

## Transglutaminaz Enziminin Tavuk Köftesinin Kalite Özelliklerine Etkisi

Harun URAN \*  Filiz AKSU \* İsmail YILMAZ \*\* M. Zeki DURAK \*\*\*

\* İstanbul Aydın Üniversitesi, Anadolu Bil Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, TR-34295 Florya, İstanbul - TÜRKİYE

\*\* Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, TR-59030 Değirmenaltı, Tekirdağ - TÜRKİYE

\*\*\* Yıldız Teknik Üniversitesi, Davutpaşa Kampüsü, Kimya-Metalurji Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, TR- 34220 Esenler, İstanbul - TÜRKİYE

Makale Kodu (Article Code): KVFD-2012-7842

### Özet

Transglutaminaz enzimi katılarak işlenmiş gıdaların, başta tekstür olmak üzere çeşitli kalite özelliklerinde gelişmeler olduğu farklı kaynaklarda belirtilmektedir. Bu çalışmada, tavuk göğüs etinden köfte üretimi yapılmıştır. Yapılan köfteler biri kontrol olmak üzere üç gruba ayrılmıştır. 1. grup kontrol grubu olup, enzim kullanılmamıştır. 2. grup köftelerde %0.5, 3. grup köftelerde ise %1 enzim ilavesi yapılmıştır. Bu köftelerin fiziksel, kimyasal ve duyu özelliklerinin belirlenmesi amacıyla analizler yürütülmüştür. Bulgulara göre, enzim ilave edilen ve edilmeyen köftelerde kül, yağ, protein miktarı, renk özellikleri (L, a, b değerleri) ve duyu açıdan farklılık olmadığı ( $P>0.05$ ); %1 enzim ilavesi yapılan köftelerde, diğer köftelere göre kurumadde miktarının yükseldiği ( $P<0.05$ ) ve enzim katılı köftelerde kontrol grubuna göre pH değerinde düşme olduğu ( $P<0.05$ ) saptanmıştır. Bununla birlikte enzim katkısının köftelerde pişirme kaybını azalttığı ( $P<0.05$ ) tespit edilmiştir. Ayrıca, köftelerde yapılan tekstür analizi sonuçlarına göre, enzim katkısının köftelerin tekstürünü önemli ölçüde arttırdığı ( $P<0.01$ ) gözlenmiştir.

**Anahtar sözcükler:** Transglutaminaz, Tavuk köftesi, Kalite

## Effect of Transglutaminase on the Quality Properties of Chicken Breast Patties

### Summary

Transglutaminase enzyme is known to improve the textural and several other quality properties of food. In this study, patties were produced from chicken breast and divided into three groups. The first group was not treated by transglutaminase and called as control samples. The second and third group patty samples were treated by 0.5% and 1% transglutaminase, respectively. Physical, chemical and sensory properties of the control and transglutaminase treated patty samples were studied. The transglutaminase treatment did not significantly affect the ash, lipid, protein content, colour properties (L, a, b values) and sensory properties of chicken breast patties compared to the control samples ( $P>0.05$ ). However, dry matter content of the 1% enzyme treated samples was significantly ( $P<0.05$ ) higher than the control and 0.5% transglutaminase treated samples. On the other hand, the pH of enzyme treated patties was found to be lower than the control samples. In addition, the transglutaminase treatments were significantly ( $P<0.05$ ) effective in reducing the cooking loss and significantly improved the textural properties of the chicken breast patties ( $P<0.01$ ).

**Keywords:** Transglutaminase, Chicken breast patty, Quality

### GİRİŞ

Kanatlı hayvanların gerek hayvancılık gerekse beslenme açısından dünyadaki önemi gün geçtikçe artmaktadır. Ayrıca bağ dokudan fakir oldukları için çığnenebilirlik ve sindirilebilirlik özellikleri, kasaplık hayvan etlerine oranla

daha fazla tercih edilmelerine neden olmaktadır. Kanatlı etlerinin bir taraftan proteinden zengin ve az yağlı oluşu, diğer taraftan ucuz olması tüketim talebinin artmasında önemli rol oynamaktadır <sup>1</sup>.



İletişim (Correspondence)



+90 4441428



harunuran@aydin.edu.tr

Son zamanlarda gıda maddeleri üretiminde gıda işleme yardımcı maddelerinin kullanılması, vazgeçilmez uygulamalar arasında yer almaktadır. Çeşitli ürünlere belirli işleme yardımcı maddeleri ilave edilerek, ürünün fiziksel, kimyasal ve duyuşsal özellikleri istenilen yönde değiştirilebilmektedir.

Gıdaların özelliklerinin geliştirilmesinde içerdikleri proteinlerin fonksiyonel özellikleri oldukça önemlidir. Önemli oranda protein içeren gıdaların su tutma kapasitesi, jel oluşturma kabiliyetleri, besinsel özellikleri ve daha birçok özellikleri, içerdikleri proteinlerin özellikleri ile yakından ilgilidir. Dolayısıyla gıdaların özelliklerinin geliştirilmesinde proteinlerin modifiye edilmesi, ürün özelliklerini önemli derecede geliştirmektedir <sup>2</sup>.

Gerek kırmızı et ve gerekse de piliç eti ürünlerinin üretiminde çeşitli katkı maddeleri kullanılmaktadır. Bu amaçlar doğrultusunda gıdalara katılan işleme yardımcı maddelerinin bir grubunu enzimler oluşturmakta ve transglutaminaz enzimi de bu grup içerisinde önemli bir yer teşkil etmektedir. Bu enzim, et ürünleri, süt ürünleri, tahıl ürünleri ve su ürünleri gibi geniş yelpazede gıda ürünlerine katılabilmektedir. Bu enzimin en önemli özelliği proteinler arasında çapraz bağ oluşumunu arttırarak, ürünün jel yapısını ve tekstürünü geliştirmesidir. En iyi sonuçlar verdiği gıda grubunu ise et ürünleri oluşturmaktadır.

Transglutaminaz çoğunlukla gıda proteinlerinin fonksiyonel özelliklerini geliştirmek için kullanılır. 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. E-lisindeki çapraz bağlar molekül içi ve molekül dışı olabilir ve özellikle lizin ve glutamin içeren proteince zengin gıdalarda fiziksel değişikliklere neden olabilmektedir <sup>3</sup>. TGaz aynı zamanda proteinlerdeki diğer bağlara da etki edebilmektedir (örneğin et ve soya proteinleri, kazein ile gluten arasındaki bağlar). Bunun yanında TGaz, polifenol-oksidad ve lipoksigenaz eklendiğinde enzimlerin sülfidril ve disülfid bağlarına etki ederek çapraz bağ dizilimi oluşturabilmektedir <sup>4</sup>.

Transglutaminazlar, çeşitli hayvan dokularından, bitkilerden ve bazı mikroorganizmalardan elde edilebilmektedirler. Genel olarak TGaz'ı endüstriyel alanda geliştirmek üzerine 3 tane yaklaşımlar söz konusudur. İlk yaklaşımlar; enzimin gıdanın sıvı kısmından veya dokusundan ekstrakte ederek ve süzerek elde edilmesidir (hayvanlarda sığır, balık kullanılabilir). Avrupa'da TGaz, ticari olarak kesilen domuz ve sığır etinden ekstrakte edilir. İkinci yaklaşıma göre enzim, *E. coli*, *Bacillus*, *Aspergillus* gibi mikroorganizmalardan genetik özellikleri değiştirilmek suretiyle elde edilir. Birçok araştırma yüksek miktarda TGaz'ı düşük maliyetle elde etmeye çalışmıştır. Ancak bunların hiçbirisi bazı ticari faktörler nedeniyle hayata geçirilememiştir (örneğin gıda üretimi ve müşteri memnuniyeti). Üçüncü ve son yaklaşımlar ise TGaz

üreten mikroorganizmalardır. Bu yaklaşıma göre; TGaz üreten mikroorganizmalar bulunursa TGaz geleneksel fermantasyon yöntemiyle üretilebilecektir.

Daha kolay ve ekonomik olarak elde edilebilmesinin yanında ticari üretiminin gerçekleştirilmesi nedeniyle, gıdalarda daha çok mikroorganizmalardan elde edilen transglutaminazlar (MTG) tercih edilmektedir. Enzim üretim zinciri için binlerce mikroorganizma kolektif olarak çalışır. Çoğu mikroorganizmaların "Hidromate Yöntemi" ile TGaz ürettiği gözlenmiştir. Mikroorganizmalar TGaz'ı metabolizma arttığı olarak atarlar. Bu enzimin protein zincirlerini, G formundan L formuna dönüştürebilme gibi özel bir yeteneğe sahiptir <sup>5</sup>. Mikroorganizma olarak ise özellikle *Streptovorticillium* (*S. mobaraense* ve *S. griseocameun*) cinsi bakteriler etkin bir şekilde kullanılmaktadır <sup>6</sup>.

Et ürünleri yüksek oranda protein içermekte ve bu proteinler arasında myofibriler proteinler et ürünlerinin tekstürünü önemli ölçüde etkilemektedirler. Myofibriler proteinlerin büyük bir kısmını aktin ve myosin oluşturmaktadır. Aktin ve myosin TGazlar için oldukça önemli substratlar olup, TGazlar'ın ilavesiyle polimerleşebilmektedirler. Bu durum jel yapıdaki et ürünlerinin jel ağlarının özelliklerini geliştirebilmektedir <sup>7</sup>. Yapılan araştırmalarda TGaz ve kazeinatın aynı anda kullanımı ile et bağlama sistemlerinin geliştiği tespit edilmiştir. TGaz ve kazeinat birlikte uygulandığı zaman gıda bileşenlerini bir arada tutmak için yapıştırıcı gibi davranırlar. Bu yöntemler yüksek miktarda domuz eti, biftek veya balık filetoları, bunların küçük parçalarından hazırlanabilmektedir.

Et ürünlerinde TGaz kullanımı üzerine birçok çalışma mevcuttur. Pek çok durumda enzimin düşük sıcaklıkta (10°C) kullanılabildiği durumların yanı sıra, daha iyi ürün karakteristikleri sağlamak amacıyla yüksek sıcaklıklarda (40-50°C) kullanıldığı durumlar da bulunmaktadır. Yapılan birçok araştırma, TGaz ilavesi ile et ürünlerinde jel kuvvetinin artış gösterdiğini ve karakteristik özelliklerin olumlu yönde geliştiği kaydedilmiştir <sup>8-12</sup>.

Bu araştırmada, bir gıda işleme yardımcı maddesi olarak dünyada yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanan transglutaminaz enzimi ilave edilerek üretilen tavuk köfte-lerinin, üretim sonrası kalite kriterleri ile duyuşsal özelliklerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

## MATERYAL ve METOT

### Materyal

Üretimde taze, derilerinden arındırılmış piliç göğüs etleri hammadde olarak kullanılmıştır. Transglutaminaz enzimi (Activa EB) ise Ajinomoto firmasının Fransa şubesinden temin edilmiştir. Piliç göğüs etleri kıyma makinasından çekildikten sonra içerisine tuz, baharatlar ve iki farklı konsantrasyonda enzim (%0.5 ve %1) ilave edilmiş ve bir grupta kontrol grubu olarak enzim katılmadan hazırlanmıştır.

Hazırlanan köfteler ayrı olarak paketlenmiş ve buzdolabında 1 gün bekletildikten sonra analizlere alınmıştır.

### Metotlar

Köftelerin; kurumadde, kül, Kjeldahl yöntemiyle ham protein ve Soxhlet yöntemi kullanılarak yağ analizleri AOAC'a göre yapılmıştır<sup>13</sup>. pH ölçümlerinde, homojenize edilmiş örneklerden 10 g örnek alınmış ve 100 ml destile saf su içerisinde homojenizatör kullanılarak 1 dk homojenize edildikten sonra pH-metre (WTW Inolab Level 2) probu daldırılmıştır ve değerler kaydedilmiştir<sup>14</sup>.

Köftelerin CIE L\* (parlaklık), a\* (kırmızılık) ve b\* (sarılık) değerleri ColorFlex HunterLab Renk Ölçüm Sistemi (Hunter Associates Laboratory, Inc.) kullanılarak belirlenmiştir. Eşit boylarda kesilen her örnekten beş ölçüm yapıldıktan sonra aritmetik ortalamaları hesaplanmıştır<sup>15</sup>.

Köfte örneklerinin Share Force (Warner-Bratzler) değerleri tekstür ölçüm cihazı (Instron, Model 3343) ile belirlenmiştir<sup>16</sup>. Örnekler eşit boylarda kesilerek 200°C'deki fırında 5 dk ısıtılma tabii tutulmuşlar ve daha sonra cihaza yerleştirilerek tekstür değerleri kgf olarak cihazda okunup kaydedilmiştir.

Pişirme kaybının belirlenmesi amacıyla köfteler elektrikli ızgarada yaklaşık 180°C'de 5 dk süre ile pişirilmiştir. Köftelerde pişirme kaybı, pişirmeden önceki köfte ağırlığının pişmiş köfte ağırlığından çıkarılıp, çığ köfte ağırlığına bölümünün yüz ile çarpımı sonucu tespit edilmiştir<sup>17</sup>.

Analizlerde elde edilen sonuçlara varyans analizi uygulanmış ve önemli bulunan varyasyon kaynaklarından farklı etkide bulunanı belirlemek amacıyla ortalamalar Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ile karşılaştırılmıştır<sup>18</sup>.

## BULGULAR

Çalışmamızda enzim katılmayan kontrol grubu ile %0.5 ve %1 enzim ilave edilen tavuk köftelerine ait araştırma bulguları *Tablo 1* ve *Tablo 2*'de verilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre enzim ilavesi köftelerin kurumadde içeriklerinde daha fazla olmakla birlikte, kül ve protein içeriklerinde yine az da olsa artışa; yağ içeriğinde de azalmaya neden olduğu tespit edilmiştir.

**Tablo 1.** Tavuk köftelerine ait kimyasal analiz bulguları<sup>1</sup>  
**Table 1.** Chemical analysis findings of chicken breast patties

Analiz	Örnek		
	Kontrol	%0.5	%1
Kurumadde (%)	33.69±0.33 b	34.54±0.43 ab	35.41±0.57 a
Kül (%)	1.93±0.31 a	2.09±0.03 a	2.11±0.01 a
Yağ (%)	11.26±0.43 a	11.12±0.10 a	11.16±0.09 a
Protein (%)	17.36±0.25 a	17.99±0.03 a	17.52±0.26 a

<sup>1</sup> Değerler ± standart sapmayı ifade etmektedir, Kolonda aynı harflerle işaretlenen ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklı değildir (P>0.05)

**Tablo 2.** Tavuk köftelerine ait fiziksel analiz bulguları<sup>1</sup>

**Table 2.** Physical analysis findings of chicken breast patties

Analiz	Örnek			
	Kontrol	%0.5	%1	
pH	5.90±0.007 a	5.78±0.01 b	5.77±0.02 b	
Pişirme Kaybı (%)	13.80±1.03 a	12.10±0.66 ab	11.48±0.19 b	
Tekstür (kgf)	0.20±0.14 c	0.57±0.25 b	0.92±0.23 a	
Renk	L	41.81±0.80 a	43.10±1.03 a	42.15±1.86 a
	a	7.42±0.43 a	6.98±0.25 a	6.96±0.54 a
	b	24.47±0.27 a	24.42±1.12 a	23.07±0.48 b

<sup>1</sup> Değerler ± standart sapmayı ifade etmektedir, Kolonda aynı harflerle işaretlenen ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklı değildir (P>0.05)

Fiziksel analiz sonuçlarına bakıldığında enzim ilavesi köftelerin pH değerlerinde ve pişirme kayıplarında düşüşe neden olduğu gözlenmiştir. Yine enzim ilavesi köftelerin parlaklık düzeyinde artışa neden olurken, en belirgin artış tekstür değerlerinde belirlenmiştir.

Enzim ilavesi köftelerin renk değerlerinde fark oluşturmazken (P>0.05), pişirme değerinde azalmaya ve tekstür değerinde de artışa neden olmuştur.

## TARTIŞMA ve SONUÇ

Araştırma sonucu elde ettiğimiz bulgulara göre örneklerin kül, yağ ve protein içerikleri açısından, enzim katılan ve katılmayan gruplar arasında istatistiki olarak fark tespit edilmemiştir (P>0.05). Cofrades ve ark.<sup>19</sup>, transglutaminaz enzimi ve deniz yosunu kullanarak tavuk göğüs etlerinden tavuk biftek yapmışlar ve bu bifteklerin kalite özellikleri incelemişlerdir. Araştırma sonuçları çalışmamız ile benzerlik göstermiş olup; enzim katılmayan grup ile enzim ilaveli gruplar arasında kül, yağ ve protein içerikleri bakımından istatistiki bir fark gözlemlenmemişlerdir.

Enzim ilavesi köftelerin pH değerlerinde düşüşe neden olmuş ve enzim ilave edilen grup, kontrol grubu örneklerine göre farklılık göstermiştir (P<0.05). Enzim miktarının artışı ise pH değerinde değişikliğe neden olmamıştır (P>0.05). Trespalacios ve Pla<sup>8</sup>, tavuk eti jelinin fonksiyonel özelliklerini geliştirmek için basınçla eşzamanlı olarak transglutaminaz enzimi (%1) kullanmışlar ve uygulama sonucunda enzim eklenmeyen örneklerin pH değerini 6.89 bulurlarken; enzim ilave edilen örneklerin asitliğinde küçük bir artış (6.84) tespit etmişlerdir. Çalışmamızda elde ettiğimiz bulgulara benzer olarak tüm örneklerin pH değerlerinde istatistik olarak fark olmadığını (P>0.05) bildirmişlerdir.

Transglutaminaz enzimi, et ürünlerinde pişirme ve çözündürme kayıplarını azaltarak, su bağlama özelliğini arttırmaktadır<sup>20</sup>. Araştırmamızda elde ettiğimiz bulgular da bu tezi destekler niteliktedir. Enzim ilavesi köftelerin pişirme kayıplarında azalmaya neden olmuş ve bu azalma enzim katılmayan grup ile %1 enzim ilaveli grup arasında

istatistik olarak farklılık sağlamıştır ( $P<0.05$ ). Kontrol grubu ile %0.5 enzim katkılı örnekler ve %0.5 ile %1 enzim katkılı gruplar kendi içerisinde istatistik olarak fark yaratmamıştır ( $P>0.05$ ). Transglutaminaz enzimi ile yapılan çalışmalarda elde edilen araştırma verileri, enzim ilave edilen örneklerde ilave edilmeyenlere göre en belirgin farklılıklardan birinin, pişirme kayıplarında meydana gelen azalma olduğunu açıkça ortaya koymaktadır. Pietrasik<sup>21</sup> ve Basaran ve ark.<sup>22</sup> %0.5 MTGaz ilavesinin ticari pişirme yöntemleri kullanılarak pişirilmiş sığır ve tavuk jellerinin nem ve ağırlık kayıplarını önemli düzeyde azalttığını bildirmişlerdir.

TGaz enzimi üzerine yapılan çalışmaların sonucunda elde edilen en önemli bulgular, ürünlerin tekstür ve jel kuvvetindeki meydana gelen artışlardır. TGaz ilavesinin, moleküller arası  $\epsilon$  ( $\gamma$ -glutamil)-lisil çapraz bağlarının oluşumu yoluyla daha sıkı jel ağ yapısına neden olduğu birçok çalışmada bildirilmektedir.<sup>9,23-26</sup> Araştırmamızda da bu durum net bir şekilde ortaya konmuştur. Enzim katkısı köfte örneklerinin tekstür değerlerinde kayda değer artışa neden olmuş; enzim ilave edilmeyen ve %0.5 ile %1 enzim ilaveli köfteler arasında istatistik olarak önemli fark bulunmuştur ( $P<0.01$ ). Yapılan araştırmalar da çalışmamızla paralellik göstermektedir. Tseng ve ark.<sup>9</sup>, transglutaminaz katkısının tavuk köftelerinin jel kuvveti ve tekstürünü arttırdığını bildirmişlerdir. Lantto ve ark.<sup>27</sup> lakkaz ve TGaz'ın pişirilmiş tavuk homojenat jellerinin sıklığı ve ağırlık kaybı üzerine etkisi üzerine yaptıkları çalışmada, düşük tuz içerikli (%1) ve düşük etli (%65), fosfat içermeyen jellerin sıklığını azalttığını; bir miktar transglutaminaz ilavesinin ise düşük etli, düşük tuzlu ve fosfatsız ürünlerde, enzim içermeyen kontrol gruplarına göre mukavemeti önemli ölçüde geliştirdiğini bulmuşlardır.

Enzim ilavesi az da olsa köftelerin L değerlerinde artışa, a değerlerinde azalmaya neden olurken; bu değerlerin istatistik olarak enzim katılan ve katılmayan gruplar arasında bir fark oluşturmadığı gözlenmiştir ( $P>0.05$ ). b değeri ise sadece %1 enzim katkılı örneklerde, diğer örneklerle göre azalma göstermiş ve istatistik olarak farklı bulunmuştur ( $P<0.05$ ). Bu konu üzerine yapılan araştırmalarda renk açısından benzer bulgular bulunmaktadır. Enzim ilave edilerek üretilen tavuk köftelerinde<sup>9</sup>, sığır jellerinde<sup>21</sup>, sosislerde<sup>28</sup> ve tavuk döner kebapta<sup>29</sup>, kontrol gruplarına göre renk parametrelerinde istatistik olarak fark meydana gelmediği ( $P>0.05$ ) bildirilmiştir.

Transglutaminazlar, ucuz ve oldukça kolay olarak üretilen kitle enzimlerdir. Çeşitli moleküllerin çapraz bağlanmalarını kataliz ederler ve daha birçok özelliklere sahiptirler. Benzer amaçlarla kullanılan diğer kimyasallara kıyasla daha güvenilir olup, kullanımları daha pratiktir. Bu yüzden, özellikle gıdaların üretiminde kullanımları önemli bir potansiyele sahiptir. Son yıllarda bu enzim ile yapılan çalışma sayısında önemli ölçüde artış görülmektedir. Yurt dışına bakıldığında bu enzimin hemen hemen her gıda prosesinde kullanıldığı, özellikle de çalışmaların et ürünlerinin üretimi ve

çeşitlendirilmesinde yoğunlaştığı görülmektedir. Ülkemizde ise bu enzim ile yapılan çalışmaların henüz araştırma aşamasında olduğu, gıda endüstrisine tam olarak aktarılmadığı söylenebilir.

## KAYNAKLAR

1. Uğur M, Nazlı B, Bostan K: Gıda Hijyeni. Teknik Yayınları, İstanbul, 2001.
2. Kurt Ş, Zorba Ö: Transglutaminazların bazı gıdaların özellikleri üzerindeki etkileri. *Gıda*, 29 (5): 357-364, 2004.
3. Sagner E, Fort N, Pares D, Toldra M, Carretero C: Improvement of gelling properties of porcine blood plasma using microbial transglutaminase. *Food Chem*, 101, 49-56, 2007.
4. Lantto R, Plathin P, Niemistö M, Buchert J, Autio K: Effects of transglutaminase, tryrosinase and freeze-dried apple pomace powder on gel forming and structure of pork meat. *Food Sci Technol*, 39, 1117-1124, 2006.
5. Motoki M, Seguro K: Transglutaminase and its use for food processing. *Food Sci Technol*, 9, 204-210, 1998.
6. Fransworth JP, Li J, Hendricks GM, Guo MR: Effects of transglutaminase treatment on functional properties and probiotic culture survivability of goat milk yogurt. *Small Ruminant Research*, 65, 113-121, 2006.
7. Tseng TF, Cheng Liu MTC: Purification of transglutaminase and its effects on myosin heavy chain and actin of spent hens. *Meat Sci*, 60, 267-270, 2002.
8. Trespalacios P, Pla R: Simultaneous application of transglutaminase and high pressure to improve functional properties of chicken meat gels. *Food Chem*, 100, 264-272, 2007.
9. Tseng TF, Liu DC, Chen MT: Evaluation of transglutaminase on the quality of low-salt chicken meat balls. *Meat Sci*, 55, 427-431, 2000.
10. Dondero M, Figueroa V, Morales X, Curutto E: Transglutaminase effects on gelation capacity of thermally induced beef protein gels. *Food Chem*, 99, 546-554, 2006.
11. Serrano A, Cofrades S, Calmenero JF: Transglutaminase as binding agent in fresh restructured beef steak with added walnuts. *Food Chem*, 85, 423-429, 2004.
12. Jongjareonrak A, Benjakul S, Visessanguan W, Tanaka M: Skin gelatin from bigeye snapper and brownstripe red snapper: Chemical composition and effect of microbial transglutaminase on gel properties. *Food Hydrocolloids*, 20, 1216-1222, 2006.
13. AOAC: Official Methods of Analyses of Association of Analytical Chemist. Fifteen ed., Washington DC, USA, 1990.
14. AOAC: Official methods of analysis. Centennial ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, USA, 1984.
15. AMSA: Guidelines for meat color evaluation. Nat. Live Stock and Meat Board, Chicago, USA, 1991.
16. Niamnuy C, Devahastin S, Soponronnarit S: Quality changes of shrimp during boiling in salt solution. *J Food Sci*, 72, 289-297, 2007.
17. Aşkın OO: Tuz oranı düşürülmüş hindi döneri üretiminde transglutaminaz enziminin kullanım imkanlarının araştırılması. *Yüksek Lisans Tezi*, Süleyman Demirel Üniv. Fen Bil. Enst., 2007.
18. Düzgüneş O, Kesici T, Kavuncu O, Gürbüz F: Araştırma ve Deneme Metodları (İstatistik II). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın No: 1021, s. 381, Ankara, 1987.
19. Cofrades S, Lopez IL, Capillas CR, Triki M, Colmenero FJ: Quality characteristics of low-salt restructured poultry with microbial transglutaminase and seaweed. *Meat Sci*, 87, 373-380, 2011.
20. Pietrasik Z, Jarmoluk A, Shand PJ: Effect of non-meat proteins on hydration and textural properties of pork meat gels enhanced with microbial transglutaminase. *LWT-Food Sci Technol*, 40, 910-920, 2007.
21. Pietrasik Z: Binding and textural properties of beef gels as affected by protein, kappa-carrageenan, egg albumin and microbial transglutaminase. *Meat Sci*, 63 (3): 317-324, 2003.

- 22. Basaran P, Akgul, NB, Rasco BA:** Dielectric properties of chicken and fish muscle treated with microbial transglutaminase. *Food Chem*, 120, 361-370, 2010.
- 23. Nio N, Motoki M, Takinami K:** Gelation mechanism of protein solution by transglutaminase. *Agric Bio Chem J*, 50, 851-855, 1986.
- 24. Soares LHB, Albuquerque PM, Assmann F, Ayub MAZ:** Physicochemical properties of three food proteins treated with transglutaminase. *Ciencia Rural, Santa Maria*, 34 (4): 1219-1223, 2004.
- 25. Yokoyama K, Nio N, Kikuchi Y:** Properties and applications of microbial transglutaminase. *Appli Micro Biotechnol*, 64, 447-454, 2004.
- 26. Sun XD, Arntfield SD:** Gelation properties of chicken myofibrillar protein induced by transglutaminase crosslinking. *J Food Eng*, 107, 226-233, 2011.
- 27. Lantto R, Puolanne E, Katina K, Niemistö M, Buchert J, Autio K:** Effect of laccase and transglutaminase on the textural and water-binding properties of cooked chicken breast meat gels. *European Food Research Technol*, 225, 75-83, 2007.
- 28. Hammer GF:** Microbial transglutaminase and diphosphate in finely comminuted cooked sausage. *Fleischwirtschaft*, 78 (11): 1155-1186, 1998.
- 29. Kılıç B:** Effect of microbial transglutaminase and sodium caseinate on quality of chicken döner kebab. *Meat Sci*, 63, 417-421, 2003.