

# Gıda Sınıfı Transglutaminaz Enzim Tozu: Protein Bazlı Gıdalarda Bağlanma ve Tekstür Yönetimi

Enzymes.bio Araştırma Ekibi · Wellington, Yeni Zelanda · June 21, 2026

Gıda sınıfı transglutaminaz enzim tozu, et, balık, süt, yumurta ve bitkisel protein içeren formülasyonlarda proteinler arasında kovalent çapraz bağlar oluşturarak yapı, dilimlenebilirlik, jel dayanımı ve su tutma davranışını yönetmek için kullanılan bir proses enzimidir <sup>[1]</sup>. Enzymes.bio bu üründe tedarikçi rolündedir; ürün çevrim içi olarak 1 kg birimler halinde satın alınır ve siparişe birlikte CoA ile SDS sağlanır .

## Transglutaminaz nedir ve gıdada neden kullanılır?

Transglutaminaz, proteinlerdeki belirli amino asit kalıntıları arasında yeni kovalent bağlar kurulmasını katalizleyen bir enzim ailesidir; gıda teknolojisinde öne çıkan uygulama, protein ağını güçlendirmek ve ürünün mekanik özelliklerini kontrollü biçimde değiştirmektir <sup>[1]</sup>. Bu nedenle transglutaminaz, “tek başına her formülü iyileştiren” bir katkıdan çok, protein varlığı, nem, karıştırma, sıcaklık geçmişi ve proses sırası ile birlikte çalışan bir tekstür yönetim aracıdır.

Gıda sınıfı transglutaminaz enzim tozu; yeniden yapılandırılmış et ürünleri, balık ve surimi benzeri sistemler, yoğurt ve dondurma gibi süt ürünleri, gluten içermeyen unlu mamuller, yumurta proteinli jeller ve bitkisel protein bazlı ürünlerde değerlendirilen bir bileşendir <sup>[2]</sup>. Ortak nokta, bu ürünlerin hepsinde fonksiyonel davranışın önemli ölçüde protein-protein etkileşimlerine dayanmasıdır.

CAS 80146-85-6 ile tanımlanan transglutaminaz ürün ailesi, ticari gıda uygulamalarında genellikle toz formda kullanılır; Enzymes.bio ürün sayfasındaki gıda sınıfı transglutaminaz da 1 kg çevrim içi satış formatında sunulan bir tedarik ürünüdür . Enzymes.bio bu bağlamda üretici veya laboratuvar olarak değil, ürünü çevrim içi satın almaya uygun şekilde tedarik eden kanal olarak değerlendirilmelidir.

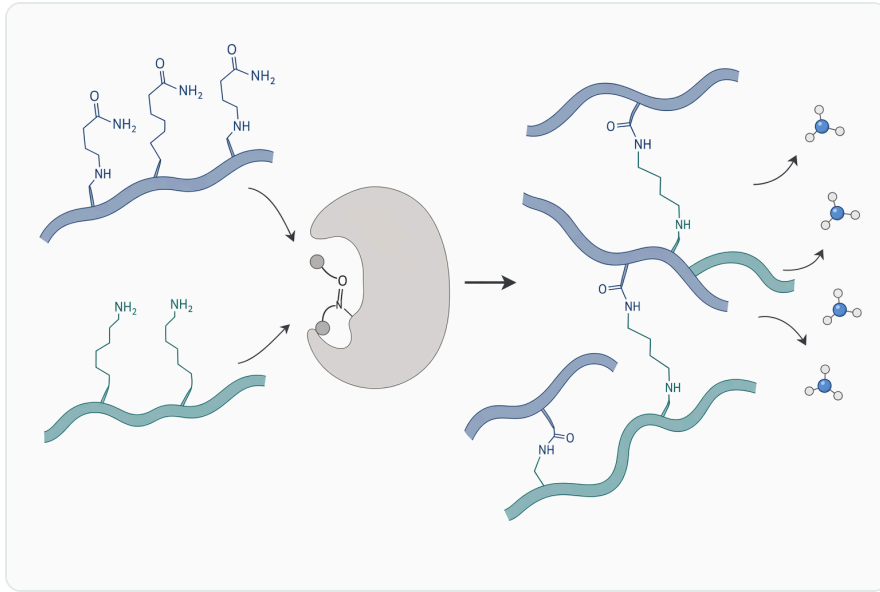
## Mekanizma: proteinleri “yapıştırmak” değil, çapraz bağlamak

Transglutaminazın gıda matrisindeki temel etkisi, glutamin kalıntılarının  $\gamma$ -karboksamid grupları ile lizin kalıntılarının  $\epsilon$ -amino grupları arasında izopeptit bağlarının oluşmasına dayanır <sup>[3]</sup>. Bu bağlar, protein zincirlerini yalnızca fiziksel olarak yan yana getirmez; kimyasal olarak daha kalıcı bir protein ağına

dönüştürür.

Pratikte bu mekanizma, protein parçacıklarının birbirine daha iyi tutunması, jel yapısının daha sıkı hale gelmesi, dilimleme sırasında parçalanmanın azalması veya suyun protein ağı içinde daha düzenli tutulması şeklinde gözlenebilir [1]. Ancak bu etki, proteinlerin enzime erişilebilirliğine bağlıdır; çözünmeyen, denatüre olmuş veya yoğun şekilde kaplanmış proteinler ile yüksek erişilebilirliğe sahip proteinlerin verdiği yanıt aynı değildir.

Transglutaminaz reaksiyonu, enzim-substrat etkileşiminin ardışık ilerlediği bir biyokimyasal süreçtir; klasik mekanizma çalışmaları, substrat eklenme sırası ve acil-enzim ara ürünleri üzerinden transglutaminaz katalizinin nasıl geliştiğini açıklamıştır [3]. Gıda uygulaması açısından önemli sonuç şudur: ürün dokusundaki değişim, yüzeysel bir kıvam artışından değil, protein yapısında oluşan yeni moleküler bağlantılardan kaynaklanır.



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

Bu çapraz bağlar, bazı sistemlerde jel sertliğini ve elastikiyeti artırırken, bazı sistemlerde fazla yoğun bir ağ oluşturarak istenmeyen sertlik veya lastiksi ağız hissi yaratabilir [4]. Bu nedenle transglutaminaz uygulamasında hedef, “ne kadar çok bağ o kadar iyi” yaklaşımı değil, ürünün hedeflenen kesilebilirlik, çiğnenebilirlik, su tutma ve tüketici algısı dengesidir.

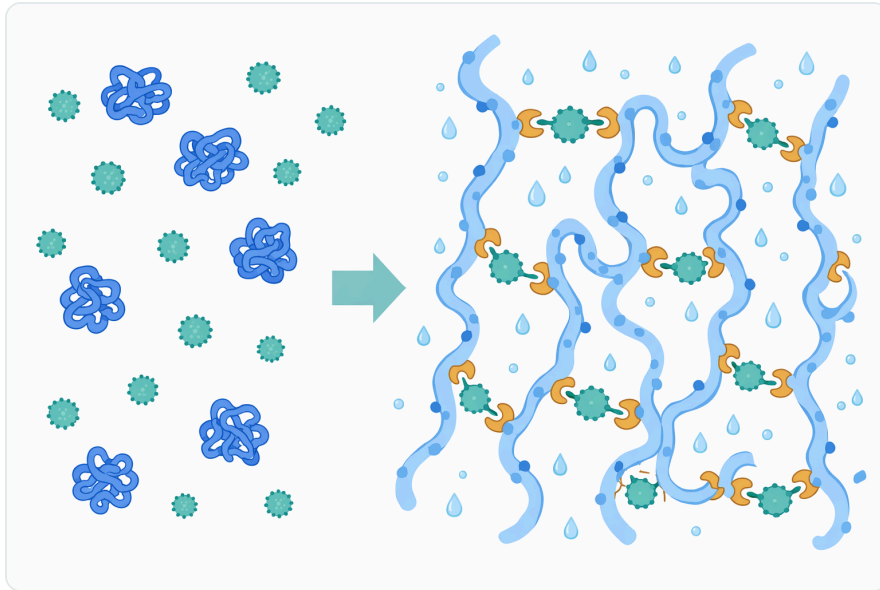
## Gıda formülasyonlarında hedeflenen teknik etkiler

Transglutaminazın en güçlü yönü, protein içeren sistemlerde bağlanma davranışını moleküler düzeyde değiştirmesidir <sup>[1]</sup>. Bu durum, özellikle parçacıklı et karışımları, balık hamurları, süt proteinli jeller veya bitkisel protein dispersiyonları gibi fazların bir arada tutulmasının zor olduğu formülasyonlarda değerlidir.

İkinci önemli etki, jel ve ağ yapısının yoğunluğunu değiştirmesidir <sup>[2]</sup>. Proteinlerin kendi başına zayıf jel oluşturduğu veya ısıl işlem sonrasında kırılabilir yapı verdiği sistemlerde transglutaminaz, daha bütünlüklü ve kontrollü bir ağ kurulmasına yardımcı olabilir.

Üçüncü etki, su tutma davranışıyla ilişkilidir; çapraz bağlı protein ağı, bazı ürünlerde suyun matriste tutulmasını destekleyerek pişirme kaybı, serum ayrılması veya depolama sırasında yapı bozulması gibi sorunları azaltmaya katkı verebilir <sup>[4]</sup>. Bununla birlikte su tutma, yalnızca enzime değil; pH, tuz, yağ oranı, protein tipi, nişasta veya hidrokolloid varlığı gibi tüm formülasyon değişkenlerine bağlıdır.

Dördüncü etki, proses verimliliği ve ürün standardizasyonu ile ilgilidir <sup>[1]</sup>. Daha kararlı bir protein ağı, porsiyonlama, kalıplama, dilimleme, ambalajlama ve ısıl işlem sonrası ürün bütünlüğünü destekleyebilir; bu da ticari üretimde fire yönetimi ve parti tutarlılığı açısından önem taşır.



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

## Başlıca uygulama alanları

---

### Et ve yeniden yapılandırılmış et ürünleri

Et ürünlerinde transglutaminazın en bilinen kullanımı, küçük et parçalarının veya protein içeren et karışımlarının daha bütünlüklü bir yapı kazanmasına yardımcı olmaktır <sup>[5]</sup>. Bu tür uygulamalarda hedef, ürünün dilimleme sırasında dağılmaması, porsiyon formunu koruması ve pişirme sonrasında daha tutarlı tekstür vermesidir.

Federal düzenleyici kayıtlarda transglutaminaz enzimi ve kolajen gibi bağlayıcıların belirli et ve kanatlı ürünlerinde kullanımı ayrı bir konu olarak ele alınmıştır; bu da enzimin yalnızca teknolojik değil, etiketleme ve tüketici bilgilendirmesi açısından da dikkat gerektiren bir uygulama olduğunu gösterir <sup>[5]</sup>. Özellikle parçaların birleştirildiği ürünlerde nihai ürün beyanı, hedef pazar mevzuatı ve tüketici algısı teknik performans kadar önemlidir.

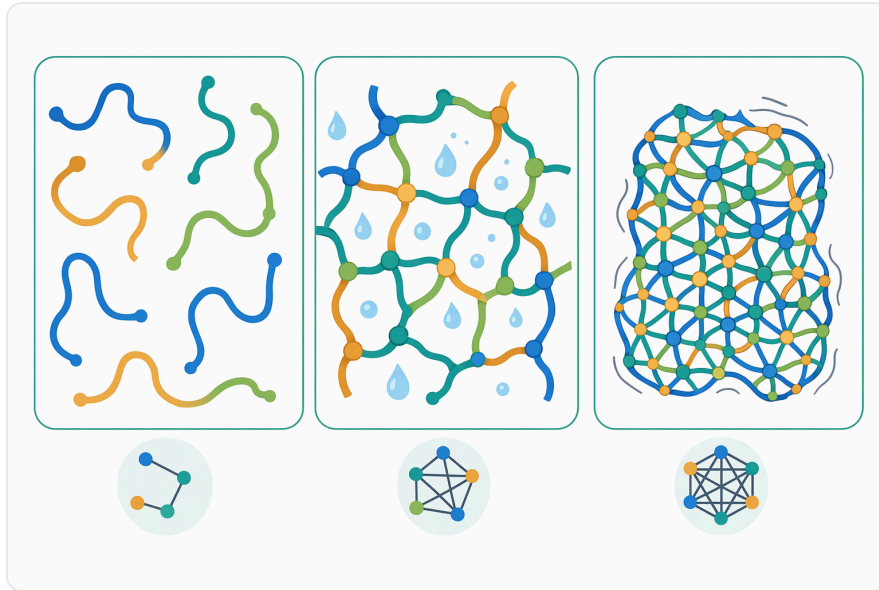
Transglutaminaz et sistemlerinde kas proteinleriyle çalışır; miyofibriler proteinlerin erişilebilir olduğu, nem ve karıştırmanın yeterli olduğu koşullarda protein-protein çapraz bağlanması daha belirgin hale gelebilir <sup>[1]</sup>. Fakat aşırı mekanik işlem, yanlış proses sırası veya uygun olmayan formülasyon, enzimin beklenen yapısal katkısını sınırlayabilir.

### Balık, surimi ve deniz ürünleri

Balık ve deniz ürünlerinde transglutaminaz, özellikle jel yapısı ve elastikiyet istenen sistemlerde değerlendirilen bir enzimdir <sup>[1]</sup>. Surimi benzeri ürünlerde proteinlerin jel oluşturma kapasitesi ürün kalitesini doğrudan etkilediği için, çapraz bağlanma mekanizması pratik bir proses avantajı sağlayabilir.

Balık proteinleri ısı işlem, tuz ve pH değişimlerine karşı farklı davranış gösterdiğinden, transglutaminazın etkisi türden türe ve formülasyondan formülasyona değişebilir <sup>[2]</sup>. Bu nedenle balık uygulamalarında beklenen sonuç, yalnızca “daha sert jel” değil; daha düzgün kesit, daha kontrollü elastikiyet ve pişirme sonrası bütünlük olarak tanımlanmalıdır.

Deniz ürünleri segmentinde transglutaminazın bir diğer avantajı, düşük değerli parçaların daha yüksek bütünlükte ürünlere dönüştürülmesine teknik katkı sağlayabilmesidir <sup>[1]</sup>. Bu yaklaşım, doğru etiketleme ve gıda güvenliği kontrolü ile birlikte değerlendirildiğinde hammadde kullanım verimliliğini destekleyebilir.



**Figure 3.** 가교 밀도가 적절한 중간 범위에 도달하면 식감이 개선되지만, 가교가 부족하거나 지나치면 제품이 약하거나 너무 단단해질 수 있다.

### Süt ürünleri, yoğurt ve dondurma

Süt proteinleri, transglutaminaz için önemli substrat gruplarından biridir; kazein ve serum proteinlerinin ağ yapısına katılımı, yoğurt, fermente süt ürünleri ve dondurma gibi kategorilerde tekstürü belirleyen temel faktörler arasındadır [4]. Transglutaminaz burada jel dayanımını artırma, serum ayrılmasını azaltmaya yardımcı olma veya daha kremamsı bir ağız hissi oluşturma amacıyla incelenmiştir.

Yağı azaltılmış dondurma formülasyonları üzerine yapılan bir çalışmada, mikrobiyal transglutaminazın stabilizatör ikamesi veya stabilizatör azaltma stratejileri içinde değerlendirildiği bildirilmiştir [4]. Bu, enzimin yalnızca bağlama değil, aynı zamanda yağ azaltma, yapı koruma ve ağız hissi dengeleme gibi daha geniş ürün geliştirme hedeflerinde de kullanılabileceğini gösterir.

Süt ürünlerinde transglutaminaz etkisi, protein konsantrasyonu, ısıl işlem geçmişi, fermantasyon koşulları ve ürünün nihai pH değerine duyarlıdır [6]. Bu nedenle süt uygulamalarında enzim, starter kültür, ısıl işlem ve soğutma adımlarıyla birlikte düşünülmesi gereken bir proses bileşenidir.

### Gluten içermeyen ekmek ve unlu mamuller

Gluten içermeyen ürünlerde en büyük teknik sorunlardan biri, buğday gluteninin sağladığı elastik ve gaz tutucu ağın eksikliğidir [7]. Transglutaminaz, uygun protein kaynaklarıyla birlikte kullanıldığında, gluten benzeri bir ağın bazı fonksiyonel özelliklerini kısmen taklit etmeye yardımcı olabilir.

Guar gam, sodyum kazeinat ve transglutaminaz içeren gluten içermeyen ekmek çalışmasında, bu bileşenlerin kalite parametreleri üzerindeki etkileri birlikte değerlendirilmiştir [7]. Bu bulgu, gluten içermeyen formülasyonlarda enzimin tek başına değil, hidrokolloidler ve protein kaynaklarıyla birlikte çalışan bir yapı destekleyici olarak düşünülmesi gerektiğini gösterir.

Ekmek ve unlu mamullerde transglutaminazın başarısı, hamur viskoelastisitesi, gaz tutma, pişirme hacmi, kırıntı yapısı ve raf ömrü gibi birden fazla kalite parametresine bağlıdır [2]. Dolayısıyla hedef, yalnızca daha fazla çapraz bağ oluşturmak değil, pişirme boyunca stabil kalacak dengeli bir hamur mimarisi kurmaktır.

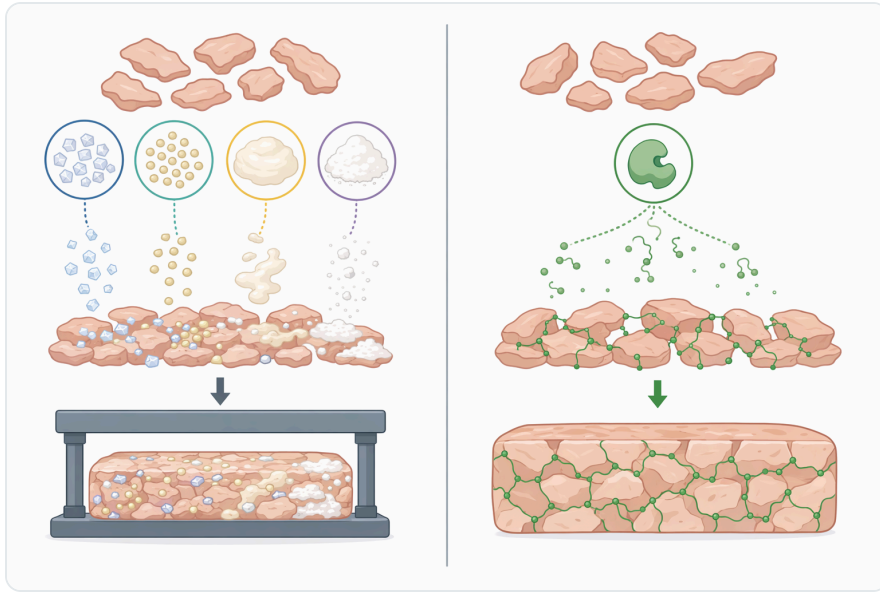


Figure 4. 트랜스글루타미나아제는 식품 자체의 단백질을 공유결합으로 연결해 구조를 만든다는 점에서 열, 하이드로콜로이드, 전분, 프로테아제와 다르다.

## Bitkisel protein bazlı ürünler

Bitkisel proteinler, sürdürülebilirlik ve ürün çeşitliliği açısından önem kazanırken, tekstür yönetimi de daha kritik hale gelmiştir [2]. Bezelye, soya, bakla veya diğer bitkisel proteinlerde çözünürlük, aroma, parçacık boyutu ve ısı işlem geçmişi farklı olduğu için transglutaminaz yanıtı hayvansal proteinlerden farklı olabilir.

Mikrobiyal transglutaminazın gıda endüstrisindeki güncel uygulamalarını inceleyen derlemeler, enzimin farklı protein kaynaklarının fonksiyonel özelliklerini değiştirmek için kullanıldığını belirtir [1]. Bitkisel protein uygulamalarında bu etki, burger benzeri ürünlerde bütünlük, dilimlenebilir alternatiflerde yapı veya yüksek proteinli atıştırmalıklarda bağlanma hedefleriyle ilişkilendirilebilir.

Bitkisel protein sistemlerinde sınırlayıcı nokta, her proteinin yeterli lizin ve glutamin erişilebilirliği sunmamasıdır [8]. Bu nedenle transglutaminaz, bitkisel formülasyonda sihirli bir çözüm değil; protein seçimi, hidrasyon, yağ fazı, lif, nişasta ve hidrokoloid tasarımıyla birlikte çalışan bir araçtır.

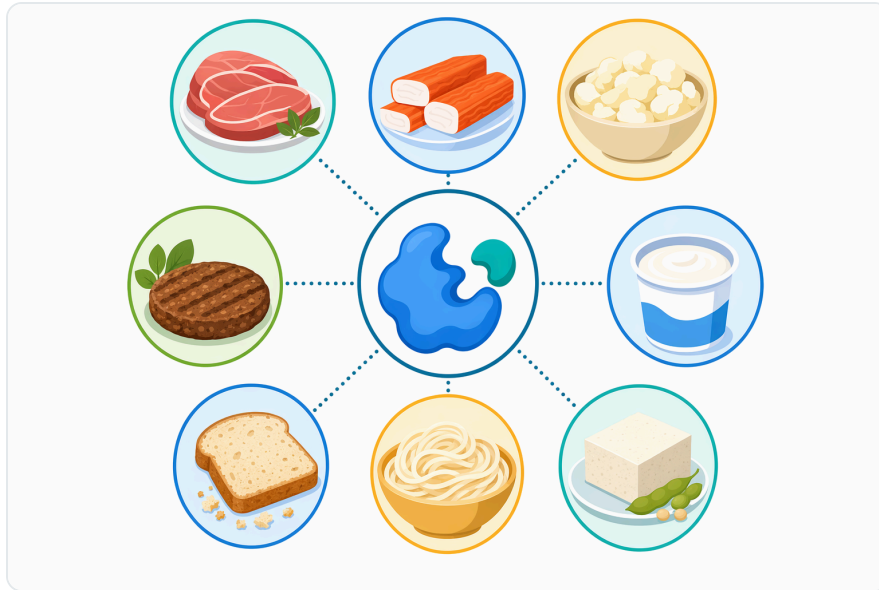
## Uygulama alanlarına göre teknik beklentiler

Aşağıdaki tablo, transglutaminazın farklı gıda kategorilerinde hangi teknik hedeflerle değerlendirildiğini ve kanıtın nasıl yorumlanması gerektiğini özetler.

Uygulama alanı	Temel protein matrisi	Hedeflenen teknik etki	Dikkat edilmesi gereken yorum
Et ve kanatlı ürünleri	Kas proteinleri, kolajen içeren fazlar	Parça bağlama, dilimlenebilirlik, form bütünlüğü	Mevzuat ve tüketici bilgilendirmesi özellikle yeniden yapılandırılmış ürünlerde önemlidir [5].
Balık ve surimi ürünleri	Miyofibriller balık proteinleri	Jel elastikiyeti, kesit düzgünlüğü, pişirme sonrası bütünlük	Tür, tuzlama ve ısı işlem geçmişi sonuçları belirgin biçimde etkiler [1].
Yoğurt ve dondurma	Kazein ve serum proteinleri	Jel dayanımı, serum ayrılması kontrolü, kremamsı yapı	Yağ azaltma veya stabilizatör optimizasyonu ile birlikte değerlendirilebilir [4].
Gluten içermeyen ekmek	Eklenen süt, yumurta veya bitkisel proteinler	Kırıntı yapısı, hamur bütünlüğü, hacim desteği	Hidrokoloid ve protein kombinasyonu enzimin etkisini belirler [7].
Bitkisel protein ürünleri	Soya, bezelye veya diğer bitkisel proteinler	Bağlanma, çiğnenebilirlik, yapı standardizasyonu	Protein erişilebilirliği ve formülasyon mimarisi kritik değişkendir [8].

## Proses tasarımında kritik değişkenler

Transglutaminaz uygulamasında ilk kritik değişken, enzimin proteinlerle temas edebilmesidir [1]. Homojen dağılım sağlanmadığında ürünün bazı bölgelerinde aşırı bağlanma, bazı bölgelerinde ise zayıf yapı oluşabilir; bu durum dilimleme ve ağız hissinde tutarsızlık yaratır.



**Figure 5.** 주요 식품 응용 분야에는 육류 재구성, 수리미 겔 강화, 유제품 겔 조절, 식물성 단백질 결합, 밀가루 반죽 조정, 유화물, 식용 필름이 포함된다.

İkinci değişken, su fazı ve hidrasyondur <sup>[2]</sup>. Proteinlerin şişmesi, açılması veya yüzeylerinin enzime erişilebilir hale gelmesi için uygun nem gerekir; çok kuru sistemlerde reaksiyon sınırlanabilir, çok sulu sistemlerde ise oluşan ağ hedeflenen mekanik direnci vermeyebilir.

Üçüncü değişken, sıcaklık ve zamanın birlikte yönetilmesidir <sup>[4]</sup>. Enzimatik reaksiyon belirli bir süre boyunca ilerlediği için prosesin hangi aşamasında enzimin eklendiği, karıştırma sonrası bekleme olup olmadığı ve ardından ısı işlem uygulanıp uygulanmadığı nihai dokuyu etkiler.

Dördüncü değişken, formülasyondaki diğer bileşenlerdir <sup>[7]</sup>. Tuz, fosfat, hidrokolloid, nişasta, yağ, emülgatör, asitlik düzenleyici ve lif gibi bileşenler proteinlerin konformasyonunu ve su bağlama davranışını değiştirdiğinden, transglutaminazın etkisini güçlendirebilir veya sınırlayabilir.

Beşinci değişken, ürün hedefinin net tanımlanmasıdır <sup>[1]</sup>. Et ürününde hedef dilimlenebilirlik olabilirken, yoğurtta serum ayrılmasının azaltılması, gluten içermeyen ekmekte kırıntı yapısı, bitkisel üründe çignenebilirlik veya balık ürününde elastikiyet hedeflenebilir; aynı enzim farklı hedeflerde aynı şekilde yorumlanmamalıdır.

## **Kanıt düzeyi: güçlü, uygulamaya bağlı ve geliştirmekte olan alanlar**

Transglutaminaz için en güçlü kanıt, protein çapraz bağlama mekanizması ve bunun tekstür üzerindeki etkisidir <sup>[3]</sup>. Bu mekanizma temel biyokimya düzeyinde iyi açıklanmıştır ve gıda uygulamalarındaki bağlanma, jelasyon ve yapı güçlendirme etkilerinin merkezinde yer alır.



Bazı yayınlar, mikrobiyal transglutaminazın çölyak hastalığı, otoimmünite veya nörodejeneratif süreçlerle ilişkili olabileceğine dair hipotezler ve tartışmalar sunmuştur [10]. Bu tür yayınlar, enzimin her durumda riskli olduğu anlamına gelmez; ancak hassas tüketici grupları, gluten içeren veya içermeyen formülasyonlar ve etiket beyanları konusunda dikkatli bir değerlendirme yapılması gerektiğini hatırlatır.

Transglutaminaz ile insan doku transglutaminazı aynı bağlamda ele alınmamalıdır; literatürde doku transglutaminazı antikorları gibi klinik belirteçler farklı hastalık bağlamlarında incelenmektedir [11]. Gıda uygulaması açısından doğru yaklaşım, ticari mikrobiyal transglutaminazı nihai ürün matrisi, tüketici grubu ve mevzuat çerçevesi içinde değerlendirmektir.

Yeniden yapılandırılmış et veya balık ürünlerinde tüketici algısı özellikle önemlidir [5]. Enzim teknolojik olarak ürün bütünlüğünü artırabilir; fakat ürünün parçalı hammaddeden üretildiği durumlarda şeffaflık, kategori tanımı ve beyan dili ticari güvenilirliğin bir parçasıdır.

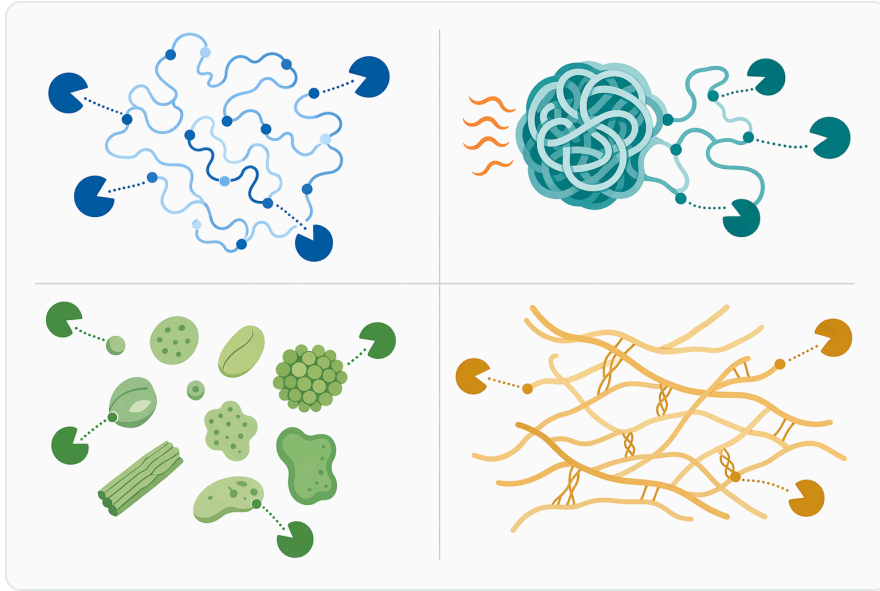


Figure 7. 반응 부위의 접근성은 단백질 구조, 가공 이력, 용해도, 수화 상태에 따라 달라지므로 단백질 원료마다 반응이 다르게 나타난다.

## Enzymes.bio ürün bağlamı

Enzymes.bio üzerinden sunulan gıda sınıfı transglutaminaz enzim tozu, protein bazlı gıda ürünlerinde bağlanma ve tekstür yönetimi amacıyla değerlendirilebilecek bir tedarik ürünüdür . Ürün, çevrim içi satın alma akışına uygun şekilde 1 kg birimler halinde sunulur; siparişle birlikte Analiz Sertifikası ve Güvenlik Bilgi Formu sağlanır.

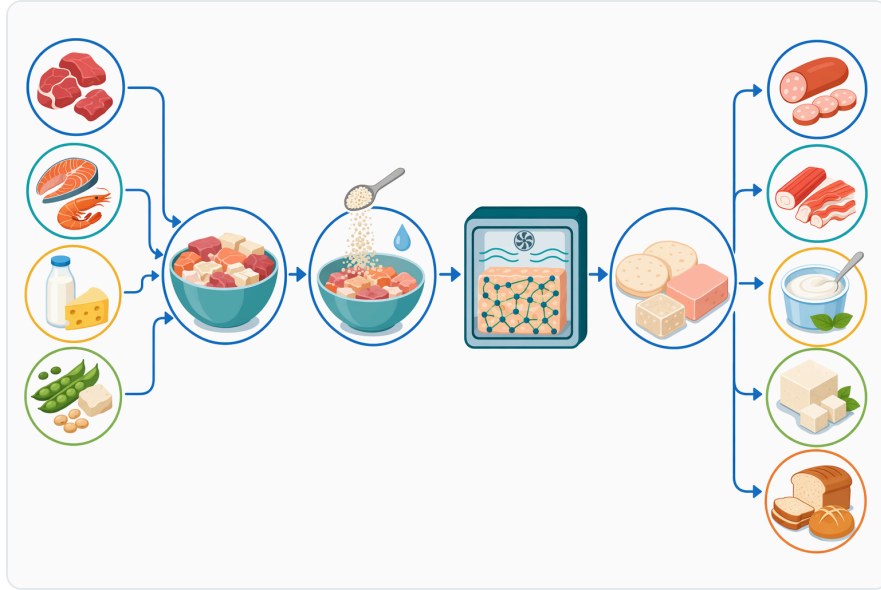
Bu ürün sayfası bağlamında doğru beklenti, transglutaminazı formülasyon ve proses tasarımının bir parçası olarak kullanmaktır <sup>[1]</sup>. Enzim; et, balık, süt, yumurta veya bitkisel protein içeren sistemlerde yapı oluşturabilir, ancak nihai performans protein erişilebilirliği, su fazı, karıştırma, sıcaklık ve ürün hedefiyle birlikte belirlenir.

Enzymes.bio'nun rolü tedariktir; ürünün üreticisi veya uygulama laboratuvarı olarak konumlandırılmamalıdır . Bu ayırım, teknik dokümantasyonun güvenilirliği açısından önemlidir: ürün bilgisi, gıda teknolojisi literatürüyle desteklenir; ancak nihai uygulama kararı ürün geliştiricinin kendi formülasyonu, proses hattı ve mevzuat çerçevesi içinde değerlendirilmelidir.

## Sınırlamalar ve gerçekçi performans beklentisi

Transglutaminaz yalnızca protein bulunan sistemlerde anlamlı bir yapı etkisi gösterebilir <sup>[1]</sup>. Nişasta, şeker veya yağ ağırlıklı ve fonksiyonel protein içeriği düşük formülasyonlarda enzimin etkisi sınırlı olabilir; bu tür ürünlerde farklı tekstür stratejileri gerekebilir.

Enzim, zayıf formülasyon mimarisini tamamen telafi etmez <sup>[7]</sup>. Örneğin gluten içermeyen bir ekmekte uygun protein kaynağı, hidrokolloid, su yönetimi ve pişirme profili yoksa transglutaminaz tek başına buğday gluteninin tüm fonksiyonlarını yerine getiremez.



**Figure 8.** 효과적으로 사용하려면 수화, 효소 분산, 단백질 추출 또는 펄침, 유지·성형 시간, 최종 가열 또는 안정화 과정을 조율해야 한다.

Aynı şekilde et veya balık ürünlerinde de transglutaminaz, gıda güvenliği kontrollerinin alternatifidir <sup>[5]</sup>. Hammadde kalitesi, soğuk zincir, hijyen, pişirme yeterliliği ve etiketleme gereklilikleri enzimin teknolojik katkısından bağımsız olarak yönetilmelidir.

En iyi sonuçlar, hedef tekstürün net tanımlandığı ve enzimin proses sırasına uygun yerleştirildiği sistemlerde beklenir <sup>[4]</sup>. Hedef yumuşak ama bütünlüklü bir yapı ise farklı, sert ve dilimlenebilir bir yapı ise farklı proses tasarımı gerekir.

## Kısa teknik özet

Gıda sınıfı transglutaminaz enzim tozu, proteinlerde glutamin ve lizin kalıntıları arasında çapraz bağlar oluşturarak protein ağını güçlendiren bir proses enzimidir <sup>[3]</sup>. Bu mekanizma, et, balık, süt, yumurta, bitkisel protein ve gluten içermeyen ürünlerde bağlanma, jel dayanımı, su tutma, dilimlenebilirlik ve tekstür kontrolü gibi hedeflerle ilişkilidir <sup>[1]</sup>.

Kanıt en güçlü biçimde protein çapraz bağlama ve tekstür modifikasyonu üzerinde yoğunlaşır; süt ürünleri, dondurma ve gluten içermeyen ekmek gibi kategorilerde sonuçlar formülasyona daha duyarlıdır <sup>[4]</sup>. Bu nedenle transglutaminaz, kontrollü kullanıldığında değer yaratabilen, ancak performansı her zaman ürün matrisi ve proses koşullarıyla birlikte değerlendirilmesi gereken bir gıda enzimidir.

Enzymes.bio tarafından tedarik edilen ürün, 1 kg çevrim içi satış formatında sunulan gıda sınıfı transglutaminaz tozudur ve siparişe birlikte CoA ile SDS sağlanır . Profesyonel kullanımda en doğru yaklaşım, enzimi “genel bir kuvvetlendirici” olarak değil, belirli protein matrislerinde hedef tekstür, mevzuat ve tüketici beklentisiyle birlikte tasarlanan teknik bir araç olarak değerlendirmektir.

### Food Grade Transglutaminase Enzyme Powder 130U/G - Tg For Food Products Cas 80146-85-6 ürününü online sipariş edin

1 kg birimler halinde satılır; stokta mevcut ve sevkiyata hazırdır. Mağazamızdan doğrudan sipariş verin — online ödeme yapın, siparişinizi işleme alalım. Her siparişe Analiz Sertifikası ve Güvenlik Bilgi Formu dahildir.

[Food Grade Transglutaminase Enzyme Powder 130U/G - Tg For Food Products Cas 80146-85-6 satın alın →](#)

## Kaynaklar

İlk atıf sırasına göre numaralandırılmıştır. Açık erişimli kaynaklardır; her birinin yayım sırasında erişilebilir olduğu doğrulanmıştır. Metindeki atıf numaraları buraya bağlantı verir:

1. 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*.
2. Yao, Y., Ye, Y., Xiong, K., Mao, S., Jiang, J., Yi-Chen, Li, X., ... et al. (2026). Current Progress and Future Directions of Enzyme Technology in Food Nutrition: A Comprehensive Review of Processing, Nutrition, and Functional Innovation. *Foods*, 15.
3. Folk, J. E. (1969). Mechanism of action of guinea pig liver transglutaminase. VI. Order of substrate addition. *Journal of Biological Chemistry*, 244 13, 3707-13 .
4. Akin, M., Goncu, B., & Akin, M. (2019). Designing an industrial protocol to develop a new fat-reduced- ice cream formulation by replacing stabilizers with microbial transglutaminase enzyme. *Mljekarstvo*.
5. Use Of Transglutaminase Enzyme And Pork Collagen As Binders In Certain Meat And Poultry Products. *Federalregister*.
6. Khan, M. U., Farid, A., Liu, S., Zhen, L., Alahmad, K., Chen, Z., & Kong, L. (2025). Innovative approaches for enzyme immobilization in milk processing: advancements and industrial applications. *Critical reviews in food science and nutrition*, 65, 6751 - 6770.
7. Moradi, M., Bolandi, M., Arabameri, M., Karimi, M., Baghaei, H., Nahidi, F., & Kanafi, M. E. (2021). Semi-volume gluten-free bread: effect of guar gum, sodium caseinate and transglutaminase enzyme on the quality parameters. *Journal of Food Measurement & Characterization*, 15, 2344 - 2351.
8. Wang, X., Xu, K., Fu, H., Chen, Q., Zhao, B., Zhao, X., & Zhou, J. (2024). Enhancing substrate specificity of microbial transglutaminase for precise nanobody labeling. *Synthetic and Systems Biotechnology*, 10, 185 - 193.
9. Du, L., Liang, Y., Cui, S., Wei, J., Liu, J., Zhang, S., Zhang, Y., ... et al. (2025). Enzyme immobilization on nanomaterials in food industry: current status and future perspectives. *Critical reviews in food science and nutrition*, 66, 811 - 842.
10. Lerner, A., & Benzvi, C. (2021). Microbial Transglutaminase Is a Very Frequently Used Food Additive and Is a Potential Inducer of Autoimmune/Neurodegenerative Diseases. *Toxics*, 9.
11. Kohli, A. T., Hersh, A., Ponder, L., Chan, L. H. K., Rouster-Stevens, K., Tebo, A., Kugathasan, S., ... et al. (2023). Prevalence of tissue transglutaminase antibodies and IgA deficiency are not increased in juvenile idiopathic arthritis: a case-control study. *Pediatric Rheumatology Online Journal*, 21.

## Enzymes.bio ile iletişime geçin


Siparişinizle ilgili sorularınız mı var? Ekibimiz yardımcı olmaktan memnuniyet duyar.


E-POSTA [wholesale@enzymes.bio](mailto:wholesale@enzymes.bio)

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

[Bize ulaşın →](#)

 **400+** B2B müşteriler

 **60+** üniversite araştırma ortakları

 **54** dünya genelinde hizmet