

# Transglutaminasi alimentare per carne, pesce, lattiero-caseario e proteine vegetali: meccanismo, applicazioni e uso tecnico

Team di ricerca Enzymes.bio · Wellington, Nuova Zelanda · June 20, 2026

La transglutaminasi alimentare è un enzima usato nei prodotti ricchi di proteine per favorire la formazione di legami covalenti tra catene proteiche, migliorando coesione, gelificazione, affettabilità, ritenzione d'acqua e stabilità della texture. Le applicazioni più rilevanti includono carni trasformate, prodotti ittici e surimi, yogurt e formaggi, bevande o alimenti ad alto contenuto proteico e formulazioni plant-based, con risultati che dipendono dalla matrice proteica e dalle condizioni di processo <sup>[1]</sup>.

## Che cos'è la transglutaminasi alimentare

La transglutaminasi è un enzima che catalizza reazioni di reticolazione tra proteine, in particolare tra residui di glutammina e lisina presenti nelle catene polipeptidiche. In ambito alimentare viene impiegata come strumento tecnologico per modificare la struttura di matrici proteiche già presenti nel prodotto: non “aggiunge” una rete esterna, ma promuove legami tra proteine della carne, del pesce, del latte, della soia o di altre fonti proteiche quando i siti reattivi sono accessibili <sup>[1]</sup>.

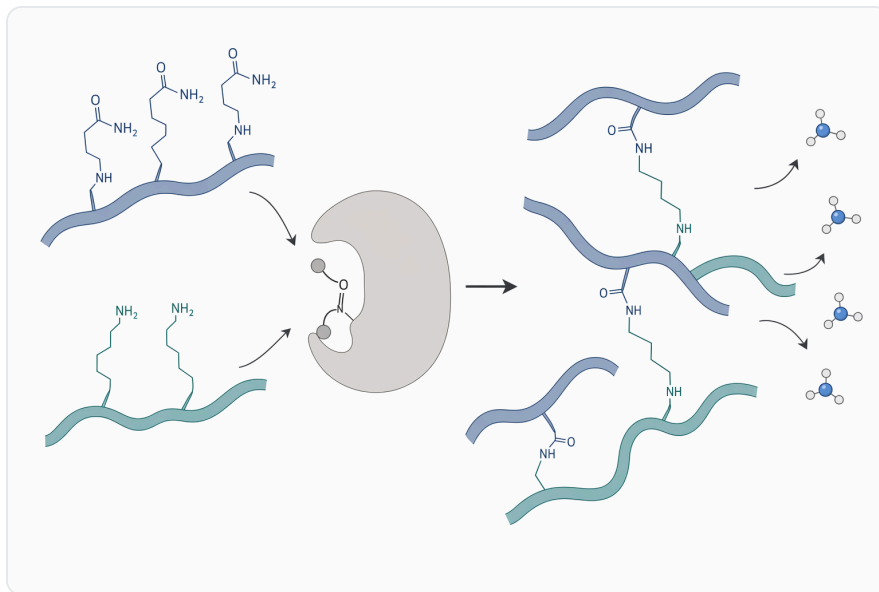
Il prodotto proposto da Enzymes.bio è una transglutaminasi in polvere per applicazioni alimentari, associata al CAS 80146-85-6 e destinata a trasformatrici che lavorano sistemi proteici. Enzymes.bio deve essere intesa come fornitore online del prodotto, non come produttore né come laboratorio; la disponibilità commerciale è indicata in unità da 1 kg, con CoA e SDS forniti insieme all'ordine .

Dal punto di vista formulativo, la transglutaminasi è spesso descritta come un “collante proteico”, ma questa definizione è utile solo se interpretata correttamente. L'enzima non svolge un'azione adesiva generica su qualsiasi ingrediente: agisce su proteine contenenti gruppi funzionali compatibili, e l'effetto finale dipende da concentrazione proteica, idratazione, accessibilità dei residui amminoacidici, distribuzione dell'enzima nella massa e successiva stabilizzazione del prodotto <sup>[1]</sup>.

## Il meccanismo biochimico: legami tra glutammina e lisina

Il meccanismo principale della transglutaminasi è una reazione di trasferimento acilico. Il gruppo  $\gamma$ -carbrossamidico di un residuo di glutammina agisce come donatore acilico, mentre il gruppo  $\epsilon$ -amminico di un residuo di lisina può agire da accettore; il risultato è un legame isopeptidico  $\epsilon$ -( $\gamma$ -glutamil)-lisina, cioè un ponte covalente tra catene proteiche o all'interno della stessa proteina [1].

Quando i legami si formano tra molecole proteiche diverse, si parla di reticolazione intermolecolare. Questo è il caso più interessante per molti alimenti strutturati, perché più proteine vengono collegate in una rete continua o semi-continua. Tale rete può aumentare la coesione di un impasto di carne, la forza di un gel di surimi, la compattezza di un sistema caseario o la stabilità meccanica di una matrice vegetale ad alto contenuto proteico [1].



**Figure 1.** 트랜스글루타미나아제는 글루타민 잔기와 라이신 잔기 사이에 공유 결합성  $\epsilon$ -( $\gamma$ -글루타밀) 라이신 가교를 형성해 식품 단백질 네트워크를 강화한다.

Quando invece i legami si formano all'interno della stessa molecola proteica, l'effetto può essere più sottile: la conformazione della proteina può diventare più rigida o meno accessibile ad altre interazioni. In pratica, le due forme di reticolazione possono coesistere; il risultato tecnologico non dipende solo dalla quantità di legami formati, ma anche da dove si formano e da come questi legami modificano la rete proteica complessiva [2].

È importante distinguere la transglutaminasi da enzimi come proteasi, amilasi o lipasi. Una proteasi taglia le proteine in peptidi più piccoli; la transglutaminasi, al contrario, tende a collegare proteine o porzioni proteiche. Non è quindi lo strumento corretto per idrolizzare proteine, ridurre direttamente la

viscosità tramite degradazione proteica, modificare amidi, scindere lipidi o agire come conservante antimicrobico <sup>[3]</sup>.

## Perché è utile nei prodotti alimentari ricchi di proteine

---

Molti problemi di processo negli alimenti proteici derivano da una rete proteica debole o disomogenea. In carne e pesce si osservano talvolta scarsa coesione tra pezzi, perdita di acqua, rottura durante taglio o cottura e texture non uniforme. Nei lattiero-caseari, criticità frequenti riguardano sineresi, debolezza del gel, bassa viscosità o perdita di stabilità durante lo stoccaggio. Nelle proteine vegetali, la sfida è spesso costruire una struttura fibrosa, elastica o compatta partendo da ingredienti con funzionalità molto variabile <sup>[1]</sup>.

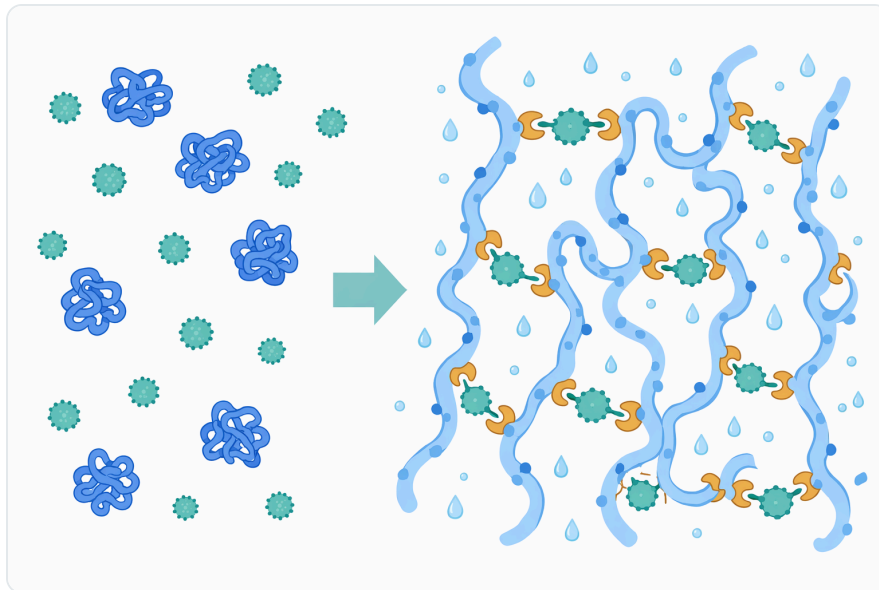
La transglutaminasi interviene su questi problemi rafforzando l'interazione covalente tra proteine. Rispetto a interazioni deboli come legami idrogeno, interazioni idrofobiche o ponti salini, il legame isopeptidico formato dall'enzima è più stabile e può contribuire a mantenere la struttura anche quando il prodotto subisce taglio, cottura, raffreddamento o manipolazioni successive <sup>[2]</sup>.

Il vantaggio tecnologico non è però automatico. Una rete proteica troppo debole non raggiunge l'effetto desiderato, ma una rete eccessivamente reticolata può dare masticabilità dura, perdita di succosità percepita, viscosità difficile da gestire o scarsa estrudibilità. Per questo la transglutaminasi va considerata un regolatore della struttura proteica, non un correttivo universale per ricette sbilanciate o materie prime degradate <sup>[1]</sup>.

## Applicazioni principali: confronto tecnico tra matrici alimentari

---

La transglutaminasi è più prevedibile quando la matrice contiene proteine reattive, ben idratate e distribuite in modo uniforme. Le proteine miofibrillari di carne e pesce, le caseine del latte e varie proteine vegetali possono rispondere in modo diverso perché espongono diversamente residui di glutammina e lisina. Anche trattamenti come salatura, miscelazione, riscaldamento moderato, denaturazione controllata o omogeneizzazione possono cambiare l'accessibilità dei siti reattivi <sup>[1]</sup>.



**Figure 2.** 수화, 가용화, 부분적 풀림은 단백질 부위를 더 노출시켜 트랜스글루타미나아제가 촉매하는 가교 형성이 더 잘 일어나게 한다.

Matrice alimentare	Obiettivo tecnologico tipico	Meccanismo rilevante	Limiti da considerare
Carne trasformata e ricostituita	Coazione tra pezzi, affettabilità, stabilità in cottura	Reticolazione di proteine miofibrillari e formazione di una rete più continua	Texture troppo compatta se il processo spinge eccessivamente la reticolazione
Pesce e surimi	Gel strength, elasticità, tenuta della forma, ritenzione d'acqua	Collegamento tra proteine miofibrillari del pesce, con rete gelificata più resistente	Sensibilità della materia prima, del contenuto d'acqua e della storia termica
Yogurt, formaggi e sistemi lattiero-caseari	Viscosità, stabilità del gel, riduzione della sineresi, corpo	Reticolazione soprattutto di proteine del latte accessibili, incluse frazioni caseiniche	Risposta diversa tra caseine e proteine del siero, soprattutto se native
Bevande e alimenti ad alto contenuto proteico	Stabilità fisica, corpo, minore separazione, struttura più uniforme	Rete proteica più integrata, con possibile aumento della viscosità	Rischio di viscosità eccessiva o sedimentazione se la formulazione non è bilanciata
Proteine vegetali e meat analogues	Struttura, coazione, masticabilità, integrazione della fase proteica	Reticolazione di proteine di soia, legumi o altre fonti vegetali quando reattive	Forte variabilità tra ingredienti, solubilità e trattamenti precedenti
Prodotti da forno e noodles	Rinforzo della rete proteica, consistenza dell'impasto, tenuta alla lavorazione	Interazione con proteine del glutine o altre proteine della farina	Equilibrio delicato tra elasticità, estensibilità e volume finale

Questa comparazione mostra perché la stessa transglutaminasi non produca effetti identici in tutte le categorie. In una carne tritata o in un impasto di pesce, l'enzima può trovare molte proteine miofibrillari disponibili; in una bevanda proteica, invece, la stabilità colloidale e il comportamento reologico diventano altrettanto importanti. Nei sistemi vegetali, la fonte proteica e il metodo di estrazione possono cambiare drasticamente solubilità, denaturazione e accessibilità dei residui reattivi [1].

## **Carne trasformata: coesione, resa strutturale e affettabilità**

---

Nella carne trasformata la transglutaminasi è usata soprattutto per migliorare la coesione tra particelle, pezzi o frammenti proteici. In prodotti come prosciutti ricostituiti, rollè, preparazioni di pollame, porzioni modellate o impasti carnei, l'obiettivo è ottenere una struttura più stabile al taglio e alla cottura senza dipendere solo da compressione meccanica o gelificazione termica [1].

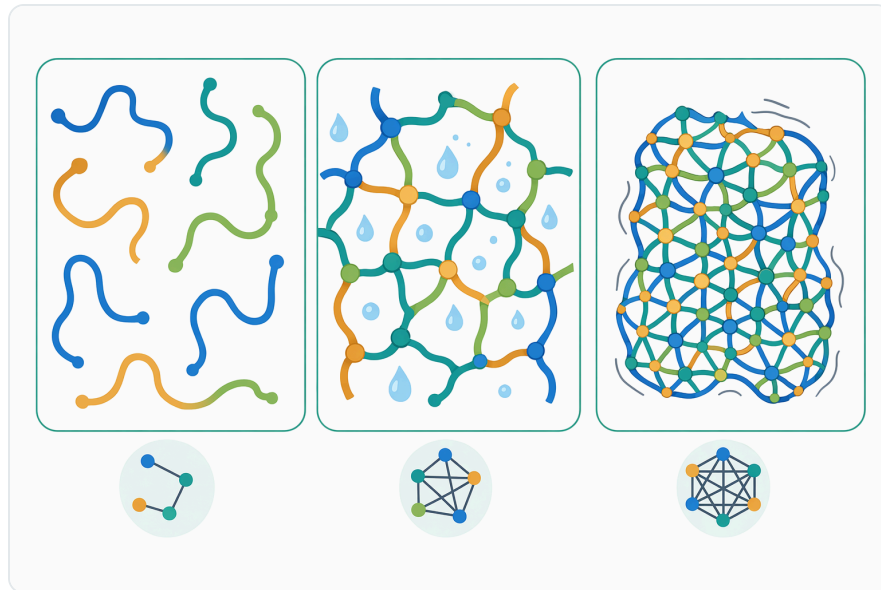
Il meccanismo è particolarmente adatto alle proteine miofibrillari, che contribuiscono in modo decisivo alla texture dei prodotti carnei. Quando queste proteine sono estratte o rese disponibili dalla lavorazione, la transglutaminasi può favorire ponti covalenti tra catene proteiche vicine. Il risultato atteso è una rete più coesa, capace di trattenere meglio la forma e ridurre la tendenza alla separazione di pezzi durante affettatura, confezionamento o manipolazione [1].

In queste applicazioni è essenziale evitare di interpretare l'enzima come un sostituto della qualità della materia prima. Se il contenuto proteico è insufficiente, la distribuzione dell'acqua è inadeguata o la fase di miscelazione non disperde correttamente l'enzima, la rete non si forma in modo uniforme. Al contrario, se la reticolazione procede in modo troppo intenso, il prodotto può risultare gommoso o eccessivamente compatto [2].

## **Pesce, surimi e seafood: gelificazione e stabilità della forma**

---

Nel pesce e nel surimi, la transglutaminasi trova una delle applicazioni più coerenti con il suo meccanismo. Le proteine miofibrillari del pesce sono centrali per la formazione del gel; collegarle in modo più stabile può migliorare forza, elasticità e integrità strutturale. Per prodotti modellati, bastoncini, porzioni ricostituite o preparazioni surimi-based, la rete proteica influenza direttamente masticabilità, ritenzione d'acqua e stabilità dimensionale [1].



**Figure 3.** 가교 밀도가 적절한 중간 범위에 도달하면 식감이 개선되지만, 가교가 부족하거나 과도하면 제품이 약해지거나 지나치게 단단해질 수 있다.

Il surimi è un sistema particolarmente istruttivo perché la sua qualità dipende da un equilibrio tra proteine funzionali, acqua, sali e trattamento termico. La transglutaminasi può contribuire a creare una rete proteica più densa e resistente prima o durante la stabilizzazione del gel, ma la risposta dipende dalla freschezza della materia prima, dal grado di lavaggio, dal contenuto di proteine denaturate e dalla sequenza di processo [1].

Nelle formulazioni ittiche, l'enzima non deve essere visto come un modo per mascherare difetti di sicurezza o freschezza. La sua funzione è strutturale: migliora la rete proteica quando la matrice è idonea, ma non riduce di per sé carica microbica, ossidazione lipidica o contaminanti. Questo punto è importante perché i prodotti ittici hanno considerazioni nutrizionali e di sicurezza specifiche che restano indipendenti dalla reticolazione enzimatica [4].

## **Lattiero-caseario: caseine, proteine del siero e sistemi ad alto contenuto proteico**

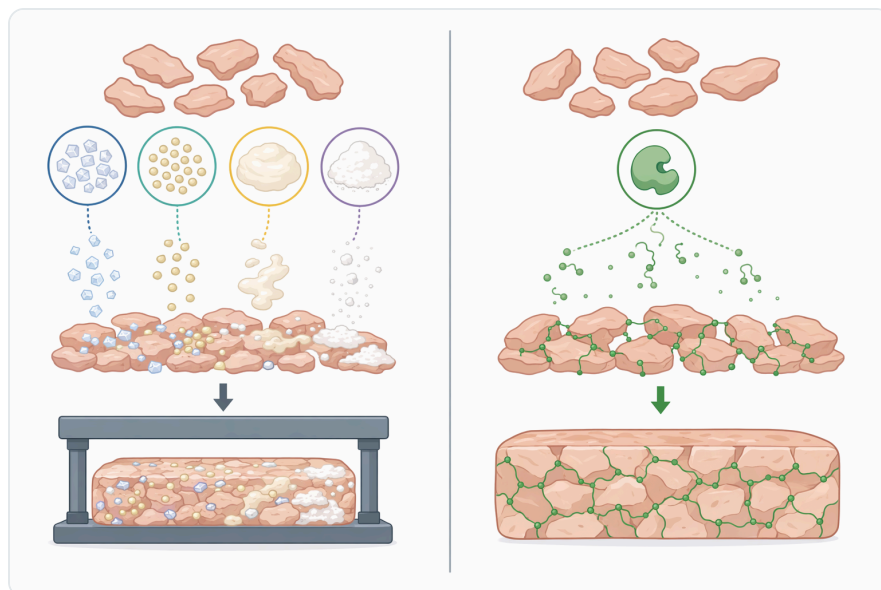
Nei lattiero-caseari, la transglutaminasi è studiata per modificare le proprietà delle proteine del latte e influenzare texture, viscosità, gelificazione e ritenzione d'acqua. Le caseine sono generalmente più accessibili alla reticolazione rispetto a molte proteine globulari native del siero, perché la loro struttura aperta espone più facilmente i siti reattivi. Le proteine del siero possono invece rispondere meglio quando trattamenti di processo ne modificano la conformazione [5].

La review sulla filtrazione del siero e sul pretrattamento con transglutaminasi evidenzia l'interesse verso questo enzima nei sistemi whey, in cui la reticolazione può cambiare comportamento fisico, aggregazione e separazione durante operazioni di trasformazione. Questo non significa che ogni

applicazione a base di siero migliori automaticamente: la risposta dipende dalla forma proteica, dal livello di denaturazione, dal pH della matrice e dall'interazione con sali, zuccheri o altri ingredienti [5].

In yogurt e prodotti fermentati, la rete proteica è determinante per consistenza e sineresi. Una reticolazione mirata può contribuire a un gel più stabile e a una texture più piena, ma deve essere compatibile con fermentazione, acidificazione e colture utilizzate. In prodotti dove sono presenti microrganismi lattici, il profilo finale deriva dall'interazione tra struttura proteica, acidificazione e metaboliti della fermentazione, non dall'enzima isolato [6].

Nei formaggi o negli alimenti proteici concentrati, la transglutaminasi può essere valutata per modificare corpo, coesione e comportamento allo stoccaggio. Tuttavia, la reticolazione può anche alterare drenaggio, fusione, elasticità o percezione al morso. Per questo l'applicazione lattiero-casearia richiede un bilanciamento fine tra obiettivo testurale e identità del prodotto finito [5].



**Figure 4.** 트랜스글루타미나아제는 식품 자체의 단백질을 공유결합으로 연결해 구조를 만든다는 점에서 열, 하이드로콜로이드, 전분, 프로테아제와 다르다.

## Proteine vegetali e alternative alla carne

L'impiego della transglutaminasi nelle proteine vegetali è un'area in crescita, spinta dalla domanda di burger vegetali, analoghi della carne, alimenti ibridi e prodotti ad alto contenuto proteico. La logica è simile a quella delle matrici animali: creare una rete proteica più coesa. La difficoltà è che le proteine vegetali variano molto per composizione, estrazione, denaturazione, solubilità, presenza di fibre, amidi, polifenoli e altri componenti non proteici [4].

Le proteine di soia sono tra le più studiate perché ampiamente disponibili e funzionali in molte formulazioni. Altre fonti, come pisello, lupino, fava o cereali, possono richiedere condizioni diverse per esporre i siti reattivi. In un meat analogue, l'obiettivo non è solo "incollare" proteine: occorre generare masticabilità, succosità, struttura fibrosa o particolata e stabilità in cottura. La transglutaminasi può contribuire alla rete, ma non sostituisce estrusione, idratazione, scelta della proteina e progettazione della fase grassa <sup>[1]</sup>.

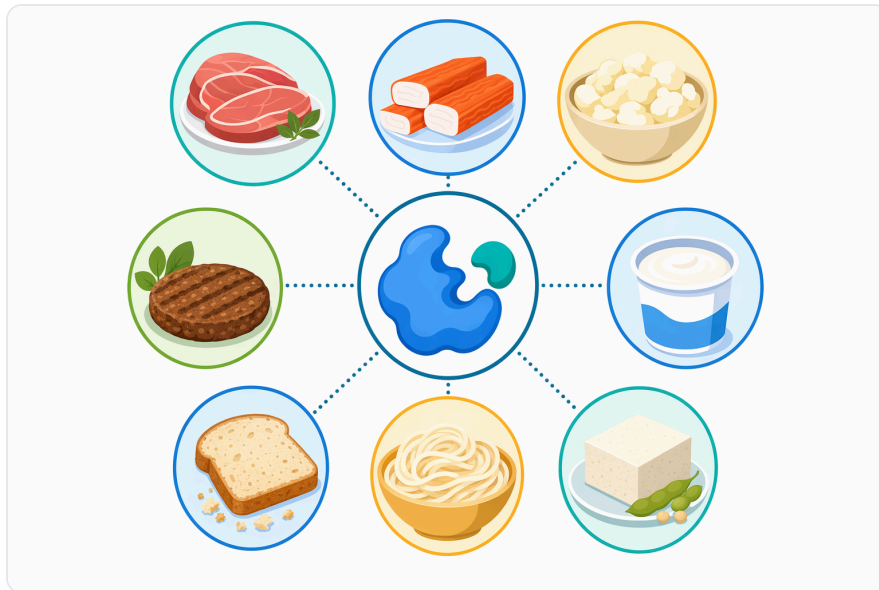
Un aspetto critico nei sistemi plant-based è l'interferenza di ingredienti non proteici. Fibre insolubili, amidi gelatinizzati, oli, emulsionanti e sali possono modificare distanza tra proteine, diffusione dell'enzima e disponibilità dell'acqua. Di conseguenza, l'effetto può essere molto positivo in una formulazione e limitato in un'altra apparentemente simile. L'approccio corretto è considerare la transglutaminasi come un componente della strategia strutturale, non come l'unico determinante della texture <sup>[3]</sup>.

## Prodotti da forno, glutine e noodles

---

Nei prodotti a base di frumento, la transglutaminasi può influenzare la rete proteica del glutine. Il glutine è già una struttura complessa formata principalmente da gliadine e glutenine, responsabile di elasticità, estensibilità e ritenzione di gas negli impasti. La reticolazione enzimatica può rafforzare alcuni aspetti della rete, ma l'effetto finale dipende dall'equilibrio tra forza e lavorabilità <sup>[7]</sup>.

In pane, pasta e noodles, un aumento della coesione proteica può essere utile quando la farina è debole o quando si vuole migliorare tenuta in cottura e consistenza. Tuttavia, una rete troppo rigida può penalizzare volume, espansione, masticabilità o estensibilità dell'impasto. Per questo le applicazioni su glutine richiedono particolare cautela formulativa, soprattutto quando il prodotto finale è destinato a consumatori sensibili al glutine o a mercati con aspettative specifiche di etichettatura <sup>[7]</sup>.



**Figure 5.** 주요 식품 적용 분야에는 육류 재구성, 수리미 겔 강화, 유제품 겔 조절, 식물성 단백질 결착, 밀가루 반죽 조정, 에멀션, 식용 필름이 포함된다.

La letteratura ha discusso anche possibili implicazioni della transglutaminasi microbica in relazione a complessi con gliadina e celiachia. Queste pubblicazioni non dimostrano che ogni alimento trattato abbia lo stesso profilo di rischio, ma indicano che le applicazioni su proteine del frumento meritano attenzione scientifica e regolatoria, soprattutto perché la celiachia coinvolge risposte immunitarie verso frazioni specifiche del glutine [7][8].

## Condizioni di processo: variabili che determinano il risultato

L'attività pratica della transglutaminasi dipende innanzitutto dalla distribuzione nella matrice. In una polvere o in un impasto proteico, zone con enzima concentrato possono reticolare troppo, mentre zone non raggiunte restano deboli. Miscelazione, idratazione e sequenza di aggiunta sono quindi determinanti, specialmente in sistemi viscosi o ad alto contenuto di particelle [1].

Il pH del prodotto condiziona carica delle proteine, solubilità e conformazione. Anche se la transglutaminasi microbica è nota per essere utilizzabile in molte matrici alimentari, ogni formulazione ha un proprio equilibrio: vicino al punto isoelettrico alcune proteine aggregano più facilmente, mentre in altre condizioni restano più disperse. Questi cambiamenti possono favorire o limitare l'avvicinamento tra residui reattivi [1].

La temperatura ha un doppio ruolo. Da un lato influenza la velocità delle reazioni enzimatiche e la mobilità delle proteine; dall'altro può denaturare proteine o inattivare l'enzima se il processo prevede fasi termiche. In molti alimenti proteici, la sequenza concettuale è: distribuire l'enzima, consentire la

reticolazione in una finestra di processo compatibile con la ricetta, poi stabilizzare il prodotto attraverso cottura, raffreddamento, fermentazione o confezionamento secondo la tecnologia prevista [9].

Anche sale, fosfati, zuccheri, grassi, fibre e idrocolloidi modificano la risposta. Il sale può aumentare l'estrazione di proteine miofibrillari in carne e pesce, rendendo più disponibili i substrati; gli idrocolloidi possono competere per acqua o cambiare viscosità; i grassi possono interrompere la continuità della rete proteica se non correttamente emulsionati. L'effetto della transglutaminasi emerge quindi dall'intero sistema, non dalla sola presenza dell'enzima [3].

## Benefici realistici e limiti tecnici

Il beneficio più solido è il controllo della struttura proteica. In una matrice adatta, la transglutaminasi può aumentare coesione, elasticità, viscosità, forza del gel e stabilità meccanica. Questi effetti sono coerenti con il suo meccanismo di formazione di legami  $\epsilon$ -( $\gamma$ -glutamil)-lisina e con le applicazioni descritte nella biotecnologia alimentare moderna [1].



**Figure 6.** 육류, 가금류, 해산물, 수리미 시스템에서는 노출된 근육 단백질 사이의 가교가 결합성, 절단성, 겔 탄성을 향상시킨다.

Un secondo beneficio è la possibilità di migliorare la lavorabilità di materie prime proteiche eterogenee. Nei prodotti ricostituiti, ad esempio, la reticolazione può aiutare a trasformare pezzi, frammenti o paste proteiche in una struttura più uniforme. Nei sistemi lattiero-caseari o vegetali può contribuire a texture più consistenti o a una minore separazione della fase acquosa, se la formulazione è progettata per consentire la formazione della rete [5].

Il limite principale è la dipendenza dalla matrice. Una proteina poco solubile, fortemente denaturata, scarsamente idratata o fisicamente separata da grassi e fibre potrebbe non reticolare in modo utile. Inoltre, l'enzima non corregge contaminazione microbiologica, irrancidimento, difetti aromatici, eccesso di acqua libera non gestita o scarsa qualità delle materie prime. La transglutaminasi modifica le proteine; non sostituisce igiene, controllo di processo o progettazione della ricetta <sup>[10]</sup>.

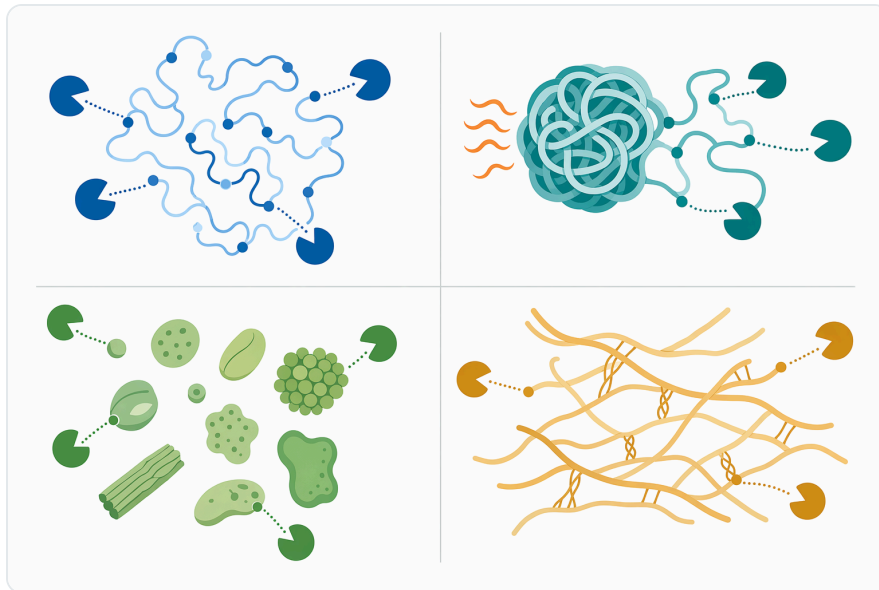
Un ulteriore limite riguarda la percezione del consumatore e il quadro regolatorio. Alcuni mercati considerano gli enzimi alimentari come coadiuvanti tecnologici, altri richiedono valutazioni o condizioni specifiche. Il modo in cui un prodotto trattato deve essere etichettato, autorizzato o comunicato dipende dalla giurisdizione e dall'applicazione finale. Questo aspetto va gestito nel rispetto delle norme locali per il prodotto finito <sup>[10][11]</sup>.

## **Sicurezza, allergenicità e digestione: cosa dice la letteratura**

---

La sicurezza della transglutaminasi alimentare è discussa in letteratura con due prospettive. La prima riguarda l'utilità tecnologica dell'enzima e la lunga esperienza applicativa in diversi alimenti proteici. La seconda riguarda possibili effetti dei legami crociati su digestione, immunogenicità o allergenicità di specifiche proteine, tema particolarmente rilevante per glutine, allergeni alimentari e prodotti destinati a popolazioni sensibili <sup>[2]</sup>.

Una review sull'enzymatic crosslinking e allergenicità alimentare sottolinea che la reticolazione può modificare esposizione degli epitopi, solubilità e resistenza alla digestione delle proteine. Questo non porta a una conclusione unica per tutti gli alimenti: in alcuni casi la modifica può ridurre il riconoscimento di certi epitopi, in altri può mantenerlo o cambiarlo in modo non prevedibile. La valutazione deve quindi essere specifica per proteina, processo e popolazione target <sup>[2]</sup>.



**Figure 7.** 반응 부위의 접근성은 단백질 구조, 가공 이력, 용해도, 수화 상태에 따라 달라지므로 단백질 원료마다 반응성이 다르다.

Le pubblicazioni di Lerner e collaboratori hanno sollevato preoccupazioni sul possibile ruolo della transglutaminasi microbica e dei complessi con gliadina nella celiachia. Questi lavori sono rilevanti soprattutto per applicazioni che coinvolgono glutine o proteine di frumento; non devono essere generalizzati automaticamente a carne, pesce, latte o proteine vegetali non contenenti glutine, ma indicano che la reticolazione enzimatica non è un tema puramente tecnologico quando incontra proteine immunologicamente sensibili [7][8].

Dal punto di vista della digestione, i legami isopeptidici formati dalla transglutaminasi sono più resistenti di molti legami peptidici ordinari, ma la matrice alimentare viene comunque sottoposta a processi digestivi complessi. L'effetto finale su biodisponibilità, peptidi rilasciati e risposta immunitaria dipende dalla proteina trattata, dal grado di reticolazione e dal contesto alimentare. Per questo è prudente evitare affermazioni generiche come “migliora la digeribilità” o “riduce l'allergenicità” senza dati specifici sul prodotto finito [2].

## Aspetti regolatori e documentazione commerciale

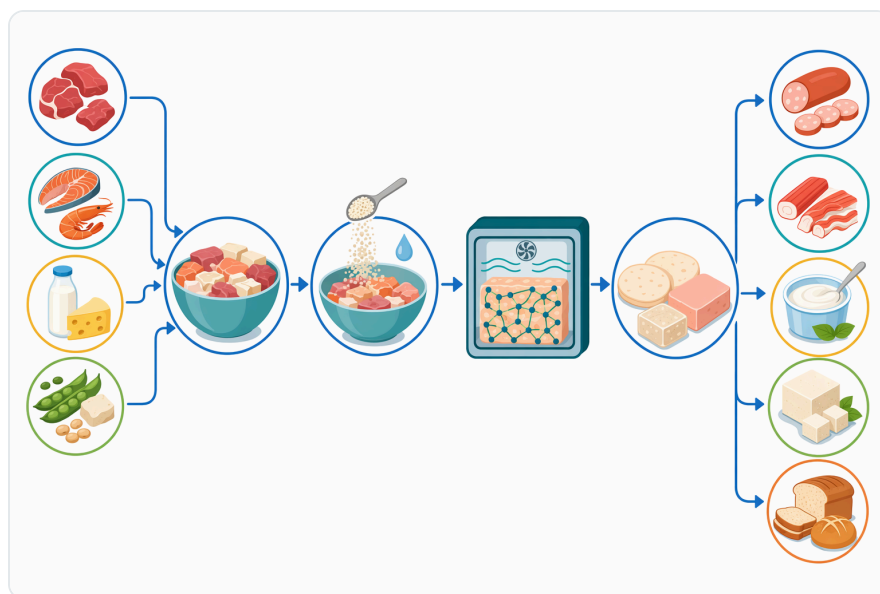
L'uso della transglutaminasi negli alimenti deve essere valutato in base alla normativa del paese in cui il prodotto finito viene fabbricato, commercializzato e consumato. Le regole possono differire per status dell'enzima, origine, funzione tecnologica, residuo nel prodotto finito, categorie alimentari ammesse ed eventuali requisiti di etichettatura. Documenti regolatori e domande di autorizzazione su transglutaminasi da diverse fonti microbiche mostrano che il tema viene trattato in modo specifico dalle autorità competenti [11].

Per un trasformatore alimentare, la documentazione accompagnatoria serve a integrare il prodotto nel proprio sistema qualità. Enzymes.bio indica la disponibilità online della transglutaminasi per applicazioni alimentari e fornisce CoA e SDS con l'ordine; questi documenti supportano identificazione, gestione e uso professionale del prodotto acquistato, senza trasformare Enzymes.bio in un laboratorio di prova o in un produttore .

È corretto anche distinguere tra informazioni tecniche generali e validazione del prodotto finito. Le evidenze scientifiche spiegano il meccanismo e le applicazioni della transglutaminasi, ma ogni azienda alimentare deve assicurare che la propria ricetta, il proprio processo e la propria etichettatura siano conformi alla normativa applicabile. La conformità non dipende solo dall'enzima, ma dall'intera formulazione e dalla destinazione commerciale del prodotto <sup>[10]</sup>.

## Posizionamento del prodotto Enzymes.bio

La transglutaminasi proposta da Enzymes.bio si colloca come ingrediente tecnologico per operatori che lavorano matrici alimentari proteiche e desiderano intervenire su texture, coesione e stabilità. Le categorie più coerenti sono carne trasformata, pesce e surimi, lattiero-caseario, alimenti ad alto contenuto proteico e formulazioni vegetali in cui la struttura della rete proteica è un fattore critico di qualità .



**Figure 8.** 효과적인 사용을 위해서는 수화, 효소 분산, 단백질 추출 또는 풀림, 유지 및 성형 시간, 최종 가열 또는 안정화 과정을 조율해야 한다.

Enzymes.bio non va presentata come produttore né come laboratorio analitico: il suo ruolo è quello di fornitore online. Il prodotto è venduto direttamente in unità da 1 kg; CoA e SDS accompagnano l'ordine. Questa impostazione è coerente con un acquisto professionale documentato, senza necessità

di descrivere campionature, preventivi, vendita all'ingrosso o ordini di grandi volumi .

## Conclusione

---

La transglutaminasi alimentare è uno strumento tecnico ben documentato per modificare reti proteiche tramite legami covalenti tra residui di glutammina e lisina. Quando la matrice contiene proteine reattive e il processo è impostato correttamente, può migliorare coesione, gelificazione, affettabilità, ritenzione d'acqua, viscosità e stabilità strutturale in carne, pesce, surimi, lattiero-caseario e proteine vegetali <sup>[1]</sup>.

Il suo impiego deve però restare realistico: non è una proteasi, non è un conservante, non corregge difetti igienici o materie prime inadatte e non produce lo stesso effetto in tutte le formulazioni. Le applicazioni su glutine, allergeni o alimenti destinati a gruppi sensibili richiedono particolare attenzione, perché la reticolazione enzimatica può modificare proprietà rilevanti per digestione e risposta immunitaria <sup>[2][7]</sup>.

Per trasformatori alimentari che cercano una soluzione enzimatica per il controllo della texture proteica, la transglutaminasi disponibile tramite Enzymes.bio rappresenta un'opzione acquistabile online in unità da 1 kg, con documentazione CoA e SDS fornita insieme all'ordine. Il valore tecnico del prodotto deriva dal corretto abbinamento tra enzima, matrice proteica, processo e requisiti regolatori del prodotto finito .

### **Ordina Food Grade Transglutaminase Enzyme Powder 130U/G - Tg For Food Products Cas 80146-85-6 online**

Venduto in unità da 1 kg, disponibile a magazzino e pronto per la spedizione. Ordina direttamente dal nostro store: paga online e noi elaboriamo il tuo ordine. Un Certificato di Analisi e una Scheda Dati di Sicurezza sono inclusi in ogni ordine.

**Acquista Food Grade Transglutaminase Enzyme Powder 130U/G - Tg For Food Products Cas 80146-85-6 →**

## Riferimenti

---

Numerati in ordine di prima citazione. Fonti open access, ciascuna verificata come raggiungibile al momento della pubblicazione; i numeri di citazione nel testo rimandano qui.

1. Kieliszek, M. (2026). Microbial transglutaminase in food biotechnology: from biochemical mechanisms to industrial applications. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 110.
2. Ahmed, I., Chen, H., Li, J., Wang, B., Li, Z., & Huang, G. (2021). Enzymatic crosslinking and food allergenicity: A comprehensive review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*.
3. Aslam<sup>1</sup>, M. U., Aslam<sup>1</sup>, E., Shahbaz<sup>2</sup>, M., Aslam, M. U., & Shahbaz, M. (2025). FOOD CHEMISTRY AND ENZYMATIC REACTIONS: UNDERSTANDING THE ROLE OF ENZYMES IN FOOD PROCESSING: A NARRATIVE REVIEW. *Insights-Journal of Health and Rehabilitation*.
4. Tacon, A., Coelho, R. T. I., Levy, J., Machado, T. M., Neiva, C. R. P., & Lemos, D. (2023). Annotated Bibliography of Selected Papers Dealing with the Health Benefits and Risks of Fish and Seafood Consumption. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 32, 211 - 305.
5. Rosseto, M., Rigueto, C., Gomes, K. S., Krein, D., Loss, R. A., Dettmer, A., & Richards, N. (2023). Whey filtration: a review of products, application, and pretreatment with transglutaminase enzyme. *The Journal of the Science of Food and Agriculture*.
6. Pimentel, T. C., Brandão, L. R., Oliveira, M. P., Costa, W. K. A., & Magnani, M. (2021). Health benefits and technological effects of Lacticaseibacillus casei-01: An overview of the scientific literature. *Trends in Food Science & Technology*.
7. Lerner, A., & Matthias, T. (2020). Processed Food Additive Microbial Transglutaminase and Its Cross-Linked Gliadin Complexes Are Potential Public Health Concerns in Celiac Disease. *International Journal of Molecular Sciences*, 21.
8. Lerner, A., Benzvi, C., & Vojdani, A. (2024). The Frequently Used Industrial Food Process Additive, Microbial Transglutaminase: Boon or Bane. *Nutrition reviews*.
9. Yang, P., Wang, X., Ye, J., Rao, S., Zhou, J., Guo-Du, & Liu, S. (2023). Enhanced Thermostability and Catalytic Activity of Streptomyces mobaraensis Transglutaminase by Rationally Engineering Its Flexible Regions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*.
10. Xia, B., Abidin, M. R. Z., Wong, J., Dong, H., & Karim, S. A. (2025). Are Food Additives Utilized Judiciously? Novel Insights into Health Risks, Benefits, and Ethical Boundaries. *Food reviews international (Print)*, 42, 720 - 745.
11. A1275%20Updated%20Application%20Transglutaminase%20From%20Bacillus%20Licheniformis V02 Redacted.Pdf. Gov.

## Contatta Enzymes.bio

Hai domande su un ordine? Il nostro team è lieto di aiutarti.

EMAIL [wholesale@enzymes.bio](mailto:wholesale@enzymes.bio)

TELEFONO (USA) **+1 (507) 428-6057**

[Contattaci →](#)



**400+** Clienti B2B



**60+** partner di ricerca universitari



**54** serviti in tutto il mondo