

Xylanase Enzyme For Bread Making : applications en panification pour rhéologie de pâte, volume du pain et structure de mie

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

La xylanase pour panification modifie partiellement les xylanes et arabinoxylanes des farines, ce qui peut améliorer l'extensibilité de la pâte, la rétention des gaz, le développement au four et la régularité de la mie. Enzymes.bio fournit cette poudre enzymatique pour les applications B2B de transformation alimentaire ; l'entreprise agit comme fournisseur en ligne, et non comme fabricant ni laboratoire, avec vente directe par unité de 1 kg et fourniture du CoA et de la SDS avec la commande .

Positionnement du produit pour les applications boulangères B2B

Xylanase Enzyme For Bread Making est une préparation de xylanase en poudre destinée aux procédés de panification où les hémicelluloses de la farine influencent fortement la texture de pâte et la qualité du pain fini. Dans une pâte de blé, les arabinoxylanes peuvent retenir l'eau, modifier la viscosité de la phase aqueuse, interagir avec le réseau gluten-amidon et affecter la façon dont les bulles de gaz se développent pendant fermentation et cuisson ; l'intérêt d'une xylanase est de transformer une partie de ces polymères en fragments plus courts afin de rendre la matrice plus fonctionnelle ^[1].

Le produit est commercialisé par Enzymes.bio comme une enzyme pour la panification, disponible directement en ligne par unité de 1 kg. Les documents associés à la commande — certificat d'analyse et fiche de données de sécurité — accompagnent l'achat ; le positionnement doit donc être compris comme celui d'un fournisseur B2B proposant une poudre enzymatique prête à intégrer dans un procédé, sans présenter Enzymes.bio comme un site de fabrication, de développement analytique ou de laboratoire d'essais .

Pourquoi les xylanes et arabinoxylanes comptent dans le pain

Les xylanes appartiennent aux hémicelluloses des parois végétales. Dans les céréales panifiables, ils se présentent largement sous forme d'arabinoxylanes : une chaîne principale de xylose portant des substitutions arabinose plus ou moins nombreuses. Cette architecture rend leur comportement très

différent de celui de l'amidon ou des protéines de gluten : ils ne forment pas le réseau élastique principal, mais ils contrôlent une partie de l'eau disponible, de la viscosité et de la friction interne de la pâte ^[2].

Dans une farine blanche, la quantité d'arabinoxylanes est plus faible que dans une farine complète, mais leur effet reste disproportionné par rapport à leur concentration, car ils lient fortement l'eau et se trouvent à l'interface entre particules d'amidon, protéines et phase aqueuse. Dans une farine complète, une farine riche en son ou une formulation incorporant des fibres céréalières, les fractions insolubles issues des enveloppes peuvent interrompre la continuité du gluten, limiter l'expansion des alvéoles et produire une mie plus serrée si l'hydratation, le pétrissage et la fermentation ne sont pas adaptés ^[3].

La xylanase agit ici comme un outil de correction ciblée : elle ne « renforce » pas directement le gluten et ne remplace pas une farine de bonne qualité, mais elle modifie l'environnement physique dans lequel le réseau protéique se développe. Des travaux sur des xylanases appliquées à des pâtes de blé montrent que l'effet recherché porte sur la rhéologie de pâte et la qualité du pain, c'est-à-dire des paramètres concrets comme la maniabilité, l'expansion et la structure finale ^[1].

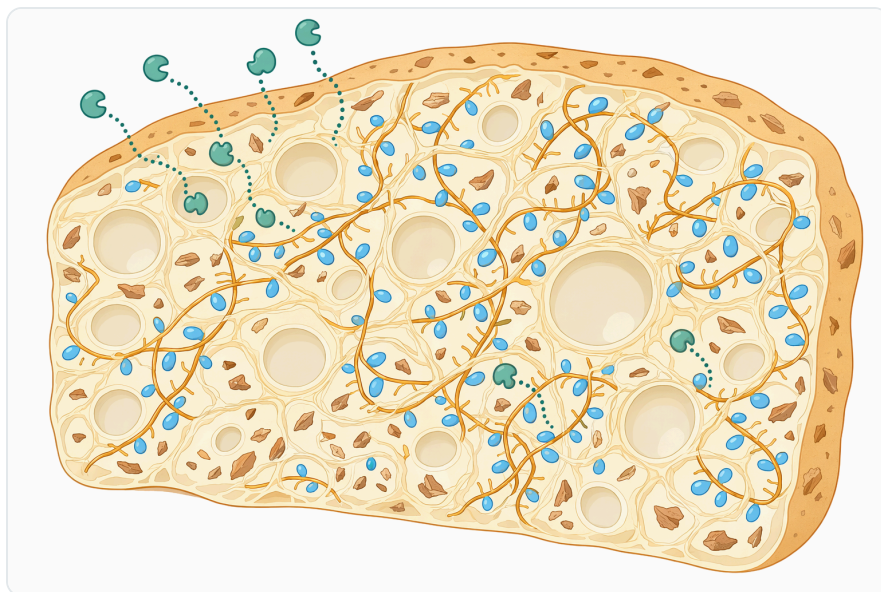


Figure 1. 밀가루와 밀기울에 들어 있는 아라비노자일란은 물을 결합해 글루텐의 연속성, 반죽 점도, 기포 팽창에 영향을 줍니다.

Mécanisme enzymatique : hydrolyse contrôlée plutôt que dégradation brute

Une xylanase catalyse l'hydrolyse des liaisons internes du squelette xylanique. Les endoxylanases, notamment des familles largement étudiées comme GH10 ou GH11, coupent les chaînes en plusieurs points et génèrent des fragments de plus faible masse moléculaire ; cette action est différente d'une

dégradation totale en sucres simples, qui n'est pas l'objectif en panification. Les études de caractérisation enzymatique décrivent précisément cette activité sur les xylanes, avec des profils qui dépendent de l'origine de l'enzyme, de sa famille, de sa tolérance au pH et de sa stabilité thermique [2].

Dans une pâte, le résultat utile n'est pas seulement chimique, il est rhéologique. En fragmentant une partie des arabinoxylanes insolubles ou très structurants, la xylanase peut libérer de l'eau liée, diminuer certaines résistances mécaniques et rendre la pâte plus extensible. Dans le même temps, des fragments solubles peuvent contribuer à la viscosité de la phase continue et soutenir la stabilisation des bulles de gaz, à condition que l'hydrolyse reste maîtrisée [4].

L'équilibre est essentiel. Une action insuffisante peut ne pas modifier sensiblement la pâte, surtout dans des formules riches en fibres. Une action excessive peut au contraire détendre trop fortement la matrice, rendre la pâte collante ou affaiblir la tenue en fermentation. C'est pourquoi la xylanase doit être pensée comme un levier de formulation et de procédé, pas comme un additif universel à effet linéaire [5].

Effets attendus sur la pâte : extensibilité, tolérance et rétention gazeuse

La première zone d'impact est la phase de mélange et de pétrissage. Lorsque les arabinoxylanes absorbent une part importante de l'eau, le gluten peut s'hydrater moins efficacement ou se développer dans un milieu plus contraint. En modifiant ces polysaccharides, la xylanase peut améliorer la répartition de l'eau, faciliter l'allongement de la pâte et réduire la sensation de pâte courte ou cassante, en particulier dans les farines riches en fractions périphériques du grain [4].

La deuxième zone d'impact est la fermentation. Le dioxyde de carbone produit par la levure ne donne du volume que si les bulles restent piégées et peuvent s'étendre sans rupture prématurée. Une pâte trop rigide limite l'expansion ; une pâte trop relâchée ne retient pas correctement les gaz. Les études orientées boulangerie sur les xylanases rapportent leur intérêt pour améliorer les propriétés de pâte et la qualité du pain, ce qui correspond à cette recherche d'un compromis entre extensibilité et tenue [6].

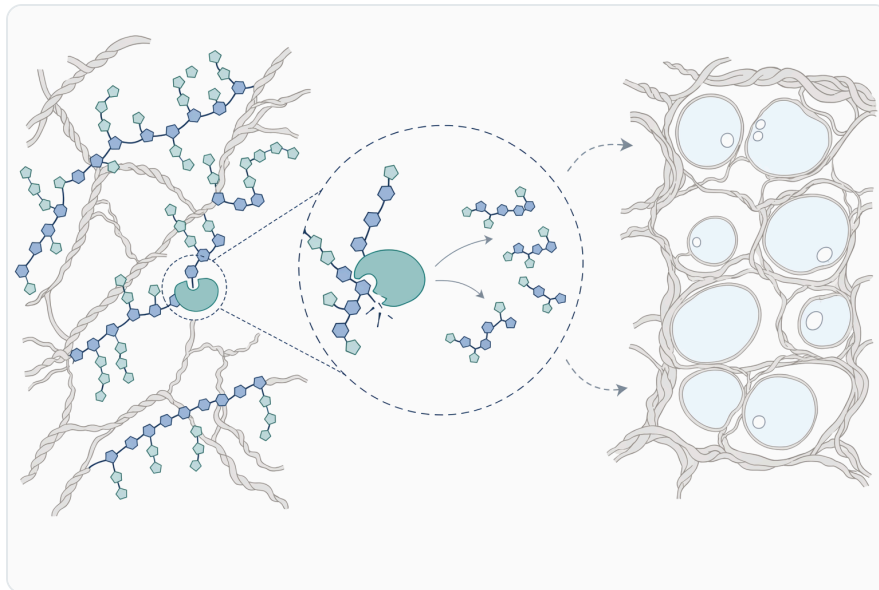


Figure 2. 엔도자일라나아제는 아라비노자일란 사슬의 내부 결합을 절단해 사슬 크기를 줄이고, 물에 추출되지 않는 물질을 더 기능적인 수용성 조각으로 전환시킵니다.

La troisième zone d'impact est le début de cuisson, lorsque la pâte subit l'« oven spring ». Tant que l'enzyme reste active avant son inactivation thermique progressive, la structure polysaccharidique continue d'évoluer, tandis que les gaz se dilatent, que l'amidon gélatinise et que le réseau protéique se fixe. L'amélioration du développement au four observée avec certaines xylanases s'explique par cette interaction entre disponibilité de l'eau, viscosité, stabilité des bulles et fixation finale de la structure [1].

Effets sur le pain fini : volume, mie et perception sensorielle

Dans le pain fini, l'effet le plus visible attendu est souvent un meilleur volume spécifique ou une mie moins compacte, mais le bénéfice réel dépend de la farine, de la recette et de la conduite de fermentation. Les travaux sur des xylanases destinées aux applications boulangères évaluent typiquement la pâte et le pain ensemble, car une amélioration rhéologique n'a de valeur industrielle que si elle se traduit par une mie plus régulière et une qualité finale plus constante [1].

La structure de mie est particulièrement sensible. Des alvéoles trop petites et serrées indiquent souvent une expansion limitée ou une rupture précoce des bulles ; des alvéoles trop larges et irrégulières peuvent signaler une pâte trop relâchée ou un déséquilibre de fermentation. La xylanase peut contribuer à une distribution plus homogène en agissant sur les arabinoxylanes qui perturbent ou stabilisent, selon leur état, la phase continue autour des cellules gazeuses [4].

Sur le plan sensoriel, une mie plus homogène et mieux hydratée peut être perçue comme plus souple. Toutefois, il faut éviter de présenter la xylanase comme une solution autonome de conservation de fraîcheur : le rassissement dépend aussi de la rétrogradation de l'amidon, de l'humidité, des lipides, des hydrocolloïdes, de l'emballage et de la formulation globale. Les études sur pains avec enzymes et hydrocolloïdes, notamment en pâte congelée, montrent que les effets de texture et de stabilité sont multifactoriels [7].

Comparaison des contextes d'utilisation en panification

Contexte de formulation	Problème technologique fréquent	Rôle possible de la xylanase	Point de vigilance procédé
Pain blanc de blé	Besoin de volume, régularité de mie et tolérance au façonnage	Ajuster la rhéologie par modification partielle des arabinoxylanes de farine	Éviter une détente excessive de la pâte si la farine est déjà très extensible [1]
Pain complet ou riche en son	Fibres insolubles qui interrompent le réseau gluten et absorbent l'eau	Réduire l'effet perturbateur d'une partie des hémicelluloses et améliorer la maniabilité	Revoir l'hydratation et le temps de repos, car les sons continuent d'absorber l'eau [3]
Pain enrichi en fibres céréalières	Volume réduit, mie serrée, sensation plus sèche	Transformer une partie des xylanes en fragments plus fonctionnels pour la matrice	Les fibres non xylaniques peuvent rester limitantes [8]
Pâte congelée	Affaiblissement de structure après congélation-décongélation	Participer à un système d'amélioration avec enzymes et hydrocolloïdes	L'effet dépend fortement de la formulation cryoprotectrice et du cycle froid [7]
Pain au levain ou systèmes fermentés	Acidification, activité enzymatique endogène et matrice plus complexe	Contribuer à l'équilibre texture-volume avec d'autres enzymes ou fermentations	Le pH, le temps long et la flore modifient la réponse de la pâte [5]
Systèmes multienzymatiques	Recherche d'effets combinés sur amidon, fibres et parois végétales	Agir en complément d'amylases ou cellulases dans une logique de correction ciblée	Les synergies peuvent devenir négatives si la pâte est trop relâchée [9]

Pains complets, sons et formulations riches en fibres

Les pains complets et enrichis en son sont des cas particulièrement pertinents pour la xylanase, car ils contiennent davantage de parois végétales. Le son apporte des fibres, des minéraux et des composés bioactifs, mais il introduit aussi des particules capables de couper ou d'interrompre physiquement le réseau de gluten. Même lorsque la valeur nutritionnelle est améliorée, la qualité boulangère peut être pénalisée par une baisse de volume, une mie plus dense ou une texture moins souple [8].

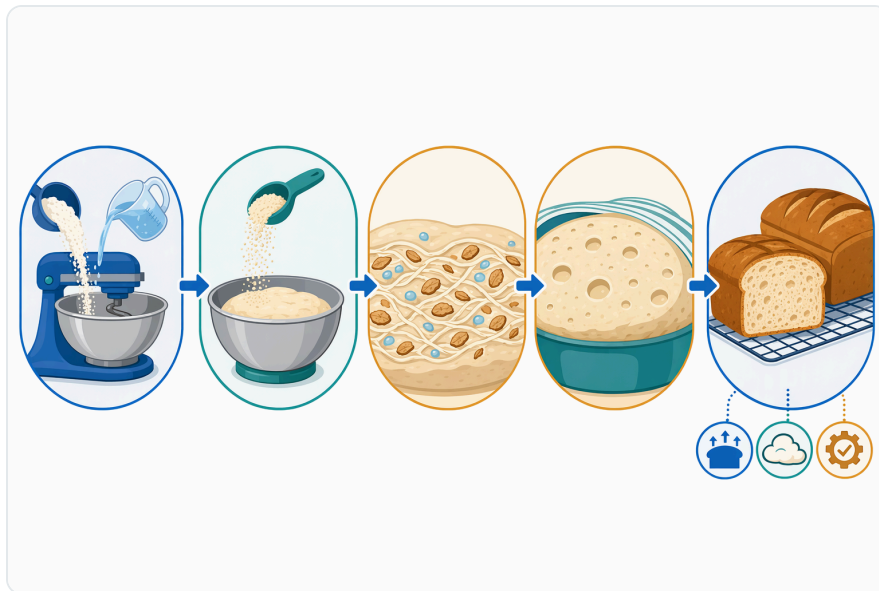


Figure 3. 자일라나아제는 주로 수화, 믹싱, 발효, 최종 발효 과정에서 작용하며, 오븐의 열로 빵 구조가 굳어지면서 효소 활성은 점차 멈춥니다.

La xylanase ne supprime pas les particules de son ; elle modifie plutôt certains polymères qu'elles contiennent ou libèrent dans la phase aqueuse. Dans des approches combinant prétraitements physiques et hydrolyse enzymatique du son de blé, la littérature récente rapporte des effets sur les propriétés de pâte, la qualité du pain et la digestibilité in vitro, ce qui confirme que la gestion des fractions de son est un axe technologique actif en panification [3].

Dans ces formulations, l'enzyme peut aider à déplacer le compromis entre enrichissement nutritionnel et qualité sensorielle. L'objectif réaliste n'est pas de faire réagir un pain complet exactement comme un pain blanc, mais d'améliorer la souplesse, l'expansion et la régularité malgré la charge en fibres. La réponse dépend fortement de la granulométrie des sons, du niveau d'hydratation et du temps laissé aux fibres pour s'hydrater avant cuisson [3].

Interaction avec le gluten : un effet indirect mais déterminant

Le gluten se développe par hydratation et travail mécanique des protéines de blé, principalement gliadines et gluténines. La xylanase n'est pas une protéase : elle ne coupe pas directement le gluten dans l'objectif de l'assouplir. Son influence sur le gluten est indirecte, via la disponibilité de l'eau, la viscosité de la phase continue et la réduction de certaines contraintes imposées par les arabinoxylanes insolubles [4].

Des travaux récents sur une arabino-xylanase de blé appliquée à la pâte complète ont étudié la modification enzymatique du développement de la matrice de gluten et la qualité du pain, ce qui illustre bien ce couplage entre fibres et réseau protéique. Lorsque les arabinoxylanes deviennent moins perturbateurs, le gluten peut former une structure plus continue ; lorsque l'action est trop poussée, la pâte peut perdre de la tenue [4].

Cette distinction est importante pour les formulateurs : si le défaut principal est une farine faible en protéines, la xylanase ne transforme pas cette farine en farine forte. Si le défaut provient surtout d'une compétition hydrique ou d'une perturbation par les fibres, elle peut être beaucoup plus pertinente. L'interprétation correcte du défaut de pâte conditionne donc l'intérêt pratique de l'enzyme [5].

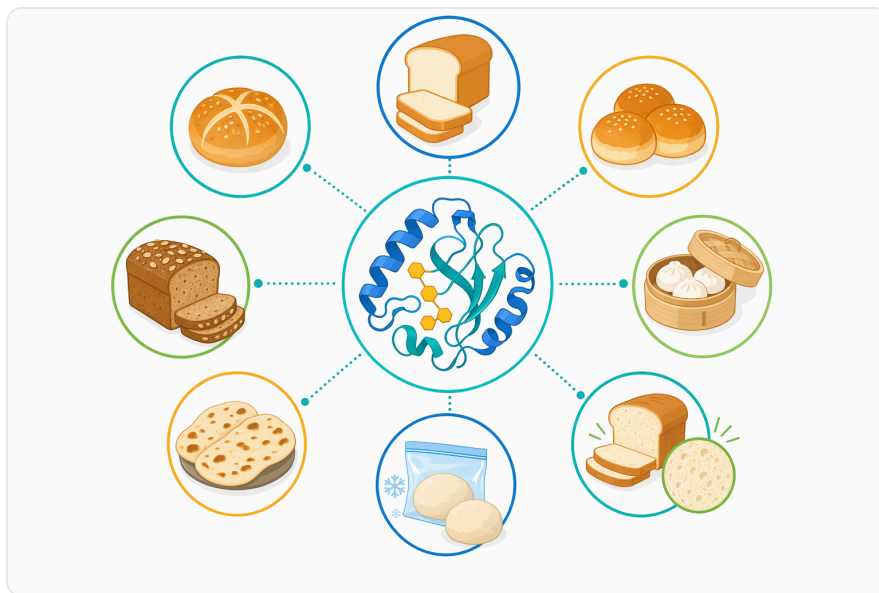


Figure 4. 자일라나아제의 작용을 적절히 조절하면 알맞은 밀가루 시스템에서 빵 부피, 오븐 스프링, 빵 속결의 균일성, 더 부드러운 식감, 더 다루기 쉬운 반죽 물성을 개선하는 데 도움이 될 수 있습니다.

Systèmes multienzymatiques : complémentarité avec amylase, cellulase, lipase ou glucose oxydase

En boulangerie moderne, les enzymes sont rarement pensées isolément. L' α -amylase agit sur l'amidon endommagé et peut fournir des sucres fermentescibles ou modifier la texture ; la cellulase agit sur certaines fractions cellulosiques ; les lipases modifient des lipides ou glycolipides impliqués dans la stabilisation de la pâte ; la glucose oxydase peut renforcer la structure par effets oxydatifs. La xylanase occupe une place spécifique : elle cible les hémicelluloses xylaniques ^[9].

Les travaux sur les effets combinés d' α -amylase, xylanase et cellulase en amélioration boulangère montrent l'intérêt d'une approche intégrée des composants de la farine. L'effet global dépend de la complémentarité : agir sur l'amidon sans contrôler les fibres peut ne pas suffire dans un pain complet, tandis qu'agir fortement sur les fibres sans tenir compte de l'amidon et du gluten peut déséquilibrer la pâte ^[9].

Dans les formulations dites « clean label », les traitements enzymatiques et les farines modifiées par procédé thermique ou enzymatique sont étudiés comme alternatives à certains améliorants conventionnels. Les travaux sur des farines de blé modifiées par approches thermiques-enzymatiques hybrides illustrent cette tendance, tout en rappelant que chaque système doit être évalué selon le produit final, car l'étiquette plus simple ne garantit pas automatiquement la performance ^[10].

Levains, acidité et fermentation longue

Les systèmes au levain ajoutent une couche de complexité. L'acidification modifie le pH, les enzymes endogènes de la farine peuvent devenir plus ou moins actives, et les exopolysaccharides produits par certaines bactéries lactiques peuvent eux-mêmes influencer la viscosité et la texture. L'effet d'une xylanase dans un pain au levain ne doit donc pas être extrapolé directement depuis une pâte levurée courte ^[5].

Les études sur l'impact combiné de levains, d'enzymes et de leurs associations dans des pains à base de gluten indiquent que la qualité finale résulte d'interactions entre fermentation, réseau protéique, polysaccharides et procédés. Une xylanase peut être utile pour ajuster la pâte, mais son effet peut être renforcé, atténué ou modifié par l'acidité et la durée de fermentation ^[5].

En pratique, les fermentations longues donnent plus de temps aux enzymes pour agir avant cuisson. Cela peut être avantageux lorsque la pâte est initialement ferme ou riche en fibres, mais risqué si la matrice devient trop extensible. Les paramètres de temps, température et acidification doivent donc être considérés ensemble, plutôt que de raisonner uniquement sur l'ajout de xylanase ^[5].

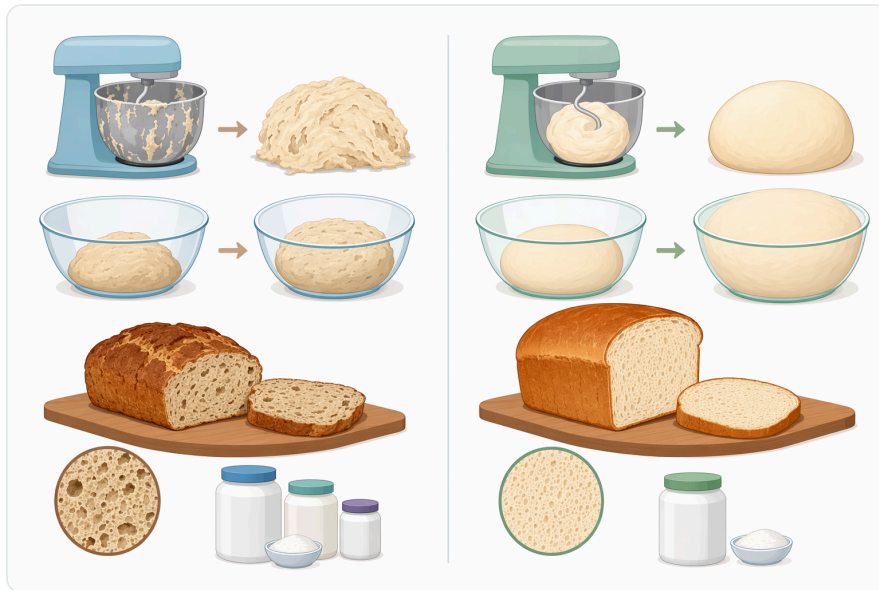


Figure 5. 자일라나아제는 주된 기질이 전분, 지질, 또는 산화적 반죽 화학 반응이 아니라 밀의 아라비노자일란이라는 점에서 아밀라아제, 리파아제, 포도당 산화효소와 다릅니다.

Pâtes congelées et produits industriels à cycle long

Les pâtes congelées posent des difficultés supplémentaires : la formation de cristaux de glace, les variations de disponibilité de l'eau et l'affaiblissement de la structure peuvent réduire le volume ou donner une mie plus irrégulière après cuisson. Les enzymes et hydrocolloïdes sont étudiés dans ces systèmes parce qu'ils peuvent aider à stabiliser la pâte et à compenser certains dommages liés au cycle froid [7].

La xylanase peut contribuer à cette logique en modifiant les arabinoxylanes avant ou pendant les phases où l'eau est disponible. Elle ne doit toutefois pas être considérée comme un cryoprotecteur à elle seule. Dans les pains complets issus de pâte congelée, la qualité dépend aussi des hydrocolloïdes, de la formulation, du procédé de congélation, du stockage et de la remise en œuvre [7].

Pour les opérateurs industriels, l'enjeu est la reproductibilité. Une pâte qui supporte bien un procédé direct peut réagir différemment après congélation, car l'eau et les interfaces gaz-liquide-solide ne se comportent plus de la même façon. L'intérêt de la xylanase doit donc être interprété au regard du cycle complet : mélange, fermentation éventuelle, congélation, stockage, décongélation ou cuisson directe [7].

Stabilité thermique et fenêtre d'action

Une xylanase utilisée en panification doit agir pendant les étapes humides avant que la cuisson n'inactive progressivement l'enzyme. La fenêtre utile se situe donc principalement au mélange, au repos, à la fermentation et au début de la montée en température. Les recherches sur des xylanases thermostables ou tolérantes à différents pH montrent que la stabilité enzymatique est un sujet central, car elle détermine combien de temps l'enzyme reste fonctionnelle dans un procédé donné [6].

La thermostabilité n'est pas toujours un avantage absolu. Une enzyme trop rapidement inactivée peut ne pas avoir le temps d'agir ; une enzyme qui reste active trop longtemps dans certaines conditions peut modifier excessivement la pâte avant fixation de la structure. Les études de caractérisation de xylanases acides, alcalines ou thermostables soulignent que le profil optimal dépend de l'application, du pH de pâte et du barème thermique [11].

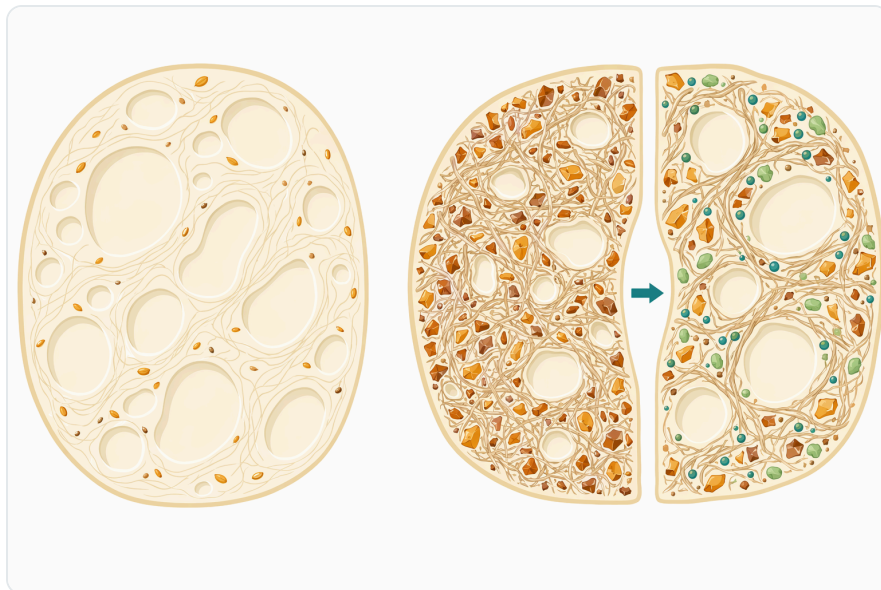


Figure 6. 통밀, 밀기울 강화, 고식이섬유 반죽은 물 관리에 영향을 주는 세포벽 다당류를 더 많이 함유하므로 자일라나아제의 중요성이 더 크게 나타나는 경우가 많습니다.

Dans le pain, la cuisson finit par réduire fortement l'activité enzymatique, tandis que l'amidon gélatinise et que les protéines se dénaturent. La qualité finale dépend donc de ce qui s'est produit avant cette fixation. L'enzyme doit être suffisamment active pour transformer la matrice au bon moment, mais pas au point de compromettre la tenue de fermentation ou la coupe du produit [12].

Limites technologiques et risques de surdosage fonctionnel

Le principal risque d'une xylanase mal équilibrée est la pâte trop collante ou trop relâchée. Ce phénomène peut apparaître lorsque les arabinoxylanes sont hydrolysés au-delà du niveau utile : l'eau se redistribue, la viscosité change et la structure peut perdre de la résistance. Le résultat peut être une pâte difficile à diviser, à bouler ou à façonner, avec une mie parfois trop ouverte ou irrégulière ^[4].

Un autre risque est l'attribution erronée des défauts. Si une mie dense provient d'une fermentation insuffisante, d'une levure stressée, d'un pétrissage inadapté ou d'une cuisson trop courte, la xylanase ne corrigera pas le problème de façon fiable. Elle est pertinente lorsque les hémicelluloses et la gestion de l'eau sont des facteurs limitants, mais elle n'est pas une correction globale de procédé ^[5].

Il faut également distinguer les bénéfices technologiques des allégations nutritionnelles. Les xylanases peuvent produire des oligosaccharides à partir de xylanes dans certains contextes, mais cela ne signifie pas qu'un pain formulé avec xylanase présente automatiquement un effet santé mesurable ou une réponse glycémique réduite. Les technologies céréalières capables d'améliorer le potentiel santé des céréales sont multiples, et leurs effets doivent être interprétés selon la matrice alimentaire complète ^[8].

Sécurité de manipulation et usage professionnel

Les enzymes en poudre sont des protéines biologiquement actives. Comme d'autres préparations enzymatiques, elles doivent être manipulées dans un cadre professionnel en évitant l'inhalation de poussières et les contacts directs prolongés avec la peau, les yeux ou les muqueuses. La fiche de données de sécurité fournie avec la commande est le document opérationnel à suivre pour les précautions de manipulation, de stockage et d'intervention en cas d'exposition .

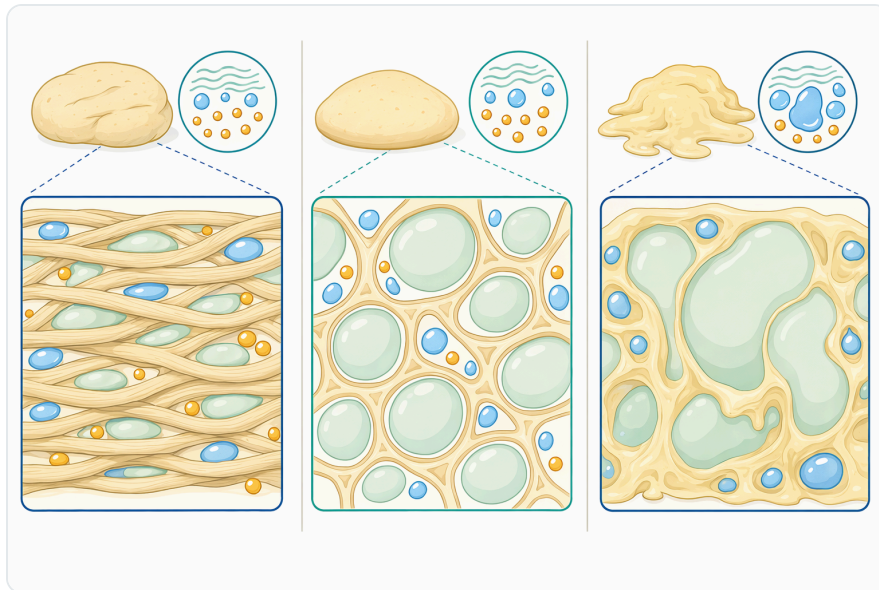


Figure 7. 자일라나아제의 성능은 반죽 시스템과 사용량에 따라 달라지며, 최고의 제빵 결과는 최대한 분해하는 것이 아니라 아라비노자일란을 조절된 방식으로 변형할 때 얻어집니다.

Le produit est destiné aux applications de transformation alimentaire et de panification, pas à une consommation directe. Dans le procédé, l'enzyme joue le rôle d'auxiliaire technologique : elle agit pendant la préparation de la pâte, puis les conditions de cuisson réduisent son activité. La conformité d'usage dépend du cadre réglementaire applicable au produit fini, au pays de commercialisation et à la formulation complète .

Synthèse pour formulation boulangère

La xylanase pour panification est particulièrement utile lorsque la qualité de pâte est limitée par les arabinoxylanes : farines complètes, farines riches en sons, variations de lots de farine, pains à mie serrée, pâtes manquant d'extensibilité ou formulations multienzymatiques visant une mie plus régulière. Les données scientifiques soutiennent l'intérêt des xylanases pour améliorer la rhéologie de pâte et la qualité du pain, avec des effets dépendants de la source enzymatique, de la farine et du procédé ^[1].

Le mécanisme est précis : l'enzyme hydrolyse partiellement les xylanes et arabinoxylanes, modifie la distribution de l'eau et l'organisation de la phase continue, puis influence indirectement le développement du gluten, la stabilité des bulles et la structure de mie. Ce mécanisme explique pourquoi l'effet peut être très positif dans une matrice riche en fibres, mais plus discret ou plus délicat à équilibrer dans une farine blanche déjà facile à travailler ^[4].

Pour Enzymes.bio, le positionnement juste est celui d'un fournisseur en ligne de xylanase en poudre pour applications boulangères B2B, vendue par unité de 1 kg avec CoA et SDS fournis avec la commande. La valeur d'usage se situe dans l'amélioration technologique de la pâte et du pain fini, sans présenter l'enzyme comme une solution universelle ni attribuer à Enzymes.bio un rôle de fabricant ou de laboratoire .

Commander Xylanase Enzyme For Bread Making - 5,500 U/G Powder 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 Xylanase Enzyme For Bread Making - 5,500 U/G Powder →](#)

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. Yegin, S., Altinel, B., & Tuluk, K. (2018). [A novel extremophilic xylanase produced on wheat bran from Aureobasidium pullulans NRRL Y-2311-1: Effects on dough rheology and bread quality.](#) *Food Hydrocolloids*.
2. Zhi-Lai, Zhou, C., Ma, X., Xue, Y., & Ma, Y. (2020). [Enzymatic characterization of a novel thermostable and alkaline tolerant GH10 xylanase and activity improvement by multiple rational mutagenesis strategies.](#) *International Journal of Biological Macromolecules*.
3. Li, X., Guo, X., Yu, J., Zhao, Z., Tian, X., Sui, W., Meng, J., ... et al. (2026). [Synergistic Modification of Steam Explosion Combined with Enzymatic Hydrolysis on Wheat Bran to Improve Dough Properties, Bread Quality, and In Vitro Digestibility.](#) *Foods*, 15.
4. Zhang, Y., Liu, X., Liu, M., Han, L., Zhao, D., Rao, H., Zhao, X., ... et al. (2025). [Enzymatic modification of whole wheat dough gluten matrix development and bread quality by a novel wheat arabino-xylanase from Podospora comata with its properties and substrate specificity mechanism.](#) *International Journal of Biological Macromolecules*, 142860 .
5. Yahia, D. F., Bourekoua, H., Fetouhi, A., Wójcik, M., Wójtowicz, A., Mitrus, M., Siar, E. H., ... et al. (2025). [Impact of Sourdoughs, Enzymes, and Their Combinations on Gluten-Based Bread Quality.](#) *Processes*.
6. Karaoğlu, H., Ramadan, K. M. A., hashedi, S. A. A., Alshoaibi, A., Iqbal, Z., Aydın, R., Secgin, B. A., ... et al. (2025). [Selection, heterologous production, and functional characterization of a thermostable xylanase from anoxybacillus for dough and bread quality enhancement.](#) *International Journal of Biological Macromolecules*, 144000 .
7. He, N., Xia, M., Zhang, X., He, M., Li, L., & Li, B. (2023). [Quality attributes and functional properties of whole wheat bread baked from frozen dough with the addition of enzymes and hydrocolloids.](#) *The Journal of the Science of Food and Agriculture*.

8. Delcour, J., Rouau, X., Courtin, C., Poutanen, K., & Ranieri, R. (2012). Technologies for enhanced exploitation of the health-promoting potential of cereals. *Trends in Food Science and Technology*, 25, 78-86.
9. Hmad, I. B., Ghribi, A. M., Bouassida, M., Ayadi, W., Besbes, S., Châabouni, S., & Gargouri, A. (2024). Combined effects of α -amylase, xylanase, and cellulase coproduced by *Stachybotrys microspora* on dough properties and bread quality as a bread improver. *International Journal of Biological Macromolecules*, 134391 .
10. Lewko, P., Wójtowicz, A., & Gancarz, M. (2024). Application of Conventional and Hybrid Thermal-Enzymatic Modified Wheat Flours as Clean Label Bread Improvers. *Applied Sciences*.
11. Dong, W., Zhu, W., Wu, Q., Li, W., & Li, X. (2024). Improvement the thermostability and specific activity of acidic xylanase PjxA from *Penicillium janthinellum* via rigid flexible sites. *International Journal of Biological Macromolecules*, 135399 .
12. Wang, L., Wang, Y. Y., Chen, Z., & Li, Y. (2024). Enzymatic characterization and thermostability improvement of an acidophilic endoxylanase PphXyn11 from *Paenibacillus physcomitrellae* XB. *Protein Expression and Purification*, 106482 .

Contacteur Enzymes.bio


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

E-MAIL wholesale@enzymes.bio

TÉLÉPHONE (ÉTATS-UNIS) **+1 (507) 428-6057**

[Nous contacter →](#)

 **400+** Clients B2B

 **60+** partenaires de recherche universitaires

 **54** servis dans le monde entier

© 2026 Enzymes.bio · Fourniture d'enzymes industrielles & de transformation alimentaire · Non destiné à la consommation humaine ni à la vente au détail.