

ET VE SU ÜRÜNLERİNDE TRANSGLUTAMİNAZ ENZİMİNİN  
KULLANIM OLANAKLARI <sup>(1)</sup>USAGE POSSIBILITIES OF TRANSGLUTAMINASE ENZYME IN MEAT  
AND SEAFOOD*Harun URAN<sup>1</sup>, İsmail YILMAZ<sup>2</sup>, Arzu ÖZABRAVCI<sup>3</sup>*<sup>1</sup> *Kırklareli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Kırklareli / Türkiye*<sup>2-3</sup> *Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Tekirdağ / Türkiye***ORCID ID:** 0000-0002-3161-6698<sup>1</sup>, 0000-0003-1116-0934<sup>2</sup>, 0000-0001-6760-5838<sup>3</sup>

**Öz: Açıklama ve Önem:** Transglutaminaz (TGaz) enzimi proteinler arası çapraz bağ oluşumunu ve çeşitli tepkimeler ile protein modifikasyonunu sağlayabilen önemli bir enzimdir. Genellikle proteinlerin fonksiyonel özelliklerini iyileştirmek amacıyla kullanılmakta ve molekül ağırlığı yüksek polimerlerin oluşması ile sonuçlanmaktadır. Bu nedenle et ve su ürünlerinin üretilmesi sırasında oluşan özellikle tekstürel problemler transglutaminaz enziminin kullanımı ile önemli oranda azaltılabilmektedir. Bunun dışında insan sağlığı açısından çeşitli zararları olabildiği bildirilen gıda katkı maddelerinin ve aşırı tuz kullanımının engellenmesi sağlanmaktadır. **Amaç:** TGaz enzimi günümüzde birçok üründe çeşitli amaçlar doğrultusunda kullanılmaktadır. Bu çalışmada transglutaminaz enzimin et ve su ürünlerinde kullanım olanakları hakkında bilgiler verilmiştir. **Sonuç:** Gerek et gerekse su ürünlerinde TGaz enziminin kullanımının, özellikle ürünlerin tekstürel özelliklerini ve jel yapısını kuvvetlendirdiği bildirilmektedir. Bilhassa işlem artışı olarak proseste meydana gelen parçaların birleştirilmesini sağlayarak yeni ürünlerin ortaya çıkmasında yardımcı olmaktadır. Bu durum da şüphesiz ekonomik anlamda da ciddi kazanımlar sağlayacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Transglutaminaz, Enzim, Tekstürel Özellik, Et Ürünleri, Su Ürünleri

**Abstract: Definition and Importance:** Transglutaminase (TGase) is an important enzyme that can provide cross-linking between proteins and protein modification with various reactions. It is generally used to improve the functional properties of proteins and results in the formation of polymers with high molecular weight. For this reason, especially textural problems that arise during the production of meat and aquatic products can be significantly reduced by the use of transglutaminase. Apart from this, it is ensured that food additives and excessive salt usage, which may pose a risk for human health, are prevented. **Aim:** The TGase enzyme is currently used in many products for various purposes. In this study, some information is given about the usage possibilities of transglutaminase enzyme in meat and seafood. **Conclusion:** It has been reported that the use of TGase enzyme in both meat and seafood, in particular, strengthens the textural properties and gel structure of the products. Especially, as a result of the process, it helps the emergence of new products by ensuring that the parts coming from the process are merged. This will undoubtedly provide significant gains in economic terms.

**Key Words:** Transglutaminase, Enzyme, Textural Property, Meat Products, Seafood

*Doi: 10.17366/uhmfid.2018.1.4*

- (1) **Sorumlu Yazar:** Harun URAN, Kırklareli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Kırklareli / Türkiye, harunuran@klu.edu.tr, **Geliş Tarihi / Received:** 01.12.2017, **Kabul Tarihi / Accepted:** 24.04.2018 **Makalenin Türü:** Type of article (Araştırma - Uygulama - İnceleme / Research - Application - Review) “Kurum İzni - Etik Kurul İzni “YOK”



UHMFD

www.hmfdergisi.com

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi

Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 12 Yıl:2018

International Refereed Journal of Engineering And Sciences

January / February / March / April Winter Spring Issue: 12 Year: 2018

ID:138 K:313

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

## GİRİŞ

Enzimolojideki gelişmelerle birlikte proteinlerin fonksiyonel özelliklerini ve besin değerlerini geliştirmek amacıyla enzimatik modifikasyonların kullanılması son yıllarda gıda endüstrisinin önemli girişimleri arasında yer almaktadır. Özel enzimlerin kullanımı ile gıda proteinlerinin fonksiyonel özellikleri değiştirilebilmektedir (Serdaroğlu ve Turp, 2003:209). Bunlar arasında yer alan transglutaminazlar, peptid zincirleri arasında molekül içi ve moleküller arası çapraz bağ oluşumunu katalizleyerek peptidler veya proteinler arasında çapraz bağ oluşturan enzimlerdir (Motoki et al., 1987:237).

Transglutaminaz (TGaz) çoğunlukla gıda proteinlerinin fonksiyonel özelliklerini geliştirmek için kullanılır (Uran ve ark., 2013). Enzim, protein içindeki birincil aminleri, indirgenmiş glutaminin  $\gamma$ -karboksilamid grubu ile değişik birincil aminler arasında katalizleyerek birleştirir. Substrat olarak amin olmadığı durumlarda TGaz, su moleküllerini açıl yakalayıcılar olarak kullanıp, indirgenmiş glutaminin deaminasyonunu katalizler.  $\epsilon$ -lisindeki çapraz bağlar molekül içi ve molekül dışı olabilir ve özellikle lizin ve glutamin içeren proteince zengin gıdalarda fiziksel değişikliklere neden olabilmektedir (Yokoyama et al., 2004:447). TGaz aynı zamanda proteinlerdeki diğer bağlara da etki edebilmektedir (örneğin et ve soya proteinleri, kazein ile glu-

ten arasındaki bağlar) (Kang et al., 1994:159). Bunun yanında TGaz, polifenoloksidaz ve lipoksigenaz eklendiğinde enzimlerin sülfidril ve disülfid bağlarına etki ederek çapraz bağ dizilimi oluşturabilmektedir (Lantto et al., 2006:1117).

## TGAZ ENZİMİNİN ÖZELLİKLERİ

TGaz'ın molekül ağırlığı ise 38.000 Da olup, bilinen birçok enzimden küçüktür. Geniş bir pH aralığında (4-9) aktiviteye sahip olması, bu anlamda bir çok gıdada kullanılabilirliğini göstermektedir (Ando et al., 1989: 2613). Optimum pH'sı 4 ile 8 arasında olup, izoelektrik noktası ise 8.9'dur. Ayrıca yüksek sıcaklıklarda oluşan dipeptid bağının stabil olmasından dolayı, ısı işlem uygulanan bir çok gıdada da kullanımı mümkün görülmektedir. Maksimum aktivitesine yaklaşık olarak 50-60°C'de ulaşmakla birlikte, tam aktivitesini 50°C'de 10 dakika göstermektedir. Ancak, 70°C'de birkaç dakika içerisinde aktivitesini yitirebilmektedir. 10°C'de de aktivite göstermekle birlikte, donma noktasının biraz üzerinde kısmi aktivite gösterebildiği bildirilmektedir (Nonaka et al., 1992:1214).

## TGAZ ENZİMİNİN ÜRETİMİ

TGaz'lar çoğu hayvan dokularında ve vücut sıvılarında, bitkilerde ve mikroorganizmalarda bulunmaktadır. Canlıların çeşitli biyolojik aktivitelerinin gerçekleşmesinde önemli aktivite göstermektedirler. Kanın pıhtılaşması,



UHMFD

www.hmfdergisi.com

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi

Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 12 Yıl:2018

International Refereed Journal of Engineering And Sciences

January / February / March / April Winter Spring Issue: 12 Year: 2018

ID:138 K:313

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

yaraların iyileşmesi, epidermal keratinizasyon ve eritrosit membran sertleşmesi gibi birçok biyolojik olaylara katılırlar (Chung et al., 1974:940). 1960'lı yıllarda, hayvan orijinli  $Ca^{+2}$ 'ya bağlı aktivite gösteren TGaz'ların saflaştırılması, karakterize edilmesi ve ürünlerde kullanımı ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır. İlk olarak domuz karaciğerinden elde edilmiş ve uygulamalarından olumlu sonuçlar alınmıştır. Ticari olarak ilk başarılı gıda uygulaması ise, et ve balık parçalarının bağlanmasında, fibrinojen ve plazma TGaz'larının kombine kullanımı ile gerçekleştirilmiştir. Fakat sınırlı oranda elde edilmesi nedeniyle ticari üretimi gerçekleştirilememiştir. Kaynak sıkıntısı, karmaşık ayırım ve saflaştırma işlemleri oldukça yüksek maliyet getirmektedir. Bu nedenle mikrobiyal fermantasyonla ucuz substrat kullanılarak, TGaz elde edilme çalışılmıştır. Birçok mikroorganizma üzerinde çalışma yapılmasının ardından, 1989'da *Streptovercillium mobaraense*'nin TGaz üretim kabiliyetinin oldukça yüksek olduğu bulunmuştur. Daha sonra gıdalarda kullanım amacıyla, Ajinomoto Co., Inc. bu enzimin ticari üretimine başlamıştır. Mikroorganizmadan elde edildiği için de mikrobiyal transglutaminaz (MTGaz) olarak adlandırılmıştır (Kurt ve Zorba, 2004: 358).

Daha kolay ve ekonomik olarak elde edilebilmesinin yanında ticari üretiminin gerçekleştirilmesi nedeniyle, gıdalarda daha çok

mikroorganizmalardan elde edilen transglutaminazlar tercih edilmektedir. Enzim üretim zinciri için binlerce mikroorganizma kolektif olarak çalışır. Çoğu mikroorganizmaların "Hidromate Yöntemi" ile TGaz ürettiği gözlenmiştir. Mikroorganizmalar TGaz'ı metabolizma artığı olarak atarlar. Bu enzimin protein zincirlerini, G formundan L formuna dönüştürebilme gibi özel bir yeteneğe sahiptir (Seguro et al., 1995:1977). Mikroorganizma olarak ise özellikle *Streptovercillium* (*S. mobaraense* ve *S. griseocameun*) cinsi bakteriler etkin bir şekilde kullanılmaktadır (Fransworth et al., 2006:113-114).

Transglutaminazlar enzimatik aktivite gösterebilmeleri için Ca iyonuna ihtiyaç duyarlar ve ancak Ca iyonları sayesinde proteinlerde modifikasyonu sağlayabilirler (örneğin kazein ve myosinin modifikasyon hızı Ca iyonları varlığında hızlanmaktadır) (Trespacios and Pla, 2007:264-265). Ancak, *Streptovercillium mobaraense*'den elde edilen transglutaminazda serbest Ca iyonları bulunmaktadır. Bu özelliği ile MTGaz, diğer memeli enzimlerinden biraz farklılık göstermektedir. Örneğin fonksiyonel gıda proteinleri ile yararlı değişiklikler yapmakta, çünkü süt kazeinleri, soya globulinleri ve miyosinler Ca iyonlarına karşı hassastırlar. Bütün bu proteinler ortamdaki Ca iyonları sayesinde MTGaz'e karşı daha az duyarlı hale gelmektedir. Çoğu gıda proteinin MTGaz ile inkübe



UHMFD

www.hmfdergisi.com

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi

Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 12 Yıl:2018

International Refereed Journal of Engineering And Sciences

January / February / March / April Winter Spring Issue: 12 Year: 2018

ID:138 K:313

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

edildiklerinde jelleştikleri tespit edilmiştir. MTGaz, kültür ortamında üretildiğinden bu yana hücre parçalanmasına gerek kalmamakta, böylece arıtılması daha kolay olmakta ve bu da MTGaz'ın ticari faaliyetini arttırmaktadır (Nonaka et al., 1992:1214-1215).

## TGAZ ENZİMİNİN BİYOYARARLILIK ÜZERİNE ETKİSİ

TGaz kullanımıyla aynı zamanda gıda proteinlerini zenginleştirmek amacıyla elzem aminoasitlerin ilavesi de katalizlenebildiği için gıda proteinlerinin besin değerinin geliştirilmesinde TGaz enziminin kullanılabileceği anlaşılmıştır. TGaz ile gıda proteinlerinin modifikasyonu, lisini kimyasal reaksiyonlarda koruma, fonksiyonel özellikleri modifiye etmeye ve tamamlayıcı veya az miktarda bulunan elzem amino asitleri içeren farklı proteinlerin çapraz bağlanmasını sağlayarak daha yüksek besin değerlerinde gıda proteinlerinin üretilmesine olanak tanır (Serdaroğlu ve Turp, 2003:210). TGaz enziminin katalizlediği reaksiyon sonucunda meydana gelen lizin ve glutaminin çapraz bağlanması vasıtasıyla lisinin amino grubunun bloke edildiği ve meydana gelen bu çapraz bağların sindirim enzimleri tarafından parçalanarak metabolizmada değerlendirilebilir hale geldiği bilinmekte ve böylece çapraz bağlanma nedeniyle Maillard reaksiyonuna girmeyen lisinin besinsel değerinin korunmakta olduğu anlaşılmaktadır. Pek çok gıdada örneğin et, balık vs.

gibi yahut işlenerek elde edilmiş kızarmış tavuk hamburger ızgara et gibi ürünlerde TGaz enziminin reaksiyonu sonucu oluşan  $\epsilon$ -( $\gamma$ -Glu)Lys çapraz bağları bulunmaktadır (Gümüüş, 2010). Dolayısıyla proteinler arasında oluşturulan çapraz bağlar sadece ilave edilen enzimlerle gerçekleşmemekte, aynı zamanda gıdanın yapısında bulunan endojen TGaz enziminin etkisiyle de meydana gelmektedir. Ama yinede işlenmiş özellikle de ısı işlem görmüş gıdalarda çapraz bağlar, işlenmemiş gıda materyallerindeki çapraz bağlardan daha fazla olup, bu durum gıdanın işlenmesi esnasında endojen TGaz'ın kısmen de olsa aktivite göstermesinden kaynaklanmaktadır (Kurt ve Zorba, 2004:358). MTGaz enzimi Pb, Zn, Cu ve Li iyonları tarafından inhibe edildiği için enzim bu iyonlara karşı duyarlı olup, inaktive edici etkisinin tekli sisteinlerdeki tiol gruplarını bağlamasından kaynaklandığı gözlenmiştir.  $MgCl_2$  gibi iyonların bu enzim üzerinde daha az etki yaptığı da yine yapılan çalışmalarla tespit edilmiştir (Kütemeyer et al., 2005:735).

## ET ÜRÜNLERİNDE TGAZ KULLANIMI ÜZERİNE YAPILAN ÇALIŞMALAR

Et ürünleri yüksek oranda protein içermekte ve bu proteinler arasında miyofibrillar proteinler et ürünlerinin tekstürünü önemli ölçüde etkilemektedir. Miyofibrillar proteinlerin büyük bir kısmını myosin ve aktin oluşturmaktadır. Myosin ve aktin TGaz için



UHMFD

www.hmfdergisi.com

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi

Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 12 Yıl:2018

International Refereed Journal of Engineering And Sciences

January / February / March / April Winter Spring Issue: 12 Year: 2018

ID:138 K:313

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

oldukça önemli substratlar olup, TGaz'ların ilavesiyle polimerleşebilmektedirler. Bu durum jel yapıdaki et ürünlerinin jel ağlarının özelliklerini geliştirebilmektedir (Motoki et al., 1984:1257). Protein-protein etkileşimleri ve jel yapısının geliştirilmesi, et parçalarının bir arada tutulmasını ve stabil bir yapı kazanmasını sağlamaktadır. Mekanik yöntemlerle kemikten ayrılmış ve traşlama artığı et parçaları bu şekilde değerlendirilerek yeni ürünler oluşturulabilir. Bu durum ekonomik açıdan da önemlidir (Kurt ve Zorba, 2004:359).

Et ürünlerinde TGaz kullanımı üzerine birçok çalışma mevcuttur. Pek çok durumda enzimin düşük sıcaklıkta (10°C) kullanılabilirdiği durumların yanı sıra, daha iyi ürün karakteristikleri sağlamak amacıyla yüksek sıcaklıklarda (40-50°C) kullanıldığı durumlar da bulunmaktadır. Yapılan birçok çalışmada, TGaz ilavesi ile et ürünlerinde jel kuvvetinin artış gösterdiği ve karakteristik özelliklerin olumlu yönde geliştiği kaydedilmiştir (Tseng et al., 2000:427; Serrano et al., 2004:423; Dondero et al., 2006:546; Jongiareonrak et al., 2006:1216; Trespalacios and Pla, 2007:264). Bunun yanında bazı çalışmalarda TGaz ile bazı katkı maddeleri birlikte kullanılmış ve ürün özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Tsao ve ark. (2002:3502) bisülfid uygulanan soya proteinlerinin TGaz için iyi bir substrat olduğunu ve farklı et parçalarının bağlanmasında kas proteinleri ile çok iyi bir

etkileşim sağladığını, bu yolla da şekillendirilmiş et ürünleri üretiminde iyi bir potansiyel oluşturduğunu bildirmişlerdir.

Carballo ve ark. (2006:692), et ürünlerinde bağlama maddesi olarak TGaz ve kazeinat kompleksini kullandıkları çalışmada, dayanıklılığın ve çignenebilirliğin bu kompleksi içeren ürünlerde daha iyi sonuç verdiğini bulmuşlardır.

Pietrasik ve Chan (2002:91) yaptıkları çalışmada  $\kappa$ -carragenan, yumurta albümini ve izole edilmiş et kaynaklı olmayan proteinlerin, MTGaz varlığında veya yokluğunda sığır eti jellerinin kalite karakteristikleri üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda, et kaynaklı olmayan proteinlerin kullanılması ile elde edilen jellerde daha düşük sertlik, elastikiyet ve lezzet görülmüş ve bağlama özellikleri daha zayıf olarak bulunmuştur. MTGaz ilavesinin su tutma kapasitesi ve tekstürel parametreleri geliştirdiği halde, et kaynaklı olmayan proteinlerin kullanıldığı jellerin tekstürünü değiştirmedigi tespit edilmiştir. Bununla birlikte MTGaz ve  $\kappa$ -carragenan arasında interaksiyon gözlenmiş ve kombinasyonun jellerin niteliğini ve kırmızılığını düzelttiği kaydedilmiştir. Bu çalışmaya paralel olarak birçok çalışmada et ürünlerinde jel kuvveti ve yapısal özelliklerin gelişimi için TGaz ile birlikte kurutulmuş elma lifi, kitosan, kan plazması, sodyum kazeinat, jelatin gibi et kaynaklı olmayan



UHMFD

www.hmfdergisi.com

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi

Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 12 Yıl:2018

International Refereed Journal of Engineering And Sciences

January / February / March / April Winter Spring Issue: 12 Year: 2018

ID:138 K:313

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

proteinler ile NaCl, KCl, CaCl<sub>2</sub> gibi katkıları kullanılmış ve hepsinden olumlu sonuç alınmıştır (Kurt ve Zorba, 2004:357; Colmenero et al., 2005:781, Guillen et al., 2005:103; Kolodziejska et al., 2006:404; Pietrasik et al., 2007:915).

Son zamanlarda tüketicilerin hayvansal yağ içeriği az olan ürünlere yönelmeleri, ayrıca ekonomik olmaları nedeniyle kümes hayvanları özellikle de tavuk eti tüketimini önemli ölçüde arttırmıştır. Ancak tavuk etinden yapılan sosis gibi bazı ürünlerin tekstürleri zayıf karakterlidir. Tavuk etinden yapılan sosilerin jel gücü, sığır ve domuz etinden yapılanlara kıyasla daha düşüktür. Bu tür ürünlerin tekstürlerinin geliştirilmesinde fosfatlar gibi katkılardan yararlanılmaktadır. Ancak tüketicilerin katkı kullanımını konusundaki bilinçli davranışları, araştırmacıları bu tür ürünlerde katkı kullanımını sınırlandırma çalışmalarına teşvik etmektedir. Yapılan bir çalışmada tavuk etinden yapılan sosislerde soya proteini, kazein ve peyniraltı suyu proteinlerinden TGaz'ın katalizörlüğünde oluşturulan biyopolimerler kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, başta ürünün tekstürü olmak üzere, ısı stabilitesi ve emülsiyon özelliklerinin geliştiği gözlenmiştir (Kurt ve Zorba 2004:359).

MTGaz ve sodyum kazeinatın tavuk döner kebabın kalitesi üzerindeki etkisinin incelendiği bir çalışmada SDS-Page analizi ile elde edilen bulgulara göre MTGaz ilavesinin,

sodyum kazeinat ile beraber kullanılsın ya da kullanılsın et proteinleri arasında çapraz bağlanmalar meydana getirdiğini göstermiştir. Yine bu çalışmada tekstür sonuçlarına göre enzimin sodyum kazeinat ile beraber kullanılması durumunda tavuk etinin yapışma özellikleri üzerine oldukça etkili olduğu saptanmakla birlikte, duyusal olarak örneklerde herhangi bir farklılık gözlenmemiştir (Kılıç, 2003:417).

Ahmed ve ark. (2007:455) yaptıkları bir çalışmada mikrobiyal transglutaminaz kullanılarak üretilen tavuk ve sığır sosislerinde tekstürlerdeki gelişimi incelemişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre MTGaz ile muamelelerin, özellikle 80°C'de pişirilen sığır etlerinde olmak üzere, her iki et tipinde de önemli ölçüde sıkı yapı sağladığı bildirilmektedir. MTGaz ile muamele edilen her iki et tipinde protein konsantrasyonu ve suda çözünür protein ekstraktı az miktarda azalma göstermiştir. Elde edilen veriler ışığında MTGaz'ın fonksiyonel özelliklerinin onu yararlı bir protein bağlayıcı ajan yaptığı ve sosis gibi et ürünlerinin protein fonksiyonları üzerine pozitif etki yaparak tekstür ve jelleşmeyi geliştirdiği sonucuna varılmıştır.

TGaz kullanımını örneklerin verimlerinde de artış meydana getirmektedir. Tseng ve ark. (2000:427) farklı konsantrasyonlarda (% 0, 0.05, 0.1, 0.2, 0.4 ve 1) TGaz ilavesiyle ürettikleri düşük tuz içerikli tavuk köftelerinin



UHMFD

www.hmfdergisi.com

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi

Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 12 Yıl:2018

International Refereed Journal of Engineering And Sciences

January / February / March / April Winter Spring Issue: 12 Year: 2018

ID:138 K:313

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

kalitesini araştırmışlar ve yaptıkları araştırma neticesinde tavuk köftelerinde verimin % 0.4 ve 1 TGaz içeren örneklerde, kontrol grubuna göre önemli düzeyde yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Bunun nedeninin de TGaz içeren tavuk köftelerinin emülsiyon stabilitesi ve hidrasyon özelliklerinin daha iyi olmasından kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Baytar (2010) TGaz enzimi ve NaCl'nin tavuk köftelerinin çeşitli özellikleri üzerindeki etkilerini araştırdığı çalışmada; köfte üretiminde katkı maddesi olarak kullanılan TGaz enziminin, fiziksel-kimyasal paramet-

reler üzerindeki, NaCl'nin de duyuusal, fiziksel-kimyasal, teknolojik ve tekstürel parametreler üzerindeki etkisinin önemli olduğunu saptamıştır.

Yine Uran ve ark. (2013:331), TGaz ilave ederek ürettikleri tavuk köftelerinin tekstür değerlerinde, kontrol gruplarına göre önemli ölçüde artış; pişirme kayıplarında ise önemli ölçüde azalma olduğunu bildirmişlerdir.

Bütün bu çalışmaların dışında TGaz enzimi kullanılarak üretilmiş çeşitli et ürünleri üzerine yapılan çalışmalar ve elde edilen sonuçlara ilişkin bilgiler Tablo 1'de verilmiştir.



UHMFD

www.hmfdergisi.com

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi

Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 12 Yıl:2018

International Refereed Journal of Engineering And Sciences

January / February / March / April Winter Spring Issue: 12 Year: 2018

ID:138 K:313

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

**Tablo 1. Çeşitli Et Ürünlerinde TGaz Kullanımı ve Elde Edilen Sonuçlar**

Denendiği Ürün(ler)	Elde Edilen Sonuçlar	Referans
Mekanik ayrılmış tavuk etinden surumi üretimi	Ürünlerin reolojik özelliklerinde olumlu gelişme	(Stangierski et al., 2014:13)
Tavuk ve sığır etinden hazırlanmış miyofibrillar protein preperatları	Ürünlerin jel yapısı ve tekstürel özelliklerinde gelişim	(Ahhmed et al., 2009:354)
Taze domuz etinden hazırlanmış kıyma	Ürünlerin bazı tekstürel (sertlik, elastikiyet ve yapışkanlık) özelliklerinde artış	(Herrero et al., 2008:25)
Kuru kürlenmiş jambon	Ürünlerin duyuşal özelliklerinde artış	(Jira et al., 2017:81)
Piliç burger üretimi	Ürünlerin tekstürel özelliklerinde artış, pişirme kaybında düşüş	(Uran and Yilmaz, 2018:19)
Domuz etinden hazırlanan çeşitli ticari ürünler	+4°C'de depolanan ürünlerin jel kuvvetinde artış	(Lantto et al., 2006:1117)
Domuz etinden izole edilen miyofibrillar protein preperatları	Ürünlerin jel kuvveti ve pişirme veriminde artış	(Lee et al., 2017:95)
Tavuk etinden hazırlanmış jel preperatları	Ürünlerin elastik yapı ve kıvamlarında artış	(Chanyongvorakul et al., 1995:483)
Tavuk göğüs etinden üretilen biftek örnekleri	Ürünlerin duyuşal özelliklerinde gelişim	(Cofrades et al., 2011:373)
PSE Hindi etinde üretilen jel preperatları	Daha sıkı ve kararlı jel oluşumu	(Purma Adıbelli, 2015)
Domuz eti parçalarından hazırlanan karışımlar	Ürünlerin yapıda gelişim ve genel kabul edilirliliğinde artış	(Dimitrakopoulou et al., 2005:743)

## SU ÜRÜNLERİNDE TGAZ KULLANIMI ÜZERİNE YAPILAN ÇALIŞMALAR

Su ürünleri proteinler, amino asitler, mineraler ile başta eikosapentaenoik (EPA) asit ve

dokosaheksaenoik (DHA) asit olmak üzere çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) gibi yararlı besinlerin önemli bir kaynağıdır (Palmeira et al., 2016:227). Balık tüketiminin beslenme üzerine faydaları ve yüksek sindirile-





UHMFD

www.hmfdergisi.com

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi

Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 12 Yıl:2018

International Refereed Journal of Engineering And Sciences

January / February / March / April Winter Spring Issue: 12 Year: 2018

ID:138 K:313

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

bilirliği çok sayıda çalışma ile doğrulanmıştır (Martelo-Vidal et al., 2016b:341).

Su ürünlerinde TGaz enzimi kullanımı üzerine uzun süredir çalışmalar yapılmakta ve özellikle su ürünleri işlenmesiyle oluşan balık parçalarının değerlendirilmesi üzerinde durulmaktadır. TGaz enzimi balık eti parçalarının birleştirilerek yeni ürün eldesine imkan sağlamakta, bu durum da ekonomik ve yüksek besin içeriğine sahip su ürünlerinin yapılmasını mümkün kılmaktadır. Bu tür balık ürünleri, düşük kalitedeki balık türlerinin kas parçalarının ya da filetosu çıkarılan değerli balık türlerinden kalan et parçalarının kıyma haline getirilip yeniden yapılandırılması teknolojisi ile yapılabilmektedir (Raharjo et al., 1995:68).

Son yıllarda taze ürünler için artan talep, bütün haldeki balık kası özelliklerine ve görünüşüne benzer yapıya sahip parçalanmış ya da kıyılmış çiğ balık etine dayalı yeniden yapılandırılmış ürünler üzerine çalışma girişimlerini teşvik etmiştir (Moreno et al., 2010:394).

Yeniden yapılandırma teknolojisi, birçok ticari ve ticari olmayan balık türlerinin yanı sıra fileto haline getirilmiş balıklardan geriye kalan kırpıntı etlerin de kullanımına imkan tanımaktadır (Martelo-Vidal et al., 2016b:341).

Su ürünlerinin işlenmesinden geriye kalan balık eti parçalarının yeniden yapılandırılarak değerlendirilmesine en iyi örnek surimi-

dir. Surimi, soğuk suyla yıkanmış mekanik olarak ayrılmış balık etinden elde edilen konsantre miyofibrillar proteindir. Teorik olarak, surimi üretmek için herhangi bir balık kullanılabilir, ancak özellikleri surimi jeli, balık türlerine bağlı olarak değişir (Chanarat and Benjakul, 2013:929).

Hammadde olarak yetersiz miktarda yağsız balık bulunması nedeniyle uskumru vb. gibi koyu renkli pelajik balıklar surimi üretimi için artan ilgi görmüştür. Bununla birlikte, yüksek miktarda lipid ve miyogloblin içeren koyu renkli kasın içeriğinden dolayı bu türlerden yüksek kalitede surimi elde etmek zordur. Genel olarak, geliştirilmiş jel gücü ve beyazlık ile yüksek kaliteli surimi, yıkama işleminde önce mümkün olduğunca fazla miktarda koyu kasların çıkarılmasıyla elde edilebilir (Balange and Benjakul, 2009:1693).

Geleneksel surimi üretimi, mekanik olarak ayrılmış balık kıymasından sarkoplazmik proteinlerin, yağların, kanın ve pigmentlerin sürekli yıkamak suretiyle kaldırarak miyofibrillar proteinleri yoğunlaştırmayı amaçlamaktadır (Park et al., 1997:577). Bununla birlikte, geleneksel yıkama düşük bir verime neden olmaktadır. Bu problemin üstesinden gelmek ve üründe jel özelliklerini geliştirmek için pH değişim prosesi gibi yöntemler kullanılabilir (Chanarat and Benjakul, 2013:929). Bununla birlikte surimi veya protein izolatlarının jel özelliklerini geliştirmek için, pro-



UHMFD

www.hmfdergisi.com

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi

Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 12 Yıl:2018

International Refereed Journal of Engineering And Sciences

January / February / March / April Winter Spring Issue: 12 Year: 2018

ID:138 K:313

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

teinlerin polimerizasyonu teşvik etmek amacıyla mikrobiyal TGaz yaygın olarak kullanılmaktadır (Benjakul et al., 2008:239).

TGaz enziminin çeşitli su ürünlerinde kullanımını üzerine yapılan araştırmalar ve elde edilen bulgular Tablo 2’de verilmiştir. Chanarat ve Benjakul (2013:929-937) yaptıkları çalışmada uskumru (*Rastrelliger kanagurta*) balığından hazırlanan kıyma, surimi ve protein izolatlarına farklı konsantrasyonlarda TGaz enzimi ilave ederek kalite özelliklerini incelemişlerdir. Elde edilen verilere göre oluşturulan jellerin su içeriğinde düşüş ve jellerde daha yoğun ağ yapısı oluşumu gözlemlenmiştir.

TGaz enzimi beraberinde balık eti kaynaklı yenilebilir jelatin filmi üretimi üzerine de çalışmalar mevcuttur. Özellikle jelatin ve kollajen gibi protein kaynağı olarak balık derisi gibi balık sakatatları kullanılabilir. Ancak balık derilerinden üretilen balık filmleri diğer doğal polimer filmler gibi esnek değildir ve plastifiye edilmesi gerekmektedir (Piotrowska et al., 2008:1362-1363). Bununla birlikte jelatin filmleri, diğer proteinlerden yapılan filmlerle benzer şekilde sentetik materyallere göre yüksek su buharı geçirgenliğine sahiptir (Sztuka and Kolodziejska, 2009:1062). Çalışmalarda özellikle TGaz enzimiyle geçirgenliğin azaltılması ve bariyer özelliklerinin geliştirilmesi üzerinde durulmaktadır.

TGaz enziminin su ürünlerinin kalitesinin muhafazası ve raf ömrü üzerine etkisinin belirlenmesi amacıyla da kullanıldığı çalışmalar bulunmaktadır. Tokay ve Yerlikaya (2017:940) yaptıkları çalışmada MTGaz ile muamele ettikleri balık filetoalarını (*Scomber scombrus*) buzdolabı koşullarında depolayarak kalite değişimlerini incelemişlerdir. Elde ettikleri sonuçlara göre orta düzeyde (7 u/g) enzim uygulamasının balığın kalitesinin korunması açısından en iyi sonuç verdiği bildirilmiştir. Ayrıca bu çalışmada enzim konsantrasyonundaki artışın örneklerde oksidasyonu engellediği ve mikrobiyal gelişimi önlediği belirtilmiştir. Yine enzim ilavesinin balık kasının sıklığını arttırdığı ve başlangıçtaki tekstür yapısını koruduğu da gözlemlenmiştir. Başka bir çalışmada Yerlikaya ve ark. (2017:815) gökkuşuğu alabalığı kıymasını farklı konsantrasyonlarda TGaz enzimi ile muamele ettikten sonra bu karışımları buzdolabı ortamında depolayarak kalite değişimleri yönünden incelemişlerdir. Çalışmada enzim ilaveli örneklerde balığın bozulma indikatörleri olan TVB-N ve TMA-N değerlerinin, enzim ilave edilmeyen kontrol grubu örneklerine göre daha düşük bulunduğu belirlenmiştir. Yine bu çalışmada enzim konsantrasyonundaki artışla birlikte örneklerin toplam psikrofilik ve koliform bakteri gelişiminin engellendiği de görülmüştür. Çalışma sonucunda TGaz kullanımının, uzun raf ömrüne sahip ürün elde



UHMFD

www.hmfdergisi.com

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi

Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 12 Yıl:2018

International Refereed Journal of Engineering And Sciences

January / February / March / April Winter Spring Issue: 12 Year: 2018

ID:138 K:313

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

etmek için su ürünleri işleme teknolojisi açısından yararlı olabileceği vurgulanmıştır.

**Tablo 2. Çeşitli Su Ürünlerinde TGaz Kullanımı ve Elde Edilen Sonuçlar**

Denendiği Ürün(ler)	Elde Edilen Sonuçlar	Referans
Barlam balığından ( <i>Merluccius merluccius</i> ) hazırlanmış düşük tuz içerikli balık karışımları	Yeniden yapılandırılmış ürünlerin elde edilmesi imkanı ve bu ürünlerin ticari etlere benzer yapıya sahip olması	(Martelo-Vidal et al., 2016a:182)
Balık derisinden elde edilmiş jelatin hidrolizatları	Ürünlerin antioksidan özelliklerinde ve doğal halde bulunmayan bileşenlerin biyoaktivitesinde artış	(Hong et al., 2014:285)
Balık miyofibrillar proteininden kaplama materyali üretimi	Materyalin gerilme mukavemeti ve uzama kabiliyetinde önemli ölçüde gelişim	(Roştamzad et al., 2016:1)
Balık kıymasından hazırlanan karışımlar	Ürünlerin oluşum ve jelleşme kabiliyetinde önemli ölçüde gelişim	(Binsi and S h a m a s u n d a r , 2012:1922)
Surumiden yapılan jel karışımları	Daha güçlü ve sert jel ağ yapısı oluşumu	(Herranz et al., 2013:24)
Beyaz tuna ( <i>Thunnus alalunga</i> ) balığı etinden yapılan düşük tuz içerikli karışımlar	Düşük sıcaklıkta yeniden yapılandırılmış ürünlerin eldesi imkanı	(Martelo-Vidal et al., 2016b:341)
Ringa ( <i>Tenualosa ilisha</i> ) balığından surimi üretimi esnasında oluşan işleme atıklarından jelatin eldesi	Üründe daha güçlü jelleşme özelliği ve yoğun protein bantları oluşumu	(Norziah et al., 2009:1610)
İnci kefali ( <i>Alburnus tarichi</i> ) balığından köfte üretimi	Köftelerin tekstürel, duyuşsal ve teknolojik özelliklerinde olumlu yönde gelişim	(Çiftçi, 2010)



UHMFD

www.hmfdergisi.com

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi

Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 12 Yıl:2018

International Refereed Journal of Engineering And Sciences

January / February / March / April Winter Spring Issue: 12 Year: 2018

ID:138 K:313

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

## SONUÇ

Yapılan çalışmalar şunu açıkça ortaya koymaktadır ki, TGaz enzimi kullanılarak pek çok gıda ürünün fonksiyonel özelliği iyileştirilip, geliştirilebilmektedir. Özellikle proteinlerin çapraz bağlanmasını sağlayarak et ürünlerinin tekstürel yapıdaki problemlere önemli ölçüde fayda sağlayarak su tutma kapasitesinde ve yapının dayanımını arttırmada önemli nitelikler kazandırmaktadır. Tüm bu veriler ışığında dikkatle bakıldığında et ürünlerinde insan sağlığını tehdit eden gıda katkı maddelerinin kullanımını yerine insan sağlığını açısından hiç bir zararı olmayan, hatta ürünün besinsel değerinde artış meydana getiren TGaz enziminin kullanılması çok daha makul görülmektedir. Bu nedenle ekonomik açıdan da üretimi çok pahalı olmayan ve ülkemizde yurt dışına oranla üzerinde çok fazla çalışma yapılmamış olan bu enzimin kullanımının gıda teknolojisi açısından büyük bir yenilik getirip, oldukça fayda sağlayacağı açıkça görülmektedir.

## KAYNAKLAR

**AHHMED, A.M., KAWAHARA, S., OHTA, K., NAKADE, K., SOEDA, T., MUGURUMA, M., (2007).** Differentiation in improvements of gel strength in chicken and beef sausages induced by transglutaminase. *Meat Science*, 76: 455-462

**AHHMED, A.M., KURODA, M., KAWAHARA, S., OHTA, K., NAKADE, K., AOKI,**

**T., MUGURUMA, M., (2009).** Dependence of microbial transglutaminase on meat type in myofibrillar proteins cross-linking. *Food Chemistry*, 112: 354-361

**ANDO, H., ADACHI, M., UMEDA, K., MATSUURA, A., NONAKA, M., UCHIO, R., TANAKA, H., MOTOKI, M., (1989).** Purification and characteristics of a novel transglutaminase derived from microorganism. *Agricultural and Biological Chemistry*, 53: 2613-2617

**BALANGE, A. K., BENJAKUL, S., (2009).** Effect of oxidised tannic acid on the gel properties of mackerel (*Rastrelliger kana-gurta*) mince and surimi prepared by different washing processes. *Food Hydrocolloids*, 23(7): 1693-1701

**BAYTAR, B., (2010).** Transglutaminaz enzimi ve NaCl'nin tavuk köftelerinin çeşitli özellikleri üzerindeki etkilerinin yanıt yüzeyi yöntemi ile modellenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van

**BENJAKUL, S., PHATCHARAT, S., TAMMATINNA, A., VISESSANGUAN, W., KISHIMURA, H., (2008).** Improvement of gelling properties of lizardfish mince as influenced by microbial transglutaminase and fish freshness. *Journal of Food Science*, 73(6): 239-246



UHMFD

www.hmfdergisi.com

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi

Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 12 Yıl:2018

International Refereed Journal of Engineering And Sciences

January / February / March / April Winter Spring Issue: 12 Year: 2018

ID:138 K:313

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

- BINSI, P.K., SHAMASUNDAR, B.A., (2012).** Purification and characterisation of transglutaminase from four fish species: Effect of added transglutaminase on the viscoelastic behaviour of fish mince. *Food Chemistry*, 132: 1922-1929
- CARBALLO, J., AYO, J., COLMENERO, F.J., (2006).** Microbial transglutaminase and caseinate as cold set binders: Influence of meat species and chilling storage. *Food Science and Technology*, 39: 692-699
- CHANARAT, S., BENJAKUL, S., (2013).** Impact of microbial transglutaminase on gelling properties of Indian mackerel fish protein isolates. *Food Chemistry*, 136: 929-937
- CHANYONGVORAKUL, Y., MATSUMURA, Y., NONAKA, M., MOTOKI, M., MORI, T., (1995).** Physical properties of soy bean and broad bean 11S globulin gels formed by transglutaminase reaction. *Journal of Food Science*, 60: 483-488
- CHUNG, S.I., LEWIS, M.S., FOLK, J.E., (1974).** Relationships of the catalytic properties of human plasma and platelet transglutaminases (activated blood coagulation factor XIII) to their subunit structures. *Journal of Biological Chemistry*, 249:940-950
- COFRADES, S., LOPEZ, I.L., CAPILLAS, C.R., TRIKI, M., COLMENERO, F.J., (2011).** Quality characteristics of low-salt restructured poultry with microbial transglutaminase and seaweed. *Meat Science*, 87: 373-380
- COLMENERO, F.J., AYO, M.J., CARALLO, J., (2005).** Physicochemical properties of low sodium frankfurter with added walnut: effect of transglutaminase combined with caseinate, KCl and dietary fibre as salt replacers. *Meat Science*, 69: 781-788
- ÇİFTÇİ, G., (2010).** Transglutaminaz enzimi ve galeta ununun inci kefali (*alburnus tarichi*) balığından yapılmış köftelerin çeşitli özellikleri üzerindeki etkilerinin yanıt yüzeyi yöntemi ile modellenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Van
- DIMITRAKOPOULOU, M.A., AMBROSIOADIS, J.A., ZETOU, F.K., BLOUKAS, J.G., (2005).** Effect of salt and transglutaminase (TG) level and processing conditions on quality characteristics of phosphate-free, cooked, restructured pork shoulder. *Meat Science*, 70(4): 743-749
- DONDERO, M., FIGUEROA, V., MORALES, X., CURUTTO, E., (2006).** Transglutaminase effects on gelation capacity



UHMFD

www.hmfdergisi.com

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi

Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 12 Yıl:2018

International Refereed Journal of Engineering And Sciences

January / February / March / April Winter Spring Issue: 12 Year: 2018

ID:138 K:313

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

of thermally induced beef protein gels.  
Food Chemistry, 99: 546-554

**FRANSWORTH, J.P., LI, J., HENDRICKS, G.M., GUO, M.R., (2006).** Effects of transglutaminase treatment on functional properties and probiotic culture survivability of goat milk yogurt. Small Ruminant Research, 65: 113-121

**GUILLEN, M.C.G., MONTERO, P., SOLAS, M.T., MATEOS, M.P., (2005).** Effect of chitosan and microbial transglutaminase on the gel forming ability of horse mackerel (*trachurus*spp.) muscle under high pressure. Food Research International, 38: 103-110

**GÜMÜŞ, S., (2010).** Transglutaminaz enzimi kullanılarak üretilen krakerlerde maillard reaksiyonu sonucu ortaya çıkan lizin kaybının incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara

**HERRANZ, B., TOVAR, C.A., BORDERIAS, A.J., MORENO, H.M., (2013).** Effect of high-pressure and/or microbial transglutaminase on physicochemical, rheological and microstructural properties of flying fish surimi. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 20: 24-33

**HERRERO, A.M., CAMBERO, M.I., ORDONEZ, J.A., DE LA HOZ, L., CARMONA, P., (2008).** Raman spectroscopy study of the structural effect of microbial transglutaminase on meat systems and its relationship with textural characteristics. Food Chemistry, 109: 25-32

**HONG, P.K., GOTTARDI, D., NDAGIJIMANA, M., BETTI, M., (2014).** Glycation and transglutaminase mediated glycosylation of fish gelatin peptides with glucosamine enhance bioactivity. Food Chemistry, 142: 285-293

**JONGJAREONRAK, A., BENJAKUL, S., VISESSANGUAN, W., TANAKA, M., (2006).** Skin Gelatin from Bigeye Snapper and Brownstripe Red Snapper: Chemical Composition and Effect of Microbial Transglutaminase on Gel Properties. Food Hydrocolloids, 20 (2006): 1216-1222

**JIRA, W., SADEGHI-MEHR, A., BRUGGMANN, D.A., SCHWAGELE, F., (2017).** Production of dry-cured formed ham with different concentrations of microbial transglutaminase: Mass spectrometric analysis and sensory evaluation. Meat Science, 129: 81-87

**KANG, I.J., MATSUMURA, Y., IKURA, K., MOTOKI, M., SAKAMOTO, H., MORI, T., (1994).** Gelation and properties of soybean glycinin in transglutaminase-cataly-



UHMFD

www.hmfdergisi.com

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi

Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 12 Yıl:2018

International Refereed Journal of Engineering And Sciences

January / February / March / April Winter Spring Issue: 12 Year: 2018

ID:138 K:313

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

zed system. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 42: 159-165

**KILIÇ B., (2003).** Effect of microbial transglutaminase and sodium caseinate on quality of chicken döner kebab. Meat Science, 63: 417-421

**KOŁODZIEJSKA, I., PIOTROWSKA, B., BULGE, M., TYLINGO, R., (2006).** Effect of transglutaminase and 1-ethyl-3-(3-dimethylaminopropyl) carbodiimide on the solubility of fish gelatin-chitosan films. Carbohydrate Polymers, 65: 404-409

**KURT, Ş., ZORBA, Ö., (2004).** Transglutaminaz ve proteinlerin modifikasyonunda kullanımı. Gıda, 29(5): 357-364

**KUTEMEYER, C., FROECK, M., WERLEIN, H.D., WATKINSON, B.M., (2005).** The influence of salts and temperature on enzymatic activity of microbial transglutaminase. Food Control, 16: 735-737

**LANTTO, R., PLATHIN, P., NIEMISTO, M., BUCHERT, J., AUTIO, K., (2006).** Effects of transglutaminase, tyrosinase and freeze-dried apple pomace powder on gel forming and structure of pork meat. Food Science and Technology, 39: 1117-1124

**LEE, H.C., JANG., H.S., KANG, I., CHIN, K.B., (2017).** Effect of red bean protein

isolate and salt levels on pork myofibrillar protein gels mediated by microbial transglutaminase. LWT-Food Science and Technology, 76: 95-100

**MARTELO-VIDAL, M.J., GUERRA-RODRIGUEZ, E., PITA-CALVO, C., VAZQUEZ, M., (2016a).** Reduced-salt restructured European hake (*Merluccius merluccius*) obtained using microbial transglutaminase. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 38: 182-188

**MARTELO-VIDAL, M.J., FERNANDEZ-NO, I.J., GUERRA-RODRIGUEZ, E., VAZQUEZ, M., (2016b).** Obtaining reduced-salt restructured white tuna (*Thunnus alalunga*) mediated by microbial transglutaminase. LWT-Food Science and Technology, 65: 341-348

**MORENO, H.M., CARBALLO, J., BORDERIAS, A.J., (2010).** Use of microbial transglutaminase and sodium alginate in the preparation of restructured fish models using cold gelation: Effect of frozen storage. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 11: 394-400

**MOTOKI, M., NIO, N., TAKINAMI, K., (1984).** Functional properties of food proteins polymerized by transglutaminase. Agricultural and Biological Chemistry, 48: 1257-1261



UHMFD

www.hmfdergisi.com

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi

Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 12 Yıl:2018

International Refereed Journal of Engineering And Sciences

January / February / March / April Winter Spring Issue: 12 Year: 2018

ID:138 K:313

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

- MOTOKI, M., NIO, N., TAKINAMI, K., (1987).** Functional properties of heterologous polymer prepared by transglutaminase. *Agricultural and Biological Chemistry*, 51: 237-238
- MOTOKI M., SEGURO K., (1998).** Transglutaminase and its use for food processing. *Food Science and Technology*, 9: 204-210
- NONAKA, M., SAKAMOTO, H., KAWAJIRI, H., SOEDA, T., MOTOKI, M., (1992).** Sodium Caseinate and Skim Milk Gels Formed by Incubation with Microbial Transglutaminase. *Journal of Food Science*, 57: 1214-1218
- NORZIAH, M.H., AL-HASSAN, A., KHARULNIZAM, A.B., MORDI, M.N., NORITA, M., (2009).** Characterization of fish gelatin from surimi processing wastes: Thermal analysis and effect of transglutaminase on gel properties. *Food Hydrocolloids*, 23: 1610-1616
- PALMEIRA, K. R., MÁRSICO, E. T., MONTEIRO, M. L. G., LEMOS, M., CONTE JUNIOR, C. A., (2016).** Ready-to-eat products elaborated with mechanically separated fish meat from waste processing: Challenges and chemical quality. *CYTA - Journal of Food*, 14(2), 227-238
- PARK, J. W., LIN, T. M., YONGSAWATDIGUL, J., (1997).** New developments in manufacturing of surimi and surimi sea-food. *Food Reviews International*, 13(4): 577-610
- PIETRASIK, Z., CHAN, E.C.Y.L., (2002).** Binding and textural properties of beef gels as effected by protein,  $\kappa$ -carrageenan and microbial transglutaminase addition. *Food Research International*, 35: 91-98
- PIETRASIK, Z., JARMOLUK, A., SHAND, P.J., (2007).** Effect of non-meat proteins on hydration and textural properties of pork meat gels enhanced with microbial transglutaminase. *Food Science and Technology*, 40: 915-920
- PIOTROWSKA, B., SZTUKA, K., KOLODZIEJSKA, I., DOBROSIELSKA, E., (2008).** Influence of transglutaminase or 1-ethyl-3-(3-dimethylaminopropyl) carbodiimide (EDC) on the properties of fish-skin gelatin films. *Food Hydrocolloids*, 22: 1362-1371
- PURMA ADIBELLİ, Ç., (2015).** Transglutaminaz ve yumurta albümini proteininin PSE hindi etinin jel karakteristiklerine etkilerinin araştırılması. Doktora Tezi. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir
- RAHARJO, S., DEXTER, D. R., WORFEL, R. C., SOFOS, J. N., SOLOMON, M. B., SHULTS, G. et al., (1995).** Quality characteristics of restructured beef steaks





UHMFD

www.hmfdergisi.com

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi

Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 12 Yıl:2018

International Refereed Journal of Engineering And Sciences

January / February / March / April Winter Spring Issue: 12 Year: 2018

ID:138 K:313

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

manufactured by various techniques. Journal of Food Science, 60(1): 68-71

**ROSTAMZAD, H., PAIGHAMBARI, S.Y., SHABANPOUR, B., OJAGH, S.M., MOUSAVI, S.M., (2016).** Improvement of fish protein film with nanoclay and transglutaminase for food packaging. Food Packaging and Shelf Life, 7: 1-7

**SEGURO, K., KUMAZAWA, Y., OHTSUKA, T., IDE, H., NIO, N., MOTOKI, M., KUBOTA, K., (1995).**  $\epsilon$ -( $\gamma$ -Glutamyl)lysine: hydrolysis by  $\gamma$ -glutamyl transferase of different origins, when free or protein bound. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 43: 1977-1981

**SERDAROĞLU, M., TURP, G.Y., (2003).** Gıda işlemede transglutaminaz kullanımı. Gıda, 28(2): 209- 215.

**SERRANO, A., COFRADES, S., CALMENERO, J.F., (2004).** Transglutaminase as binding agent in fresh restructured beef steak with added walnuts. Food Chemistry, 85: 423-429

**STANGIERSKI, J., REZLER, R., LESNIEWSKI, G., (2014).** Analysis of the effect of heating on rheological attributes of washed mechanically recovered chicken meat modified with transglutaminase. Journal of Food Engineering, 141: 13-19

**SZTUKA, K., KOLODZIEJSKA, I., (2009).**

The influence of hydrophobic substances on water vapor permeability of fish gelatin films modified with transglutaminase or 1-ethyl-3-(3-dimethylaminopropyl) carbodiimide (EDC). Food Hydrocolloids, 23: 1062-1064

**TOKAY, F.G., YERLIKAYA, P., (2017).**

Shelf-Life extension of fish fillets by spraying with microbial transglutaminase. Journal of Aquatic Food Product Technology, 26(8): 940-948

**TRESPALACIOS, P., PLA, R., (2007).**

Simultaneous application of transglutaminase and high pressure to improve functional properties of chicken meat gels. Food Chemistry, 100: 264-272

**TSAO, C.Y., KAO, Y.C., HSIEH, J.F., JIANG, S.T., (2002).**

Use of soy protein and microbial transglutaminase as a binder in low-sodium restructured meats. Journal of Food Science, 67 (9): 3502-3506

**TSENG, T.F., LIU, D.C., CHEN, M.T., (2000).**

Evaluation of transglutaminase on the quality of low-salt chicken meat balls. Meat Science, 55: 427-431

**TSENG T.F., CHENG LIU M.T.C., (2002).**

Purification of transglutaminase and its effects on myosin heavy chain and actin of spent hens. Meat Science, 60: 267-270



UHMFD

www.hmfdergisi.com

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi

Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 12 Yıl:2018

International Refereed Journal of Engineering And Sciences

January / February / March / April Winter Spring Issue: 12 Year: 2018

ID:138 K:313

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

**URAN, H., AKSU, F., YILMAZ, I., DURAK M. Z., (2013).** Transglutaminaz enziminin tavuk köftesinin kalite özelliklerine etkisi. Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 19(2): 331-335

**URAN, H., YILMAZ, I., (2018).** A research on determination of quality characteristics of chicken burgers produced with transglutaminase supplementation. Food Science and Technology (Campinas), 38(1): 19-25

**YERLIKAYA, P., YATMAZ, H.A., GOKOGLU, N., UCAK, I., (2017).** The quality alterations of rainbow trout mince treated with transglutaminase. LWT-Food Science and Technology, 84: 815-820

**YOKOYAMA, K., NIO, N., KIKUCHI, Y., (2004).** Properties and applications of microbial transglutaminase. Application of Microbial Biotechnology, 64: 447-454



UHMFD

www.hmfdergisi.com

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi

Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 12 Yıl:2018

International Refereed Journal of Engineering And Sciences

January / February / March / April Winter Spring Issue: 12 Year: 2018

ID:138 K:313

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

## EXTENDED ABSTRACT

**Definition and Importance:** In recent years, enzymatic changes in the functional properties of proteins and in order to improve nutritional value in terms of human health have become important initiatives of food technology. For this reason, enzymes are widely used to improve and make better the functional properties of proteins. Most of the enzymes used for this purpose are proteases which are common in nature. Apart from these, a few rare enzymes can be used in modifying the proteins. Enzymes that have a specific place by moving the change in the textural structure are enzymes that can cross-link proteins. For this reason, transglutaminase (TGase) is the preferred enzyme in food technology for the modification and functional development of proteins. TGase has important relevance in increasing the biologically mechanical resistance of the protein structure of living tissues. Therefore, these enzymes also improve the properties of foods that contain high amounts of protein in their structures. The ability of these enzymes to exhibit activity over a wide temperature and pH range, which is among the advantages of this enzyme, makes the enzyme available to many foods. In this sense, the group in which the TGase enzyme gives the best results is meat and meat products. Therefore, the TGase enzyme can be used in meat and meat products to provide gelling, to form a solid structure, to obtain new products and to replenish nutritional values. The use of the TGase enzyme in the meat industry is described as cold gelling of muscle proteins. By virtue of this feature, the transglutaminase enzyme provides the cold gelation of reconstituted meat products, emulsified meat products, traditionally thermally gelled products and combining small meat parts which have low economic value. In the case of low protein solutions or in the presence of low fat and protein in the solution, the TGase enzyme makes it possible to improve gel structure, to increase the mechanical strength, and to add the amino acid which is found to be the inadequate amount. On the other hand, it may become possible to minimize or eliminate the use of various additives which are detrimental to textural degradation and human health. **Aim:** As in many other processed foods such as meat and seafood, additives are used in order to give the products various properties. One of these additives is enzymes, and the TGase enzyme has become increasingly important among these enzymes. It is reported that these enzymes, which can be used in almost every food group, provide important benefits. In this study, the use of the TGase enzyme in meat and seafood is emphasized. In the research, results of many works done in this area have been addressed. **Conclusion:** Studies have shown that the functional properties of many food products



UHMFD

www.hmfdergisi.com

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi

Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 12 Yıl:2018

International Refereed Journal of Engineering And Sciences

January / February / March / April Winter Spring Issue: 12 Year: 2018

ID:138 K:313

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

can be improved and developed using the TGase enzyme. This enzyme, particularly by providing cross-linking of proteins, provides a major solution to problems in the textural structure of high protein content foods such as meat and seafood. In addition, the TGase enzyme has important qualities in increasing the water holding capacity and the strength of the structure of meat and seafood. It has been observed that the results most frequently expressed in the studies of enzymes used in meat products are increased water holding capacity, improvement of textural properties, decrease in cooking losses, increase in nutritional content, and development in structural qualities. In addition, the enzyme has allowed the adhesion of meat pieces, thus allowing both the evaluation of process wastes and the creation of new products. Similar cases have been reported in studies using the TGase enzyme in seafood. The use of this enzyme has made very important gains, especially in products where gel structure is very important and the process waste is evaluated in the production of various foods like surimi. There are also a number of studies have shown that the use of TGase enzyme in seafood has a positive effect on shelf life. It is thought that it would be beneficial to produce this enzyme in our country and to use it in many foods, mainly meat and seafood. More qualified products will be available in this way. In addition, this situation will contribute to the country's economy. Apart from all this, the use of this enzyme instead of many suspicious additive substances for the purpose of performing various tasks in foods will be more suitable for health. For this reason, there is a need to work more especially in our country about the TGase enzyme, where many studies have been done abroad.