

Pullulanase liquide pour hydrolyse de l'amidon : production de sirop de glucose et de sirop de maltose

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

La pullulanase liquide est une enzyme de débranchement utilisée pour hydrolyser les liaisons α -1,6 des amidons ramifiés, notamment l'amylopectine et les dextrans limites, afin de rendre la saccharification plus complète. Dans la production de sirop de glucose ou de sirop riche en maltose, elle agit surtout en complément de la glucoamylase, de la bêta-amylase ou d'autres amylases, selon le profil de sucres recherché ^[1]. Enzymes.bio fournit cette préparation enzymatique liquide en ligne par unité de 1 kg ; le certificat d'analyse et la fiche de données de sécurité sont fournis avec la commande .

Pourquoi la pullulanase est utile dans l'hydrolyse industrielle de l'amidon

L'amidon industriel n'est pas un polymère linéaire unique. Il associe principalement l'amylose, plus linéaire, et l'amylopectine, fortement ramifiée par des liaisons α -1,6 reliant des segments glucidiques majoritairement α -1,4. Cette architecture ramifiée explique pourquoi une hydrolyse fondée uniquement sur des enzymes agissant surtout sur les liaisons α -1,4 peut laisser des fractions plus difficiles à convertir, souvent désignées comme dextrans limites ou résidus branchés ^[1].

La pullulanase occupe une place spécifique dans ce système : elle ne sert pas seulement à « couper l'amidon », mais à supprimer les points de branchement qui freinent l'action des enzymes de saccharification. En hydrolysant les liaisons α -1,6 du pullulane, de l'amylopectine et de certains oligosaccharides ramifiés, elle transforme une partie de la structure branchée en chaînes plus accessibles. Cette fonction de débranchement est au cœur de l'intérêt de la pullulanase dans l'industrie de l'amidon, des sirops et des substrats fermentescibles ^[1].

Pour un producteur de sirop de glucose, l'intérêt pratique est d'aider la glucoamylase à poursuivre la libération de glucose au-delà des limites imposées par les ramifications. Pour un producteur de sirop de maltose, l'intérêt est différent : la pullulanase prépare davantage de segments linéaires exploitables par des enzymes maltogènes ou par des amylases orientées vers la formation de maltose. Dans les

deux cas, elle fonctionne comme une enzyme de soutien structurale, c'est-à-dire une enzyme qui améliore l'accessibilité du substrat plutôt qu'une enzyme unique chargée de produire tout le profil de sucres final .

Nature du produit fourni par Enzymes.bio

Le produit **Pullulanase Enzyme Liquid For Starch Hydrolysis In Glucose And Maltose Syrup Production** est présenté comme une préparation enzymatique liquide destinée à l'hydrolyse de l'amidon pour la production de sirops de glucose et de maltose. Enzymes.bio intervient comme fournisseur en ligne de cette enzyme, et non comme fabricant ou laboratoire d'analyse. Le produit est vendu directement par unité de 1 kg ; les documents associés à la commande, notamment le CoA et la SDS, accompagnent l'achat .

La forme liquide est pertinente pour les procédés de transformation de l'amidon parce qu'elle facilite l'incorporation dans des flux aqueux déjà liquéfiés ou partiellement hydrolysés. Dans un schéma industriel typique, la pullulanase est introduite au moment où le substrat amylicé a été rendu accessible par les opérations amont du procédé. Elle n'est pas destinée à remplacer la liquéfaction, mais à améliorer la conversion des fractions ramifiées lors de la saccharification .

La page produit met en avant l'usage de cette pullulanase pour l'hydrolyse de l'amidon dans les sirops de glucose et de maltose. Cette orientation est cohérente avec les revues récentes sur les enzymes microbiennes et les enzymes alimentaires, qui décrivent les hydrolases amylolytiques comme des outils majeurs pour transformer les polysaccharides de réserve en sucres utilisables dans les ingrédients, les boissons, les fermentations et les procédés alimentaires ^[2].

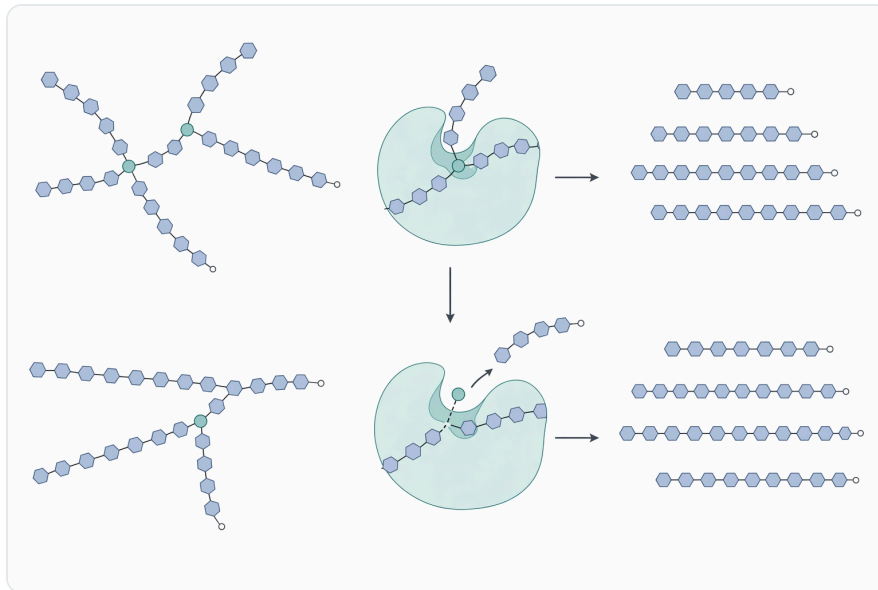


Figure 1. La pullulanase clive les liaisons de branchement α -1,6 dans les dextrans dérivées de l'amylopectine, produisant des chaînes de glucanes plus linéaires pour l'hydrolyse en aval.

Mécanisme d'action : débrancher avant de saccharifier complètement

Structure de l'amidon et blocage par les ramifications

La difficulté technique vient du fait que les enzymes amylolytiques n'ont pas toutes le même site d'action. Les α -amylases hydrolysent principalement des liaisons internes α -1,4 et réduisent la viscosité pendant la liquéfaction ; la glucoamylase libère du glucose à partir des extrémités non réductrices ; la bêta-amylase favorise la production de maltose à partir de chaînes linéaires. Les liaisons α -1,6 situées aux points de branchement ne sont pas toujours efficacement éliminées par ces enzymes, ce qui peut ralentir la conversion ou laisser des glucides résiduels plus longs ^[1].

La pullulanase agit précisément sur cette contrainte. En coupant les liaisons α -1,6, elle ouvre la structure de l'amylopectine et libère des chaînes plus linéaires. Ces chaînes deviennent ensuite plus accessibles aux enzymes qui produisent le glucose, le maltose ou d'autres oligosaccharides selon l'objectif industriel. C'est pourquoi la pullulanase est classée parmi les enzymes de débranchement de l'amidon, une fonction également étudiée dans le métabolisme de l'amidon végétal, où la débranching action participe à la modification des glucanes ramifiés ^[3].

Synergie avec les autres enzymes de saccharification

L'intérêt de la pullulanase repose donc sur la synergie. Dans un procédé orienté glucose, la glucoamylase peut théoriquement poursuivre l'hydrolyse des chaînes glucidiques jusqu'au glucose, mais son efficacité est limitée lorsque les ramifications α -1,6 réduisent le nombre de chaînes

exploitables ou ralentissent la progression. La pullulanase expose alors de nouvelles zones de substrat, ce qui rend la saccharification plus complète ^[1].

Dans un procédé orienté maltose, la logique est semblable mais le produit final visé change. Les enzymes maltogènes et la bêta-amylase travaillent mieux sur des chaînes linéaires appropriées ; le débranchement augmente donc la disponibilité de segments pouvant être convertis en maltose. La page produit d'Enzymes.bio positionne explicitement la pullulanase liquide dans cette double application : sirop de glucose et sirop de maltose issus de l'hydrolyse de l'amidon .

Pullulanase, isoamylase et autres enzymes de débranchement

La pullulanase n'est pas la seule enzyme capable d'intervenir sur les ramifications. L'isoamylase est également connue pour son rôle de débranchement dans certains contextes biologiques et technologiques. Une étude sur la pullulanase de manioc a notamment mis en évidence une action de débranchement synergique avec l'isoamylase 3 dans le catabolisme de l'amidon, ce qui illustre que plusieurs enzymes peuvent coopérer pour modifier une structure glucidique ramifiée ^[3].

Pour les sirops industriels, cette observation a une portée pratique : il ne faut pas considérer la pullulanase comme une enzyme isolée produisant toujours le même résultat, mais comme un composant d'un système enzymatique. Le résultat dépend du substrat, du niveau de liquéfaction, du profil enzymatique associé et de l'objectif final : glucose élevé, maltose élevé, mélange de sucres fermentescibles ou réduction des dextrines résiduelles ^[1].

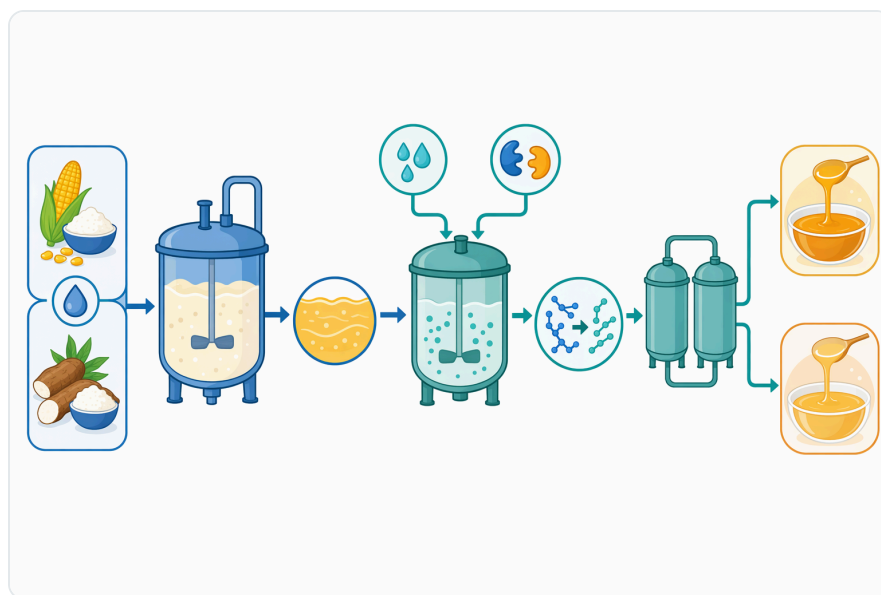


Figure 2. Dans la production de sirop d'amidon, la pullulanase est généralement utilisée après la gélatinisation et la liquéfaction, lorsque des dextrines ramifiées solubles sont disponibles pour le débranchement et la saccharification.

Comparaison des rôles enzymatiques dans un procédé amidon-sucre

Enzyme ou famille enzymatique	Site ou fonction dominante	Contribution dans le procédé	Limite si utilisée seule
α -amylase	Hydrolyse interne de liaisons α -1,4	Réduit la taille des chaînes et facilite la liquéfaction de l'amidon	Ne supprime pas efficacement tous les points α -1,6 ramifiés
Glucoamylase	Libération progressive de glucose à partir des extrémités	Orienté le procédé vers le sirop de glucose	L'accès aux chaînes peut être limité par les ramifications
Bêta-amylase / enzymes maltogènes	Formation de maltose à partir de chaînes linéaires appropriées	Orienté le profil vers un sirop riche en maltose	Nécessite des chaînes suffisamment accessibles et peu bloquées
Pullulanase	Hydrolyse des liaisons α -1,6 de l'amidon ramifié	Débranche l'amylopectine et les dextrines limitées ; améliore l'accès aux chaînes	Ne remplace pas les enzymes α -1,4 ni les enzymes productrices de glucose ou maltose
Isoamylase	Débranchement de glucanes ramifiés dans certains systèmes	Peut agir en synergie avec d'autres enzymes de débranchement	Son emploi dépend fortement du système enzymatique et du substrat

Cette comparaison montre pourquoi la pullulanase est souvent décrite comme une enzyme complémentaire. Sa valeur ne tient pas à une action générale sur toutes les liaisons de l'amidon, mais à sa spécialisation sur les ramifications α -1,6, qui limitent la conversion complète dans de nombreux procédés de saccharification ^[1].

Applications principales dans les sirops de glucose

La production de sirop de glucose repose sur la transformation de l'amidon en glucides de plus faible masse moléculaire, puis sur une saccharification poussée. Après liquéfaction, le substrat contient souvent un mélange de dextrines linéaires et ramifiées. La glucoamylase convertit les chaînes accessibles en glucose, mais les zones ramifiées peuvent ralentir l'hydrolyse et contribuer à la persistance de fractions non totalement converties ^[1].

L'ajout de pullulanase vise à réduire cette limitation. En éliminant des points de branchement, elle augmente la proportion de chaînes disponibles pour la glucoamylase. Le bénéfice attendu est une conversion plus poussée vers le glucose et une réduction de certaines dextrines résiduelles, à

condition que le reste du procédé soit correctement maîtrisé. La page produit associe directement cette enzyme à l'hydrolyse de l'amidon pour la production de sirop de glucose .

Il est important de formuler cet avantage avec précision. La pullulanase ne garantit pas à elle seule un profil glucidique donné : elle ne remplace pas la glucoamylase et ne corrige pas une liquéfaction insuffisante. Elle améliore surtout l'accessibilité des structures branchées, ce qui permet aux enzymes productrices de glucose de travailler plus efficacement dans un système bien conçu ^[1].

Applications principales dans les sirops riches en maltose

Dans les sirops de maltose, l'objectif n'est pas de convertir tout le substrat en glucose, mais d'obtenir un profil glucidique enrichi en maltose. Les chaînes linéaires sont particulièrement importantes, car elles offrent aux enzymes maltogènes des zones de coupe plus adaptées. Les ramifications α -1,6 peuvent réduire cette disponibilité et favoriser la formation d'un mélange plus large de dextrines et d'oligosaccharides ^[1].

La pullulanase intervient donc en amont ou pendant la saccharification pour produire davantage de segments linéaires à partir de l'amylopectine. Une fois les points de branchement supprimés, les enzymes orientées maltose peuvent convertir plus efficacement les chaînes exposées. C'est cette fonction qui justifie l'emploi de la pullulanase liquide dans les procédés de sirop de maltose indiqués par Enzymes.bio .

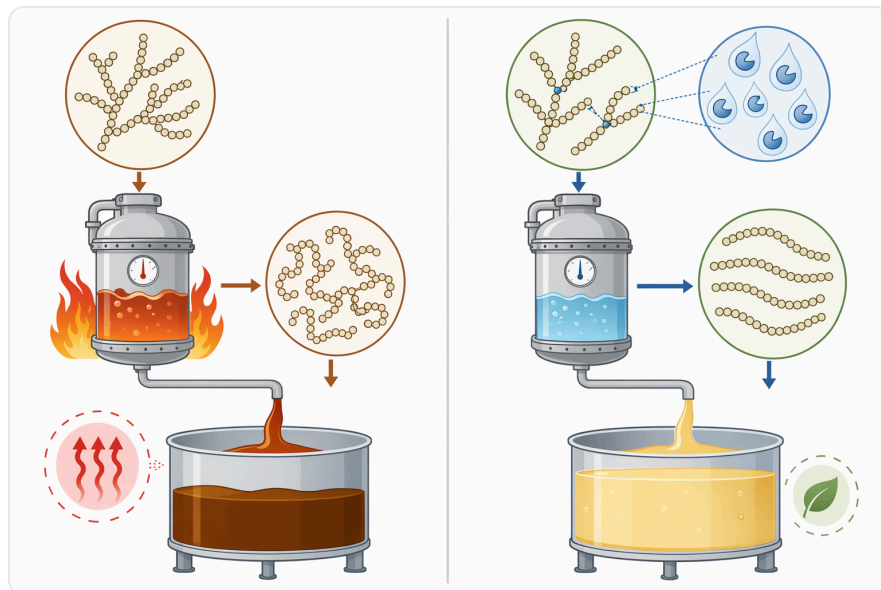


Figure 3. L' α -amylase, la pullulanase, la glucoamylase et les enzymes formant du maltose ciblent différentes caractéristiques de l'amidon et jouent donc des rôles complémentaires dans la production de sirop.

Le profil final dépend toutefois du couple enzymatique. Avec une glucoamylase dominante, la tendance ira vers le glucose ; avec des enzymes maltogènes adaptées, l'équilibre peut être déplacé vers le maltose. La pullulanase n'impose donc pas le profil sucre final : elle rend le substrat plus accessible et laisse le profil se construire selon les enzymes partenaires et les paramètres de saccharification [1].

Utilisation dans les substrats fermentescibles

Au-delà des sirops édulcorants, l'hydrolyse de l'amidon sert aussi à préparer des substrats fermentescibles. Dans les boissons fermentées, les bioprocédés ou les ingrédients issus de fermentation, la disponibilité en glucose, maltose et autres sucres assimilables influence directement la performance microbienne. Les revues sur les enzymes microbiennes soulignent l'importance des enzymes alimentaires dans la conversion de macromolécules comme l'amidon en molécules plus simples utilisables par les procédés industriels [2].

La pullulanase peut contribuer à cette préparation lorsque l'amidon branché limite la libération de sucres fermentescibles. Elle est particulièrement pertinente si le procédé utilise des matières premières riches en amylopectine ou si les dextrans résiduelles réduisent l'efficacité de la fermentation. L'objectif n'est pas nécessairement d'obtenir un sirop commercial final, mais de produire une base glucidique plus facilement métabolisable [1].

Cette logique doit rester liée au procédé complet. Les matières premières amylicées diffèrent par leur origine botanique, leur structure granulaire, leur comportement à la chaleur et leur proportion relative d'amylose et d'amylopectine. Des travaux récents sur les interactions de l'amidon avec des composés alimentaires montrent que la digestibilité et la disponibilité enzymatique de l'amidon peuvent être modifiées par la structure de la matrice, les interactions moléculaires et les traitements appliqués [4].

Incidence sur la texture et la fonctionnalité des matrices amidonnées

La pullulanase ne concerne pas seulement les sirops. Dans certains aliments amidonnés, la modification enzymatique des ramifications peut changer la texture, la rétrogradation, la résistance à la digestion ou la structuration du gel. Une étude sur des vermicelles de gland a examiné l'effet de l'hydrolyse enzymatique par pullulanase sur la texture et le mécanisme influençant la qualité du produit, ce qui illustre l'impact de la déstructuration enzymatique sur des matrices alimentaires riches en amidon [5].

Cette observation est utile pour les transformateurs qui travaillent avec des amidons hors sirops, mais elle doit être interprétée avec prudence. Dans un sirop de glucose ou de maltose, l'objectif principal est la conversion en sucres ; dans un aliment structuré, l'objectif peut être la texture, la tenue au

refroidissement ou la digestibilité. Le même mécanisme de débranchement peut donc produire des effets industriels très différents selon le niveau d'hydrolyse recherché et la matrice ^[5].

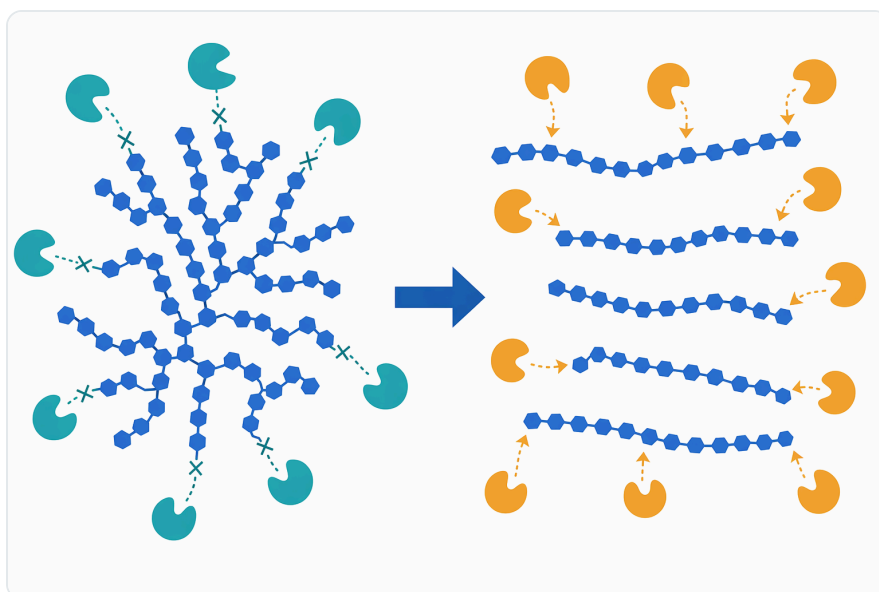


Figure 4. Le débranchement modifie la géométrie du pool de dextrans en supprimant les obstacles constitués par les ramifications et en augmentant les régions de chaînes linéaires accessibles.

Les modifications enzymatiques de l'amidon sont aussi étudiées dans d'autres secteurs, notamment pour ajuster les propriétés de surface, de collage ou de rhéologie. Une étude sur l'amidon modifié enzymatiquement pour l'encollage de surface du papier met en évidence l'importance des modes d'action et des sites d'action des différentes enzymes, confirmant que le choix enzymatique doit être relié au résultat fonctionnel attendu ^[6].

Facteurs de performance à comprendre sans surinterpréter

Nature de l'amidon

Tous les amidons ne répondent pas de façon identique. L'amidon de maïs, de blé, de tapioca, de pomme de terre, de riz ou d'autres sources végétales peut différer par sa taille granulaire, son comportement de gélatinisation et son rapport amylose/amylopectine. La pullulanase agit sur les ramifications, mais son efficacité apparente dépend de l'accessibilité de ces ramifications après préparation du substrat ^[1].

Les recherches sur l'amidon résistant montrent que la structure de l'amidon et les réarrangements des chaînes influencent fortement la digestion enzymatique. Même si ces travaux portent souvent sur la nutrition plutôt que sur les sirops, ils rappellent un principe commun : l'accessibilité enzymatique dépend autant de l'organisation physique de l'amidon que de la spécificité de l'enzyme ^[7].

Degré de liquéfaction

Une pullulanase appliquée sur un amidon insuffisamment préparé peut ne pas exprimer pleinement son intérêt industriel. La liquéfaction réduit la viscosité, disperse le substrat et produit des dextrines plus accessibles. Le débranchement devient ensuite plus efficace parce que les liaisons α -1,6 sont mieux exposées aux enzymes [1].

Inversement, une liquéfaction trop orientée vers certains profils de dextrines peut modifier le rôle attendu de la pullulanase. Le système enzymatique doit donc être pensé comme une séquence : rendre l'amidon accessible, débrancher les fractions ramifiées, puis pousser la saccharification vers le glucose ou le maltose. La page produit situe la pullulanase dans cette logique d'hydrolyse de l'amidon pour la production de sirops .

Enzymes partenaires

Le choix des enzymes partenaires est déterminant. En association avec une glucoamylase, la pullulanase soutient la production de glucose ; en association avec une enzyme maltogène, elle peut favoriser un profil riche en maltose. Cette différence explique pourquoi deux procédés utilisant la même pullulanase peuvent produire des sirops très différents [1].

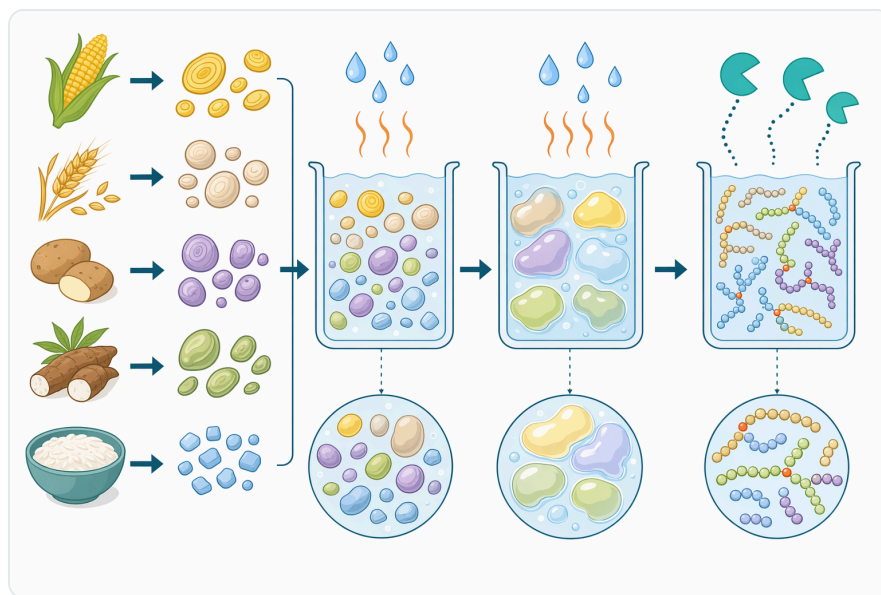


Figure 5. La structure botanique de l'amidon et le prétraitement influencent l'accessibilité des liaisons de branchement α -1,6 à la pullulanase.

La littérature sur les enzymes microbiennes appliquées à l'industrie alimentaire insiste sur cette diversité fonctionnelle : les enzymes ne sont pas interchangeables, car leur valeur dépend de leur spécificité de substrat, de leur site d'action et de leur compatibilité avec le procédé. La pullulanase doit

donc être comprise comme une enzyme de débranchement au sein d'un ensemble enzymatique plus large ^[2].

Tableau : interpréter les objectifs industriels selon l'enzyme associée

Objectif industriel	Rôle attendu de la pullulanase	Enzymes généralement complémentaires	Effet recherché sur le profil glucidique
Sirop de glucose	Supprimer des ramifications α -1,6 qui ralentissent la conversion	Glucoamylase, avec enzymes de liquéfaction en amont	Plus grande disponibilité de chaînes convertibles en glucose
Sirop riche en maltose	Fournir des chaînes plus linéaires aux enzymes maltogènes	Bêta-amylase ou enzymes maltogènes selon le procédé	Profil orienté vers le maltose plutôt que vers des dextrines ramifiées
Base fermentescible	Réduire les fractions branchées peu accessibles	Mélange d'amylases selon la matière première	Libération plus efficace de sucres assimilables
Modification fonctionnelle d'amidon	Modifier la ramification et la structure des chaînes	Dépend de la texture ou de la fonctionnalité visée	Changement de texture, digestibilité ou comportement rhéologique

Ce tableau résume un point essentiel : la pullulanase ne définit pas seule l'application finale. Elle prépare la structure glucidique afin que les enzymes de saccharification ou de fonctionnalisation puissent atteindre plus efficacement leur propre objectif ^[1].

Ce que les données scientifiques permettent d'affirmer

Les données disponibles soutiennent fortement le rôle de la pullulanase comme enzyme de débranchement. La revue consacrée à la pullulanase dans l'industrie alimentaire la présente comme une enzyme prometteuse pour des applications liées à l'amidon et aux sucres, notamment grâce à sa capacité à hydrolyser les ramifications qui limitent la conversion enzymatique ^[1].

Les travaux sur la pullulanase de manioc apportent une confirmation mécanistique complémentaire : la pullulanase participe à une action de débranchement, et cette action peut être synergique avec d'autres enzymes telles que l'isoamylase dans le catabolisme de l'amidon. Même si ce contexte biologique n'est pas identique à une ligne de production de sirop, il confirme le principe biochimique central de l'enzyme ^[3].

Les études sur la modification enzymatique d'amidons alimentaires, comme celle portant sur les vermicelles de gland, montrent que l'hydrolyse par pullulanase peut modifier les propriétés d'une matrice amidonnée. Pour les sirops, cela renforce l'idée qu'une action ciblée sur les ramifications peut avoir des conséquences mesurables sur la fonctionnalité du produit issu de l'amidon [5].

Les revues générales sur les enzymes microbiennes dans l'industrie alimentaire situent enfin la pullulanase dans un ensemble plus large d'enzymes utilisées pour transformer les polysaccharides, améliorer les procédés et produire des ingrédients à valeur fonctionnelle. Cette perspective confirme que l'emploi d'enzymes spécialisées est une stratégie industrielle établie, mais elle ne dispense pas d'adapter le procédé à chaque substrat [2].



Figure 6. La même action de débranchement de la pullulanase peut soutenir la production de sirop de glucose, de sirop de maltose ou de flux de sucres fermentescibles, selon le système enzymatique associé.

Ce qu'il ne faut pas attendre de la pullulanase

La pullulanase ne doit pas être présentée comme une enzyme universelle d'hydrolyse complète de l'amidon. Son action principale concerne les liaisons α -1,6 ; elle ne remplace pas les enzymes qui clivent efficacement les liaisons α -1,4 ni celles qui déterminent directement le niveau de glucose ou de maltose final. Une formulation technique correcte doit donc parler de débranchement, d'accessibilité et de synergie, plutôt que de conversion totale automatique [1].

Elle ne corrige pas non plus tous les problèmes de procédé. Si l'amidon est mal gélatinisé, si la liquéfaction est insuffisante ou si le système enzymatique associé n'est pas adapté au profil de sucre visé, l'ajout de pullulanase ne produira pas nécessairement le résultat attendu. Les interactions entre

structure de l'amidon, matrice alimentaire et accès enzymatique sont bien documentées dans les travaux sur la digestion et la modification de l'amidon ^[4].

Enfin, les performances observées dans une étude ou une application ne doivent pas être transposées mécaniquement à toutes les matières premières. Les amidons végétaux et les matrices alimentaires diffèrent fortement, et les travaux sur l'amidon résistant montrent que l'organisation des chaînes et les traitements hydrothermiques peuvent modifier la résistance à l'hydrolyse ^[7].

Sécurité, manipulation et documentation

Comme toute préparation enzymatique, une pullulanase liquide doit être manipulée avec les précautions adaptées aux enzymes industrielles. Les enzymes sont des protéines biologiquement actives ; l'exposition répétée aux aérosols, aux éclaboussures ou au contact direct peut nécessiter des mesures de prévention appropriées en environnement professionnel. La SDS fournie avec la commande doit être utilisée comme document de référence pour la manipulation, le stockage et les mesures de sécurité applicables .

Le CoA fourni avec la commande sert à documenter le lot livré, tandis que la SDS décrit les précautions de sécurité. Enzymes.bio fournit ces documents avec la commande, conformément aux informations produit disponibles. Cette précision est importante pour les utilisateurs B2B qui doivent intégrer l'enzyme dans leur gestion qualité et sécurité sans supposer qu'Enzymes.bio réalise des essais de développement ou agit comme laboratoire de validation procédé .

Positionnement pratique pour les utilisateurs B2B

Pour un fabricant de sirop, l'intérêt de cette pullulanase liquide peut se résumer en trois fonctions : débrancher l'amylopectine, réduire l'effet limitant des dextrans ramifiées et améliorer l'efficacité des enzymes de saccharification. Ces fonctions sont particulièrement pertinentes lorsque le procédé vise un sirop de glucose plus complètement saccharifié ou un sirop de maltose obtenu à partir de chaînes mieux linéarisées ^[1].

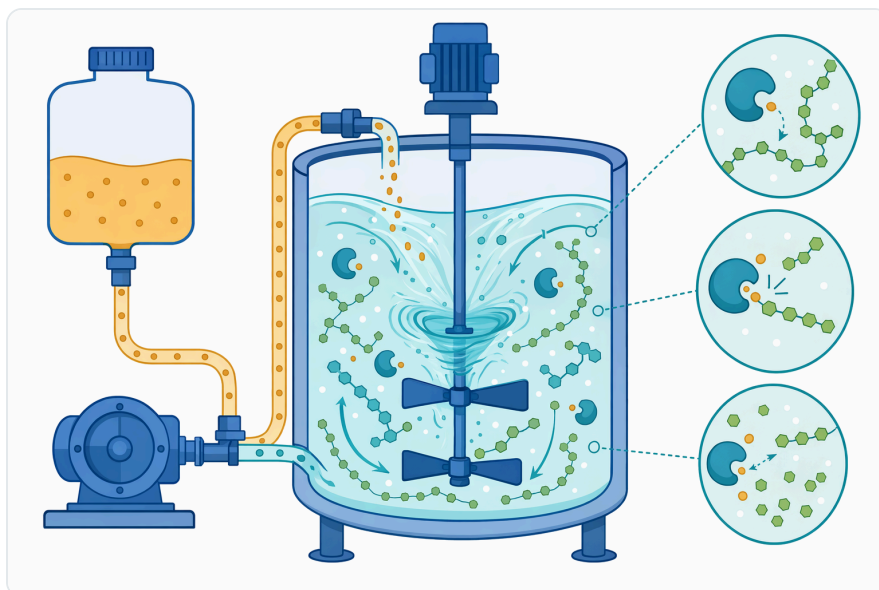


Figure 7. Une formulation liquide de pullulanase facilite le dosage et la dispersion dans les flux aqueux d'hydrolyse de l'amidon.

Pour un utilisateur travaillant sur des substrats fermentescibles, la pullulanase peut aider à libérer davantage de sucres assimilables à partir d'une base amylicée. Elle n'est cependant pas une solution autonome : elle doit s'intégrer à une stratégie enzymatique comprenant la préparation du substrat, la liquéfaction et la saccharification par des enzymes complémentaires. Cette logique est cohérente avec l'usage industriel des enzymes microbiennes dans la transformation alimentaire [2].

Pour un utilisateur formulant des produits amidonnés structurés, la pullulanase peut aussi être comprise comme un outil de modification de la structure de l'amidon. Les effets peuvent concerner la texture ou la fonctionnalité, comme l'illustrent les travaux sur des produits à base d'amidon soumis à une hydrolyse par pullulanase. Ces applications sont distinctes des sirops, mais elles reposent sur le même mécanisme de débranchement [5].

Conclusion technique

La **pullulanase liquide pour hydrolyse de l'amidon** est une enzyme spécialisée qui cible les liaisons α -1,6 des structures ramifiées, en particulier l'amylopectine et les dextrines limites. Dans la production de sirop de glucose, elle soutient l'action de la glucoamylase ; dans la production de sirop de maltose, elle augmente la disponibilité de chaînes linéaires exploitables par des enzymes maltogènes. Son rôle principal est donc d'améliorer l'accessibilité du substrat et la cohérence de la saccharification, plutôt que de remplacer les autres enzymes du procédé [1].

Les sources scientifiques disponibles confirment la valeur du débranchement enzymatique dans la transformation de l'amidon, la synergie possible avec d'autres enzymes et l'impact de la pullulanase sur les matrices amidonnées. Les résultats industriels restent toutefois dépendants de la matière première, de la préparation du substrat, du système enzymatique associé et du profil de sucres recherché ^[3].

Enzymes.bio fournit cette pullulanase sous forme liquide, vendue en ligne par unité de 1 kg, avec CoA et SDS fournis avec la commande. Pour les utilisateurs B2B, elle représente un outil technique ciblé pour améliorer l'hydrolyse de l'amidon dans les procédés de sirop de glucose, de sirop de maltose et de substrats fermentescibles, à condition de l'intégrer comme enzyme de débranchement au sein d'un procédé complet .

Commander Pullulanase Enzyme Liquid For Starch Hydrolysis In Glucose And Maltose Syrup Production 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 Pullulanase Enzyme Liquid For Starch Hydrolysis In Glucose And Maltose Syrup Production](#)
→

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. Naik, B., Kumar, V., Goyal, S., Tripathi, A. D., Mishra, S., Saris, P. E. J., Kumar, A., ... et al. (2023). [Pullulanase: unleashing the power of enzyme with a promising future in the food industry](#). *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 11.
2. Kumar, A., Dhiman, S., Krishan, B., Samtiya, M., Kumari, A., Pathak, N., Kumari, A., ... et al. (2024). [Microbial enzymes and major applications in the food industry: a concise review](#). *Food Production, Processing and Nutrition*, 6.
3. Wangpaiboon, K., Charoenwongpaiboon, T., Klaewkla, M., Field, R. A., & Panpetch, P. (2023). [Cassava pullulanase and its synergistic debranching action with isoamylase 3 in starch catabolism](#). *Frontiers in Plant Science*, 14.
4. Chen, N., Gao, H., He, Q., Yu, Z., & Zeng, W. (2020). [Interaction and action mechanism of starch with different phenolic compounds](#). *International Journal of Food Science and Nutrition*, 71, 726 - 737.
5. Chen, P., Xie, Q., Wang, R., Wang, S., Cheng, J., & Zhang, B. (2022). [Effects of pullulanase enzymatic hydrolysis on the textural of acorn vermicelli and its influencing mechanism on the quality](#). *Food Research International*, 156, 111294 .

6. Wang, T., Wang, F., Ma, R., & Tian, Y. (2022). Enzymatically modified starch for paper surface sizing: Enzymes with different action modes and sites. *Carbohydrate Polymers*, 291, 119636 .
7. Zeng, Y., Ali, M., Du, J., Li, X., Yang, X., Yang, J., Pu, X., ... et al. (2022). Resistant Starch in Rice: Its Biosynthesis and Mechanism of Action Against Diabetes-Related Diseases. *Food reviews international (Print)*, 39, 4364 - 4387.

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.