction processes, applications and possibilities. *South African Journal of Botany*, 135, 58-70.
13. Saffarionpour, S. (2024). Deep eutectic solvents for sustainable extraction of polyphenols and saponins from plant sources: assessment of the impact of influencing factors. *Separation Science and Technology*, 59, 151 - 192.
14. Xiang, Z., Guan, H., Zhao, X., Xie, Q., Xie, Z., Cai, F., Dang, R., ... et al. (2024). Dietary gallic acid as an antioxidant: A review of its food industry applications, health benefits, bioavailability, nano-delivery systems, and drug interactions. *Food Research International*, 180, 114068 .
15. Goksen, G., Altaf, Q. S., Farooq, S., Bashir, I., Capozzi, V., Guruk, M., Bavaro, S., ... et al. (2023). A glimpse into plant-based fermented products alternative to animal based products: Formulation, processing, health benefits. *Food Research International*, 173 Pt 2, 113344 .
16. Shawky, E., Zhu, W., & Tian, J. (2025). A review of innovative extraction technologies for protein recovery from plant-based by-products: A step toward zero-waste processing. *International Journal of Biological Macromolecules*, 144301 .
17. Zhou, W., Li, J., Wang, X., Liu, L., Li, Y., Song, R., Meng-Zhang, ... et al. (2023). Research Progress on Extraction, Separation, and Purification Methods of Plant Essential Oils. *Separations*.
18. Dhotre, I. (2025). A comprehensive review on progression and innovations in microwave assisted extraction technology for essential oils. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*.
19. Hurkul, M. M., Çetinkaya, A., Kaya, S., Yayla, Ş., & Ozkan, S. (2024). Investigation of Health Effects of Major Phenolic Compounds in Foods: Extraction Processes, Analytical Approaches and Applications. *Critical reviews in analytical chemistry*, 55, 1005 - 1039.
20. Amfep Safe Handling Guide 2023.Pdf. *Amfep*.

## Contacter Enzymes.bio

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

E-MAIL [wholesale@enzymes.bio](mailto: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.