

Transglutaminase für Proteinvernetzung in Lebensmitteln: Funktion, Anwendungen und Grenzen

Enzymes.bio Research-Team · Wellington, Neuseeland · June 18, 2026

Transglutaminase ist ein Enzym zur gezielten Vernetzung von Proteinen; in der Lebensmittelverarbeitung wird es eingesetzt, um Textur, Bindung, Schnittfestigkeit und Formstabilität proteinreicher Produkte zu beeinflussen ^[1]. Der technologische Kern ist die Bildung stabiler Protein-Protein-Verknüpfungen, insbesondere über Isopeptidbindungen, wodurch aus losen oder empfindlichen Proteinstrukturen belastbarere Netzwerke entstehen können ^[2].

Was Transglutaminase technisch leistet

Transglutaminasen sind Enzyme, die in biologischen Systemen Proteinstrukturen verändern können. In der Lebensmitteltechnologie steht nicht eine Nährwertanreicherung im Vordergrund, sondern die katalytische Umstrukturierung vorhandener Proteine: Das Enzym bringt Proteinseitenketten so zusammen, dass zusätzliche Querverbindungen im Proteinverbund entstehen ^[1].

Diese Wirkung erklärt, warum Transglutaminase im Alltag manchmal verkürzt als „meat glue transglutaminase“ oder „transglutaminase meat glue“ bezeichnet wird. Der Begriff ist anschaulich, aber technisch ungenau: Das Enzym ist kein Klebstoff im materialtechnischen Sinn, sondern ein Biokatalysator, der geeignete Proteinmoleküle in Fleisch, Fisch, Milch- oder Pflanzenproteinmatrices chemisch vernetzen kann ^[2].

Für industrielle Anwender ist vor allem wichtig, dass Transglutaminase nur dort wirksam werden kann, wo reaktive Proteine vorhanden, ausreichend verteilt und im Prozess miteinander in Kontakt gebracht werden. Sie ersetzt daher keine Rezepturenentwicklung, keine geeignete Zerkleinerungs-, Misch- oder Wärmeführung und keine lebensmittelrechtliche Bewertung des Endprodukts ^[1].

Enzymes.bio stellt Transglutaminase als online bestellbares Enzymprodukt in 1-kg-Einheiten bereit. Enzymes.bio ist dabei Lieferant, nicht Hersteller und kein Labor; CoA und SDS werden bei der Bestellung mitgeliefert .

Der Mechanismus: Proteinvernetzung statt Verdickung

Die zentrale Reaktion von Transglutaminase ist eine Proteinquervernetzung. Vereinfacht gesagt verbindet das Enzym geeignete Aminosäureseitenketten in oder zwischen Proteinmolekülen, sodass zusätzliche Brücken im Proteinverbund entstehen; das Bayerische Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit beschreibt die Bildung einer Isopeptidbindung als chemische Grundlage dieser Vernetzung [2].

Diese Brücken verändern die physikalische Struktur des Lebensmittels. Ein zuvor lockeres Proteinaggregat kann dadurch kohäsiver werden; einzelne Fleisch- oder Fischpartikel können besser zusammenhalten; Milchproteinnetzwerke können stabiler wirken; pflanzliche Proteinmassen können an Biss, Schnittfähigkeit oder Formstabilität gewinnen [1].

Wichtig ist die Abgrenzung zu Hydrokolloiden, Stärke oder klassischen Verdickungsmitteln. Solche Zutaten erhöhen häufig die Viskosität oder binden Wasser über eigene Polymerstrukturen; Transglutaminase greift dagegen primär am vorhandenen transglutaminase protein beziehungsweise an den Proteinfractionen der Rezeptur an und erzeugt Vernetzung innerhalb der bestehenden Matrix [2].

Aus diesem Grund sind die Ergebnisse nicht universell übertragbar. Zwei Rezepturen mit gleichem Proteingehalt können unterschiedlich reagieren, wenn Proteinart, Denaturierungsgrad, Salzgehalt, Wasserverteilung, pH-Umgebung, Fettanteil oder mechanische Vorbehandlung voneinander abweichen [1].

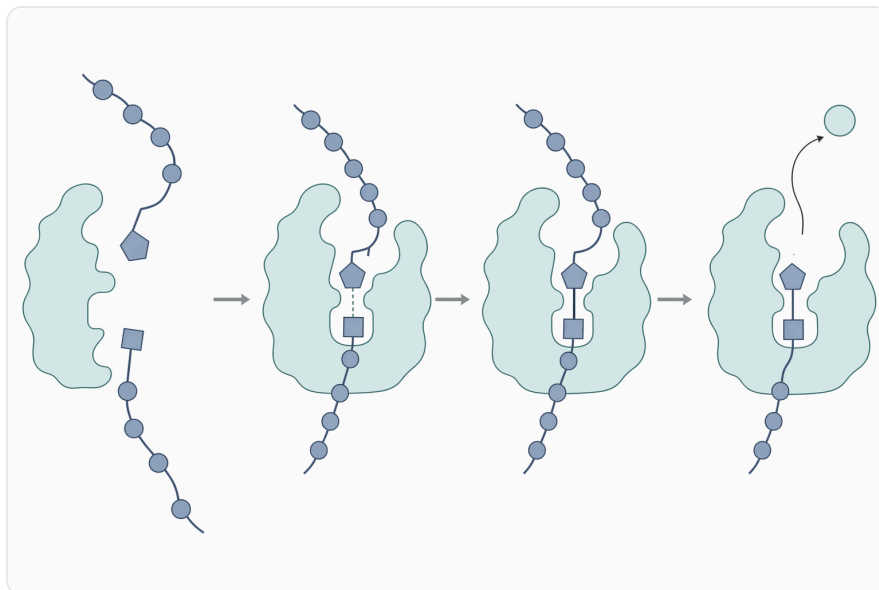


Figure 1. 트랜스글루타미나아제는 단백질에 결합된 글루타민 잔기와 라이신 잔기 같은 아민 공여체 사이에 공유 가교 결합을 형성하도록 촉매한다.

Mikrobielle Transglutaminase und körpereigene Transglutaminasen

In Lebensmitteln wird vor allem mikrobielle Transglutaminase beschrieben. Das LGL nennt als Beispiel die Gewinnung aus *Streptomyces mobaraensis* und beschreibt die Verwendung zur Quervernetzung lebensmitteleigener Proteine, etwa bei Fleischerzeugnissen ^[2].

Davon zu unterscheiden sind körpereigene Transglutaminasen. Ein gut untersuchtes Beispiel ist der Blutgerinnungsfaktor XIII, der strukturell und funktionell zu den Transglutaminasen zählt und im Gerinnungssystem Proteinvernetzungen katalysiert ^[3].

Ebenfalls zu unterscheiden ist die Gewebstransglutaminase, die in der Zöliakie-Diagnostik eine zentrale Rolle spielt. Suchbegriffe wie transglutaminase iga, iga transglutaminase, transglutaminase ak, transglutaminase-ak, anti transglutaminase, transglutaminase iga-ak, transglutaminase iga antikörper, transglutaminase iga-antikörper, transglutaminase-iga ak, transglutaminase antibody oder transglutaminase-antikörper beziehen sich in der Regel auf Antikörper gegen körpereigene Gewebstransglutaminase, nicht auf das industrielle Lebensmittelenzym ^[4].

Auch ein „transglutaminase wert“ in einem medizinischen Laborbefund ist daher kein technologischer Kennwert für ein Enzymprodukt. Er steht meist im Kontext einer ärztlichen Abklärung, etwa bei Verdacht auf Zöliakie; die DGVS/DZG-Leitlinie behandelt solche Antikörpermarker im Rahmen der Diagnostik und nicht als Aussage über die Verarbeitung von Lebensmitteln ^[4].

Warum Transglutaminase in proteinreichen Lebensmitteln eingesetzt wird

Proteinreiche Lebensmittel haben oft ein Strukturproblem: Die Nährstoffmatrix enthält zwar ausreichend Protein, aber die Proteine bilden unter Prozessbedingungen nicht immer die gewünschte Textur. Transglutaminase kann hier helfen, weil zusätzliche Proteinbrücken die Kohäsion der Matrix erhöhen und mechanische Belastbarkeit verbessern können ^[1].

Typische Zielgrößen sind Schnittfestigkeit, Biss, Elastizität, Formstabilität, geringere Bröckelneigung und ein stabileres Wasserhaltevermögen. Diese Effekte sind plausibel, weil ein dichteres Protein-Netzwerk Wasser und Partikel anders einbindet als ein schwach vernetztes Aggregat ^[2].

Die Wirkung ist jedoch kein Automatismus. Wenn Proteinoberflächen nicht zugänglich sind, das Enzym schlecht verteilt wird oder der Prozess zu früh durch Erhitzung beendet wird, kann der gewünschte Effekt schwach bleiben; wenn die Vernetzung zu stark ausfällt, kann die Textur gummiartig, zu fest oder sensorisch unausgewogen erscheinen ^[1].

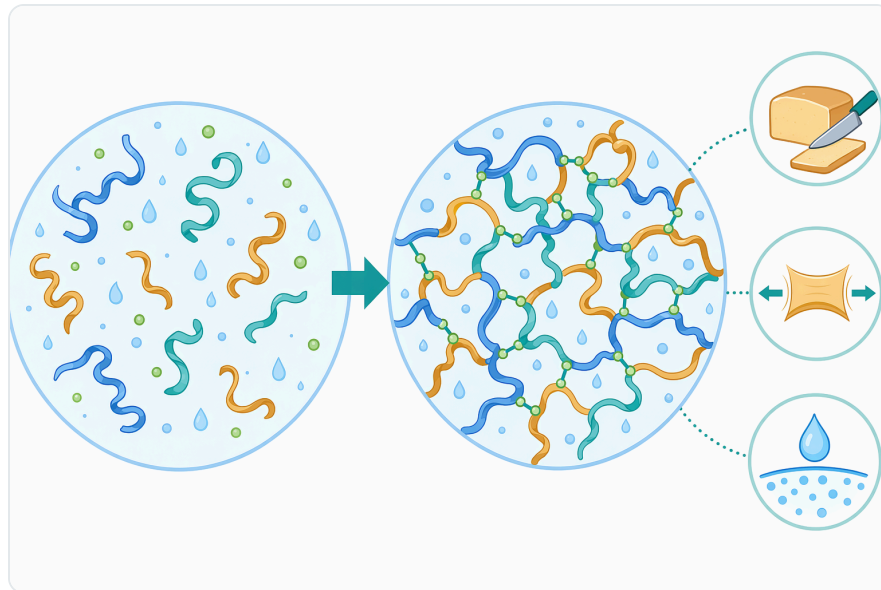


Figure 2. 단백질 가교 결합은 느슨한 단백질 집합체를 물리적 거동이 다른 더 응집력 있는 식품 매트릭스로 전환한다.

Vergleich typischer Anwendungsfelder

Anwendungsfeld	Technologisches Ziel	Mechanistische Erklärung	Besondere Grenze
Fleisch- und Wurstwaren	Bessere Bindung, stabilere Scheiben, definierter Biss	Vernetzung myofibrillärer und anderer Fleischproteine erhöht den Zusammenhalt	Verkehrsbezeichnung und Kennzeichnung können bei zusammengesetzten Produkten relevant werden [2]
Formfleisch und rekonstruierte Portionen	Zusammenhalt kleinerer Stücke	Proteinbrücken entstehen an Kontaktflächen zwischen Stücken	Verbraucher dürfen nicht über die Beschaffenheit getäuscht werden [2]
Fisch, Surimi, Seafood	Formstabilität, elastischere Gelstruktur, saubere Portionierung	Vernetzung von Fischproteinen stabilisiert Paste, Filetverbund oder Surimi-Matrix	Rohstoffschwankungen und Wassergehalt beeinflussen das Ergebnis [1]
Joghurt, Quark, Käse, Milchproteinprodukte	Cremigere oder festere Textur, geringere Synärese	Vernetzte Milchproteine können ein stabileres Gelnetzwerk bilden	Fettgehalt, Proteintyp und Wärmehistorie prägen die Wirkung [1]

Anwendungsfeld	Technologisches Ziel	Mechanistische Erklärung	Besondere Grenze
Pflanzliche Proteinprodukte und Fleischalternativen	Biss, Kohäsion, Wasserbindung	Pflanzliche Proteinfraktionen werden zu einer belastbareren Matrix verknüpft	Soja, Erbse, Weizen oder andere Proteine reagieren unterschiedlich ^[1]
Backwaren und Teige	Elastizität, Gashaltevermögen, Verarbeitungseigenschaften	Proteinstrukturen im Teig werden stärker vernetzt	Mehlqualität, Glutenstruktur und Prozessführung dominieren das Ergebnis ^[1]

Die Tabelle zeigt, dass Transglutaminase nicht auf „Fleischkleber“ reduziert werden sollte. Der gleiche Reaktionstyp — Proteinvernetzung — kann in sehr unterschiedlichen Matrices nützlich sein, aber die Prozessbedingungen entscheiden, ob daraus ein stabileres Lebensmittel oder lediglich eine schwache Strukturänderung entsteht ^[1].

Fleisch- und Wurstwaren: Bindung, Schnittbild und Biss

Bei Fleisch- und Wurstwaren ist Transglutaminase besonders bekannt, weil die Anwendung direkt sichtbar wird: Produkte können beim Schneiden weniger zerfallen, Stücke können besser zusammenhalten, und die Textur kann gleichmäßiger wirken. Das LGL beschreibt Anwendungen in Brühwurst und Kochschinken, etwa für einen knackigeren Biss oder besseren Scheibenzusammenhalt ^[2].

Technologisch betrachtet bietet Fleisch eine günstige Ausgangslage, weil myofibrilläre Proteine nach Zerkleinerung, Salzung und mechanischer Bearbeitung teilweise gelöst oder an Oberflächen zugänglich werden. Wenn diese Proteine in engem Kontakt stehen, kann Transglutaminase zusätzliche Querverbindungen bilden und die Matrix stabilisieren ^[1].

Bei ganzen oder stückigen Produkten ist die Kontaktfläche entscheidend. Die Enzymreaktion findet nicht „durch Abstand“ statt; Proteinoberflächen müssen physisch zusammengebracht werden, etwa durch Mischen, Pressen, Tumbeln oder andere etablierte Prozessschritte der Fleischverarbeitung ^[2].

Die wichtigste Grenze ist nicht nur technologisch, sondern auch rechtlich. Wenn kleinere Fleischstücke zu einem größeren Stück zusammengefügt werden, kann die korrekte Verkehrsbezeichnung als Formfleisch oder ein Hinweis auf das Zusammenfügen erforderlich sein; das LGL beschreibt solche Kennzeichnungsfragen ausdrücklich im Zusammenhang mit Transglutaminase ^[2].

Fisch, Surimi und Seafood: elastische Netzwerke aus empfindlichen Proteinen

Fischproteine können sehr gute Gel- und Netzwerkstrukturen bilden, reagieren aber empfindlich auf Rohstoffqualität, Temperatur, Salz, Wasseranteil und mechanische Belastung. Transglutaminase kann in solchen Systemen helfen, eine stabilere und elastischere Textur aufzubauen, insbesondere wenn Fischproteine bereits fein verteilt oder als Paste vorliegen ^[1].

Bei Surimi und ähnlichen Seafood-Produkten ist die Zielstruktur oft ein elastisches, homogenes Protein-Gel. Die enzymatische Vernetzung ergänzt hier andere Strukturmechanismen wie Salzlösung, mechanische Dispergierung und spätere Wärmesetzung; sie ersetzt diese Schritte jedoch nicht ^[1].

Auch bei portionierten Fischprodukten ist die gleiche Logik relevant wie bei Fleisch: Kontaktflächen, Proteinzugänglichkeit und gleichmäßige Verteilung bestimmen, ob sich eine stabile Verbindung ausbildet. Bei stark wasserhaltigen oder ungleichmäßig zusammengesetzten Matrices kann die Wirkung entsprechend variieren ^[2].

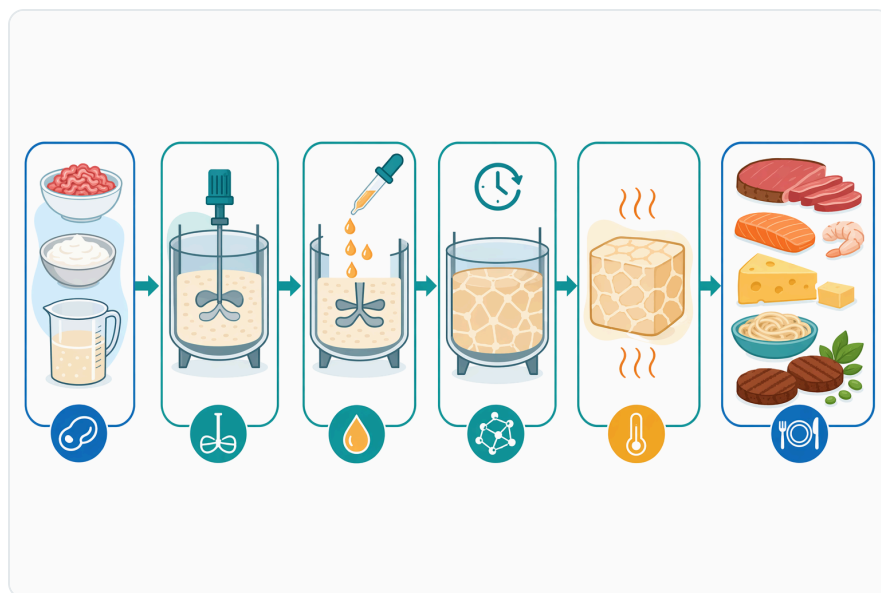


Figure 3. 육류 결착에는 노출된 살코기 단백질 표면, 효소의 고른 분포, 밀착, 반응 시간, 그리고 제품에 맞는 후속 취급이나 조리가 필요하다.

Milchprodukte: Textur, Wasserhaltevermögen und Gelstabilität

Milchproteine sind für Transglutaminase interessant, weil sie in Joghurt, Quark, Käsezubereitungen, Proteingetränken oder Desserts strukturbildend wirken. Eine enzymatische Vernetzung kann die Feinheit und Stabilität eines Protein-Gels beeinflussen und dadurch sensorisch als cremiger, dichter oder schnittfester wahrgenommen werden ^[1].

Besonders relevant ist der Zusammenhang zwischen Proteinvernetzung und Wasserbindung. Wenn ein Milchprotein-Netzwerk dichter oder belastbarer wird, kann es Wasser in der Matrix besser halten; dadurch kann Synärese, also sichtbares Absetzen von Molke oder Wasser, reduziert erscheinen ^[1].

Die Praxis bleibt rezepturabhängig. Ein fettarmer Joghurt, ein proteinangereichertes Dessert und eine Käsezubereitung unterscheiden sich deutlich in Proteinstruktur, Wärmebehandlung und Säureverlauf; Transglutaminase muss daher als Teil des Gesamtsystems verstanden werden, nicht als isolierter Texturregler ^[2].

Pflanzliche Proteine und Fleischalternativen

Pflanzliche Proteinprodukte stellen hohe Anforderungen an die Struktursteuerung. Soja-, Erbsen-, Weizen-, Reis- oder andere Proteinfractionen unterscheiden sich in Löslichkeit, Denaturierungsgrad, Partikelgröße, Begleitstoffen und Gelbildungsfähigkeit; entsprechend kann auch die Reaktion auf Transglutaminase unterschiedlich ausfallen ^[1].

In Fleischalternativen geht es häufig um eine Balance aus Biss, Saftigkeit, Formstabilität und thermischer Belastbarkeit. Transglutaminase kann zur Kohäsion beitragen, wenn ausreichend reaktive Proteinstrukturen zugänglich sind und Wasser, Fett, Fasern oder andere Rezepturbestandteile die Protein-Protein-Kontakte nicht übermäßig behindern ^[1].

Bei pflanzlichen Systemen ist die Erwartung besonders sorgfältig zu kalibrieren. Eine enzymatische Vernetzung erzeugt nicht automatisch faserige Muskelstruktur; sie kann aber ein bereits entwickeltes Texturkonzept stabilisieren, etwa durch besseren Partikelzusammenhalt oder reduzierte Bröckelneigung ^[2].

Backwaren und Teigsysteme

Auch in Teigen kann Transglutaminase technologische Effekte zeigen, weil Gluten- und andere Getreideproteine die mechanischen Eigenschaften eines Teigs mitbestimmen. Eine stärkere Vernetzung kann Elastizität, Gasrückhaltevermögen oder Maschinengängigkeit beeinflussen ^[1].

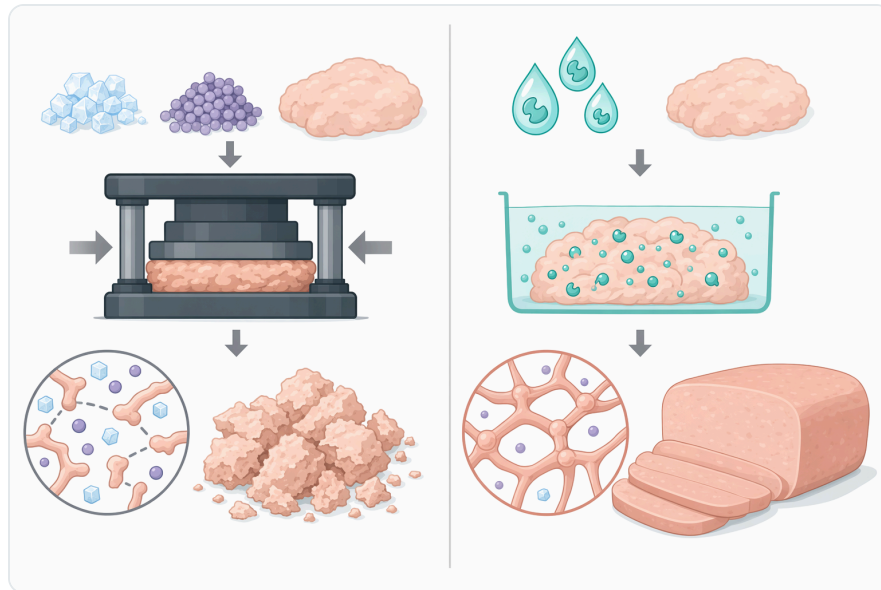


Figure 4. 유제품 시스템에서 트랜스글루타미나아제는 눈에 보이는 표면 접촉 제처럼 작용하기보다는 단백질 네트워크의 연결성을 변화시킨다.

Der Effekt hängt jedoch stark vom Mehl ab. Proteingehalt, Glutenqualität, Enzymaktivität aus dem Mehl selbst, Hydratation, Knetenergie, Ruhezeiten und Fermentation bestimmen die Teigstruktur bereits wesentlich; Transglutaminase ist hier nur ein Werkzeug innerhalb eines komplexen Systems ^[1].

Für gefrorene Teiglinge oder industrielle Teigführungen kann die Stabilisierung von Proteinstrukturen interessant sein, wenn mechanische Belastungen, Auftauprozesse oder lange Prozessketten die Teigstruktur schwächen. Auch hier gilt: Die Zieltextur entscheidet, ob zusätzliche Vernetzung erwünscht ist ^[1].

Prozessfaktoren, die über den Nutzen entscheiden

Der erste Prozessfaktor ist die Proteinzugänglichkeit. Proteine müssen nicht nur vorhanden sein, sondern auch in einer Form vorliegen, in der reaktive Gruppen erreichbar sind; Denaturierung, Salz, pH-Umgebung und mechanische Vorbehandlung können diese Zugänglichkeit verändern ^[2].

Der zweite Faktor ist die Verteilung. Transglutaminase wirkt lokal dort, wo sie mit Protein in Kontakt kommt; ungleichmäßiges Einmischen kann daher zu Bereichen mit unterschiedlicher Textur führen. In proteinreichen Pasten, Bräten oder Hydraten ist eine homogene Verteilung oft wichtiger als eine rein mengenbezogene Betrachtung ^[1].

Der dritte Faktor ist Zeit in Verbindung mit Temperatur. Enzymatische Reaktionen benötigen ein geeignetes Prozessfenster, werden aber durch spätere Erhitzung begrenzt oder beendet; das LGL beschreibt Transglutaminasen als hitzeempfindlich und verweist darauf, dass sie bei der Erhitzung von

Brühwurst oder Kochschinken inaktiviert werden können [2].

Der vierte Faktor ist die Matrix selbst. Hohe Fettanteile, grobe Partikel, niedrige Wasserverfügbarkeit, starke Säure, konkurrierende Proteine oder bereits sehr feste Gelstrukturen können beeinflussen, wie viel zusätzliche Vernetzung tatsächlich in eine wahrnehmbare Texturänderung übersetzt wird [1].

Grenzen: Wann Transglutaminase wenig bringt oder unerwünscht wirkt

Transglutaminase ist am stärksten, wenn das Ziel tatsächlich durch Proteinvernetzung erreichbar ist. In sehr proteinarmen Produkten, rein stärke- oder hydrokolloidbasierten Systemen oder Rezepturen mit schlecht zugänglichen Proteinen ist der Nutzen naturgemäß begrenzt [1].

Auch eine stärkere Struktur ist nicht immer besser. Produkte können zu fest, gummiartig oder trocken wirken, wenn die Vernetzung nicht zur erwarteten Sensorik passt; besonders bei Fleischalternativen, Milchdesserts oder Fischgelen kann eine kleine Strukturänderung sensorisch deutlich wahrgenommen werden [2].

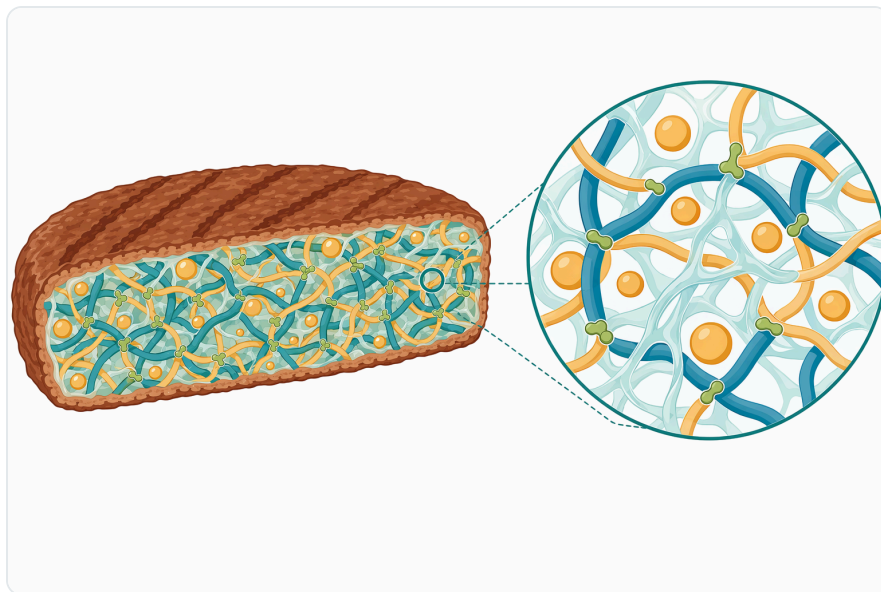


Figure 5. 식물성 대체육은 씹는 질감과 형태 유지력을 만들기 위해 효소적 단백질 가교 결합을 다른 구조 형성 시스템과 결합할 수 있다.

Eine weitere Grenze betrifft Transparenz und Verkehrsauffassung. Gerade bei zusammengesetzten Fleisch- oder Fischprodukten muss das Endprodukt so bezeichnet und gekennzeichnet werden, dass Verbraucher die Beschaffenheit verstehen; technologische Machbarkeit entbindet nicht von dieser Bewertung [2].

Rechtliche und kennzeichnungsbezogene Einordnung

Für Lebensmittelenzyme gelten in der EU spezifische rechtliche Rahmenbedingungen. transGEN beschreibt, dass Lebensmittelenzyme grundsätzlich einer Zulassungssystematik unterliegen und nach Kriterien wie gesundheitlicher Unbedenklichkeit, technologischer Notwendigkeit und Vermeidung von Verbrauchertäuschung bewertet werden ^[1].

Bei Transglutaminase ist zusätzlich die Funktionsfrage wichtig: Dient das Enzym nur der Verarbeitung und ist im Endprodukt nicht mehr technologisch aktiv, oder prägt es die Beschaffenheit des Endprodukts so, dass eine Kennzeichnung relevant wird? Das LGL verweist im Zusammenhang mit Fleischwaren auf Diskussionen zur Kennzeichnungspflicht und zur Einstufung zusammengesetzter Produkte ^[2].

Für B2B-Anwender bedeutet das praktisch: Die lebensmittelrechtliche Bewertung gehört zum Produktentwicklungsprozess. Besonders bei Formfleisch, neuartigen Fleischalternativen, importierten Produktkonzepten oder sensiblen Verkehrsbezeichnungen sollte die rechtliche Einordnung nicht erst am Ende der Entwicklung erfolgen ^[2].

Gesundheitsdiskussion: Zöliakie, Antikörper und „Transglutaminase erhöht ohne Zöliakie“

Viele Suchanfragen zu Transglutaminase stammen nicht aus der Lebensmitteltechnologie, sondern aus der Medizin. Begriffe wie transglutaminase erhöht ohne zöliakie, transglutaminase antikörper oder anti transglutaminase beziehen sich meist auf Autoantikörper gegen Gewebstransglutaminase, die in der Zöliakie-Diagnostik eine Rolle spielen ^[4].

Diese medizinischen Marker dürfen nicht mit mikrobieller Transglutaminase als Verarbeitungshilfsmittel verwechselt werden. Ein erhöhter transglutaminase wert im Laborbefund ist eine klinische Fragestellung und sagt nichts über die Eignung, Funktion oder Dosierung eines Lebensmittelenzyms aus ^[4].

Gleichzeitig gibt es wissenschaftliche Diskussionen dazu, ob enzymatische Proteinvernetzungen in glutenhaltigen Lebensmitteln für Zöliakie-relevante Fragestellungen bedeutsam sein könnten. transGEN weist auf solche offenen Fragen hin, beschreibt aber zugleich, dass bestimmte Annahmen dazu wissenschaftlich nicht abschließend belegt sind ^[1].

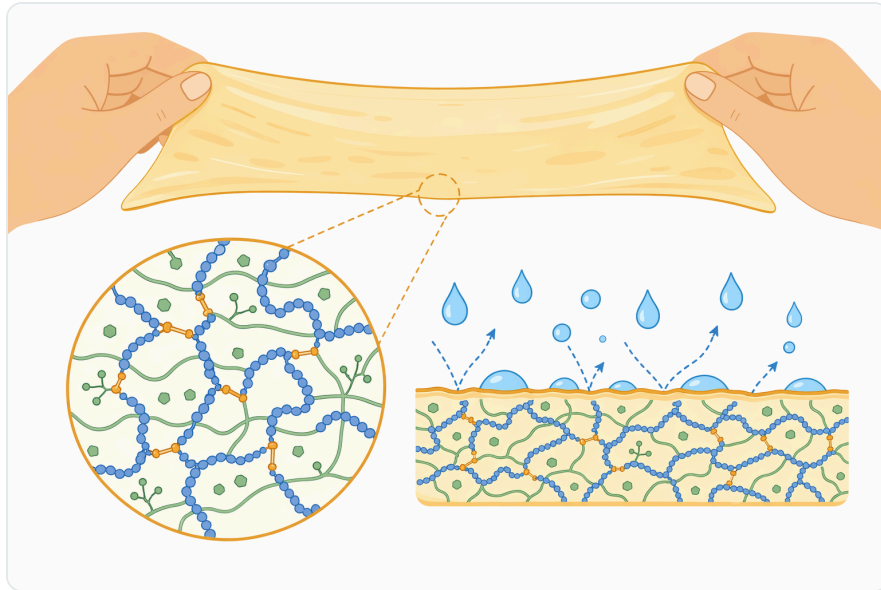


Figure 6. 가교 결합은 단백질 기반 식용 필름을 더 촘촘히 연결되게 하고, 기계적 강도를 높이며, 급격한 수분 변화에 덜 민감하게 만들 수 있다.

Für Hersteller glutenhaltiger oder allergenrelevanter Lebensmittel ist daraus keine pauschale Aussage ableitbar. Entscheidend sind Rohstoff, Rezeptur, Zielgruppe, rechtliche Vorgaben und die jeweilige Risikobewertung des Endprodukts ^[4].

Einordnung für Enzymes.bio-Kunden

Enzymes.bio bietet Transglutaminase als Lieferprodukt für lebensmitteltechnologische und industrielle Proteinvernetzung an. Die Produktinformationen nennen typische Einsatzfelder wie Fleisch, Fisch beziehungsweise Seafood, Milchprodukte und pflanzliche Proteinsysteme .

Die Rolle von Enzymes.bio ist dabei klar begrenzt: Enzymes.bio ist kein Hersteller und kein Labor. Das Unternehmen stellt das online bestellbare Produkt bereit und liefert die bestellbezogenen Dokumente CoA und SDS mit; die anwendungsspezifische Rezepturentwicklung, Prozessvalidierung und lebensmittelrechtliche Einordnung bleiben beim verarbeitenden Unternehmen .

Das Produkt wird in 1-kg-Einheiten direkt online verkauft. Damit eignet sich die Bestelllogik für Kunden, die ein definiertes Handelsprodukt für eigene Entwicklungs- oder Produktionsprozesse benötigen, ohne dass daraus eine Aussage über die Eignung für eine konkrete Rezeptur oder Verkehrsbezeichnung folgt .

Zusammenfassung für technische Entscheider

Transglutaminase ist ein wirksames Werkzeug zur Struktursteuerung proteinreicher Lebensmittel, weil es Proteine über zusätzliche Bindungen vernetzen kann. Der Nutzen zeigt sich vor allem dort, wo Bindung, Schnittfestigkeit, Biss, Formstabilität oder Wasserhaltevermögen durch ein stärkeres Protein-Netzwerk verbessert werden sollen ^[2].

Die wichtigsten Anwendungsfelder sind Fleisch- und Wurstwaren, Formfleisch, Fisch und Surimi, Milchprodukte, pflanzliche Proteinprodukte, Fleischalternativen sowie bestimmte Teigsysteme. In allen Fällen hängt der reale Effekt von Proteinart, Matrix, Verteilung, Prozessfenster und Zieltextur ab ^[1].

Medizinische Suchbegriffe wie transglutaminase iga, transglutaminase iga-ak oder transglutaminase-antikörper gehören in den Kontext der Zöliakie-Diagnostik und sollten nicht mit mikrobieller Transglutaminase für die Lebensmittelverarbeitung verwechselt werden ^[4]. Enzymes.bio liefert Transglutaminase in 1-kg-Einheiten online; CoA und SDS werden bei der Bestellung mitgeliefert .

Transglutaminase online bestellen

Verkauf in 1 kg-Einheiten, ab Lager und versandbereit. Bestellen Sie direkt in unserem Shop — bezahlen Sie online, wir bearbeiten Ihre Bestellung. Ein Analysenzertifikat und ein Sicherheitsdatenblatt liegen jeder Bestellung bei.

[Transglutaminase kaufen →](#)

Referenzen

Nummeriert nach Reihenfolge der Erstzitation. Open-Access-Quellen, jeweils zum Veröffentlichungszeitpunkt auf Erreichbarkeit geprüft; die Zitationsnummern im Text verlinken hierher:

1. [2185.Transglutaminase](#). *Transgen*.
2. [Et Transglutaminase Schinken](#). *Bayern*.
3. Sicker, T., & Hilgenfeld, R. (2002). [Blutgerinnungsfaktor XIII: Aktivierung, Substrate und Struktur einer Transglutaminase](#). *Hämostaseologie*, 22, 08 - 13.
4. Felber, J., Aust, D., Baas, S., Bischoff, S., Bläker, H., Daum, S., Keller, R., ... et al. (2014). [Ergebnisse einer S2k-Konsensuskonferenz der Deutschen Gesellschaft für Gastroenterologie, Verdauungs- und Stoffwechselerkrankungen \(DGVS\) gemeinsam mit der Deutschen Zöliakie-Gesellschaft \(DZG\) zur Zöliakie, Weizenallergie und Weizensensitivität](#). *Zeitschrift für Gastroenterologie - German Journal of Gastroenterology*, 52, 711 - 743.

Enzymes.bio kontaktieren

Fragen zu einer Bestellung? Unser Team hilft Ihnen gerne weiter.

E-MAIL wholesale@enzymes.bio

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

[Kontakt aufnehmen →](#)



400+ B2B-Kunden



60+ universitäre Forschungspartner



54 weltweit beliefert

© 2026 Enzymes.bio · Enzymlieferant für Industrie & Lebensmittelverarbeitung · Nicht zum menschlichen Verzehr oder für den Einzelverkauf.