

Transglutaminase : enzyme de texturation pour viandes, poissons, produits laitiers, protéines végétales et gels alimentaires

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

La transglutaminase est une enzyme qui crée des ponts covalents entre protéines, principalement entre résidus glutamine et lysine, afin de renforcer la cohésion, la fermeté et la stabilité de matrices alimentaires riches en protéines. En formulation B2B, elle est surtout pertinente pour les viandes et poissons restructurés, les produits laitiers, les analogues végétaux, les gels protéiques, certaines pâtes et les systèmes protéines-polysaccharides étudiés pour l'encapsulation ou la stabilité de texture ^[1].

Enzymes.bio propose la transglutaminase comme enzyme alimentaire pour utilisateurs professionnels, vendue directement en ligne par unité de 1 kg. Enzymes.bio agit comme fournisseur, et non comme fabricant ni laboratoire ; le certificat d'analyse et la fiche de données de sécurité sont fournis avec la commande.

Définition technique : une enzyme de réticulation des protéines

La transglutaminase, souvent abrégée TGase ou mTGase lorsqu'il s'agit de transglutaminase microbienne, catalyse une réaction de réticulation entre protéines. Son effet technologique vient de la formation de liaisons ϵ -(γ -glutamyl)-lysine entre des chaînes protéiques voisines, ce qui transforme une dispersion de protéines en réseau plus connecté, plus cohésif ou plus résistant selon la matrice ^[2].

Dans les applications alimentaires, la forme microbienne est particulièrement étudiée parce qu'elle permet de modifier des protéines animales, laitières, végétales ou mixtes sans dépendre d'un mécanisme de gélification classique comme la seule chaleur, l'acidification ou la coagulation enzymatique du lait. Les revues récentes décrivent des usages allant des viandes et poissons aux produits laitiers, à la boulangerie, aux emballages alimentaires et aux systèmes protéiques durables ^[1].

L'intérêt industriel n'est pas de « coller » indistinctement un produit, mais de créer des ponts entre protéines disponibles et accessibles. Une matrice pauvre en protéines réactives, mal hydratée ou insuffisamment mélangée répondra moins bien qu'une formulation où les chaînes protéiques sont

proches, mobiles et exposent des sites glutamine et lysine utilisables par l'enzyme [3].

Mécanisme d'action : comment la transglutaminase renforce une matrice

La réaction principale associe le groupement γ -carboxamide de la glutamine à une amine primaire, souvent portée par la lysine d'une autre chaîne protéique. Le résultat est une liaison covalente inter- ou intramoléculaire qui peut augmenter la masse apparente des protéines, réduire leur mobilité et favoriser la formation d'un réseau continu [2].

À l'échelle de la texture, ce mécanisme se traduit par plusieurs effets possibles : meilleure tenue à la coupe, réduction du caractère friable, augmentation de la fermeté, amélioration de la rétention d'eau ou stabilisation d'une émulsion protéique. Ces effets ne sont pas universels ; ils dépendent de la nature des protéines, de leur état de dénaturation, de la disponibilité des résidus réactifs, de l'eau disponible, des sels, des lipides, des polysaccharides et du procédé thermique ou mécanique appliqué [1].

La littérature récente insiste aussi sur les effets de structure fine. Dans des gels d'émulsion ovalbumine-huile de lin, la réticulation par transglutaminase a été étudiée pour ses conséquences sur les propriétés du gel, la microstructure et la stabilité oxydative, ce qui montre que l'enzyme peut agir non seulement sur la fermeté, mais aussi sur l'organisation interne d'une matrice contenant protéines et lipides [4].

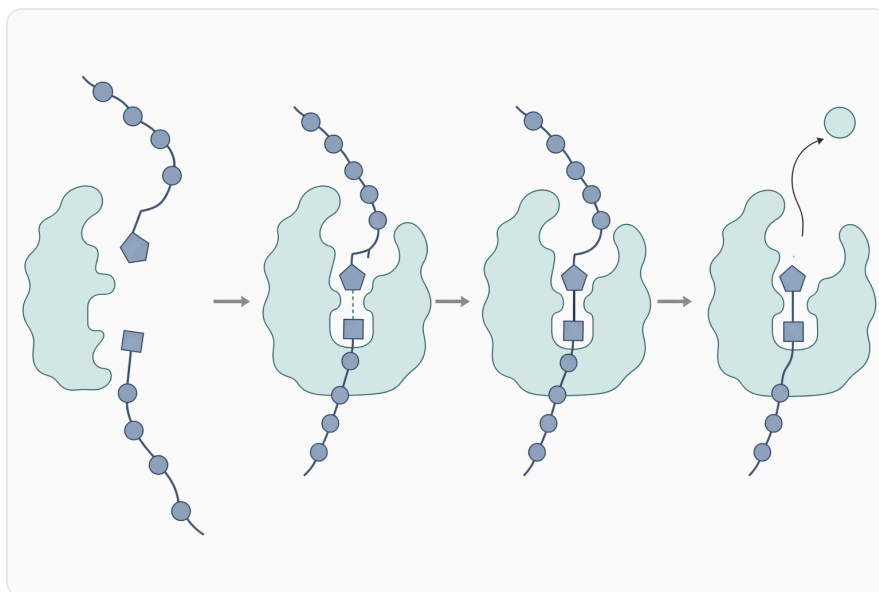


Figure 1. La transglutaminase catalyse la formation de liaisons covalentes entre des résidus de glutamine liés aux protéines et des donneurs d'amine, tels que les résidus de lysine.

Applications alimentaires principales

Viandes, poissons et produits restructurés

Les matrices carnées et halieutiques sont les applications les plus connues de la transglutaminase. Les protéines musculaires, lorsqu'elles sont suffisamment extraites, hydratées et rapprochées, peuvent être réticulées pour améliorer la cohésion de morceaux, la tenue de produits reconstitués, la texture de préparations émulsionnées ou la résistance mécanique après cuisson ^[3].

Dans ce contexte, la transglutaminase peut aider à valoriser des découpes, chutes ou fibres protéiques en créant une structure plus continue. Elle ne remplace cependant ni le contrôle du froid, ni l'hygiène, ni la formulation, ni les exigences d'étiquetage : elle modifie la connectivité protéique, mais la sécurité et la conformité du produit final restent liées au procédé alimentaire global ^[1].

Les gélatines de poisson constituent une autre famille d'intérêt. Des travaux récents indiquent que la réticulation par transglutaminase peut améliorer les propriétés fonctionnelles et structurales de gélatines issues de poissons, ce qui est pertinent pour les gels, enrobages, textures souples ou applications où la gélatine marine est préférée à d'autres sources ^[5].

Produits laitiers, caséines et mousses protéiques

Les protéines laitières, en particulier les caséines, sont des substrats importants pour la transglutaminase. Des études sur des micelles de caséine réticulées montrent que le pH acide ou basique influence la rhéologie interfaciale et les propriétés moussantes, ce qui illustre la relation directe entre structure protéique, conditions de formulation et fonction finale ^[6].

Dans les yaourts, desserts laitiers, fromages frais, préparations fermentées ou gels à base de protéines laitières, l'objectif technologique est généralement d'améliorer la viscosité, la résistance au cisaillement, la rétention d'eau ou la stabilité de texture. Les revues sur les applications industrielles de la transglutaminase microbienne citent les produits laitiers parmi les domaines majeurs d'utilisation, en raison de la réactivité des caséines et de leur rôle central dans la structuration ^[3].

La production microbienne de transglutaminase à partir de souches de *Streptomyces* est également étudiée en lien avec des usages dans l'industrie laitière et certaines applications médicales. Pour un utilisateur alimentaire, l'information importante est que les performances décrites dans la littérature restent dépendantes de la matrice, du traitement et du type de formulation laitière ^[7].

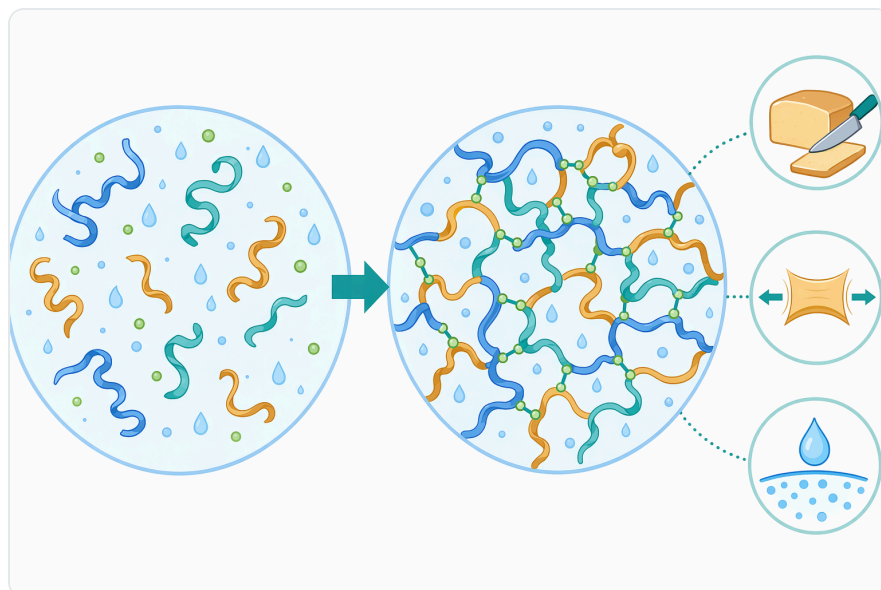


Figure 2. La réticulation des protéines transforme des assemblages protéiques lâches en matrices alimentaires plus cohésives, aux propriétés physiques différentes.

Protéines végétales, analogues de viande et systèmes durables

La transglutaminase est de plus en plus étudiée dans les systèmes à base de protéines végétales, où le défi est d'obtenir une structure fibreuse, élastique ou juteuse malgré l'absence de protéines musculaires. Les stratégies de « future foods » associent souvent l'enzyme à des procédés de texturation, d'extrusion, de gélification ou d'assemblage de protéines végétales pour améliorer les réseaux protéiques durables ^[8].

Un exemple récent concerne des analogues de viande à double réseau, construits à partir d'oléosomes de camélia, de protéines de soja, de gluten de blé, de transglutaminase et d'alginate de calcium. Ce type de formulation illustre une approche hybride : la transglutaminase agit sur la fraction protéique, tandis que d'autres composants construisent une seconde structure gélifiée ou lipidique ^[9].

Dans les produits végétaux, la réponse à l'enzyme peut varier fortement entre soja, pois, blé, arachide, riz ou autres protéines. Les protéines globulaires compactes peuvent nécessiter une dénaturation partielle ou une hydratation adaptée pour exposer les sites réactifs, tandis que les matrices riches en gluten ou en protéines déjà structurées peuvent présenter une réponse différente ^[8].

Céréales, amidons et matrices mixtes protéines–amidon

La transglutaminase n'est pas une amylase : elle ne coupe pas l'amidon et ne modifie pas directement les chaînes d'amylose ou d'amylopectine. Son intérêt dans les produits céréaliers vient plutôt des protéines présentes dans la farine, le gluten, les fractions protéiques de riz ou les ingrédients

protéiques ajoutés à une matrice amidonnée ^[10].

Des travaux sur l'interaction entre protéines et amidon de riz montrent que la transglutaminase peut influencer l'organisation d'un système où protéines et amidon coexistent. Pour les pâtes, produits boulangers, nouilles, snacks ou desserts à base de céréales, l'effet attendu doit donc être compris comme une modification de la fraction protéique et de ses interactions avec l'amidon, non comme une transformation enzymatique de l'amidon lui-même ^[10].

Dans les produits contenant du gluten, l'enzyme peut contribuer à renforcer certaines propriétés de réseau, mais elle ne crée pas une structure de gluten à partir d'une matrice qui n'en possède pas. Dans les formulations sans gluten, l'efficacité dépendra des protéines substitutives et des hydrocolloïdes utilisés, ce qui explique pourquoi la transglutaminase est souvent associée à d'autres leviers de texturation ^[8].

Gels d'émulsion, encapsulation et libération contrôlée

Au-delà de la texture classique, la transglutaminase est étudiée pour construire des gels d'émulsion, des capsules ou des réseaux capables de retenir des lipides, arômes ou composés sensibles. Les gels ovalbumine-huile de lin réticulés par transglutaminase montrent que l'enzyme peut influencer à la fois la microstructure et la stabilité oxydative d'une phase lipidique dispersée ^[4].

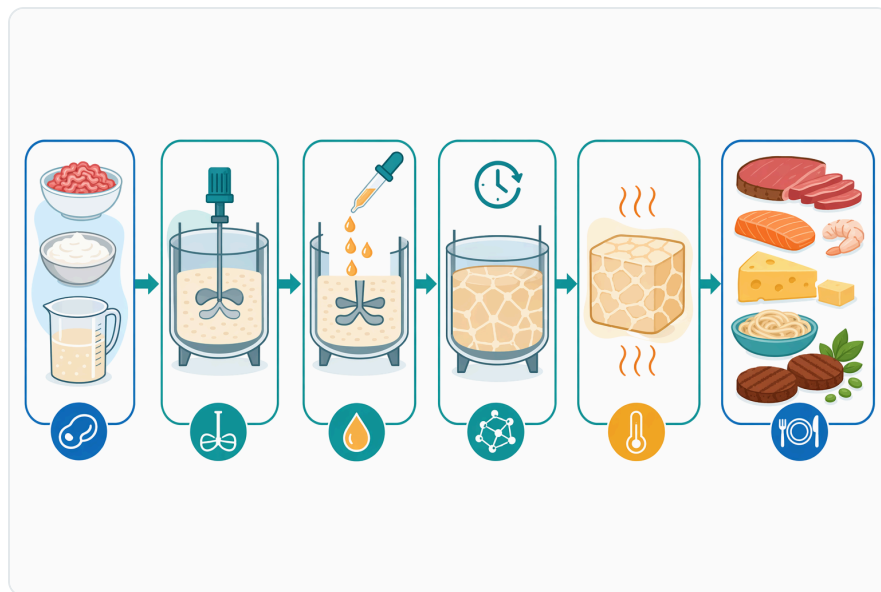


Figure 3. L'assemblage de la viande nécessite des surfaces de protéines maigres exposées, une bonne répartition de l'enzyme, un contact étroit, un temps de réaction suffisant, puis une manipulation ou une cuisson adaptée au produit.

Cette logique rejoint les recherches sur les emballages alimentaires et les matrices protéiques fonctionnelles. Les revues récentes sur la transglutaminase microbienne décrivent des applications en alimentation et en packaging, car les réseaux protéiques réticulés peuvent contribuer à la cohésion de films, gels ou systèmes de protection selon les ingrédients utilisés [1].

Pour les formulateurs, ces usages sont plus spécialisés que les applications viande, poisson ou produits laitiers. Ils nécessitent de considérer l'ensemble du système : protéine porteuse, matière grasse, polysaccharide, antioxydant, pH, traitement thermique et contrainte mécanique pendant le stockage [4].

Tableau comparatif des usages par matrice

Matrice alimentaire	Objectif technologique principal	Ce que fait la transglutaminase	Points de formulation à surveiller
Viandes et poissons	Cohésion, tenue à la coupe, restructuration	Réticulation des protéines musculaires et amélioration possible du réseau protéique	Extraction protéique, contact entre morceaux, sel, température de procédé, hygiène [3]
Produits laitiers	Viscosité, fermeté, réduction de synérèse, mousse	Pontage des caséines et autres protéines lactières	pH, fermentation, traitement thermique, équilibre protéines-matière grasse [6]
Analogues végétaux	Texture fibreuse, élasticité, cohésion	Connexion des protéines végétales disponibles	Type de protéine, dénaturation, hydratation, interaction avec alginates ou gluten [9]
Produits céréaliers	Renforcement de la fraction protéique	Action indirecte sur la matrice via les protéines associées à l'amidon	Ne pas attendre d'effet amylolytique ; dépend de la quantité et accessibilité des protéines [10]
Gels d'émulsion	Microstructure, stabilité, rétention de lipides	Construction d'un réseau protéique autour d'une phase dispersée	Oxydation lipidique, taille des gouttelettes, protéines interfaciales [4]
Gélatines et gels protéiques	Fermeté, élasticité, propriétés structurales	Réticulation des chaînes de gélatine ou protéines gélifiantes	Source protéique, concentration, refroidissement, interactions avec sels et hydrocolloïdes [5]

Paramètres de procédé qui influencent la performance

La première condition est la présence de protéines réactives. Une formulation riche en lipides, amidons ou sucres mais pauvre en protéines accessibles donnera une réponse limitée, même si la dose enzymatique augmente. Les revues sur les mécanismes biochimiques et les applications industrielles indiquent que le substrat protéique détermine fortement l'effet final ^[2].

La deuxième condition est l'accessibilité des sites réactifs. Les protéines compactes, agrégées ou masquées par des lipides et polysaccharides peuvent moins bien réagir ; à l'inverse, une hydratation suffisante, un mélange homogène ou une dénaturation contrôlée peuvent exposer davantage de sites glutamine et lysine. Cette logique est cohérente avec les travaux sur les systèmes protéiques durables et les analogues végétaux, où l'ingénierie de la matrice est aussi importante que l'enzyme elle-même ^[8].

Le temps de contact doit être compatible avec la réaction enzymatique et la cinétique du procédé. Si la matrice est chauffée, acidifiée, congelée ou cisailée trop tôt, la structure obtenue peut différer de l'objectif initial ; si la réaction se poursuit trop longtemps dans une matrice sensible, la texture peut devenir trop ferme ou moins agréable. Les études sur caséines, émulsions et gélatines montrent que les propriétés finales résultent d'un équilibre entre réaction enzymatique et transformation physique du système ^[6].

Le mélange est également critique. Une dispersion incomplète peut produire des zones localement trop structurées et d'autres trop faibles, surtout dans les pâtes épaisses, farces, analogues végétaux ou gels concentrés. La transglutaminase doit être considérée comme un outil de structuration réparti dans la phase protéique, non comme un additif dont l'effet serait automatiquement homogène sans procédé adapté ^[3].

Enfin, les autres ingrédients influencent fortement le réseau. Les alginates, amidons, fibres, polyphénols, sels, huiles, émulsifiants et hydrocolloïdes peuvent modifier l'accès aux protéines, la mobilité de l'eau, la viscosité et la microstructure. Les analogues de viande à double réseau et les gels d'émulsion montrent que la transglutaminase agit souvent dans des architectures multi-composants plutôt que dans des solutions protéiques simples ^[9].

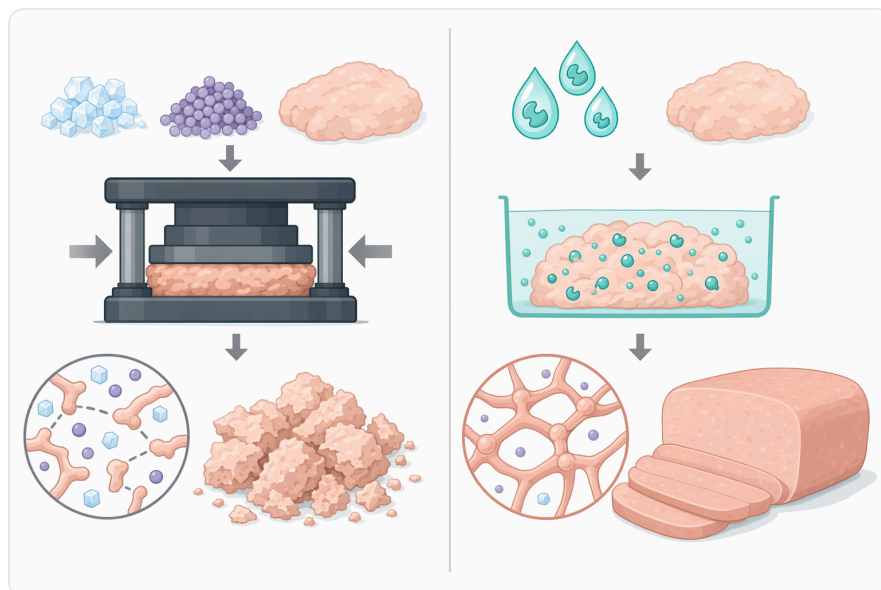


Figure 4. Dans les systèmes laitiers, la transglutaminase modifie la connectivité du réseau protéique plutôt que d’agir comme un adhésif de surface visible.

Transglutaminase microbienne, transglutaminase 2 humaine et termes médicaux : éviter les confusions

Le mot « transglutaminase » apparaît aussi dans un contexte médical, notamment avec la transglutaminase 2 humaine, dite TG2 ou transglutaminase tissulaire. Cette enzyme humaine est étudiée dans l’épithélium intestinal et dans la maladie cœliaque, ce qui explique la fréquence de recherches comme anticorps anti transglutaminase, anticorps anti-transglutaminase, anti-transglutaminase ou IgA anti transglutaminase ^[11].

Ces termes ne décrivent pas une spécification de transglutaminase alimentaire. Les expressions « anticorps anti transglutaminase IgA », « ac anti-transglutaminase IgA », « transglutaminase IgA », « anticorps anti-transglutaminase IgA positif » ou même des requêtes de compte rendu comme « anticorps anti transglutaminase IgA 0 5 » renvoient au domaine du diagnostic biologique, généralement lié à des autoanticorps dirigés contre la transglutaminase tissulaire humaine, et non à l’usage technologique d’une enzyme microbienne dans un aliment ^[11].

La distinction est importante : la transglutaminase microbienne employée comme enzyme de procédé et la TG2 humaine appartiennent à une famille fonctionnelle capable de catalyser des réactions de transamidation, mais elles ne sont pas le même objet biologique, ni le même produit, ni le même contexte d’utilisation. Les recherches sur TG2 en oncologie, par exemple dans le cancer du pancréas ou du sein, concernent la biologie cellulaire humaine et non la texturation alimentaire ^[12].

D'autres travaux montrent que TG2 peut participer à des voies de signalisation cellulaires, comme l'interaction avec CD44v6 et ERK1/2 dans des phénotypes cancéreux agressifs. Ces données renforcent l'idée qu'il faut lire les résultats de recherche « anti transglutaminase » ou « ac anti transglutaminase » selon leur contexte : diagnostic, biologie humaine, enzyme alimentaire ou bioconjugaison ne parlent pas de la même application [13].

Applications biomédicales et bioconjugaison : un champ de recherche distinct

La transglutaminase microbienne intéresse aussi la bio-ingénierie, notamment pour des applications biomédicales où la capacité à relier des biomolécules de manière contrôlée peut être utile. Des revues décrivent son potentiel en bioconjugaison, immobilisation, hydrogels ou modification ciblée de protéines, mais ces usages relèvent de protocoles spécialisés et non de la simple formulation alimentaire [14].

Des travaux récents sur le zymogène de transglutaminase microbienne montrent qu'il est possible d'ingénier le propeptide pour obtenir une activation dépendante du substrat en bioconjugaison. Cette direction illustre la sophistication croissante de l'enzyme dans la recherche, mais ne doit pas être interprétée comme une caractéristique automatique d'une transglutaminase alimentaire commerciale [15].

La réticulation in situ par transglutaminase est également étudiée pour améliorer les propriétés mécaniques de peptides auto-assemblés destinés à des applications biomédicales. Là encore, le principe chimique — créer des ponts entre biomolécules — est comparable, mais les exigences de pureté, de contrôle, de stérilité et d'usage final diffèrent profondément d'une application alimentaire [16].

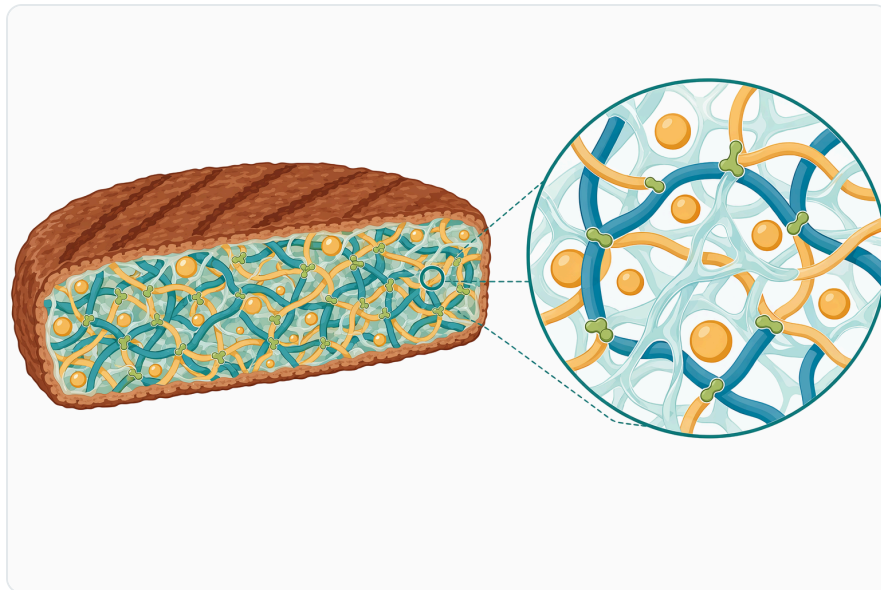


Figure 5. Les analogues de viande d'origine végétale peuvent associer la réticulation enzymatique des protéines à d'autres systèmes de structuration afin de développer la fermeté sous la dent et le maintien de la forme.

Effets sensoriels : texture, perception et goût

La transglutaminase est principalement une enzyme de structure, mais la structure influence indirectement la perception sensorielle. Une matrice plus ferme, plus élastique ou plus cohésive peut modifier la mastication, la libération d'eau, la perception de jutosité et la libération d'arômes ou de composés sapides ^[1].

Des recherches récentes explorent même la glycosylation catalysée par transglutaminase de peptides de blanc d'œuf et son influence sur l'umami via des interactions avec les récepteurs T1R1/T1R3. Cette application est plus spécifique qu'un simple usage texturant, mais elle montre que la modification enzymatique des protéines et peptides peut aussi toucher la perception gustative dans des systèmes bien définis ^[17].

Pour un développement produit, il faut donc évaluer simultanément texture instrumentale et perception sensorielle. Un réseau plus réticulé peut améliorer la tenue, mais une texture excessive peut être perçue comme caoutchouteuse, sèche ou artificielle si la formulation n'équilibre pas eau, graisse, protéines et agents texturants ^[5].

Limites techniques et bonnes attentes

La transglutaminase ne compense pas une formulation déséquilibrée. Si les protéines sont trop diluées, si la phase aqueuse est insuffisante, si les protéines ne sont pas en contact ou si la matrice est dominée par des composants non protéiques, l'effet peut être faible. Les revues sur les applications industrielles rappellent que l'efficacité dépend du substrat et des conditions de procédé [3].

Elle ne remplace pas non plus les fonctions d'autres enzymes. Une amylase agit sur l'amidon, une protéase hydrolyse les protéines, une lipase agit sur les lipides ; la transglutaminase, elle, construit des liaisons entre protéines ou peptides. Cette distinction est essentielle dans les matrices céréalières ou végétales complexes, où plusieurs familles enzymatiques peuvent produire des effets très différents [10].

Enfin, les effets observés dans une étude scientifique ne se transposent pas toujours directement à une ligne industrielle. Les travaux sur gels d'émulsion, caséines, analogues végétaux ou gélatines démontrent des possibilités, mais la performance finale dépend des ingrédients commerciaux, du cisaillement, du temps de repos, du chauffage, du refroidissement, du conditionnement et du stockage [4].

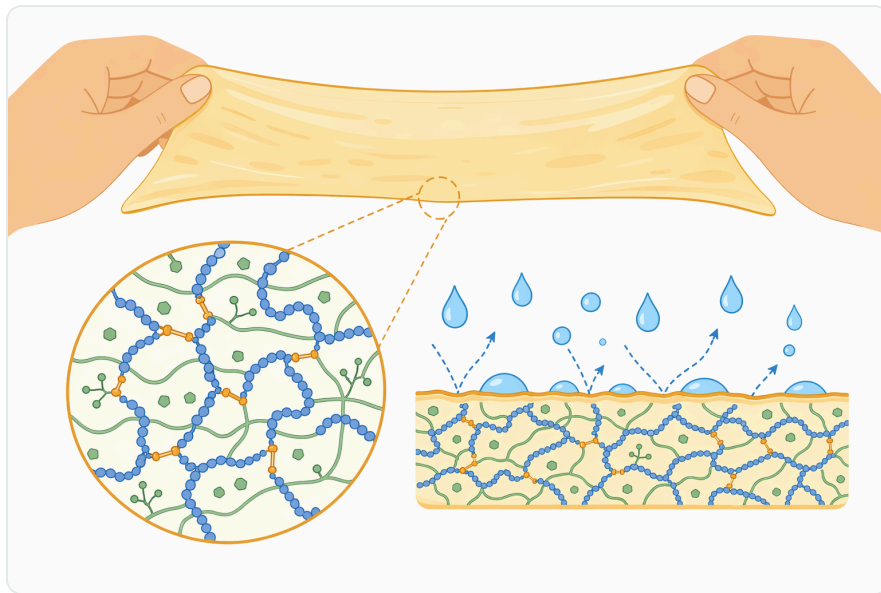


Figure 6. La réticulation peut rendre les films comestibles à base de protéines plus connectés, plus résistants mécaniquement et moins sensibles à une désorganisation rapide par l'eau.

Positionnement pratique pour les utilisateurs professionnels d'Enzymes.bio

Pour un utilisateur B2B, la transglutaminase doit être abordée comme un levier de formulation protéique : elle sert à construire ou renforcer un réseau existant, non à créer de la texture indépendamment de la matrice. Les applications les plus documentées concernent les viandes, poissons, produits laitiers, gels protéiques, systèmes végétaux et matrices mixtes où la fraction protéique joue un rôle structural ^[1].

Enzymes.bio fournit le produit en unité de 1 kg via la vente en ligne. Le certificat d'analyse et la fiche de données de sécurité accompagnent la commande, afin que les utilisateurs professionnels disposent des documents nécessaires à leur propre gestion qualité, sécurité et conformité interne.

L'utilisateur reste responsable de l'adéquation du produit à son marché, de l'étiquetage, des exigences réglementaires locales, de la validation de formulation et des contrôles applicables à son procédé. Cette responsabilité est particulièrement importante pour les produits restructurés, les formulations végétales nouvelles, les aliments exportés ou les catégories soumises à des règles spécifiques ^[3].

Synthèse

La transglutaminase est une enzyme de réticulation protéique dont le mécanisme repose sur la formation de ponts covalents entre chaînes protéiques. Cette propriété explique son intérêt pour la cohésion, la fermeté, la rétention d'eau, la stabilité de gels, les émulsions protéiques, les produits laitiers, les viandes et poissons restructurés, les analogues végétaux et certaines matrices céréaliers contenant des protéines ^[2].

Les publications récentes montrent une extension de ses usages vers les protéines durables, les gels d'émulsion, les gélatines de poisson, les interactions protéines-amidon, la bioconjugaison et les systèmes biomédicaux. Ces domaines confirment la polyvalence de la chimie enzymatique de la transglutaminase, tout en rappelant que chaque application dépend fortement de la matrice et du procédé ^[8].

Les recherches médicales autour des anticorps anti-transglutaminase, des IgA anti-transglutaminase ou de la transglutaminase 2 humaine relèvent d'un autre contexte que l'enzyme alimentaire. Pour les applications alimentaires professionnelles, la transglutaminase doit être comprise avant tout comme un outil précis de structuration des protéines, à intégrer dans une formulation et un procédé validés pour l'objectif produit recherché ^[11].

Commander Transglutaminase 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 Transglutaminase →](#)

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. Mostafa, H. (2020). Microbial transglutaminase: An overview of recent applications in food and packaging. *Biocatalysis and Biotransformation*, 38, 161 - 177.
2. Kieliszek, M. (2026). Microbial transglutaminase in food biotechnology: from biochemical mechanisms to industrial applications. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 110.
3. Muhammad, A. S., Abdulqader, A., Al-Ansi, W., Sajid, B., Al-Jaberi, H., Ejaz, S., Habimana, ... et al. (2021). Current industrial applications of microbial transglutaminase: A review. *International Journal of Advanced engineering Management and Science*.
4. Tian, Y., Wang, S., Lv, J., Ma, M., Jin, Y., & Fu, X. (2024). Transglutaminase cross-linking ovalbumin-flaxseed oil emulsion gels: Properties, microstructure, and performance in oxidative stability. *Food Chemistry*, 448, 138988 .
5. Tekle, Ş. (2025). Transglutaminase Crosslinking Enhances Functional and Structural Properties of Fish Gelatins. *Polymers*, 17.
6. Karamoko, G., Chéné, C., & Karoui, R. (2025). Impact of acidic and basic pH on the interfacial shear rheology and foaming properties of transglutaminase cross-linked casein micelle: Structure-function relationship. *Food Chemistry*, 476, 143384 .
7. Merajian, F., & Asoodeh, A. (2025). Optimization and characterization of microbial transglutaminase production from *Streptomyces fradiae* and its usage in the dairy industry and medical applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, 148002 .
8. Zhou, Z., Jiao, D., He, Y., Zuo, E., Lu, Z., Chen, G., Ding, K., ... et al. (2025). Transglutaminase in Future Foods: Molecular Engineering Strategies and Applications in Sustainable Protein Systems. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*.
9. Farooq, S., Ahmad, M. I., Zheng, S., Ali, U., Abdullah, Xue, J., Li, Y., ... et al. (2025). Fabrication and characterization of double-network meat analogs based on camellia oleosomes and soy protein-wheat gluten induced by transglutaminase and calcium alginate. *International Journal of Biological Macromolecules*, 143322 .
10. Yang, Y., Tang, Q., Deng, Z., Xiao, H., Lu, L., Lin, Q., Zhou, W., ... et al. (2024). Effect of transglutaminase on the interaction of protein and rice starch. *International Journal of Biological Macromolecules*, 138585 .

11. Amundsen, S. F., Stammaes, J., Lundin, K., & Sollid, L. (2023). Expression of transglutaminase 2 in human gut epithelial cells: Implications for coeliac disease. *PLoS ONE*, 18.
12. Lahusen, A., Minhöfer, N., Lohse, K., Blechner, C., Lindenmayer, J., Eiseler, T., Wellstein, A., ... et al. (2025). Pancreatic cancer cell-intrinsic transglutaminase-2 promotes T cell suppression through microtubule-dependent secretion of immunosuppressive cytokines. *Journal for ImmunoTherapy of Cancer*, 13.
13. Chen, X., Adhikary, G., Newland, J., Xu, W., Keillor, J., Weber, D. J., & Eckert, R. (2023). Transglutaminase 2 binds to the CD44v6 cytoplasmic domain to stimulate CD44v6/ERK1/2 signaling and maintain an aggressive cancer phenotype. *Molecular Cancer Research*.
14. Chan, S., & Lim, T. S. (2019). Bioengineering of microbial transglutaminase for biomedical applications. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 103, 2973 - 2984.
15. Ariyoshi, R., Matsuzaki, T., Sato, R., Minamihata, K., Hayashi, K., Koga, T., Orita, K., ... et al. (2024). Engineering the Propeptide of Microbial Transglutaminase Zymogen: Enabling Substrate-Dependent Activation for Bioconjugation Applications. *Bioconjugate chemistry*.
16. Ciulla, M. G., Marchini, A., Gazzola, J., Forouharshad, M., Pugliese, R., & Gelain, F. (2024). In Situ Transglutaminase Cross-Linking Improves Mechanical Properties of Self-Assembling Peptides for Biomedical Applications. *ACS Applied Bio Materials*.
17. Liu, X., Yu, Y., Liu, J., Wang, D., Li, S., Lyu, S., Zhang, T., ... et al. (2025). Transglutaminase-catalyzed glycosylation of egg white peptides: Structural modulation and molecular mechanism of umami enhancement via T1R1/T1R3 interactions. *Food Research International*, 219, 117028 .

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.