

Debranching Enzyme For Brewing Industry : enzyme de débranchement pour conversion de l'amidon, fermentescibilité du moût et brassage avec adjoints

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

Debranching Enzyme For Brewing Industry est une enzyme de procédé destinée à aider les brasseries à traiter les ramifications de l'amidon, en particulier les liaisons α -1,6 de l'amylopectine. En complément des amylases, elle peut rendre les chaînes glucaniques plus accessibles, soutenir la production de sucres fermentescibles et améliorer la régularité de conversion dans les moûts contenant du malt, des céréales adjointes ou des matières premières alternatives ^[1].

Comprendre le rôle d'une enzyme de débranchement en brasserie

Dans un moût brassicole, l'amidon n'est pas un polymère uniforme. Il associe principalement l'amylose, plus linéaire, et l'amylopectine, fortement ramifiée. Les amylases qui coupent les liaisons α -1,4 progressent efficacement sur les segments linéaires, mais les points de branchement α -1,6 de l'amylopectine peuvent laisser des dextrans limités moins accessibles. Les enzymes de débranchement microbiennes, décrites notamment dans la littérature sous les familles fonctionnelles de type pullulanase ou isoamylase, sont étudiées pour leur capacité à hydrolyser ces points de branchement et à modifier l'architecture des polysaccharides amyliques ^[1].

En brasserie, cette action n'a de sens que replacée dans l'ensemble du schéma enzymatique du brassage. La germination de l'orge pendant le maltage active un réseau d'enzymes qui contribuent à la dégradation de l'amidon, des protéines et des parois cellulaires, puis ces activités influencent la fermentescibilité, la filtration et la qualité du moût. Les travaux sur les lots commerciaux de malt montrent que les profils enzymatiques du malt sont directement liés à la fermentabilité, au lautering et à la performance de filtration de la bière, ce qui explique pourquoi une enzyme exogène peut être envisagée comme outil de correction ou de renforcement lorsque la matière première ou le procédé le justifie ^[2].

Enzymes.bio référence **Debranching Enzyme For Brewing Industry** dans sa gamme d'enzymes de brassage, aux côtés d'autres enzymes couramment associées à la transformation des céréales et à la production de moût. Le produit est vendu directement en ligne par unité de 1 kg ; le certificat d'analyse et la fiche de données de sécurité sont fournis avec la commande, afin que l'utilisateur dispose des documents d'accompagnement usuels pour son organisation qualité et sécurité .

Mécanisme biochimique : pourquoi cibler les liaisons α -1,6 ?

L'amylopectine peut être représentée comme une structure arborescente : des chaînes glucosidiques α -1,4 forment les segments principaux, tandis que des liaisons α -1,6 créent les embranchements. Une α -amylase réduit rapidement la taille moyenne des chaînes en attaquant les liaisons α -1,4 internes, mais elle ne supprime pas à elle seule l'ensemble des ramifications. Une enzyme de débranchement apporte donc une fonction complémentaire : elle ouvre certains nœuds de l'amylopectine, produisant des chaînes plus linéaires qui peuvent ensuite être hydrolysées plus efficacement par d'autres enzymes amylolytiques ^[1].

Cette complémentarité est importante, car la fermentescibilité ne dépend pas seulement de la quantité totale d'amidon solubilisé. Elle dépend aussi du profil des sucres et dextrines obtenus : glucose, maltose, maltotriose et dextrines résiduelles n'ont pas le même comportement pendant la fermentation. Les études sur les enzymes du malt montrent que la contribution enzymatique globale influence la fermentabilité du moût, ce qui justifie une approche par fonctions : liquéfaction, saccharification, débranchement et, lorsque nécessaire, réduction de la viscosité par des enzymes ciblant les parois cellulaires ^[2].

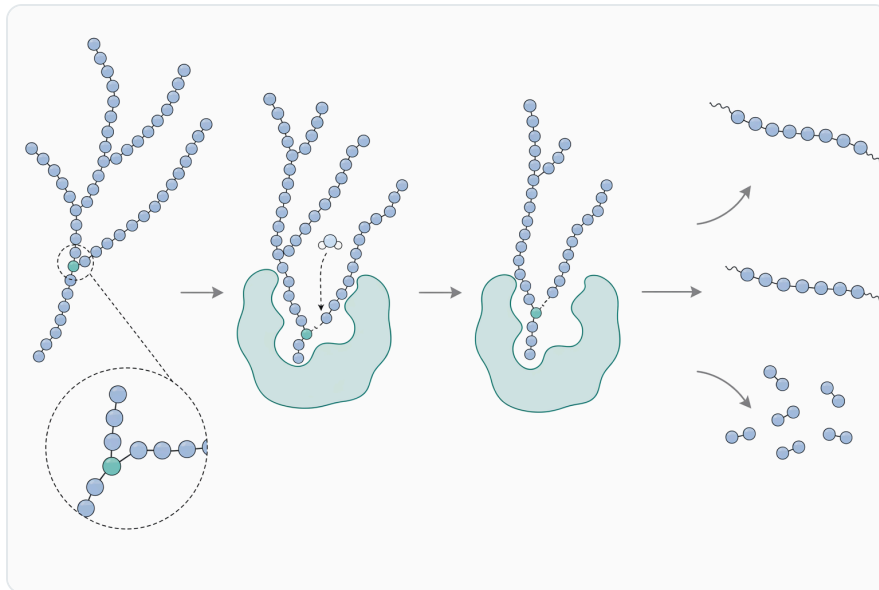


Figure 1. 풀룰라나아제형 가지절단 효소는 아밀로펙틴 유래 덱스트린의 α -1,6 가지 결합을 가수분해하여, 다른 아밀라아제가 생성된 사슬을 추가로 분해할 수 있게 한다.

Les enzymes de débranchement ne doivent donc pas être vues comme un substitut universel aux amylases. Elles interviennent plutôt sur une limite structurelle : la présence de points α -1,6 qui empêchent une partie des chaînes d'être converties comme des chaînes linéaires classiques. Dans les applications industrielles de l'amidon, les enzymes microbiennes de débranchement sont étudiées pour la production de sirops, la modification de l'amidon et l'amélioration de la saccharification ; cette base mécanistique est directement pertinente pour les procédés brassicoles qui cherchent à mieux valoriser l'amidon disponible [1].

Où l'intégrer dans le procédé de brassage ?

L'enzyme de débranchement est surtout pertinente lorsque l'amidon est déjà suffisamment hydraté, gonflé, gélatinisé ou liquéfié pour que les sites de branchement soient accessibles. Si les granules d'amidon restent physiquement inaccessibles, l'effet enzymatique sera limité par la matrice et non par la seule spécificité catalytique. C'est pourquoi son intérêt pratique se manifeste généralement dans un schéma où une α -amylase a déjà contribué à ouvrir et liquéfier la matière amyliacée, ou dans un programme de brassage où les conditions thermiques rendent l'amidon des céréales disponible à l'hydrolyse [3].

Dans un brassage traditionnel à base de malt d'orge bien modifié, l'activité enzymatique native peut suffire pour de nombreux styles. Cependant, la variabilité des malts commerciaux reste réelle : les profils enzymatiques diffèrent selon les lots et peuvent affecter la fermentescibilité, la filtration et la

performance globale du brassage. Une enzyme de débranchement peut alors être envisagée comme un levier de procédé dans les cas où les dextrines ramifiées limitent la conversion ou lorsque l'on recherche une atténuation plus régulière [2].

Dans les brassins riches en adjoints, la logique devient encore plus nette. Les céréales non maltées ou partiellement maltées peuvent apporter de l'amidon sans apporter le même niveau d'enzymes endogènes que le malt d'orge. Les recherches sur les matières premières alternatives, comme les bières sans gluten ou les malts de blé spécifiques, montrent que le choix de la céréale influence fortement les attributs physicochimiques, sensoriels et technologiques du produit final ; une stratégie enzymatique adaptée aide alors à mieux maîtriser la conversion du moût [4] [5].

Comparaison avec les autres enzymes de brassage

Une confusion fréquente consiste à regrouper toutes les enzymes de brassage sous l'étiquette générale d'« améliorants de conversion ». En réalité, chaque enzyme traite un obstacle différent. L'enzyme de débranchement cible les ramifications de l'amidon ; la β -glucanase vise surtout les polysaccharides de paroi qui augmentent la viscosité ; les protéases modifient les protéines ; les amylases linéarisent ou saccharifient les chaînes glucidiques selon leur mode d'action. Les performances de filtration et de fermentabilité observées dans les malts dépendent précisément de cette combinaison de fonctions enzymatiques [2].

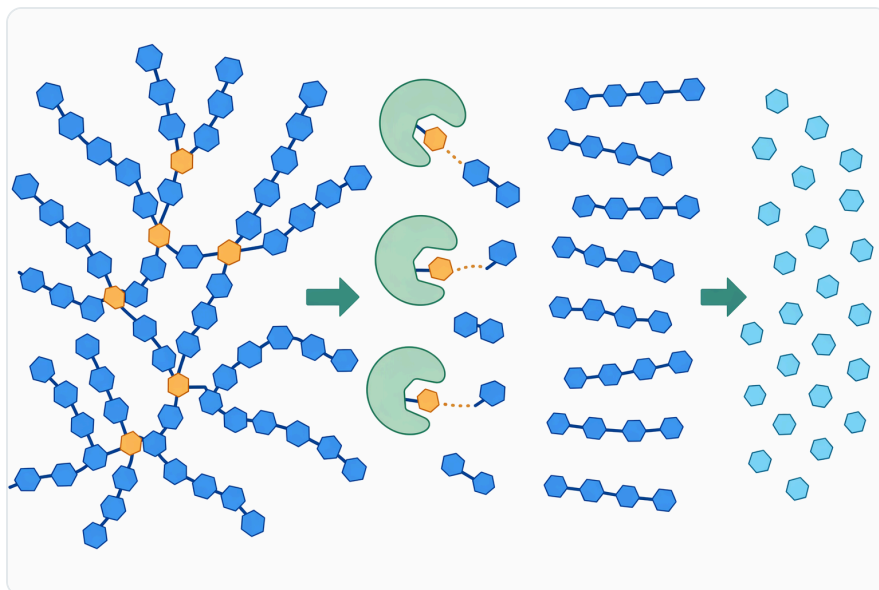


Figure 2. 가지절단은 가지가 많은 덱스트린 구조를 가지가 적은 사슬로 전환해 당화 효소가 더 쉽게 작용할 수 있도록 한다.

Fonction enzymatique	Substrat principal dans le moût	Effet technologique recherché	Limite à ne pas confondre
Enzyme de débranchement	Points α -1,6 de l'amylopectine et dextrines ramifiées	Rendre les chaînes plus linéaires et plus accessibles aux amylases	Ne résout pas directement les problèmes de β -glucanes ou de protéines
α -amylase	Liaisons α -1,4 internes de l'amidon	Liquéfaction, réduction de la taille des chaînes, formation de dextrines	Ne supprime pas complètement les ramifications α -1,6
β -amylase	Extrémités non réductrices de chaînes α -1,4	Production de maltose et contribution à la fermentescibilité	Progression limitée à proximité des points de branchement
Glucoamylase	Extrémités de dextrines et chaînes glucidiques	Production accrue de glucose et fermentation plus complète	Son effet dépend de l'accessibilité des chaînes
β -glucanase	β -glucanes des parois cellulaires	Diminution de la viscosité, amélioration du laitering et de la filtration	N'est pas une enzyme de débranchement de l'amidon
Protéases	Protéines du malt ou des céréales	Modification du profil azoté, de la stabilité colloïdale et de la matrice	Ne convertissent pas l'amidon en sucres fermentescibles

Cette comparaison montre pourquoi l'enzyme de débranchement est surtout un outil de conversion amylicée. Si le problème principal est un moût lent à filtrer à cause des β -glucanes, une β -glucanase sera plus directement concernée. Si l'objectif est de réduire des dextrines limites ramifiées et de permettre aux amylases ou à la glucoamylase de poursuivre l'hydrolyse, l'enzyme de débranchement devient un choix plus cohérent avec le mécanisme visé ^[1].

Effets attendus sur la fermentescibilité et l'atténuation

Le bénéfice le plus recherché est l'amélioration de la fermentescibilité du moût, en particulier lorsque la recette ou le procédé laisse une proportion significative de dextrines ramifiées. En ouvrant les points α -1,6, l'enzyme de débranchement peut augmenter la fraction de chaînes accessibles aux enzymes saccharifiantes. Le résultat attendu n'est pas simplement « plus de sucre », mais un profil glucidique plus favorable à l'action des levures, selon la souche, le style de bière et la stratégie de fermentation ^[1].

Cette notion est particulièrement pertinente pour les bières sèches, les bières à faible densité finale, les brassins à haute densité et les procédés visant une atténuation plus complète. Des travaux sur **Schizosaccharomyces pombe** en culture mixte ont montré l'intérêt de stratégies visant une atténuation plus complète des moûts à haute densité ; même si cette étude porte sur la levure et non sur l'enzyme de débranchement, elle illustre l'importance industrielle du contrôle des sucres fermentescibles dans ce type de procédé ^[6].

Il faut cependant rester précis : une enzyme de débranchement ne garantit pas à elle seule une atténuation donnée. L'atténuation dépend aussi de la levure, de la composition du moût, de la température de fermentation, de l'azote assimilable, de l'oxygénation, du pH et des choix de brassage. L'enzyme agit en amont, sur la structure de l'amidon et des dextrines ; elle peut créer de meilleures conditions de saccharification, mais la fermentation finale reste un système biologique complet ^[3].

Applications dans les brassins avec adjoints céréaliers

Les adjoints comme le maïs, le riz, le sorgho, le blé, l'avoine, le triticale ou d'autres sources d'amidon modifient à la fois la charge en amidon, la composition des parois, la teneur en protéines et la disponibilité enzymatique du moût. Les recherches récentes sur les bières sans gluten montrent que les choix de matières premières et les paramètres de procédé influencent directement les attributs de qualité et les attentes sensorielles des consommateurs. Dans ce contexte, l'enzyme de débranchement peut être intégrée comme outil de conversion, surtout lorsque l'amidon d'adjoints doit être mieux hydrolysé ^[4].

Le cas des céréales alternatives est instructif, car elles ne se comportent pas toujours comme l'orge maltée. Une étude sur le malt de blé Maiorca a montré que les propriétés physicochimiques, les composés volatils et l'évaluation sensorielle doivent être analysés ensemble pour comprendre l'impact de la matière première sur le brassage et le produit final. Cette observation vaut aussi pour l'usage d'enzymes : améliorer la conversion de l'amidon ne doit pas être dissocié des effets sur le corps, la perception de sécheresse, la texture et l'équilibre aromatique ^[5].

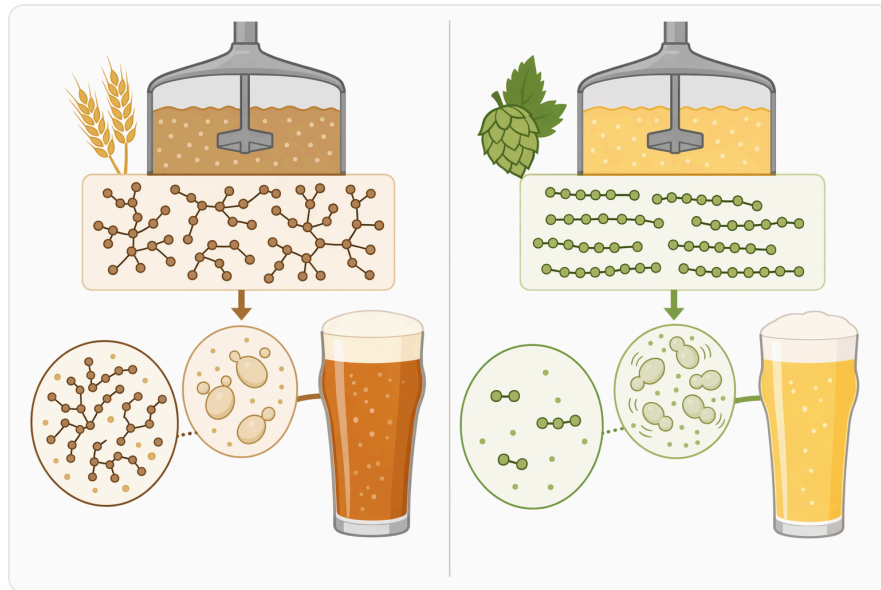


Figure 3. α -아밀라아제, β -아밀라아제, 글루코아밀라아제, 가지절단 효소는 서로 다른 전분 결합이나 사슬 위치에 작용하므로, 맥주의 탄수화물 전환에서 상호 보완적인 역할을 한다.

Des travaux sur le triticale ont également exploré le développement d'un biocatalyseur amylolytique destiné à l'hydrolyse de l'amidon et à l'augmentation des sucres du moût. Même si ce type d'approche ne se confond pas avec l'ajout isolé d'une enzyme de débranchement, il confirme la tendance industrielle : les matières premières céréalières alternatives nécessitent souvent une stratégie enzymatique plus explicite que les brassins classiques fondés sur un malt d'orge bien modifié ^[7].

Matières premières sans gluten et bières spécialisées

Les bières sans gluten ou à base de céréales non conventionnelles posent un double défi : obtenir un moût fermentescible et conserver un profil sensoriel acceptable. Les recherches sur le développement de bières artisanales sans gluten soulignent que le procédé de brassage influence fortement la qualité et les propriétés sensorielles attendues. Dans ces formulations, l'enzyme de débranchement peut contribuer à la gestion de l'amidon, mais elle doit s'intégrer à une approche globale incluant les enzymes amylolytiques, la filtration, la fermentation et le profil gustatif ^[4].

Il ne faut pas confondre cette fonction avec la réduction du gluten ou des hordeines. Les travaux sur la production de bière sans gluten se concentrent notamment sur la dégradation des hordeines pendant le maltage et le brassage, ainsi que sur le rôle de technologies modernes et de peptidases endogènes. Une enzyme de débranchement agit sur les glucides ramifiés, non sur les protéines de gluten ; elle peut donc aider la conversion de l'amidon dans une formulation sans gluten, mais elle ne constitue pas à elle seule une stratégie de gestion des protéines immunoréactives ^[8].

Dans les boissons fermentées à base de légumineuses ou d'autres matrices riches en glucides, la question devient encore plus spécifique. Les travaux sur le potentiel des moûts à base de légumineuses pour des applications brassicoles montrent que ces matrices doivent être évaluées pour leur aptitude réelle à produire un moût fermentescible et technologiquement stable. Dans ce type d'innovation, le débranchement de l'amidon peut être utile si la matrice contient des polysaccharides amyliques pertinents, mais le procédé doit tenir compte de la composition complète de la matière première ^[9].

Interaction avec la filtration, la viscosité et la clarté du moût

Une enzyme de débranchement peut contribuer indirectement à la fluidité d'un moût si des dextrines amyliques ramifiées participent à la charge colloïdale ou à la viscosité. Toutefois, elle n'est pas l'outil principal pour traiter les problèmes de laitering liés aux parois cellulaires. Les performances de filtration du moût sont souvent influencées par plusieurs familles enzymatiques du malt, dont celles qui dégradent les β -glucanes et autres composants structuraux ; les profils enzymatiques des malts commerciaux ont été associés à la fois à la fermentabilité, au laitering et à la filtration de la bière ^[2].

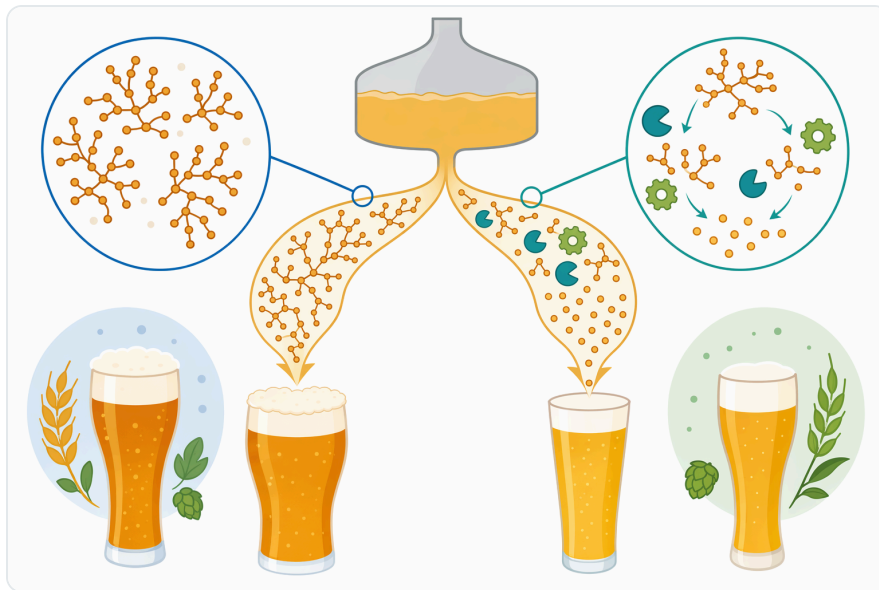


Figure 4. 가지가 있는 덱스트린을 줄이면 맥즙 조성이 더 발효 가능한 탄수화물 쪽으로 이동하고, 잔류 덱스트린의 기여가 낮아질 수 있다.

Cette distinction est essentielle pour éviter les attentes irréalistes. Si un brassin d'orge, de blé ou d'avoine présente une viscosité élevée à cause de β -glucanes, une stratégie centrée uniquement sur le débranchement de l'amidon risque de ne pas corriger le problème. À l'inverse, si la filtration est acceptable mais que la densité finale reste trop élevée en raison d'une fraction dextrinique persistante, l'enzyme de débranchement peut être plus pertinente, surtout en combinaison avec une saccharification adaptée ^[3].

Les enzymes fongiques et microbiennes étudiées pour le maltage et le brassage couvrent un large ensemble d'activités, dont certaines ciblent l'amidon, d'autres les parois ou les protéines. Les revues sur les enzymes dérivées de champignons dans la qualité du maltage et du brassage rappellent que l'effet final dépend de la matrice et de la synergie entre activités enzymatiques. L'enzyme de débranchement doit donc être positionnée comme une fonction précise dans un système enzymatique, et non comme une solution générale de clarification ^[10].

Synergies enzymatiques : pourquoi l'association avec les amylases est décisive

L'action d'une enzyme de débranchement devient plus efficace lorsqu'elle est coordonnée avec des enzymes capables d'hydrolyser les chaînes libérées. Après coupure des ramifications α -1,6, les segments linéaires restent des glucanes qui doivent être poursuivis par des amylases ou des exo-enzymes selon le profil de sucres recherché. Les revues sur les enzymes microbiennes de débranchement insistent précisément sur leur rôle dans les applications où le débranchement améliore la saccharification et la transformation de l'amidon ^[1].

Cette logique de synergie enzymatique n'est pas propre à l'amidon. Des études sur la dégradation d'hétéroxyloxygènes montrent que des enzymes de débranchement peuvent renforcer l'action d'enzymes principales en retirant des substituants qui bloquent l'accès au squelette polysaccharidique. Même si les substrats diffèrent, le principe industriel est comparable : lever une contrainte structurale pour améliorer l'action d'une enzyme hydrolytique sur le polymère principal ^[11].

Dans le cas du brassage, cette synergie doit être pilotée selon l'objectif produit. Pour une bière avec davantage de corps, on ne cherchera pas nécessairement à maximiser la conversion de toutes les dextrines. Pour une bière sèche, une bière à faible teneur en glucides résiduels ou un moût destiné à une fermentation très complète, le débranchement peut devenir plus utile. Le même outil enzymatique peut donc produire des résultats sensoriels différents selon le degré de saccharification qui l'accompagne ^[6].



Figure 5. 가지절단 효소는 가지가 있는 덱스트린이 언제 접근 가능한지와 목표로 하는 발효도 특성에 따라 당화 과정, 맥즙 처리, 또는 특정 발효 설계에 적용될 수 있다.

Effets possibles sur le profil sensoriel

Modifier la fermentescibilité modifie aussi la bière finie. Une conversion plus poussée peut réduire la densité finale, diminuer la perception de rondeur, augmenter la sécheresse et modifier l'équilibre entre alcool, sucres résiduels, amertume et composés volatils. Les études sur les matières premières de brassage, comme le malt de blé Maiorca, montrent que les propriétés physicochimiques et les composés volatils doivent être reliés aux résultats sensoriels pour évaluer correctement un procédé ^[5].

Dans les bières sans gluten, cette relation est encore plus sensible. Les attentes des consommateurs ne portent pas seulement sur l'absence de gluten ou la fermentescibilité, mais aussi sur la texture, l'arôme, la couleur et l'équilibre général. Les travaux sur le développement de bières artisanales sans gluten soulignent que le procédé influence les attributs de qualité et les attentes sensorielles ; l'enzyme de débranchement doit donc être utilisée en cohérence avec le style recherché et non comme un simple moyen d'augmenter l'atténuation ^[4].

Une conséquence pratique est que l'enzyme peut être très intéressante pour un profil « sec » mais moins souhaitable si le style exige du corps, de la douceur résiduelle ou une texture plus pleine. Le bon niveau d'hydrolyse dépend donc de l'équilibre voulu entre rendement fermentescible et expression sensorielle. Cette prudence est cohérente avec la compréhension moderne du brassage, où la qualité finale résulte de l'interaction entre malt, enzymes, fermentation et formulation ^[3].

Niveau de preuve scientifique et limites d'interprétation

Le niveau de preuve le plus robuste concerne le mécanisme : les enzymes de débranchement microbiennes hydrolysent les ramifications α -1,6 des polysaccharides amylicés et modifient la structure de l'amidon. Cette base est bien établie dans les revues consacrées aux enzymes de débranchement de l'amidon et à leurs applications industrielles. Elle justifie l'emploi du terme « enzyme de débranchement » pour une fonction visant à réduire les dextrans ramifiés et à améliorer l'accessibilité enzymatique [1].

Le niveau de preuve spécifique au brassage est plus contextuel. Les études sur les enzymes du malt démontrent que les profils enzymatiques affectent la fermentabilité, la filtration et la performance du moût, tandis que les travaux sur les céréales alternatives confirment que la matière première influence fortement le procédé. Cela soutient l'intérêt d'un outil de débranchement dans certaines recettes, mais l'ampleur de l'effet dépendra de la céréale, du malt, du programme de brassage, du pH, du temps de contact et des enzymes associées [2] [4].

Il serait donc excessif d'affirmer qu'une enzyme de débranchement améliore automatiquement toute bière. Elle est particulièrement logique lorsque la limite identifiée relève de la structure ramifiée de l'amidon ou de dextrans persistantes. Elle est moins pertinente si le problème principal est microbiologique, protéique, lié aux β -glucanes, à la performance de la levure ou à une mauvaise gélatinisation de l'amidon avant l'étape enzymatique [3].



Figure 6. 가지절단 효소는 가지가 있는 덱스트린이 발효성을 제한할 수 있는 고 비중 양조, 부원료 전환, 글루텐프리 양조, 드라이 또는 고발효도 음료 프로파 일에 유용하다.

Conditions générales de mise en œuvre

Sur le plan pratique, l'enzyme de débranchement doit être placée dans une zone du procédé où le substrat est disponible. Les étapes de concassage, empâtage, cuisson d'adjoints, gélatinisation et liquéfaction influencent toutes l'exposition de l'amylopectine. Les connaissances sur l'orge brassicole rappellent que le maltage et le brassage entraînent des changements caractéristiques de la matrice céréalière ; l'enzyme ne peut agir efficacement que si ces transformations rendent l'amidon accessible [3].

Les paramètres de procédé doivent rester cohérents avec la stabilité de l'enzyme et avec le schéma de brassage. Sans fournir ici de protocole analytique ni de définition d'unité d'activité, il est possible de retenir les facteurs décisifs : température de palier, pH du moût, durée d'action, degré de liquéfaction, type de céréale et présence d'autres enzymes amylolytiques. L'utilisateur doit intégrer ces variables dans son propre système de production, en respectant ses procédures internes et la documentation fournie avec la commande .

Il est également utile d'éviter les surinterprétations liées au dosage. Un ajout plus important n'est pas automatiquement synonyme de meilleure bière, car l'effet recherché dépend du profil sensoriel, de l'atténuation visée et du style. Une conversion trop poussée peut réduire le corps ou modifier l'équilibre du produit fini. Les recherches sur les matières premières et procédés de brassage montrent que qualité technologique et qualité sensorielle doivent être évaluées ensemble, en particulier pour les céréales alternatives et les bières spécialisées [5].

Sécurité, manipulation et documentation

Les enzymes de procédé sont des protéines actives qui doivent être manipulées avec soin. Comme pour d'autres préparations enzymatiques, il convient de limiter l'exposition inutile, notamment l'inhalation de poussières ou d'aérosols, et de respecter les informations de sécurité applicables au produit. Les documents techniques de l'Enzyme Technical Association couvrent notamment la manipulation sûre et les bonnes pratiques relatives aux enzymes utilisées dans les secteurs alimentaires et industriels [12].

Pour **Debranching Enzyme For Brewing Industry**, Enzymes.bio fournit le produit en vente directe en ligne par unité de 1 kg. Le certificat d'analyse et la fiche de données de sécurité accompagnent la commande, ce qui permet à l'utilisateur professionnel d'intégrer la préparation dans son système documentaire sans supposer qu'Enzymes.bio soit un fabricant ou un laboratoire d'essai .

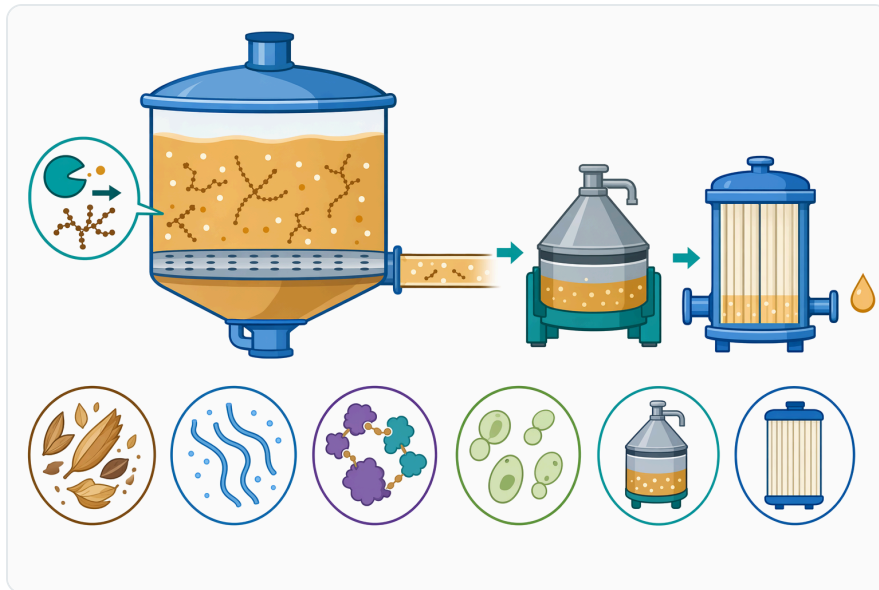


Figure 7. 가지절단은 상류 공정에서 용해성 탄수화물 구조에 영향을 주지만, 여과조 여과, 원심분리, 여과 또는 혼탁 제어 공정을 대체하지는 않는다.

La conformité d'usage dépend ensuite du marché, du type de boisson, de la réglementation locale et du rôle exact de l'enzyme dans le procédé. Une enzyme utilisée comme auxiliaire technologique doit être considérée dans le cadre qualité et sécurité de la brasserie, avec les documents reçus à la commande et les procédures internes de manipulation. Cette approche est cohérente avec les recommandations sectorielles générales sur les produits enzymatiques, leur identité, leur sécurité et leur stabilité ^[12].

Conclusion : un levier ciblé pour les amidons ramifiés du moût

Debranching Enzyme For Brewing Industry est un outil de conversion amylicée, destiné à traiter les points de branchement α -1,6 qui limitent l'hydrolyse complète de l'amylopectine et de certaines dextrines. Son intérêt principal en brasserie est d'améliorer l'accessibilité des chaînes glucidiques aux amylases, afin de soutenir la fermentescibilité, l'atténuation et la régularité du moût lorsque les matières premières ou le style de bière le justifie ^[1].

Elle est particulièrement pertinente dans les brassins avec adjoints, les moûts à haute densité, les recettes recherchant une bière plus sèche ou les formulations à base de céréales alternatives. Elle ne remplace pas les autres enzymes de brassage : elle complète l' α -amylase, la β -amylase ou la glucoamylase, et ne doit pas être confondue avec les β -glucanases ou les protéases. Les meilleures décisions d'usage viennent d'une lecture précise du problème : amidon ramifié, viscosité de paroi, protéines, fermentation ou profil sensoriel ^[2].

Enzymes.bio propose cette enzyme dans sa gamme brassicole en unité de 1 kg vendue en ligne, avec CoA et SDS fournis avec la commande. Pour un utilisateur professionnel, la valeur de l'enzyme réside dans son mécanisme ciblé : ouvrir les ramifications de l'amidon pour rendre la saccharification plus efficace, tout en conservant une approche prudente et adaptée au procédé réel de brassage .

Commander Debranching Enzyme For Brewing Industry 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 Debranching Enzyme For Brewing Industry →](#)

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. Xia, W., Zhang, K., Su, L., & Wu, J. (2021). Microbial starch debranching enzymes: Developments and applications. *Biotechnology Advances*, 107786 .
2. Evans, D. E., Stewart, S., Stewart, D., Han, Z., Han, Y., & Able, J. (2021). Profiling Malt Enzymes Related to Impact on Malt Fermentability, Lautering and Beer Filtration Performance of 94 Commercially Produced Malt Batches. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 80, 413 - 426.
3. Gupta, M., Abu-Ghannam, N., & Gallagher, E. (2010). Barley for Brewing: Characteristic Changes during Malting, Brewing and Applications of its By-Products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9 3, 318-328 .
4. Cela, N., Galgano, F., Cairano, M. D., Condelli, N., Scarpa, T., Marconi, O., Alfeo, V., ... et al. (2023). Development of gluten-free craft beer: Impact of brewing process on quality attributes and consumer expectations for sensory properties. *Journal of Food Science*.
5. Gugino, I., Alfeo, V., Ashkezary, M. R., Marconi, O., Pirrone, A., Francesca, N., Cincotta, F., ... et al. (2023). Maiorca wheat malt: A comprehensive analysis of physicochemical properties, volatile compounds, and sensory evaluation in brewing process and final product quality. *Food Chemistry*, 435, 137517 .
6. Pownall, B., Reid, S. J., Hill, A. E., & Jenkins, D. (2022). Schizosaccharomyces pombe in the Brewing Process: Mixed-Culture Fermentation for More Complete Attenuation of High-Gravity Wort. *Fermentation*.
7. Girón-Orozco, D., Mariezcurrena-Berasáin, M. D., Heredia-Olea, E., & Vargas-Flores, O. R. (2025). Development of a Triticale-Based Amyolytic Biocatalyst for Starch Hydrolysis With Applications in Brewing Wort Sugar Enhancement. *Food Bioengineering*.
8. Kerpes, R., Fischer, S., & Becker, T. (2017). The production of gluten-free beer: Degradation of hordeins during malting and brewing and the application of modern process technology focusing on endogenous malt peptidases. *Trends in*

Food Science and Technology, 67, 129-138.

9. Deoghare, N., Sarlin, T., & Krogerus, K. (2025). Evaluating the Potential of Legume-Based Wort for Brewing Applications. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 83, 176 - 191.
10. Bretr ager, M., Sacher, B., Gastl, M., & Becker, T. (2023). The Black Gap: Understanding the Potential Roles of Black Fungal-Derived Enzymes in Malting and Brewing Quality: A Review. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 82, 93 - 108.
11. Malgas, S., Mafa, M., Mathibe, B. N., & Pletschke, B. (2021). Unraveling Synergism between Various GH Family Xylanases and Debranching Enzymes during Hetero-Xylan Degradation. *Molecules*, 26.
12. Documents. *Enzymetechnicalassociation*.

Contactez 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.