

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TRANSGLUTAMİNAZ ENZİMİ İLAVE EDİLEREK KAPLANMIŞ BALIK
FİLETOLARININ KALİTESİNİN BELİRLENMESİ**

FAHRETTİN GÖKHUN TOKAY

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
SU ÜRÜNLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

2015

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TRANSGLUTAMİNAZ ENZİMİ İLAVE EDİLEREK KAPLANMIŞ BALIK
FİLETOLARININ KALİTESİNİN BELİRLENMESİ**

FAHRETTİN GÖKHUN TOKAY

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
SU ÜRÜNLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**Bu tez 1140924 proje numarasıyla, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma
Kurumu (TÜBİTAK) tarafından desteklenmiştir.**

2015

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TRANSGLUTAMİNAZ ENZİMİ İLAVE EDİLEREK KAPLANMIŞ BALIK
FİLETOLARININ KALİTESİNİN BELİRLENMESİ**

FAHRETTİN GÖKHUN TOKAY

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SU ÜRÜNLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu tez .../.../2015 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından () not takdir edilerek Oybirliği/Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Pınar YERLİKAYA KEBAPÇIOĞLU (Danışman)

Prof. Dr. Nalan GÖKOĞLU

Prof. Dr. Ahmet KÜÇÜKÇETİN

ÖZET

TRANSGLUTAMİNAZ ENZİMİ İLAVE EDİLEREK KAPLANMIŞ BALIK FİLETOLARININ KALİTESİNİN BELİRLENMESİ

Fahrettin Gökhan TOKAY

Yüksek Lisans Tezi, Su Ürünleri Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. Pınar YERLİKAYA KEBAPÇIOĞLU
Haziran 2015, 57 sayfa

Bu çalışmada çeşitli oranlarda hazırlanan mikrobiyal transglutaminaz enziminin (MTGaz) uskumru balığı filetosu yüzeyine püskürtülerek, filetoların depolanması süresince kalite değişimleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Araştırma materyali olarak *Scomber scombrus* (Linnaeus, 1758) türü uskumru balıkları kullanılmıştır. Fileto haline getirilmiş uskumru balıklarının yüzeyi enzim çözeltileri (1, 4, 7 ve 10 birim MTGaz enzimi) ile kaplanmış, işlem görmemiş filetolar kontrol grubu olarak değerlendirilmiştir. Köpük tabaklar içerisine yerleştirilen filetolar $4\pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de depolanmıştır. Depolama süresince balık filetolarında iki günde bir yapılan analizlerde pH, toplam uçucu bazik azot (TVB-N), totox değeri, mikrobiyal gelişim (toplam mezofilik aerobik bakteri: TMAB, toplam psikrofilik aerobik bakteri: TPAB, maya- küf, koliform grubu bakteri), duyuşsal (koku, tekstür, görünüş) ve renk (L^* , a^* , b^*) değerlerinde meydana gelen değişim gözlemlenmiştir.

Çalışmada pH ve TVB-N değerleri bazik bileşiklerin artmasıyla paralel olarak depolama süresince önemli artış göstermiştir. Enzim uygulama gruplarında konsantrasyonun artması ile birlikte, pH artışının kontrol grubuna oranla bir miktar baskılandığı tespit edilmiştir. TVB-N değerlerinin enzim konsantrasyonundaki artışla birlikte kontrol grubuna oranla daha az yükseldiği ve özellikle T7 uygulama grubunun TVB-N değerindeki artışı yavaşlattığı gözlemlenmiştir. Kontrol örneklerine ait TVB-N değerleri ise depolama sonunda MTGaz uygulanan gruplara göre daha yüksek değerlere ulaşmıştır.

Uskumru filetolarında meydana gelen oksidasyon düzeyinin belirlenmesi amacıyla birincil ve ikincil oksidasyon ürünlerinin ortaya konulduğu totox değeri bulgularına göre enzim uygulamasının konsantrasyonundaki artış, totox değerlerine olumlu yansiyarak değerlerin yükselmesini yavaşlatmış ve kontrol örneklerine göre daha düşük değerlere ulaşmıştır. MTGaz uygulamasının lipid oksidasyonunu baskıladığı ortaya konulmuştur.

Mikrobiyolojik analiz bulgularına göre TMAB, TPAB, koliform grubu bakteriler ve maya-küf sayımında özellikle, T7 örneklerinin mikrobiyal gelişmeyi baskıladığı tespit edilmiştir. Kontrol örnekleri ise mikrobiyal üremeye en yakın uygulama grubu olarak gözlemlenmiş, T1 uygulaması kontrol grubunu takip etmiştir.

Renk sonuçları incelendiğinde, balığın vücut kompozisyonunun yanı sıra enzim konsantrasyonundaki artışla ışığın kırılma miktarında farklılıklar oluşmuştur. T10 örnekleri L^* değeri için en düşük değerlere sahip örnekler olarak gözlemlenirken,

kontrol örnekleri en yüksek değerlere ulaşarak depolama süresini tamamlamıştır. Buna ek olarak a* değerlerinde uygulama grupları arasında önemli ($p<0.01$) düzeyde fark gözlemlenmiş ve T10 örnekleri en yüksek değerlere sahip örnekler olmuştur. Renk analizinde bir diğer değer olan b* sonuçları, her uygulama grubu arasında önemli ($p<0.01$) ölçüde fark gözlemlenmesi ve T7 örneklerinin en yüksek değerlere ulaşması ile sonlanmıştır.

Akdeniz Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi'nden seçilen panelistler ile yapılmış olan koku, tekstür ve görünüş analizleri sonucunda, panelistler tarafından tekstür özellikleri açısından en beğenilen fileto örnekleri T7 grubunda tespit edilmiştir. Ayrıca koku değerlerinin enzim miktarının artışına bağlı olarak panelistler tarafından genel olarak beğenildiği gözlemlenmiş ve T7 uygulama grubu en beğenilen örnekleri teşkil etmiştir. Bunun yanı sıra T7 örneklerinin ön plana çıktığı bir diğer duyu analizi olan görünüş değerleri, panelistlerin puanları ile her uygulama grubu arasında önemli fark ($p<0.01$) gözlemlenerek tamamlanmıştır.

Sonuç olarak çalışmanın tümü boyunca farklı uygulama grupları kendi içinde değerlendirildiğinde, T7 uygulamasına maruz kalan uskumru fileto örneklerinin diğer tüm uygulama gruplarına oranla daha ön plana çıktığı ve kalitenin korunması açısından daha avantajlı olduğu tespit edilmiştir. Enzim uygulaması başarılı bulunmuş olsa da, en uygun konsantrasyon seçiminin gerçekleştirilen analizlerle ortaya konulması gerekmektedir.

ANAHTAR KELİMELER: Uskumru, Transglutaminaz, Kalite değişimi, Raf ömrü

JÜRİ: Doç. Dr. Pınar YERLİKAYA KEBAPÇIOĞLU (Danışman)
Prof. Dr. Nalan GÖKOĞLU
Prof. Dr. Ahmet KÜÇÜKÇETİN

ABSTRACT

DETERMINATION OF QUALITY OF FISH FILLETS COATED WITH TRANSGLUTAMINASE ENZYME

Fahrettin Gökhan TOKAY

M.Sc. Thesis in Fisheries and Fish Processing Technology

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Pinar YERLIKAYA KEBAPÇIOĞLU

June 2015, 57 Pages

In this study, the effect of spraying microbial transglutaminase (MTGase) at various levels on the quality of mackerel fillets was investigated. Mackerel (*Scomber scombrus*, Linnaeus, 1758) species were used as a research material. The surfaces of the filleted fish were coated with enzyme solution (1, 4, 7 and 10 units MTGase) and the samples without enzyme were regarded as control group. Fillets are placed into the foam plates and stored at $4\pm 2^{\circ}\text{C}$. pH value, total volatile basic nitrogen (TVB-N), total volatile nitrogen (TVN), microbial growth (TMAB, TPAB, yeast and mould, coliform bacteria), sensory changes (odour, texture, appearance), colour values (L^* , a^* , b^*) of mackerel samples were analyzed on 2 day intervals during refrigerated storage.

The increase in pH values was similar with TVB-N increment due to accumulation of basic compounds. The increase in the MTGase concentration suppressed the rise in pH values. The treatment with 7 unit MTGase was effective in hindering the formation of TVB-N compounds. Control treatments had highest values than samples treated with MTGase at the end of the storage.

As a result of total volatile nitrogen (TVN) value, which gives information about lipid oxidation level by considering primary and secondary oxidation products, the increase in MTGase concentration had positive effect on hindering the formation of lipid oxidation. More successful results were obtained with enzyme treated samples comparing to control fillets.

The increase in microbiological growth was suppressed with the transglutaminase enzyme spraying to the fillets of mackerel. The best results were obtained with the addition of transglutaminase enzyme in the concentration of 7 unit MTGase in terms of the inhibition of TMAB, TPAB, coliform bacteria and yeast and molds. The most suitable samples for the growth of microorganisms were control samples and the samples treated with 1 unit MTGase.

Biochemical composition of fish and the concentration of enzyme influenced the refraction of light. Lowest L^* values were determined in T10 samples, whereas control samples had the highest values. The difference between the treatments was significant ($p < 0.01$) in a^* and b^* values. The highest a^* scores were determined in T10 samples, meanwhile the highest scores for b^* was determined in T7 samples.

Panelists, who were chosen from Akdeniz University Faculty of Fisheries for sensory analyses, preferred the samples treated with 7 unit MTGase in terms of odour, texture and appearance evaluations.

Considering to all parameters, it can be said that T7 samples were more affective in keeping the quality of mackerel fillets comparing to other MTGase treatments and control samples. It is important to use the correct concentration regarding of the increasing MTGase.

KEY WORDS: Mackerel, Transglutaminase, Quality changes, Shelf-life

COMMITTEE: Assoc. Prof. Dr. Pınar YERLİKAYA KEBAPÇIOĞLU (Supervisor)
Prof. Dr. Nalan GÖKOĞLU
Prof. Dr. Ahmet KÜÇÜKÇETİN

ÖNSÖZ

Su ürünleri içeriklerindeki yağ, protein, su ve birçok bileşenle yeterli ve dengeli beslenme için vazgeçilmez olmasının yanısıra kısa raf ömrüne sahip olmasından dolayı avlandıktan hemen sonra soğuk zincire dahil edilerek konserve, dumanlama, kaplama, marinat gibi çeşitli yöntemlerle işlenebilmektedir. Uskumru balıkları ülkemizde Akdeniz, Karadeniz, Ege Denizi ve Marmara Denizi'nde yaşamaktadır. Uskumru balıkları besleyici yönlerinin yanı sıra soğuk zincirin de yardımıyla günümüzde yılın 12 ayı kolayca bulunabilen ekonomik bir balık türüdür. Diğer su ürünlerinde olduğu gibi uskumru balıklarının da muhafazası, raf ömrünün uzatılması, kalitesinin korunması önem arz etmektedir. Dünyada birçok gıda ürününün soğuk muhafazaya gereksinim duyduğu bilinmektedir. Su ürünlerinin muhafaza etmenin önemi ise avlama mevsiminde olmasa dahi avlamayı takiben su ürünlerinin kalitesinin sabit tutulması ile raf ömrünü uzatmak ve farklı yerlerde bulunan tüketicilere de aynı kalite ile ürünü ulaştırmaktır. Bu sayede ekonomik olarak her seferinde taze ürün ihtiyacı azalacak ve ticaret esnasındaki ekonomik kayıplar azalarak tüketiciye ulaştırılana kadar kalite sabit tutulmuş olacaktır. Aynı zamanda avlama bölgesinden uzakta bulunan işleme tesislerine aktarımı kolaylaştırarak, tüketicilere yeni ve değişik ürünler sunulabilecektir. Su ürünlerini soğuk muhafaza, dondurarak muhafaza, modifiye atmosfer paketleme, konserve teknolojisi, kurutma ile muhafaza, tuzlama ile muhafaza, marinat teknolojisi, dumanlama teknolojisi, surimi teknolojisi gibi çeşitli yöntemlerle muhafaza etmek ve işlemeye tabii tutmak mümkündür.

Birçok gıda için muhafaza yöntemlerinde öncelikli olarak doğal ve sağlığa zararı bulunmayan materyaller tercih edilmektedir. Gıdalara tatlandırıcılar, emülgatörler, enzimler, renklendiriciler, lezzet artırıcılar, antioksidanlar, asitliği düzenleyici ya da jelleştirici özelliğe sahip çeşitli katkı maddeleri konulabilmektedir. Katkı maddelerinin miktarının ve çeşidinin ulusal ya da uluslar arası sağlık kuruluşları tarafından onaylanması gerekmektedir. Mikrobiyal transglutaminaz enzimi de son yıllarda gıdalara fonksiyonel özelliklerin iyileştirilmesi amacıyla ilave edilen bir katkıdır. MTGaz enzimi ise FDA (Food and Drug Administration) tarafından onaylanmış olup endüstriyel olarak kullanımı yaygın olan doğal bir yardımcı maddedir.

Gerçekleştirilen bu çalışma ile uskumru balığı filetolarının MTGaz enzimi ile kaplanması sonucu buzdolabı koşullarında ortaya çıkan kalite değişimleri tespit edilmiştir. Mikrobiyal gelişimin engellenmesi, oksidatif reaksiyonların önüne geçilmesi ve balık filetoları raf ömrünün arttırılması hedeflenmiş olup, balık filetolarının MTGaz- protein çapraz bağları ile kaplanması durumunda doku bütünlüğünün ve duyuşal özelliklerinin korunması bir diğer hedefi oluşturmuştur.

Çalışmanın her aşamasında, ilgi ve alakasını esirgemedi yardımcı eden, bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım başta çok değerli danışman hocam Sayın Doç. Dr. Pınar Yerlikaya Kebapçioğlu'na (Akdeniz Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi), Sayın Prof. Dr. Nalan Gökoğlu'na (Akdeniz Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi), Sayın Yrd. Doç. Dr. Osman Kadir Topuz'a (Akdeniz Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi), Sayın Uzm. Aydan Büyükbenli'ye (Akdeniz Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi), Arş. Gör. İlknur Uçak'a (Akdeniz Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi), Yrd. Doç. Dr. Turhan

Kebapçioğlu'na (İzmir Katip Çelebi Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi), Ayşegül Tuğçe Han'a (Akdeniz Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi) ve Akdeniz Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi'ndeki tüm hocalarıma, tez projesini mali yönden destekleyen Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK)'a, sabır ve özveriyle bana destek olan aileme ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
ÖNSÖZ	v
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL BİLGİLER ve KAYNAK TARAMALARI.....	6
2.1. Soğukta Depolanmış Su Ürünleri Kalite Değişimlerinin Belirlenmesine Yönelik Çalışmalar	6
2.2. MTGaz Enziminin Su Ürünlerinde Kullanımına Yönelik Çalışmalar	8
3. MATERYAL ve METOT	12
3.1. Materyal	12
3.2. Metot	12
3.2.1. MTGaz enziminin hazırlanması ve fileto yüzeylerinin kaplanması	12
3.2.2. Analizler	12
3.2.2.1. pH ölçümü	12
3.2.2.2. Toplam uçucu bazik azot (TVB-N) tayini	13
3.2.2.3. Totox değeri	13
3.2.2.4. Mikrobiyolojik analizler	14
3.2.2.5. Renk ölçümleri	14
3.2.2.6. Duyusal analizler.....	14
3.2.2.7. İstatistiksel değerlendirme	14
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	15
4.1. pH Değerine Ait Bulgular	15
4.2. Toplam Uçucu Bazik Azot Değerlerine Ait Bulgular.....	18
4.3. Totox Değerlerine Ait Bulgular	21
4.4. Mikrobiyolojik Analiz Bulguları.....	23
4.4.1. Toplam mezofilik aerobik bakteri (TMAB) değerlerine ait bulgular	24
4.4.2. Toplam psikrofilik aerobik bakteri (TPAB) değerlerine ait bulgular	27
4.4.3. Koliform bakteri değerlerine ait bulgular	29
4.4.4. Maya - küf değerlerine ait bulgular.....	32
4.5. Renk Ölçümüne Ait Bulgular	34
4.5.1. L* değerlerine ait bulgular	34
4.5.2. a* değerlerine ait bulgular.....	37
4.5.3. b* değerlerine ait bulgular	40
4.6. Duyusal Analiz Bulguları.....	42
4.6.1. Koku değerlerine ait bulgular.....	42
4.6.2. Tekstür değerlerine ait bulgular	44
4.6.3. Görünüş değerlerine ait bulgular.....	46
5. SONUÇ	49
6. KAYNAKLAR	51
ÖZGEÇMİŞ	

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

dk	Dakika
mg	Miligram
g	Gram
kg	Kilogram
ml	Mililitre
L	Litre
cm	Santimetre
mm	Milimetre
nm	Nanometre
°C	Celsius sıcaklık derecesi
N	Normal
%	Yüzde
w	Kütle kesiri
meq	Miliekivalan

Kısaltmalar

MTGaz	Mikrobiyal transglutaminaz enzimi
PV	Peroksit
p-AV	Para-anisidin
TVB-N	Toplam uçucu bazik azot
UV	Ultraviole
TPAB	Toplam psikrofil aerob bakteri
TMAB	Toplam mezofil aerobik bakteri
PCA	Plate count agar
VRB	Violet red bile agar
YGC	Yeast extract glucose chloramphenicol agar
FDA	Gıda ve İlaç Kuruluşu
p<0.01	Yüzde birlik önem seviyesine göre
p<0.05	Yüzde beşlik önem seviyesine göre
KO	Kareler ortalaması
SD	Serbestlik derecesi
F	Faktör
GRAS	Generally recognized as safe

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Uskumru balığı (<i>Scomber scombrus</i>)	2
Şekil 1.2. Transglutaminaz sayesinde çapraz bağlı proteinlerin transamidasyon reaksiyon katalizi	3
Şekil 1.3. Reaksiyonun TGaz tarafından katalizlenmesi	3
Şekil 1.4. Transglutaminaz enziminin gıda endüstrisinde kullanım alanları.	5
Şekil 4.1. Uskumru filetolarının pH değerleri.....	16
Şekil 4.2. Uskumru filetolarının TVB-N değerleri	19
Şekil 4.3. Uskumru filetolarının totox değerleri	22
Şekil 4.4. Uskumru filetolarının TMAB değerleri	26
Şekil 4.5. Uskumru filetolarının TPAB değerleri	28
Şekil 4.6. Uskumru filetolarının koliform bakteri değerleri	31
Şekil 4.7. Uskumru filetolarının maya-küf değerleri	33
Şekil 4.8. Uskumru filetolarının L* değerleri	36
Şekil 4.9. Uskumru filetolarının a* değerleri.....	38
Şekil 4.10. Uskumru filetolarının b* değerleri.....	41
Şekil 4.11. Uskumru filetolarının koku değerleri.....	43
Şekil 4.12. Uskumru filetolarının tekstür değerleri.....	45
Şekil 4.13. Uskumru filetolarının görünüş değerleri.....	48

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1.	Yıllar itibariyle toplam su ürünleri üretim ve tüketimi.....	1
Çizelge 4.1.	Uskumru filetolarının pH değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	15
Çizelge 4.2.	Uskumru filetolarının pH değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	15
Çizelge 4.3.	Uskumru filetolarının pH değerleri.....	17
Çizelge 4.4.	Uskumru filetolarının TVB-N değerlerine ait varyans analiz sonuçları.	18
Çizelge 4.5.	Uskumru filetolarının TVB-N değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	18
Çizelge 4.6.	Uskumru filetolarının TVB-N değerleri	19
Çizelge 4.7.	Uskumru filetolarının totox değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	21
Çizelge 4.8.	Uskumru filetolarının Totox değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	21
Çizelge 4.9.	Uskumru filetolarının totox değerleri	23
Çizelge 4.10.	Uskumru filetolarının TMAB değerlerine ait varyans analiz sonuçları..	24
Çizelge 4.11.	Uskumru filetolarının TMAB değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	25
Çizelge 4.12.	Uskumru filetolarının TMAB değerleri	26
Çizelge 4.13.	Uskumru filetolarının TPAB değerlerine ait varyans analiz sonuçları...	27
Çizelge 4.14.	Uskumru filetolarının TPAB değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	28
Çizelge 4.15.	Uskumru filetolarının TPAB değerleri	29
Çizelge 4.16.	Uskumru filetolarının koliform bakteri değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	30
Çizelge 4.17.	Uskumru filetolarının koliform bakteri değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	30
Çizelge 4.18.	Uskumru filetolarının koliform bakteri değerleri	31
Çizelge 4.19.	Uskumru filetolarının maya-küf değerlerine ait varyans analiz sonuçları	32

Çizelge 4.20. Uskumru filetolarının maya-küf değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları	33
Çizelge 4.21. Uskumru filetolarının maya-küf değerleri	34
Çizelge 4.22. Uskumru filetolarının L* değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	35
Çizelge 4.23. Uskumru filetolarının L* değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	35
Çizelge 4.24. Uskumru filetolarının L* değerleri	36
Çizelge 4.25. Uskumruların a* değerlerine ait varyans analiz sonuçları	37
Çizelge 4.26. Uskumruların a* değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	38
Çizelge 4.27. Uskumru filetolarının a* değerleri.....	39
Çizelge 4.28. Uskumru filetolarının b* değerlerine ait varyans analiz sonuçları	40
Çizelge 4.29. Uskumru filetolarının b* değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	40
Çizelge 4.30. Uskumru filetolarının b* değerleri.....	41
Çizelge 4.31. Uskumru filetolarının koku değerlerine ait varyans analiz sonuçları	42
Çizelge 4.32. Uskumru filetolarının koku değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	43
Çizelge 4.33. Uskumru filetolarının koku değerleri.....	44
Çizelge 4.34. Uskumru filetolarının tekstür değerine ait varyans analiz sonuçları.....	44
Çizelge 4.35. Uskumru filetolarının tekstür değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	45
Çizelge 4.36. Uskumru filetolarının tekstür değerleri.....	46
Çizelge 4.37. Uskumru filetolarının görünüş değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	47
Çizelge 4.38. Uskumru filetolarının görünüş değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	47
Çizelge 4.39. Uskumru filetolarının görünüş değerleri.....	48

1. GİRİŞ

Artan dünya nüfusuna paralel olarak insanların dengeli ve yeterli beslenme ihtiyaçları artmakta ve özellikle elzem amino asitleri ve doymamış yağ asitlerini yeterli ve dengeli oranda içermeleri, yağda eriyen A ve D vitaminleri ile iyot, fosfor, çinko gibi minerallerce zengin olmaları nedeniyle su ürünleri tüketimi her geçen gün daha da önem kazanmaktadır.

Balık; besleyici değeri yüksek ve sindirimi kolay bir besindir. Fazla yağlı olmayan balıklar; yaşlılara, hastalara ve çocuklara önerilmektedir. Balık etinde ortalama olarak %15-20 g protein bulunmaktadır. Yağ içeriği az yağlı balıklarda %5'ten az, yarım yağlı balıklarda %5-10 arasında, yağlı balıklarda ise %10'dan fazladır. Karbonhidrat yok denecek kadar azdır. Deniz balıkları fosfor, iyot, sodyum ve demir açısından zengin; tatlı su balıkları ise potasyum içeriği bakımından zengindir. A, B1, B2, D vitaminlerinin yüksek oranda bulunduğu belirtilmektedir (Anonim, 2011).

Ülkemiz su ürünleri açısından zengin olmakla birlikte, tüketimi istenen düzeye ulaşmamıştır (Çizelge 1.1). Türkiye'de su ürünleri tüketimi kişi başına oranları göz önüne alındığında 2009 yılında 7.569 kg iken, 2010 ve 2011 yıllarında düşüş göstermiş, 2012 de tekrar hafif bir artış görülse de 2013 yılında 6.300 kg bildirilmiştir. Avcılığın bilinçsiz yapılması sonucu sürekliliğin zarar görmesi, su ürünlerinin yeterince tanıtılmaması, işlenmiş su ürünlerinin çeşidinin fazla olmaması, su ürünlerinin fiyatları ve insanların damak zevkine uygun olmaması gibi uzun bir liste bu sonuca sebep olabilmektedir.

Çizelge 1.1. Yıllar itibariyle toplam su ürünleri üretim ve tüketimi (ton/yıl)
(Anonim, 2015)

Yıllar	Üretim	İhracat	Kişi Başına Tüketim (kg)
2009	622.962	54.354	7.569
2010	653.080	55.109	6.918
2011	703.545	66.738	6.329
2012	644.852	74.006	7.100
2013	607.515	101.063	6.300

Uskumru balıkları deniz ve okyanuslarda geniş bir yaşam alanına sahiptir. Lezzetli olmalarının yanı sıra önemli hayvansal protein kaynağı olmaları nedeniyle tüketiciler tarafından tercih edilmektedir. Atlantik uskumru (*Scomber scombrus*), kuzey atlantik okyanusu gibi soğuk bölgelerde yaşayan pelajik bir türdür (Şekil 1.1) (Khiari vd 2013). Elzem yağ asitleri çoklu doymamış yağ asitleridir ve omega-6 ve omega-3 yağ asitleri olarak iki gruba ayrılmaktadır. Önemli yağ asitleri tavsiye edilen oranlarda alınmadığı takdirde insalarda bazı rahatsızlıklara neden olabilmektedir. Vücut bu yağ asitlerini üretemediği için besinlerle alınması gerekmektedir. Kalp koruyucu olarak gösterilen eikosapentaenoik asit ve dokosaheksaenoik asit uskumru, alabalık, ringa, ton ve somon gibi yağlı balıklarda bulunmaktadır (Turan vd 2013). Ayrıca ülkemizde fiyatının ucuz olması, kolayca ulaşılabilir ve dondurulmuş halde 12 ay bulunabilir olmasından dolayı uskumru balıkları talep görmektedir. Atlantik uskumrusunun yağ

içeriğinin yüksek olması ve bu yağ asitlerinin büyük oranda çoklu doymamış asitlerinden oluşması nedeniyle lipid oksidasyonuna karşı hassas olmakla birlikte, lezzette azalma, renkte değişim, tekstür ve besin değerinde kayıplar meydana gelmektedir (Alghazeer vd 2008). Uskumru balıklarının sağlıklı bir gıda olduğu kabul edilmekle birlikte, kısa bir raf ömrüne (9-10 gün) sahip olduğu bildirilmiştir (Fidalgo 2014).



Şekil 1.1. Uskumru balığı (*Scomber scombrus*)

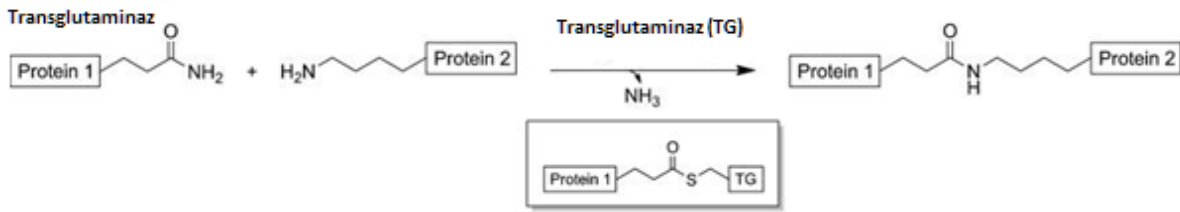
Su ürünleri yüksek protein içerikleri ile önemli bir besin kaynağı olmasına karşın, oksidasyona duyarlı çoklu doymamış yağ asitleri içermesi, bağ dokusunun zayıf olması, serbest azotlu bileşiklerin fazla olması ve %75-80 oranında su içermesi nedeniyle çabuk bozulmaktadırlar. Ayrıca balığın vücut kompozisyonu, büyüklüğü, şekli, fiziki durumu, avlandığı yer ve beslenmesi gibi çeşitli faktörlerin de etkisiyle mikroorganizmaların üreme ve gelişmesi için uygun bir ortam yaratmaktadır. Bu nedenle su ürünleri kısa sürede bozulmakta ve olumsuz kalite değişimleri meydana gelmektedir. Su ürünlerinin avlamanın hemen ardından özellikle 4°C veya daha düşük sıcaklıklarda depolanması ile fiziksel, kimyasal, biyokimyasal olayların önlenmesi ve özellikle mikrobiyolojik faaliyetlerin en aza indirilmesi sağlanmaktadır. Canlı yüzeyinde bulunan ağız, anüs açıklıkları mikroorganizma girişi ve yayılması için uygun ortamlardır. Özellikle solungaçlar ve barsak mikrobiyal faaliyetler için uygun ortam yaratmaktadır. Bu kısımlar dikkatle temizlendikten ve uzaklaştırıldıktan sonra hammadde işlenmelidir (Gökoğlu 2002).

Su ürünlerinin avlanmasını takiben soğuk zincirin korunması şarttır. Soğuk zincirin değişmez halkalarını, balıkçı teknesinde buzlama, üretici hal ve kooperatif depoları, işleyici, toptancı, perakende satıcı ve tüketici soğutucuları ile bunlar arasında yapılan soğutmalı araçlarla taşıma oluşturmaktadır. Su ürünleri endüstrisinde bu zincirin halkalarının tümü belli bir düzen ve etkinlikte uygulanmak durumundadır. Halkalardan birinde olan herhangi bir aksama-kopukluk, önemli düzeyde ürün kalitesi kaybına neden olmaktadır. Bu nedenle, soğuk zincir etkinliği konusunda balıkçı, pazarlamacı, işleyici, taşımacı ve tüketicinin bilinç düzeyi de önemli rol oynamaktadır (Kundakçı ve Ergönül 2009).

Gıdaların birçok katkı maddesi içermesi ve bunların insan vücuduna zararları gün geçtikçe daha da önem kazanan bir konu haline gelmektedir. Su ürünlerinin çabuk bozulabilen bir yapıya sahip olması su ürünleri işleme teknolojilerini koruyucu ilave materyallerin araştırılmasına yöneltmektedir. Son yıllarda, gıda sektöründeki araştırmacılar, ürünlerin duyuusal ve besin kalitesini artırmak amacıyla gıda

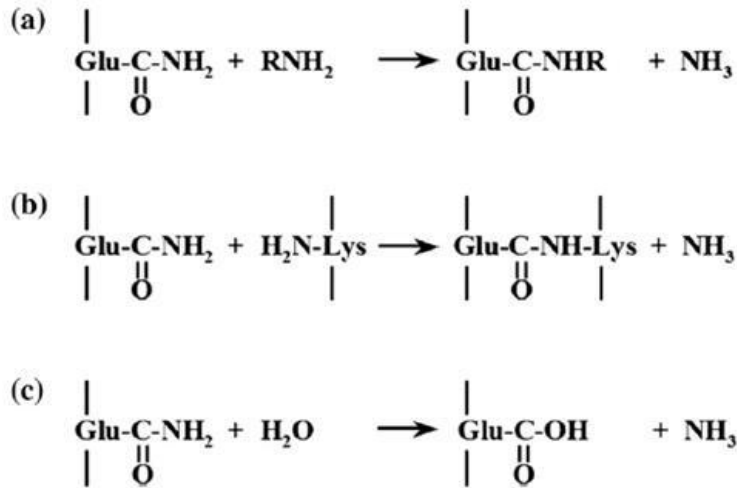
makromoleküllerinin teknolojik ve fonksiyonel özellikleri üzerine yoğunlaşmışlardır. Proteinler en önemli yapı bileşenlerinden biri olup, proteinlerin modifikasyona uygun olmaları yeni kimyasal, fiziksel ve enzimatik metodların gelişmesini sağlamaktadır (Gaspar vd 2014). Enzimatik olarak katalizlenen reaksiyonlar proteinlerin yapısını modifiye etmekte ve fonksiyonel özelliklerini iyileştirmektedir (Chen ve Han 2011).

Transglutaminaz enzimi (TGaz) proteinlerle etkileşim içerisinde olan doğal ve son yıllarda bu özellikleri ile gıda endüstrisinde dikkatleri üzerine çeken bir enzimdir. TGaz enzimi hücre içi çalışan ve ϵ - (γ -glutamil) lizin çapraz bağları ile proteinlerin polimerizasyonunu teşvik eden bir enzimdir (Chanarat ve Benjakul 2013a). Protein molekülleri TGaz enzimi varlığında kovalent çapraz bağlar oluşturarak makromoleküller haline gelmektedir (Şekil 1.2).



Şekil 1.2. Transglutaminaz sayesinde çapraz bağlı proteinlerin transamidasyon reaksiyon katalizi (Heck 2012).

Gıda endüstrisinde, potansiyel kullanıma sahip bir enzim olan TGaz (R-glutaminil- peptid: amin γ -glutamiltransferaz: EC 2.3.2.13) proteinlerin glutaminli kalıntıların, γ - karboksil grupları ile çeşitli aminler arasında açıl transfer reaksiyonunu katalizlemektedir (Serdaroğlu ve Turp 2003). Bu reaksiyon Şekil 1.3'te görülmektedir.



Şekil 1.3. Reaksiyonun TGaz tarafından katalizlenmesi: (a) açıl-transfer; (b) boşta kalmış lizin ve glutaminin çapraz bağlanması. ϵ - (γ -glutamil) lizin bağları; (c) deaminasyon (Kashiwagi vd 2002).

Protein içeren gıdalarda ϵ - (γ -glutamil) lizin çapraz bağı hızlı bir şekilde ve diğer reaksiyonlardan daha önce gerçekleşmektedir. Ortamda enzim tarafından kullanılabilir glutamin ve lizin tükenene kadar bu reaksiyon devam etmektedir. Dolayısıyla bu enzimler protein içeren gıdaların yapısında çeşitli değişikliklere yol açarak, ürün özelliklerinin geliştirilmesinde önemli katkılar sağlamaktadır (Kurt ve Zorba 2004).

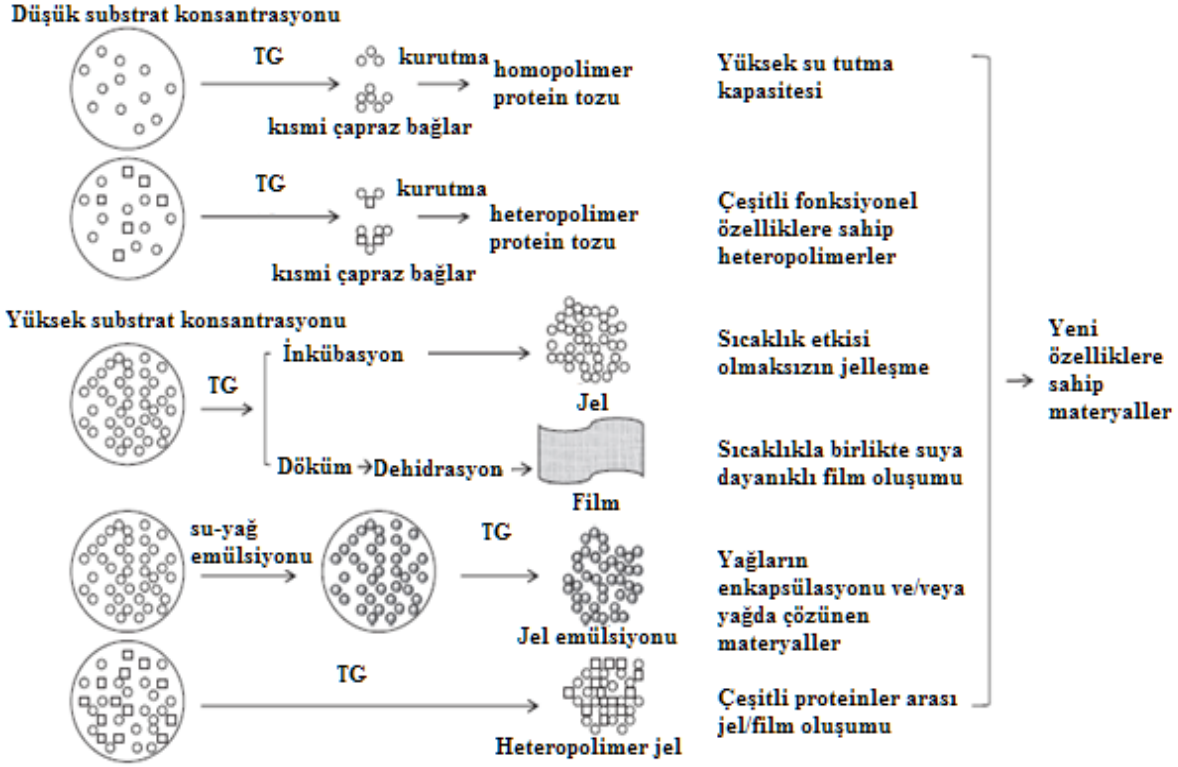
TGaz enziminin endüstriyel eldesi üzerine 3 temel yaklaşım vardır: İlk yaklaşım; enzimi domuz, sığır, balık gibi hayvanların vücut sıvılarından ekstrakte edip saflaştırmaktır. Ancak enzimin aktif hale gelebilmesi için trombine ihtiyaç duyulmaktadır. İkinci yol ise *E.coli*, *Bacillus*, *Aspergillus* ve bazı mayaların genetik seçilimi ile elde edilmesidir. Bu yolla henüz standartlara uygun ürün elde edilememiştir. Üçüncü yol ise TGaz üreten mikroorganizmalardır (Yüksel ve Erdem 2007). Mikrobiyal transglutaminaz (MTGaz), *Streptomyces* (*Streptoverticillium mobaraense*)'lerden elde edilerek, endüstriyel uygulamalarda özellikle gıdaların işlenmesinde etkili bir katalizör olarak kullanılmaktadır (Kieliszczek ve Misiewicz 2014).

Enzimin optimum çalışma aralığı pH 5.0–8.0 olarak belirtilmiştir. En uygun çalışma sıcaklığı 40°C ile 70°C arası olarak bilinmektedir (Gaspar vd 2014). Ayrıca MTGaz'ın optimum çalışma sıcaklığı 50°C olduğu, hatta dondurma sıcaklıklarında bile çalışabildiği belirtilmiştir (Motoki ve Seguro 1998). Bu özellikleri sayesinde TGaz insanların hizmetine sunulması amacıyla genellikle güvenli kabul edilen gıda statüsünde (GRAS), Food and Drug Administration (FDA) tarafından 1998 yılında tanınarak, çok yaygın bir biçimde kullanılmaktadır (Anon, 2001). Gıda katkı maddeleri arasında yer alan MTGaz, gıda endüstrisinde protein çapraz bağları teşvik etmek amacıyla kullanılmaktadır (Cardoso vd 2010). Enzimin elastikiyet ve sıklık gibi tekstür özellikleri, mekanik dayanım, su tutma kapasitesi üzerine olumlu etkileri bulunduğu çeşitli araştırmacılar tarafından belirtilmiştir (Motoki ve Seguro 1998; Başaran vd 2010). Bu özelliklerinden yararlanılarak son yıllarda gıda üretim işlemlerinde faydalanılmakta, üründe istenen özellikler geliştirilebilmektedir.

Son yıllarda proteinlerin modifiye edilmesinde TGaz kullanımında önemli gelişmeler sağlanmıştır. Et, süt ve tahıl gibi birçok gıda kaynaklı proteinlerin fonksiyonel özelliklerinin geliştirilmesinde görev almaktadır. TGaz enzimi, amino asitler veya peptitler arasında izopeptid bağlarını katalizleyip, molekül içi ve moleküller arası çapraz bağlar oluşturarak proteinlerin fonksiyonel özelliklerini geliştirmektedirler. Gıda ürünlerinin tekstürlerinin geliştirerek, proteinlerdeki lizini çeşitli kimyasal reaksiyonlardan koruyabilmektedirler. Lipidleri ve/veya lipidde çözünür materyalleri enkapsüle ederek, ısı ve suya dirençli filmler oluşturmak suretiyle jel oluşturma özelliklerini iyileştirmektedirler (Kurt ve Zorba 2004).

TGaz kullanımı ile unlu mamüllerde meydana gelen tekstür bozukluklarının önlediği, ekmek yapımında hacim artışına sebep olduğu ve ekmeğin içine katılması ile bileşiminde zenginleşme meydana geldiği bildirilmektedir (Öner 2004). Aynı zamanda TGaz kullanımı ile soya proteinleri, süt proteinleri, dana eti, domuz eti, tavuk eti ve balık eti jelatin ve myosininin jel oluşturma kapasitesi artırılmaktadır (Jiang and Yin, 2001).

TGaz enziminin balık etinin oda sıcaklığında sol-jel geçişinde görev aldığı ve ϵ -(γ -Gln)Lys'in, TGaz'a bağlı olarak, benzersiz bir balık eti tekstürü yarattığı öne sürülmektedir (Yüksel ve Erdem 2007). TGaz'ın gıda endüstrisinde kullanım amaçları Şekil 1.4'te sunulmuştur.



Şekil 1.4. Transglutaminaz enziminin gıda endüstrisinde kullanım alanları (Motoki ve Kumawaza 2000).

Bu çalışmanın amacı avlanma sonrası uskumrulara meydana gelen bozulmanın engellenmesi ve kalitenin korunması için proteinler arası çapraz bağları teşvik eden ajan olarak MTGaz'ın doğal kaplama materyali olarak kullanılması ve depolama süresince kalite değişimlerinin belirlenmesidir. İstenmeyen mikrobiyal, oksidatif ve kimyasal değişimlerin en aza indirilmesi amaçlanmış olup, aynı zamanda fileto doku bütünlüğünün sağlanması, duyu özelliklerini koruyarak tüketici beğenisini kazanması hedeflenmiştir.

2. KURAMSAL BİLGİLER ve KAYNAK TARAMALARI

2.1. Soğukta Depolanmış Su Ürünleri Kalite Değişimlerinin Belirlenmesine Yönelik Çalışmalar

Tüm gıdalarda olduğu gibi su ürünlerinin kalitesi değerlendirilirken ürünün tazeliği büyük önem taşımaktadır. Tazelik kaybı ise balık türü, vücut kompozisyonu, büyüklük ve şekli, bakteriyel florası, fiziki durumu, avlandığı yer ve beslenme şekli gibi çok çeşitli etmenlere bağlıdır. Su ürünleri ölümden hemen sonra rigor mortise uğramakta ve hızlı bir şekilde bozulmaktadır. Bu sebeple avlandıktan hemen sonra canlı olarak yada 0°C ile +4°C'de soğutulmuş ya da -20°C'de uzun süreli depolama amacıyla soğuk depolarda dondurularak tüketicinin beğenisine sunulmaktadır.

Balıkların depolama şartlarına bağlı olarak genelde 0-4°C'de bakteriyel aktiviteler, kimyasal ve fiziksel değişimler kısmen de olsa devam etmektedir. Bu depolama sıcaklığında su ürünlerinde 2-3 gün içerisinde duyuşal değişimler oluşmakta ve bozulmayı takiben taze balığa has koku yerini amonyaklı bileşiklerin artmasıyla amonyak kokusuna bırakmaktadır. Diğer bozulma ürünlerinden kaynaklanan kötü koku ve tat bileşikleri ortaya çıkmaktadır.

Su ürünlerinin hızla bozulmasının önüne geçebilmek amacıyla birçok araştırmacı doğal ya da sentetik koruyucu katkıları ilave ederek, farklı kaplama veya paketleme yöntemleri uygulayarak, yeni teknolojiler geliştirilerek bu olumsuzlukların önüne geçmeye çalışmaktadır.

Fattouch vd (2008) yaptıkları çalışmada uskumru (*Scomber scombrus*) filetoalarını ayva (*Cydonia oblonga*) polifenolik ekstraktına daldırarak buzdolabı sıcaklığında (4°C) de depolanmış ve fiziksel, kimyasal, duyuşal ve mikrobiyolojik etkilerini incelemiştir. Literatüre göre balık filetoalarının 2 ila 8°C de'ki raf ömrünün 1 hafta olduğu belirtilmiştir (Amanatidou vd 2000; Fattouch vd 2008). Polifenolik ayva ekstraktı uygulanmış uskumru filetoalarının raf ömrü ise 11 gün olarak tespit edilmiştir.

Bir araştırmada kültür ve avlanmış morina balıkları 48 saat rigor mortis süresince 0°C, 4°C ve 7°C'de depolanmış ve post mortem evreleri incelenmiştir. Sürenin sonunda tüm gruplar 0°C'de depolanmaya devam etmiştir. Kültür morina filetoalarında depolama sıcaklığına bağlı olarak sırasıyla %29, %31 ve %32 dokuda bozulma gözlemlenirken, aynı şartlardaki avlanmış morinada %20, %20 ve %21 oranında dokuda bozulma gözlemlenmiştir (Aune vd 2014).

Derisiz fileto edilen kültür gökkuşuğı alabalığı alüminyum kaplı kartona konulup, strech filmle kaplanarak buzdolabı koşullarında (+4°C±1) depolandığında raf ömrünün 12. gün taze, 14. gün tüketilebilir daha sonraki günlerde tüketilemez olduğu duyuşal, fiziksel ve kimyasal analizlerden elde edilen bulgularla saptanmıştır (Berik ve Varlık 1997).

Oğuzhan ve Angiş (2012) %20 lik sodyum klorür ile tuzlanan (salamura ve kuru tuzlama yöntemi) vakum veya modifiye atmosferde (%50 CO₂ + %50 N₂) ambalajlanıp 4°C ± 1°C'de 25 gün depolanan gökkuşuğı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)

filetolarının kimyasal ve mikrobiyolojik özelliği üzerinde tuzlama ve paketleme işlemlerinin etkisini incelemişlerdir. Kuru tuzlanmış uygulama grubunda toplam uçucu bazik azot (TVB-N) ve tiyobarbitürik asit reaktif bileşikler (TBARS) sayısının en yüksek olduğunu görmüşlerdir. Modifiye atmosfer paketleme işleminin başarılı sonuç verdiği belirlenmiştir.

Chomnawang vd (2007) kültür ve avlanmış hibrit kedi balıkları filetolarını (*Clarias macrocephalus* ve *Clarias gariepinus*) 4°C'de depolayarak 3 günde bir analize almışlar ve kalite değişimlerini takip etmişlerdir. pH, TVB-N ve otolitik yıkım ürünleri bulgularına dayanarak 6 gün süresince iyi kalitesini koruduğu, ancak 9 gün içerisinde tüketilmesi gerektiği belirtilmiştir.

Oehlenschlager vd (2008) mezgit (*Micromesistius poutassou*) filetoları üzerinde yaptıkları araştırmada, blok dondurulmuş fileto, bireysel hızlı dondurma (individually quick frozen) ve modifiye atmosfer paketleme yöntemleri uygulayarak paketlenmiş, 2-4°C'de depolanmış fileto 0, 3, 5 ve 9. günde analize almışlar ve kalite değişimlerini gözlemlemişlerdir. TVB-N, pH, TMA-N gibi çeşitli analizlere tabii tutulan örneklerin tüketilebilir yüksek kaliteli raf ömrünün ortalama 5 gün olduğunu tespit etmişlerdir. 9.günde ise 53.2 mg/100g TVB-N değeriyle normal atmosferde tutulan örneklerin en yüksek değerlere ulaştığını belirlemiştir.

Fan vd (2014) 4°C'de 16 gün boyunca depoladıkları siyah sazan (*Mylopharyngodon piceus*) filetolarına kontrol grubunun yanı sıra, 1.5% tuz (T1) ve 1.5% tuz + 1.2% şeker (T2) ekleyerek yaptıkları araştırmada raf ömrünün 12 gün olduğunu tespit etmişlerdir. pH değeri gözlemlenerek kontrol örneklerinin 6.85 civarında olmasıyla 12. günde depolaması sonlandırılmış, ayrıca 16.günde T1 örneklerinin yaklaşık 6.75 ve T2 örneklerinin 6.45 seviyesinde olduğu görülmüştür.

Soğukta (4°C) depolanan büyükbaş sazan (*Aristichthys nobilis*) filetolarına düşük tuz %1.1 (T1) ve %1.1 tuz+ %0.9 sükröz (T2) eklenerek, kontrolle birlikte elde edilen üç grup incelenmiş ve depolama süresi 16 gün olarak tespit edilmiştir. T2 örneklerinin T1 örneklerinden daha iyi TVB-N sonuçlarına sahip olduğu ve 35mg/100g sınırını 16.günde halen aşmadıklarını, kontrol örneklerinin ise sınırı aştığını tespit etmişlerdir. 10.günde kontrol örneklerine ait 7.5 pH sınırına yaklaşmasından dolayı bu grubun depolamasının tamamlandığı, 16.günde T1'in yaklaşık pH 7, T2'nin yaklaşık 6.0 ile sonlandığı belirtilmiştir (Hong vd 2012).

Farklı dozlarda UV ışığa (250 nm) maruz bırakılan avrupa deniz levreği (*Dicentrarchus labrax*) fileto 4°C'de depolanmıştır. Kontrol grubuna oranla mikrobiyal yükün baskılandığı ve protein yıkımının önüne geçildiği tespit edilmiş olmasına rağmen, UV uygulaması lipid oksidasyonunu arttırmıştır (Molina vd 2014).

Qui vd (2014) japon deniz levreği (*Lateolabrax japonicus*) filetolarına kontrol dışında, kitozan (%1.5 w/v kitozan + %0.6 v/v asetik asit), kitozan+sitrik asit (kitozan + %0.5 w/v sitrik asit) ve kitozan+likorik asit (%1.5 w/v kitozan, %0.6 v/v asetik asit ve %1 w/v meyan kökü ekstraktı) uygulamış ve ardından 4°C'de 12 gün boyunca depolanmıştır. TVB-N değerlerinin 12.günde 100.2±1.6 mg/100g ile kontrol için en yüksek, takiben 60.5±0.8 mg/100g ile yalnız kitozan içerikli örnekler ve 48.0±0.4

mg/100g ile kitozan ve meyan kökü ekstraktından sonra 29.7 ± 0.8 mg/100g ile kitozan+sitrik asit örneklerinde tespit etmiştir.

Görüldüğü gibi birçok araştırmacı balıkların raf ömrünün uzatılması amacıyla çok çeşitli uygulamalara başvurmuşlardır. MTGaz uygulaması da kalitenin korunması amacıyla değerlendirilebilen bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır.

2.2. MTGaz Enziminin Su Ürünlerinde Kullanımına Yönelik Çalışmalar

MTGaz kullanımına yönelik bir çok çalışma bulunmasına rağmen, özellikle su ürünlerinde surimi teknolojisi, viskoelastik yapı, jel oluşturma yeteneği gibi özellikler dikkate alınmakta; ancak enzimin su ürünlerinin raf ömrünün uzatılması ve kalite parametreleri ile ilişkilendirilmesi çalışmalarına pek rastlanılmamaktadır.

Proteinler arasında oluşturulan çapraz bağlar ilave edilen enzimlerle teşvik edilmekle birlikte, endojen TGaz'ların etkisiyle de gerçekleşebilmektedir. İşlenmiş özellikle ısı işlem görmüş gıdalarda çapraz bağlar, işlenmemiş gıda materyallerindeki çapraz bağlardan daha fazladır (Kurt ve Zorba 2004). Endojen TGaz jelleşmeden sorumlu bir enzimdir. Üretim sırasında eklenen MTGaz ise, düşük sıcaklık sırasında surimi jellerinin sertleşmesine yardımcı olmaktadır (Serdaroğlu ve Felekoğlu 2003). Bu nedenle su ürünleri endüstrisinde MTGaz enzimi genellikle surimi tekstürünün iyileştirilmesi amacıyla kullanılmaktadır.

Chanarat ve Benjakul (2013b) timsah balığı (*Saurida* spp.) etine formaldehit (0-9 $\mu\text{mol/g}$ surimi) ve MTGaz ekleyerek surimi kalitesi üzerine etkisini incelemiştir. Buzda 10 gün boyunca depolanan örneklerinin 0.4 birim/g enzim içerikli surimi örneklerinde jel kuvvetinde ve su tutma kapasitesinde artış gözlemlenmiştir. Genel olarak formaldehitin, MTGaz sayesinde surimide meydana gelen çapraz bağ oluşturma yeteneğini olumsuz etkilediği ve formaldehit olmaksızın yüksek dozda MTGaz kullanımı ile suirimi jel yapma özelliğini geliştirdiği tespit edilmiştir.

Şili jack uskumrusu (*Trachurus murphyi*)'ndan elde edilen surimilere MTGaz eklenmiş ve 25°C 'de 2 saat inkübe edilmiştir. Örneklerde %364 jel kuvveti artmış, %0.1 ve %0.5 w/w TGaz eklenmiş örneklerde özellikle tekstür parametrelerinde iyileşme gözlemlenmiştir. Süre ve TGaz oranına bağlı olarak miyozin zincirinde azalma meydana gelmiş ve ϵ - glutamin- lizin bağları TGaz konsantrasyonu ve inkübasyon süresine bağlı olarak artmıştır. TGaz enziminin surimi ürünlerinde jel özelliğini iyileştirmek için kullanılabileceği tespit edilmiştir (Dondero vd 2011).

Herranz vd (2013) araştırmalarında uçan balık (*Parexocoetus brachyterus*)'tan elde edilmiş surimiler için 4 farklı uygulama grubu oluşturularak; C-0 (Kontrol), uçan balık surimisi ($40^\circ\text{C}/30$ dk) ve ısıtılmış ($90^\circ\text{C}/30$ dk), C-08 (C-0 örneği+ 0.8% MTGaz), HP-0 (C-0 örneğine 80 Mpa yüksek basınç uygulanması) ve HP-08 (HP-0 örneği ile 0.8% MTGaz) incelemelerde bulunmuş ve C-08 örneklerinin en sıkı jel yapısına sahip olduğu ve kovalent bağların yapısını sağlamlaştırdığını tespit etmiştir. Yüksek basıncın sıkışma ve genleşme etkisi sayesinde zayıf bağların tekrar bir araya gelmesi sonucu daha elastik ve uzun süre dayanıklı yapılar oluşmaktadır. Ayrıca HP-

081 örneklerinde yüksek basınçtan dolayı meydana gelen protein konformasyonu MTGaz enzim aktivitesini azalttığını tespit etmişlerdir.

Gomez-Guillén vd (2005) yaptıkları araştırmada istavrit (*Trachurus spp.*) kıymasına (300 MPa, 25°C, 15 dk) yüksek basınç, %1.5 kitozan ve %0.02 MTGaz ekleyerek, sertliği artırdığını, aynı zamanda elastikiyet ve kırılma deformasyonunda azalma gözlemlenmiştir. MTGaz'ın tek başına olduğu grupta ise kontrole göre sertlikte daha iyi sonuç gözlemlenmiştir. Benzer şekilde alaska mezgit (*Theragra chalcogramma*) balıklarına ısı işlem ve yüksek basınç uygulanmıştır. 25°C'de yüksek basınç uygulanmış ve MTGaz eklenmiş örneklerde jel kuvvetinde artış, gerilme ve kırılma stresinde azalma gözlemlenmiştir (Zhu vd 2014).

Chanarat ve Benjakul (2013a) araştırmalarında hint uskumru (*Rastrelliger kanagurta*) balıklarından elde edilmiş kıymaya transglutaminaz enzimi ekleyerek yaptıkları surimi çalışmasında, özellikle MTGaz eklenmiş gruplarda deformasyon, kırılma kuvvetinde ve jelleşme özelliğinde artış gözlemlenmiştir.

Cardoso vd (2009) yaptıkları araştırmada uskumru (*Scomber scombrus* ve *Scomber japonicus*) balıkları kıymalarına farklı oranlarda, bezelye lifi, diyet lifi ve MTGaz eklemiş ve %0.5 (w/w) içerikli grupta tekstür değerlerini geliştirdiğini gözlemlenmiştir. MTGaz içermeyen uygulama grupları (C0, 2S0, 4S0, 2F0, 4F0) ve 5g/kg MTGaz içeren gruplar (Ca, 2Sa, 4Sa, 2Fa ve 4Fa) olmak üzere 10 uygulama grubu oluşturarak fiziksel ve kimyasal özelliklerini incelemiştir. MTGaz içermeyen grupta en yüksek pH değeri C0 örneklerinde 6.40 ± 0.02 olarak tespit edilmişken, 4Fa örneklerinde 6.51 ± 0.02 olarak tespit edilmiştir. (4Fa fib, 4.0 diyet lifi %4.0 w/w + %0.5 w/w MTGaz), bunun yanı sıra tekstürel olarak en fazla sertlik 18.2 ± 2.5 ile 4Sa da (%4.0 w/w Swelite= bezelye lifi+ %0.5 w/w MTGaz) içerikli grupta tespit edilmiştir. En düşük sertlik ise 3.7 ± 0.1 ile 4F0 (%4.0 w/w diyet lifi içerikli örnekler) de tespit edilmiş aynı zamanda bu uygulama grubu yine 4.3 ± 0.9 ile en düşük jel kuvvetine sahip olarak bulunmuştur. En yüksek jel kuvvetine sahip örneklerin 16.6 ± 3.3 ile 2Sa (%2.0 w/w bezelye lifi+ %0.5 w/w MTGaz) olduğu görülmüştür. Sonuç olarak MTGaz'ın tekstürel özellikleri geliştirdiği, su tutma kapasitesini artırdığı buna karşılık elastik modülü, vizkoz modülünü azalttığı ve jellerde kararma meydana getirdiği, protein çözünürlüğünü düşürdüğü protein agregasyonunu ise anlamlı düzeyde artırdığı, myozin ağır zincirinin elektroferogramlarında artış tespit etmişlerdir. Jel mikroyapısına kesin bir etkisi görülmemiştir. Ayrıca bezelye lifi ve MTGaz enziminin birlikte olduğu uygulama gruplarında surimi kalitesinde artış gözlemlenmiştir.

Cardoso vd (2010) araştırmalarında Avrupa deniz levreği (*Dicentrarchus labrax*) filetolarına çeşitli oranlarda (%0.25, %0.50, %1.00 ve %2.50, w/w wp) MTGaz ve sodyum klorid ekleyerek her uygulama grubunun özelliklerini incelemiş, özellikle %0.5 (w/w wp) içerikli uygulama grubunda tekstürel özellikleri geliştirdiğini ve tekstür yapısında sıklık tespit etmiştir. Yine aynı araştırmacı bu sefer granyöz (*Argyrosomus regius*), çipura (*Sparus aurata*), Güney Afrika barlam balığı (*Merluccius capensis*), Avrupa deniz levreği (*Dicentrarchus labrax*) kıymalarına MTGaz eklemiş ve MTGaz içeriksiz kıymalara göre kırılma kuvvetinde, sertlikte, jel kuvvetinde, yapışkanlıkta artış gözlemlenmiştir (Cardoso vd 2012).

Hu vd (2014) yaptıkları araştırmada kayış balığı (*Trichiurus haumela*)'nın kas proteinlerine kurulan (yüksek moleköl ağırlıklı glikoz polimeri, 4g/100g oranında eklenmiş) ve MTGaz (0.4 birim/g) ekleyerek jel kuvvetinde, su tutma kapasitesinde, ayrıca sertlik, yapışkanlık, çiğnenebilirlik gibi tekstürel özelliklerde artış gözlemlenmiştir.

Jongjareonrak vd (2006) araştırmalarında kızıl büyükgöz ve kahverengi çizgili snaper (*Priacanthus macracanthus* ve *Lutjanus vitta*) balıklarından ekstrakte edilen deri jelatinlerine %0.005 ve %0.01 MTGaz ekleyerek, istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) düzeyde jel kuvvetinde artışın yanı sıra, daha iyi mikroyapıda ürün elde etmiştir. Ayrıca *Lutjanus vitta* türünde olan jel kuvveti artışı 200g civarı olarak tüm uygulama gruplarında *Priacanthus macracanthus*'a göre neredeyse iki kat daha fazla olduğu gözlemlenmiştir.

Surimi çalışmalarının yanısıra yenilebilir film kaplama materyaline de MTGaz enzimi ilave edilmesi çalışmalarını yapılmış ve enzimin protein yapısını polimerleştirmesi özelliğinden faydalanılmıştır.

Transglutaminaz enzimi ilave edilerek hazırlanmış soya unu filmlerinin gerilme gücünün ve esnekliğinin arttığı tespit edilmiştir (Mariniello vd 2003). Sztuka ve Kolodziejska (2008) bildirdiğine göre TGaz ile modifiye edilmiş jelatin ve jelatin-kitosan bazlı filmler hidrolize olabilmekte olup, kullanım sonrası biyolojik olarak parçalandığı için doğa dostu paketleme materyali olarak değerlendirilebilmektedir. TGaz enziminin jelatin filmlerine ilave edilmesi sonucu su buharı geçirgenliğinde azalma belirlenmiştir (Chambi ve Grosso 2006).

Rodriguez-Turienzo vd (2013) yaptıkları araştırmada peyniraltı suyu protein izolatu ve kazeinat olmak üzere iki tip gruba (%8 protein w/w + distile su ile 30 dk 20°C'de karıştırarak) ısıl işlemler, ultrasonik uygulama ve MTGaz (10 birim/g) uygulamalarını farklı şekillerde kombine ederek yenilebilir film elde etmişlerdir. Atlantik sombalığı (*Salmo salar*) elde edilen çözelti ile kaplanarak -10°C'de 4 ay boyunca depolanması süresince çeşitli fiziksel, kimyasal değişiklikleri gözlemlenmiştir. En yüksek pH değerlerini ısıl işlemler + MTGaz içerikli grupta 6.39 ± 0.04 olarak tespit etmişler, en düşük pH ise 6.31 ± 0.03 ile kaplanmamış örneklerde belirlemişlerdir. En yüksek beyazlık değeri ultrasonik işlemler + MTGaz uygulanmış grupta 70.62 ± 0.56 olarak tespit edilirken, en düşük beyazlık değerini işlemler görmemiş balık örneklerinde 36.97 ± 4.05 olarak tespit etmişlerdir. Özellikle peyniraltı suyu protein içerikli gruplara MTGaz eklenmesinin lipid oksidasyonunun geciktirildiğini gözlemlenmiştir.

Yerlikaya vd (2014) çalışmalarında uskumru (*Scomber scombrus*) balıklarından elde edilmiş kıyma örneklerine 2 g/kg, 5 g/kg, 10 g/kg oranlarında MTGaz ilave ederek çeşitli fiziksel ve kimyasal analizlere tabii tutmuş ve 8 gün boyunca 4°C'de depolayarak kalite değişimlerini incelemiştir. TVB-N değerlerine ait sonuçların 8.gün itibariyle en yüksek verimin 35.65 ± 1.01 mg/100 ile kontrol grubuna ait olduğunu 10 g/kg MTGaz içerikli gurubunsa 27.21 ± 1.00 mg/100 ile en düşük olduğunu tespit etmişlerdir. pH, TMA-N ve serbest amino asit değerlerinde yine benzer sonuçlar elde edilirken, MTGaz uygulamasının kontrol örneklerine göre daha başarılı sonuçlar verdiğini tespit etmişlerdir. Sonuç olarak, MTGaz enziminin depolama boyunca balık kıymasının

kalitesini muhafaza etmesine yardımcı olduğu, ayrıca mikroorganizma miktarının artışıını baskıladığını tespit etmişlerdir.

3. MATERYAL ve METOT

3.1. Materyal

Araştırma materyali olarak ortalama boyu 33.56 ± 1.54 cm ve ağırlığı 322.38 ± 31.81 g olan dondurulmuş uskumru (*Scomber scombrus*) balıkları kullanılmıştır. Hızla laboratuara aktarılan balıklar $+4^{\circ}\text{C}$ 'de çözülmüş, yıkanmış ve fileto haline getirilmiştir.

Balıkların yüzeyinin kaplanması amacıyla kullanılan mikrobiyal transglutaminaz enzimi (MTGaz) Ajinomoto Foods Europe SAS Ajinomoto Foods Europa SAS (Enzim aktivitesi 60 birim/g- Activa GS, Paris, Fransa) firmasından temin edilmiştir. Çeşitli oranlarda MTGaz enzimiyle kaplanmış filetolar köpük tabaklar içerisine yerleştirilerek ağzı kapatılmış ve 4°C 'de muhafaza edilmiştir. Her iki günde bir olmak üzere kalite özellikleri belirlenmiştir.

3.2. Metot

3.2.1. MTGaz enziminin hazırlanması ve fileto yüzeylerinin kaplanması

Balıklar püskürme ile kaplama işlemine uygun hale gelmesi amacıyla iç organları temizlenerek, fileto haline getirilmiş ve herbir fileto homojen şekilde boydan ikiye bölünerek bir balıktan 4 parça elde edilmiştir. Elde edilen balık parçalarına MTGaz enzimi (T1): 1 birim = 1.66 g, (T4): 4 birim = 6.66 g, (T7): 7 birim = 11.66 g ve (T10) 10 birim = 16.66 g tartılmış ardından 100 ml distile su içerisinde çözülmüş ve 1 saat çalkalama ardından püskürtülerek filetolar kaplanmıştır. T1, T4, T7 ve T10 MTGaz çözeltilerinin pH değerleri sırasıyla 10.39 ± 0.02 , 10.69 ± 0.04 , 10.72 ± 0.01 ve 10.64 ± 0.01 olarak tespit edilmiştir. Hazırlanan çözeltilerden her bir parçanın homojen kaplanabilmesi amacıyla dört farklı yönden, yaklaşık 2 ml olacak şekilde 8 adet püskürtme gerçekleştirilmiştir. Enzim uygulanmamış balık grupları kontrol olarak değerlendirilmiştir.

Yüzeyleri MTGaz çözeltileri ile kaplanmış olan balıklar ticari olarak mod 23/c olarak isimlendirilen kapaklı polistren tabaklar ($205 \times 240 \times 75$ mm) içerisine yerleştirilerek ağızları kapatılmış ve $4 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de muhafaza edilmiştir. Farklı oranlarda MTGaz çözeltileri ile kaplanmış uskumru filetolarında 48 saatte bir olmak üzere kimyasal, mikrobiyolojik, duyu analizler ve renk ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Herbir uygulama grubu için 4 fileto parçası kullanılmıştır. Balıkların püskürtme işlemi uygulanmamış altta kalan deri kısımları değerlendirilmemiştir. Homojenize hale getirilen balık etlerinden örnekler alınarak, analizler iki paraleli olarak yürütülmüştür.

3.2.2. Analizler

3.2.2.1. pH ölçümü

Her uygulama grubu kendi içlerinde ayrı ayrı homojenize edilmiş ve Manthey vd (1988) metoduna göre pH ölçümleri yapılmıştır. Homojenize edilmiş örnekler 1:2

oranında distile su ile karıştırılmıştır. pH metre (Thermo Scientific Orion 3 Star) probu karışımın içerisine daldırılmış ve pH metrenin dijital göstergesindeki değerler sabitlenildiğinde sonuçlar kaydedilmiştir. Yapılan ölçümlerin aynı şartlarda gerçekleştirilmesine özen gösterilmiştir.

3.2.2.2. Toplam uçucu bazik azot (TVB-N) tayini

Uskumru filetoları homojenize hale getirilerek, 500 ml cam balonlara tartılmış (10 g) ve magnezyum oksit eşliğinde su buharı distilasyonunda ayrıştırılan uçucu bazlar 0.1 N hidroklorik asit içerisinde toplanmıştır. Geri titrasyonu 0.1 N sodyum hidroksit ile gerçekleştirilmiş ve TVB-N miktarı mg/100g olarak belirlenmiştir (Schormüller 1968).

3.2.2.3. Totox değeri

Totox değeri birincil ve ikincil oksidasyon ürünlerinin toplam değerini ifade etmektedir. Bu durumda hem peroksit değeri, hem de para-anisidin değeri değerlendirilmektedir. Totox değerine ait formülasyon;

$$\text{Totox Değeri} = (2 \text{ PV} + \text{p-AV})$$

PV: Peroksit Değeri AV: p-anisidin değeri

Peroksit analizi (PV)

Lipit oksidasyonunun başlangıç kısmında ortaya çıkan birincil oksidasyon ürünlerinin miktarı peroksit analizi sayesinde belirlenebilmektedir. Su ürünlerinin peroksit analizi için homojenize balık filetolarından elde edilmiş olan 1g yağ üzerine kloroform: glacial asetik asit (1:1.5) ve potasyum iyodür eklenerek karanlıkta bekletilmiştir. Nişasta indikatörü eşliğinde 0.01N sodyum tiyosülfat çözeltisi ile titre edilmiş ve sonuçlar meq/kg yağ olarak belirtilen formülle hesaplanmıştır (AOAC 1990).

$$\text{PV (meq/kg)} = K \times (V - V_0) \times 12.69 \times 78.8/w$$

K = Konsantrasyon 0.01 (mol/l)

V = Harcanan örnek (ml)

V₀ = Kör (ml)

W = Örnek ağırlığı (g)

Para- anisidin değeri (p-AV)

Para-anisidin değeri ikincil oksidasyon ürünlerinin miktarını tayin etmek için kullanılmaktadır. Uskumru balıklarından elde edilen 0.5 g yağ 25 ml n-hekzan içerisinde çözülmüştür (A1). Çözeltiden alınan 5 ml üzerine 1 ml para-anisidin standardı eklenmiş ve oda sıcaklığında 10 dk süreyle karanlıkta bekletilmiştir (A2) ve ardından spektrofotometrede (Thermo Scientific Evolution 160 UV-VIS) 350 nm'de köre karşı okunmuştur. Ortaya çıkan sonuçlar verilen formül ile hesaplanmıştır. (IUPAC 1987).

$$\text{p-AV} = 25 (1.2 \times (A2 - A1)) / \text{örnek ağırlığı}$$

A1 = Para - anisidin eklenmeden önce 350 nm'deki absorbans

A2 = Para- anisidin eklendikten sonra 350 nm'deki absorbans

3.2.2.4. Mikrobiyolojik Analizler

Mikrobiyolojik analizler için, homojenize hale getirilmiş 10g örnek steril mikrobiyolojik kabin içerisinde tartılmış ve üzerine steril %0.1'lik peptonlu sudan 90 ml ilave edilerek Interscience–Bigmixer stomacher cihazında homojen hale getirilmiştir. Bir seri desimaldilisyonlar hazırlanmış ve ekimler yayma ekim yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Toplam psikrofil ve mezofil aerob bakteri (TPAB) sayımları için Plate Count Agar (PCA) kullanılmıştır. Toplam psikrofil bakteri 10°C'de 8 gün, toplam mezofil bakteri 35°C'de 2 gün inkübe edilmiştir. Koliform sayımı için Violet Red Bile Agar (VRB) kullanılmıştır. Koliform bakteri 35°C de 48 saat inkübe edilmiştir. Maya ve küf sayımı için ise Yeast Extract Glucose Chloramphenicol Agar (YGC) agar kullanılmıştır. Ekim yapılmış petripler 25°C de 48 inkübe edilerek oluşan koloniler sayılmıştır (Anonymous, 1998).

3.2.2.5. Renk ölçümleri

Her iki günde bir olmak üzere depolama süresi boyunca uygulamada kullanılan renk ölçüm cihazı (CR-400 Minolta Chromometer) ölçüm öncesi beyaz standart magnezyum oksit plaka ile kalibre edilmiş ve fileto haline getirilmiş uskumruların yüzeyinden ölçümler gerçekleştirilmiştir. Uygulama gruplarından alınan filetoların her birinin 4 farklı noktasında okuma gerçekleştirilerek elde edilen tüm verilerin ortalaması alınarak sonuçlar ifade edilmiştir. Ölçümlerde L* (parlaklık), +a* (kırmızılık), -a* (yeşillik), +b* (sarılık), -b* maviliği belirlemede kullanılmıştır.

3.2.2.6. Duyusal analizler

Duyusal analizler Amerine vd (1965) yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Balık tüketim alışkanlığı olan ve Akdeniz Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi'nden seçilmiş panelistler tarafından gerçekleştirilmiştir. Panelistlere önceden çalışma hakkında bilgi verilmemiş ancak değerlendirecekleri kriterler hakkında açıklamalar yapılmıştır. Balık örnekleri koku (balıksı koku, acılaşma kokusu), tekstür (sıkı yapı, elastikiyet, su bırakma) ve görünüş (renk, parlaklık) yönlerinden değerlendirilmiştir. Her bir örnek üç basamaklı rakamlarla kodlandırılmış ve çiğ olarak oda sıcaklığında panelistlere rastgele bir biçimde sunulmuştur. Duyusal analizler 9 puanlık hedonik skala kullanılarak gerçekleştirilmiş ve reddedilme derecesi '0' olarak kabul edilmiştir. Panelistler tarafından verilen puanların ortalamaları hesaplanarak, her karakteristiğin istatistiksel sonuçları üzerinden duyusal kalitesi tespit edilmiştir.

3.2.2.7. İstatistiksel değerlendirme

Homojenize hale getirilmiş örneklerde analizler iki paralelli yürütülmüş ve denemeler iki tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Belirlenen deneme planından elde edilen sonuçlar varyans analizleri uygulanmıştır. Farklı çıkan uygulamalar çoklu karşılaştırma testlerine tabi tutulup, sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilmiştir (Düzgüneş vd 1987).

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. pH değerine ait bulgular

Farklı konsantrasyonlarda MTGaz enzimi uygulanmış ve işlem görmemiş uskumru filetolarının $4\pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de depolanması sırasındaki pH değerlerine ait analiz bulguları istatistiksel olarak incelenmiş ve değerlendirme sonuçları Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Uskumru filetolarının pH değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F
Uygulama grubu	4	0.026393	11.62**
Depolama süresi	4	1.00884300	444.03**
Uygulama grubu x depolama süresi	16	0.105005	4.62**
Hata	25	0.002272	

(**) $p < 0.01$ düzeyinde önemli

(*) $p < 0.05$ düzeyinde önemli

Belirlenen değerlere göre enzim uygulamalarının pH değeri üzerinde istatistiksel olarak önemli ($p < 0.01$) etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Depolama süresinin de pH değerlerindeki değişime etkisinin önemli ($p < 0.01$) olduğu görülmüştür.

Farklı uygulama gruplarındaki uskumruların pH değerleri Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi'ne tabii tutulmuş ve sonuçları Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Uskumru filetolarının pH değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

	pH Değeri
Uygulama Grubu	
Kontrol	6.27 b
T1	6.33 a
T4	6.28 b
T7	6.19 c
T10	6.24 bc
Depolama Süresi	
0. Gün	6.11 c
2. Gün	6.15 c
4. Gün	6.03 d
6. Gün	6.22 b
8. Gün	6.82 a

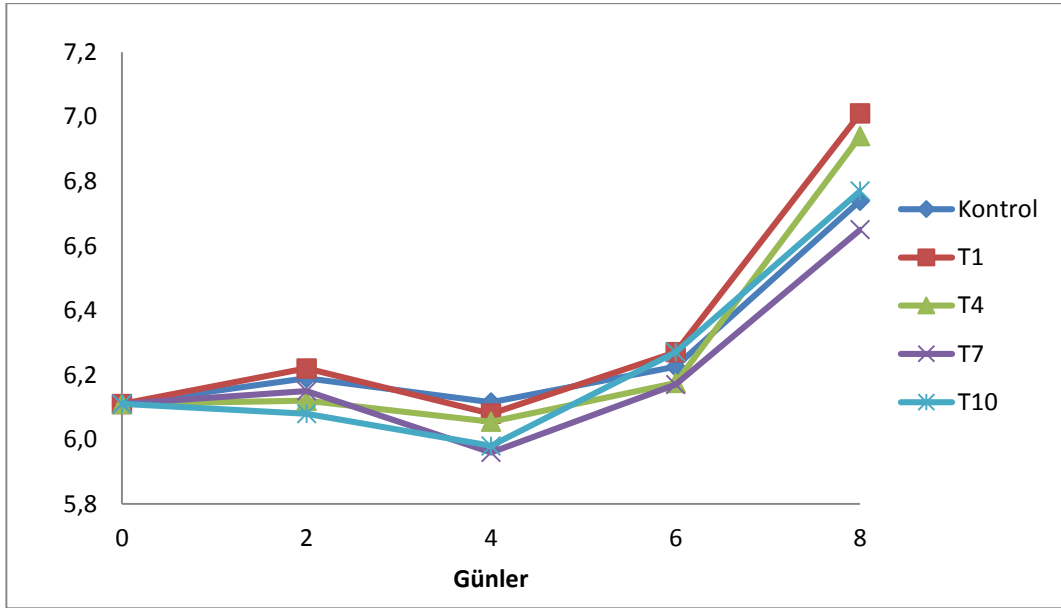
T1= 1u MTGaz; T4= 4u MTGaz; T7= 7u MTGaz; T10= 10u MTGaz

¹Aynı harflerle işaretlenen ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklı değildir.

Balığın bozulma süreci içinde birçok değişiklikler ortaya çıkmaktadır. Post-mortem evresinde balık kasının pH'sında meydana gelen değişim en önemli faktörlerden birisidir. Balığın ölümünü takiben glikojen laktik aside dönüşmekte ve neticesinde pH düşmektedir (Şengör vd 2000). Taze su ürünleri için pH değeri 6.0-6.5, tüketilebilirlik sınır değeri ise 6.8-7.0 olup, pH değerleri türe bağlı olarak değişmektedir. Otolitik enzimler ve bakterilerin sebep olduğu bozulmalar sonucunda pH değerinde yükselmeler meydana gelmektedir (Gökoğlu vd 1999; Çelik vd 2002). Taze balık etlerinde otolitik aktivite ve pH kırmızı etlere göre daha yüksek olduğundan, bu ürünlerde otolitik ve bakteriyel bozulma daha hızlı gerçekleşmektedir (Çaklı ve Kışla2003).

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde; T7 uygulama grubuna ait pH değerinin istatistiksel olarak diğer uygulama gruplarına ait değerlerden düşük ($p<0.01$) olduğu belirlenmiş, T10 örnekleri tarafından takip edildiği gözlenmiştir. T1 grubunun ise pH değerinin en yüksek olduğu istatistiksel olarak tespit edilmiştir. Depolama süresince uygulama gruplarındaki uskumruların 6.11'den başlayan pH değerlerinin 2.günde istatistiksel olarak fark göstermediği ancak 4.günde 6.03'e gerileyerek istatistiksel açıdan farklılık ($p<0.01$) oluşturduğu görülmüştür. Depolamanın ilerleyen günlerinde pH değerinde artış gözlemlenmiş, 8.günde bazik bileşiklerin artması neticesinde pH değeri 6.82 düzeyine gelerek sonlanmıştır.

Depolamanın başlangıcında 6.11 ± 0.10 olan pH değeri 4.güne kadar hafif dalgalanmalar göstermiş olup, 4.günde tüm enzim uygulama gruplarının pH değerlerinin kontrol grubuna oranla daha düşük oldukları tespit edilmiştir (Çizelge 4.3 ve Şekil 4.1). Depolamanın ilerleyen günlerinde T1 ve T4 uygulama gruplarında pH değerleri yükselerek sırasıyla 7.01 ± 0.01 ve 6.94 ± 0.04 değerine ulaşmıştır. T7 uygulamasının depolama süresinin tümünde istikrarlı bir şekilde kontrol grubuna göre daha düşük pH değerlerine sahip olduğu görülmüş ve depolamanın son gününde 6.65 ± 0.01 değerini almıştır.



T1= 1u MTGaz; T4= 4u MTGaz; T7= 7u MTGaz; T10= 10u MTGaz

Şekil 4.1. Uskumru filetolarının pH değerleri

Çizelge 4.3. Uskumru filetolarının pH değerleri

Depolama günleri	K	T1	T4	T7	T10
0	6.11±0.10 ^Y	6.11±0.10 ^{ZW}	6.11±0.10 ^Y	6.11±0.10 ^Y	6.11±0.10 ^Z
2	6.19±0.01 ^{Yba}	6.22±0.01 ^{ZYa}	6.12±0.01 ^{Ydc}	6.15±0.01 ^{Ybc}	6.08±0.04 ^{Zd}
4	6.12±0.01 ^{Ya}	6.08±0.01 ^{Wa}	6.06±0.01 ^{Yba}	5.92±0.00 ^{Zc}	5.98±0.03 ^{Zbc}
6	6.23±0.02 ^{Yba}	6.27±0.00 ^{Ya}	6.18±0.01 ^{Ybc}	6.17±0.04 ^{Yc}	6.27±0.01 ^{Ya}
8	6.74±0.02 ^{Xc}	7.01±0.01 ^{Xa}	6.94±0.04 ^{Xb}	6.65±0.01 ^{Xd}	6.77±0.01 ^{Xc}

Değerler ortalama ± standart sapmayı ifade etmektedir.

Ortalamalara ait aynı satırda (a,b,c,d,e) ve aynı kolonda (X,Y,Z,W,Q) yer alan farklı harfler istatistiksel olarak önemlidir (p<0.01).

K=Kontrol, T1= 1u MTGaz; T4= 4u MTGaz; T7= 7u MTGaz; T10= 10u MTGaz

Buzdolabı koşullarında depolanan bütün haldeki istavrit balıklarının depolamanın 7.gününde pH değerinin 6.6'ya ulaştığı ve tazeliğinin kaybolduğu belirlenmiştir (Şengör vd 2000). Farvin vd (2012) 5°C'de depolanmış istavrit (*Trachurus trachurus*) kıymasının kontrol gurubuna ait pH değerini 96. saatin sonunda 6.07 bulmuştur. Tombik balığı (*Auxis thazard*) ve kedi balığı (*Clarias macrocephalus*) filetoları 4°C'de 12 saat boyunca incelenmiş ve tombik (*Auxis thazard*) için pH değerini 6.16±0.16 ve kedi balığı (*Clarias macrocephalus*) içinse pH değerini ise 6.86±0.04 olarak tespit etmiştir (Chaijan vd 2013).

Aune vd (2014) araştırmalarında kullandıkları kültür ve avlanmış olmak üzere iki çeşit atlantik morinası (*Gadus morhua*) filetolarını 0°C, 4°C ve 7°C 8 gün depolamıştır. Sonuçlara göre 4°C'de depolanan avlanmış atlantik morinaların pH değeri 8.gün sonunda 6.61±0.07 olarak bulmuştur. Ayrıca kültür balıkçılığı ile elde edilmiş atlantik morinaların ilk 48 saat için 4°C'de depolanan örnekler için pH değeri 8. günde 6.16±0.04 belirlenmiştir.

Berik ve Varlık (1999) yaptıkları araştırmada gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) filetolarını +4°C±1'de depolamış pH değerlerini ölçmüştür. İlk gün 6.39 tespit edilen pH değeri depolamanın 8.gününde 6.33 değerine ulaşmış, 16.günde 7.10 olarak belirlenmiştir.

Chomnawang vd (2007) araştırmalarında kedi balığı ve karabalık (*Clarias macrocephalus* ve *Clarias gariepinus*) hibrit filetolarını 4°C'de 15 gün depolamış ve pH değerlerini 0.gün 6.41±0.34, 6.gün 6.53±0.24 ve 9.gün 6.72±0.13 olarak belirlemiştir.

Yerlikaya vd (basımda) uskumru kıymalarında 0, 2, 5, 10 g/kg oranlarında MTGaz enzimi uygulamış ve buzdolabı sıcaklığında depolayarak kalite değişimini takip etmiştir. Başlangıç pH değeri 6.48±0.01 belirlenmiş olup, enzim konsantrasyonundaki artışla birlikte pH değişimi baskılanmıştır. Çalışmamızda MTGaz enzim çözeltileri konsantrasyondan bağımsız olarak pH değeri üzerinde etki göstermiş ve artışın önlenmesinde en etkin grup 7 birim enzim uygulaması olmuştur. Aynı zamanda depolama süresince balık eti pH değerinde görülen artış bir çok araştırmacı tarafından da desteklenmektedir.

4.2. Toplam uçucu bazik azot değerlerine ait bulgular

Uskumru filetolarına farklı konsantrasyonlarda MTGaz enzimi uygulaması ile kontrol grubunun $4\pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de depolanması esnasında meydana gelen toplam uçucu bazik azot (TVB-N) değerlerindeki değişikliklere ait analiz bulguları istatistiksel olarak incelenmiş ve değerlendirme sonuçları Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.4. Uskumru filetolarının TVB-N değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F
Uygulama grubu	4	50.841812	17.03**
Depolama süresi	4	2062.744972	690.75**
Uygulama grubu x depolama süresi	16	30.265487	10.13**
Hata	25	2.986256	

(**)p<0.01 düzeyinde önemli

(*) p<0.05 düzeyinde önemli

Farklı oranlarda MTGaz enzimi ve kontrol örneklerinden oluşan uygulama grupları ve depolama süresinin TVB-N değerini önemli ($p<0.01$) derecede etkilediği gözlemlenmiştir. Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ile TVB-N değerlerine ait ortalamalar arasındaki farklılıklar belirlenmiştir (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5. Uskumru filetolarının TVB-N değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

	TVB-N Değeri (mg/100g)
Uygulama Grubu	
Kontrol	23.30 a
T1	21.83 ba
T4	19.52 c
T7	17.43 d
T10	21.20 b
Depolama Süresi	
0. Gün	9.41 d
2. Gün	10.75 d
4. Gün	13.52 c
6. Gün	26.11 b
8. Gün	43.47 a

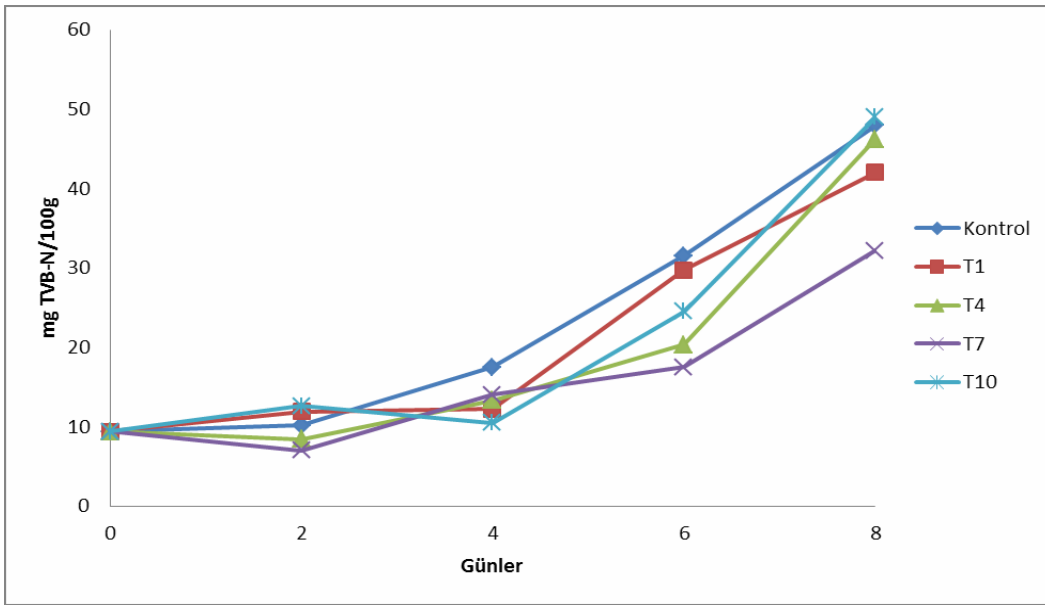
T1= 1u MTGaz; T4= 4u MTGaz; T7= 7u MTGaz; T10= 10u MTGaz

¹Aynı harflerle işaretlenen ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklı değildir.

Elde edilen verilere göre kontrol grubuna ait TVB-N değerlerinin diğer uygulama gruplarına göre en yüksek değerlerde olduğu ve istatistiksel olarak T1 örnekleri ile farklılık oluşturmadığı ancak diğer uygulama grupları ile arasında önemli derecede istatistiksel farklılık ($p<0.01$) olduğu görülmüştür. Bulgular doğrultusunda TVB-N

değerleri yüksekten en düşüğe doğru sıralandığında kontrol, T1, T10, T4, T7 şeklinde bir sonucun bulunduğu ve tüm enzim uygulama gruplarının kontrole göre istatistiksel olarak başarılı oldukları görülmüştür. Özellikle T7 uygulamasının en düşük değerlere sahip olduğu ve koruyucu etkiyi artırdığı tespit edilmiştir. Depolama esnasında uygulama gruplarının 9.41 mg/100g'dan başlayan TVB-N değerleri 2.günde istatistiksel olarak farklılık göstermemiştir. Depolamanın ilerleyen günlerinde bazik bileşiklerin artması ile paralel olarak TVB-N değerlerini değişikliğe uğrayıp 8.günde 43.47 mg/100g ile en yüksek değere ulaşmıştır.

Çizelge 4.6 ve Şekil 4.2'de verilen bulgular neticesinde depolamanın ilk gününde 9.41 ± 1.43 mg/100g olan TVB-N değeri, araştırmanın 4. ve 6.günlerinde tüm enzim uygulama grupları ile kontrol örnekleri kıyaslandığında daha düşük seviyelerde kalarak koruyucu etki sağladığı tespit edilmiştir.



T1= 1u MTGaz; T4= 4u MTGaz; T7= 7u MTGaz; T10= 10u MTGaz

Şekil 4.2. Uskumru filetolarının TVB-N değerleri

Çizelge 4.6. Uskumru filetolarının TVB-N (mg/100g) değerleri

Depolama günleri	K	T1	T4	T7	T10
0	9.41±1.43 ^{Wa}	9.41±1.43 ^{Za}	9.41±1.43 ^{Wa}	9.41±1.43 ^{Wa}	9.41±1.43 ^{Wa}
2	10.15±0.49 ^{Wbac}	15.75±2.47 ^{Zba}	8.40±3.96 ^{Wbc}	7.00±0.00 ^{Qc}	12.60±1.98 ^{Za}
4	17.50±1.98 ^{Za}	12.25±1.48 ^{Zb}	13.30±0.98 ^{Zb}	14.07±1.48 ^{Zba}	10.50±0.00 ^{WZb}
6	31.50±0.00 ^{Ya}	29.75±2.47 ^{Ya}	20.30±0.98 ^{Yc}	24.50±4.94 ^{Yb}	24.50±0.59 ^{Yb}
8	47.95±1.48 ^{Xa}	42.00±1.97 ^{Xb}	46.20±0.98 ^{Xa}	32.20±0.39 ^{Xc}	49.00±0.39 ^{Xa}

Değerler ortalama ± standart sapmayı ifade etmektedir.

Ortalamalara ait aynı satırda (a,b,c,d,e) ve aynı kolonda (X,Y,Z,W,Q) yer alan farklı harfler istatistiksel olarak önemlidir (p<0.01).

K=Kontrol, T1= 1u MTGaz; T4= 4u MTGaz; T7= 7u MTGaz; T10= 10u MTGaz

Balık ve diğer su ürünlerinin muhafaza süresine bağlı olarak depolama ile birlikte TVB-N değerinin arttığı bildirilmiştir. Genel olarak TVB-N değeri taze ürünlerde 5-20 mg/100g olarak kabul edilirken, kabul edilebilir sınır değerinin ise 30-40 mg/100g olduğu

belirtilmiştir (Özpolat ve Emirçoban 2012). Avrupa Birliği 1995'te balığın bozulma başlangıcındaki kabul edilebilir TVB-N limitinin 35 mg/100g olduğunu önermiştir. (Çetinkaya 2011)

Depolamanın ilk gününden itibaren giderek artış gösteren TVB-N değerleri incelenerek ortaya çıkan bulgular doğrultusunda depolamanın 8.gününde 4 uygulama grubunun 40 mg/100g'ın üzerinde değerlere ulaşarak tüketim sınırı olan 35 mg/100'ı aştığı, buna rağmen T7 örneklerinin 32.20±0.39 mg/100g değeri ile tüketilebilirlik sınırları içerisinde kaldığı gözlemlenmiştir.

TVB-N tayininin ürünlerin kalitesinin belirlenmesinde en çok kullanılan kimyasal yöntemlerden olduğu tarafından bildirilmiştir. TVB-N değerinin, taze ve dondurulmuş su ürünlerinin ilerlemiş bozulma aşamasında ortaya çıktığı ve değerleri destekleyen pH sonuçlarına da ihtiyaç duyulduğu yapılmış olan araştırmaların sonuçları göstermiştir (Çelik vd 2002). Depolama süresince TVB-N içeriğinin pH değişikliklerine de bağlı olabileceği belirtilmiştir (Chomnawang 2007). Çalışmamızda olduğu gibi depolama süresince TVB-N miktarına ait elde edilen bulgular pH değerindeki artışı doğrulayıcı yöndedir. Her iki analiz sonucuna göre T7 uygulamasında TVB-N değeri en düşük seviyede belirlenmiş ve pH artışı baskılanmıştır.

Berik ve Varlık (1999) yaptıkları araştırmada gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) filetolarını 4°C±1'de depolamış ve kalite değişimlerini takip etmiştir. TVB-N değerini 0. gün 3.4 mg/100g, 4.gün 5.7 mg/100g, 8.gün 16.9 mg/100g ve 16.gün 42.0 mg/100g olarak tespit etmişlerdir.

Chomnawang vd (2007) araştırmalarında kedi balığı ve karabalık (*Clarias macrocephalus* ve *Clarias gariepinus*) hibrit filetolarına ait TVB-N değerinin 9.gün 30 mg/100 g olduğunu tespit etmişlerdir.

Chouhan vd (2015) 4°C'de depolanmış tirs balığı (*Tenualosa ilisha*) filetoları üzerinde yaptıkları araştırmada kontrol grubuna ait TVB-N değerlerini 0.gün için 7.16±0.12 mg/100g, 5.gün için 10.64±0.31 mg/100g, 10.gün için 24.32±0.05 mg/100g olarak belirlemişlerdir.

Gümüş vd (2008) araştırmalarında 4°C'de vakum paketleyerek depoladıkları barbun (*Mullus barbatus*) balıklarının TVB-N değerini ilk gün 15.83±0.07 mg/100g, 5.gün için 28.94±0.06 mg/100g ve 9.gün için 39.54±0.39 mg/100g olarak tespit etmişlerdir.

MTGaz uygulanarak (0, 2, 5 ve 10 g/kg) 4°C'de depolanmış uskumru kıymalarının kontrol grubuna oranla TVB-N içeriğinin depolama süresince daha az artış gösterdiği tespit edilmiştir (Yerlikaya vd basımda).

Su ürünlerinin kalitesinin belirlenmesinde TVB-N değeri önemli bir kriter olup, birçok araştırmacı bozulmanın tespiti amacıyla bu veriden faydalanmaktadır. Başlangıç TVB-N içeriği, balık çeşitliliği, uygulanan doğal ya da sentetik koruyucular, uygulama yöntemleri gibi faktörler çalışmalarda elde edilen sonuçlar arasında farklılık olmasına yol açmaktadır.

4.3. Totox değerlerine ait bulgular

Soğukta ($4\pm 2^{\circ}\text{C}$) depolanmış uskumru filetolarıyla ilgili oksidasyon değerlerinin belirlendiği totox değerlerinin uygulama grubu ve depolama süresince gösterdiği değişime ait analiz bulguları istatistiksel olarak incelenmiş ve değerlendirme sonuçları 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Uskumru filetolarının totox değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	S.D.	K.O.	F
Uygulama grubu	4	36.4424520	45.14**
Depolama süresi	4	224.8786570	278.58**
Uygulama grubu x depolama süresi	16	21.6556907	26.83**
Hata	25	0.807242	

(**)p<0.01 düzeyinde önemli

(*) p<0.05 düzeyinde önemli

Elde edilen bulgular doğrultusunda uygulama grubu ve depolama süresinin totox değeri üzerinde istatistik olarak önemli ($p<0.01$) etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir.

Çeşitli uygulama gruplarındaki uskumruların totox değerleri istatistiksel analizlere tabii tutulmuş ve sonuçları Çizelge 4.8’de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Uskumru filetolarının Totox değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Uygulama Grubu	Totox Değeri (meq/kg)
Kontrol	17.70 a
T1	15.68 c
T4	15.84 b
T7	14.22 d
T10	12.36 e
Depolama Süresi	
0. Gün	9.71 e
2. Gün	11.40 d
4. Gün	15.14 c
6. Gün	19.10 b
8. Gün	20.69 a

T1= 1u MTGaz; T4= 4u MTGaz; T7= 7u MTGaz; T10= 10u MTGaz

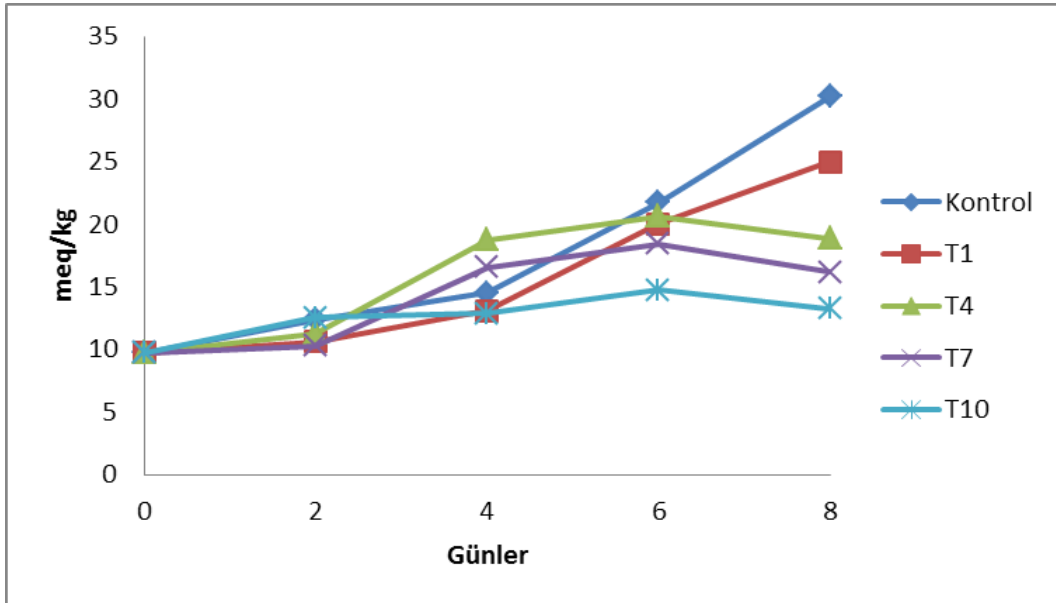
¹Aynı harflerle işaretlenen ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklı değildir.

Totox değeri lipidlerin oksidatif bozulmasını tespit etmek için kullanılmaktadır. Totox değerinin hesabının yapılabilmesi için paraanisidin (ikincil ürünleri) ve peroksit (birincil ürünler) değerlerinin ölçülmesi gerekmektedir (Çoban ve Can 2013).

Totox olarak isimlendirilen toplam oksidasyon değeri CRN (The Council for Responsible Nutrition, Uluslararası Beslenme Konseyi) tarafından standarta bağlanmış ve su ürünlerinin yağlı kompozisyona sahip olmasından dolayı yaygın olarak kullanılan kimyasal bir analiz yöntemidir. Oksidasyon sonucu peroksitler, aldehytler ve ketonlar oluşmaktadır. Bu bileşiklerin toplamı totox (toplam oksidasyon) değerini vermektedir. Balık yağında totox değeri 19.5 meq/kg'dan daha düşük tespit edilmişse balık yağının oksidasyon düzeyinin kabul edilebilir seviyelerde olduğu belirtilmiştir (Korkut vd 2007).

İstatistiksel analizlere tabii tutulan enzim uygulanmış uskumru filetolarının ve kontrol grubunun totox değerleri bulgularına göre; her uygulama grubu birbirinden istatistiksel olarak farklı ($p<0.01$) bulunmuştur. Sonuçlara göre ortalaması en düşük uygulama grubu 12.36 meq/kg ile T10 olup onu 14.22 meq/kg ile T7, 15.68 meq/kg ile T1, 15.84 meq/kg ile T4 izlemiş ve en yüksek uygulama grubu sonucuna sahip olan uygulama grubu 17.70 meq/kg ile kontrol olarak tespit edilmiştir. Dolayısıyla MTGaz enzim uygulamasının kontrol örneklerine göre daha başarılı olduğu ve lipid oksidasyonunun baskılanmasında etkili olduğu tespit edilmiştir. Depolama süresi boyunca totox değeri giderek artış göstermiş ve istatistiksel olarak önemli ($p<0.01$) fark gözlemlenmiştir. Depolama süresince farklı uygulama gruplarındaki uskumruların totox değerleri 9.71 meq/kg'dan başlamış ve artarak 20.69 meq/kg ile sonlanmıştır.

Depolamanın başlangıcında 9.71 ± 0.01 meq/kg değerinde olan totox değerleri her uygulama grubu için giderek artış göstermiştir. Kontrol örnekleri için totox değerleri 30.20 ± 0.27 meq/kg değerine ulaşarak sonlanmıştır. Buna karşın tüm MTGaz uygulama gruplarında ise 8.gün sonunda sırasıyla T1 örnekleri için 24.95 ± 1.44 meq/kg, T4 örnekleri için 18.88 ± 1.45 meq/kg, T7 örnekleri için 16.17 ± 0.45 meq/kg ve T10 örnekleri için 13.26 ± 1.07 meq/kg olarak tespit edilmiştir. Depolamanın tümü boyunca MTGaz konsantrasyonundaki artış, lipid oksidasyonunun baskılanmasına dolayısıyla totox değerinin daha düşük seviyelerde kalmasına sebep olmuştur (Çizelge 4.9 ve Şekil 4.3).



T1= 1u MTGaz; T4= 4u MTGaz; T7= 7u MTGaz; T10= 10u MTGaz

Şekil 4.3. Uskumru filetolarının totox değerleri

Çizelge 4.9. Uskumru filetolarının totox değerleri (meq/kg)

Depolama günleri	K	T1	T4	T7	T10
0	9.71±0.50 ^{Qa}	9.71±0.50 ^{Wa}	9.71±0.50 ^{Ya}	9.71±0.50 ^{Ya}	9.71±0.50 ^{Za}
2	12.36±0.26 ^{Wa}	10.63±0.31 ^{Wba}	11.27±0.51 ^{Yba}	10.24±1.26 ^{Yb}	12.52±0.98 ^{Ya}
4	14.50±0.81 ^{Zc}	13.10±0.48 ^{Zd}	18.73±0.19 ^{Xa}	16.53±0.08 ^{Xb}	12.85±0.62 ^{YXd}
6	21.73±1.39 ^{Ya}	20.01±1.35 ^{Ya}	20.62±1.64 ^{Xa}	18.44±1.45 ^{Xa}	14.71±0.53 ^{Xb}
8	30.20±0.27 ^{Xa}	24.95±1.44 ^{Xb}	18.88±1.45 ^{Xc}	16.17±0.45 ^{Xc}	13.26±1.07 ^{YXd}

Değerler ortalama ± standart sapmayı ifade etmektedir.

Ortalamalara ait aynı satırda (a,b,c,d,e) ve aynı kolonda (X,Y,Z,W,Q) yer alan farklı harfler istatistiksel olarak önemlidir (p<0.01).

K=Kontrol, T1= 1u MTGaz; T4= 4u MTGaz; T7= 7u MTGaz; T10= 10u MTGaz

Fattouch vd (2008)'de yaptıkları araştırmada uskumru (*Scomber scombrus*) filetolarına ayva (*Cydonia oblonga*) ekstraktı uygulamış ve +4°C'de 11 gün depolama sonucunda peroksit değerlerini şu şekilde elde etmiştir: su uyguladıkları filetolarda en yüksek yaklaşık 14 meq/kg tespit etmiş, 1/10 sulandırılmış örnekler için 10 meq/kg, 1/5 sulandırılmış örnekler içinse 5 meq/kg olarak belirlemiştir.

Çoban ve Can (2013) yaptıkları araştırmada gökkuşağı alabalıklarını (*Oncorhynchus mykiss*) dumanlama yöntemiyle işleyerek 4°C'de depolamış ve kontrol grubu için 0.gün 7.35 meq/kg, 7.gün 11.48 meq/kg, ve 14.gün 18.78 meq/kg 21.gün 28.56 meq/kg ve 28.günde 41.09 meq/kg olarak tespit etmişlerdir.

Rodriguez-Turienzo vd (2013) araştırmalarında peyniraltı suyu protein izolatu ve kazeinat olmak üzere iki tip gruba (%8 protein w/w + distile su ile 30 dk 20°C'de karıştırarak) ultrasonik uygulama, ısı işlem ve 10 birim/g MTGaz enzimi eklenmiş izolat ve kazeinat içerikli filmler ile *Salmo salar* filetolarını kaplayarak -10°C'de 4 ay boyunca depolamışlardır. Elde ettikleri sonuca göre MTGaz uygulamasının lipid oksidasyonunu baskıladığını tespit etmişlerdir.

Yerlikaya vd (2014) araştırmalarında uskumru (*Scomber scombrus*) balıklarından elde edilmiş kıyma örneklerine çeşitli oranlarda (2 g/kg, 5 g/kg, 10 g/kg) MTGaz enzimi ilave etmişlerdir. Depolamasının 8 gün sürdüğü ve 4°C'de örneklerin muhafaza edildiği araştırmada, MTGaz ilavesinin lipid oksidasyonunun baskılanmasında etkili olduğu sonucuna varmışlardır.

4.4. Mikrobiyolojik analiz bulguları

Yüksek besin değerine sahip olan su ürünleri mikrobiyal bozulmalara karşı çok duyarlıdır. Taze balık etlerinde otolitik aktivite ve pH kırmızı etlere göre daha yüksek olduğundan, bu ürünlerde enzimatik ve bakteriyel bozulma daha fazla meydana gelmektedir. Canlı balığın florası içinde yaşadığı suyun mikrobiyal içeriğine bağlı olarak değişmektedir. Balık ve diğer su ürünleri buldukları suda yer alan mikroorganizmaların yanı sıra, taşıma ve işleme sırasında bulaşabilecek birçok mikroorganizmayı da içermektedir (Çaklı ve Kışla 2003).

Balıklarda bozulma, avlama sırasında başlamaktadır. Balıkta bulunan mikroorganizma yükü ve cinsi; avlama sezonu, avlama bölgesi, su kirliliği, sıcaklık, avlama metodu, saklama koşulları, taşıma ve işleme şekli gibi birçok faktörden

etkilenmektedir. (Kocatepe vd 2013). Canlı balık kaslarındaki mikroorganizma kompozisyonunun; deri, mukus, ağız, bağırsak durumu ve balığın türü, su sıcaklığı, tuzluluğu, çözünmemiş oksijen, çevresel kirlenme, yemleme, stress gibi etmenlerle alakalı olduğu belirtilmiş ve balığın ölümüyle birlikte balığın içinin temizlenmesi, fileto çıkartılması işlemleri sırasında endojen mikroorganizmaların eti kontamine edebileceği ifade edilmiştir (Ananou vd 2014). Fileto çıkarma işlemi boyunca içilebilir nitelikte akan suyun varlığı iç organlardan gelen mikroorganizmaların uzaklaştırılmasında etkili olmaktadır (Çaklı ve Kışla 2003). Ayrıca son kontaminasyon olarak ürünün bulunduğu çevre ve insan teması ile mikroorganizma kontaminasyonu nihai boyuta ulaşmaktadır. Mikrobiyal gelişme gıdaların duyuşal özelliklerini (renk, tekstür, koku ve tat) etkileyerek tüketiciler açısından kabul edilemez bir hale getirmektedir (Ananou vd 2014).

Balıklarda bozulmaya genellikle balık yüzeyindeki kaygan tabaka ve barsaklarda bulunan doğal flora neden olmaktadır. Bozulmaya neden olan hakim flora balığın bekletildiği sıcaklığa göre değişkenlik göstermektedir (Çaklı ve Kışla 2003). Soğuk muhafaza koşullarında mikrobiyal aktivite yavaşlatılabilmekte; fakat tamamen durdurulamamaktadır (Kocatepe vd 2013).

4.4.1. Toplam mezofilik aerobik bakteri (TMAB) değ erlerine ait bulgular

İşlem görmemiş ve çeşitli konsantrasyonlarda MTGaz enzimi uygulanmış uskumru filetolarının 4°C’de depolanması sırasındaki toplam mezofilik aerobik bakteri (TMAB) değ erlerine ait analiz bulguları istatistiksel olarak incelenmiş ve değ erlendirme sonuçları Çizelge 4.10’da verilmiştir.

Çizelge 4.10. Uskumru filetolarının TMAB değ erlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	S.D.	K.O.	F
Uygulama grubu	4	2.6774970	180.96**
Depolama süresi	4	43.3392120	2929.12**
Uygulama grubu x depolama süresi	16	0.2441620	16.50**
Hata	25	0.014796	

(**)p<0.01 düzeyinde önemli

(*) p<0.05 düzeyinde önemli

Ortaya çıkan bulgulara göre enzim uygulamalarının TMAB değ eri üzerinde istatistik olarak önemli (p<0.01) etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Depolama süresinin de TMAB değ erlerindeki değ işime etkisinin önemli (p<0.01) olduğu görülmüştür.

Çeşitli uygulama gruplarındaki uskumruların TMAB değ erlerine Çoklu Karşılaştırma Testi uygulanmış ve sonuçları Çizelge 4.11’de verilmiştir.

Çizelge 4.11. Uskumru filetolarının TMAB değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

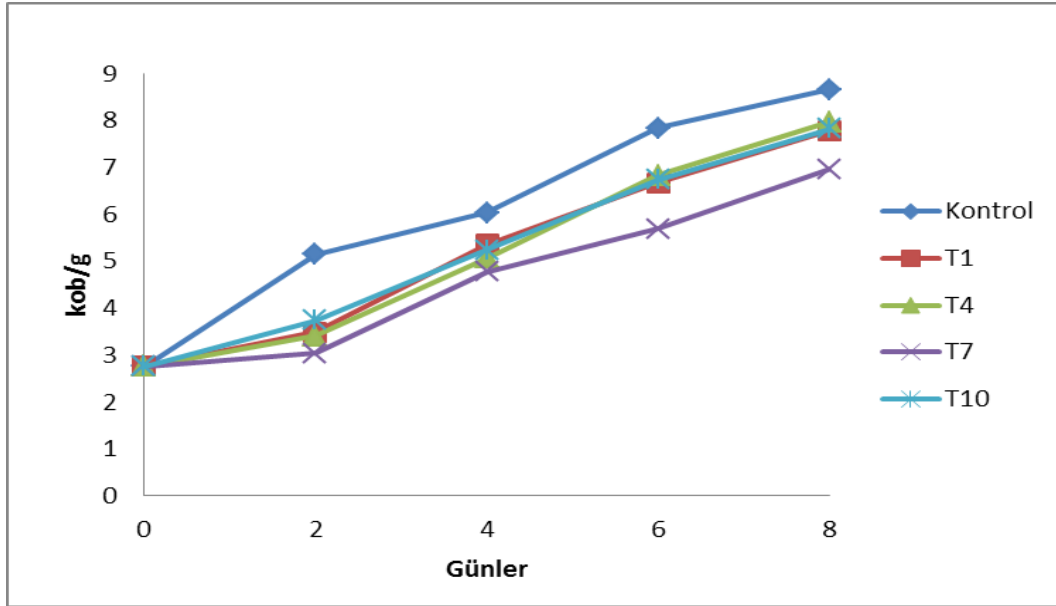
Uygulama Grubu	TMAB Değeri (kob/g)
Kontrol	6.08 a
T1	5.20 b
T4	5.21 b
T7	4.64 c
T10	5.25 b
Depolama Süresi	
0. Gün	2.76 e
2. Gün	3.76 d
4. Gün	5.28 c
6. Gün	6.75 b
8. Gün	7.83 a

T1= 1u MTGaz; T4= 4u MTGaz; T7= 7u MTGaz; T10= 10u MTGaz

¹Aynı harflerle işaretlenen ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklı değildir.

İstatistiksel analizlere tabi tutulan 5 farklı uygulama grubunun TMAB değerleri Çizelge 4.11’de verilmiştir. Bulgular doğrultusunda; Kontrol grubuna ait TMAB değerinin istatistiksel olarak diğer uygulama gruplarından önemli ($p<0.01$) derecede farklılık göstererek en yüksek değerlere sahip olduğu tespit edilmiştir. T1, T4 ve T10 uygulama grupları arasında istatistiksel olarak herhangi bir fark bulunmadığı belirlenmiştir bunun yanı sıra T7 uygulama grubu tüm uygulama grupları arasında en düşük TMAB değerlerine sahip olmuş ve diğer uygulama gruplarına oranla mikrobiyolojik gelişimin baskılanması yönünde başarılı olduğu görülmüştür. Depolama süresince farklı uygulama gruplarındaki uskumruların TMAB değerleri 2.76 kob/g’den başlamış ve artarak 7.83 kob/g’da sonlanmıştır. İki günde bir gerçekleştirilen mikrobiyolojik analizler neticesinde TMAB bulgularında meydana gelen değişim istatistiksel açıdan önemli ($p<0.01$) bulunmuştur. Oğuzhan ve Angiş (2012) gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) filetolarını kuru tuzlama, salamura tuzlama, vakum paketlenme ve modifiye atmosfer paketlenme işlemlerini kombine kullanarak 4°C’de depolamışlardır. Alabalık filetolarının başlangıç TMAB değeri 3.12 kob/g olarak tespit etmiş olup, vakum paketlenmiş ve modifiye atmosfer paketlenmiş kontrol grubu filetolarında raf ömrünü sırasıyla 10 gün (10.24 kob/g) ve 15 gün (9.94 kob/g) ile sınırlamışlardır.

Depolamanın ilk gününde 2.76 ± 0.15 kob/g olan TMAB değeri 8.günde en yüksek değer olan ve kontrole ait 8.66 ± 0.06 kob/g ile sonlanmıştır. Ayrıca elde edilen bulgular doğrultusunda tüm enzim uygulama gruplarının kontrol grubuna göre daha başarılı oldukları tespit edilmiştir. Depolamanın tümünde T7 uygulama grubunun tüm uygulama grupları arasında en düşük değerlere sahip olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.12 ve Şekil 4.4).



T1= 1u MTGaz; T4= 4u MTGaz; T7= 7u MTGaz; T10= 10u MTGaz

Şekil 4.4. Uskumru filetolarının TMAB değerleri

Çizelge 4.12. Uskumru filetolarının TMAB değerleri (kob/g)

Depolama günleri	K	T1	T4	T7	T10
0	2.76±0.15 ^{Qa}	2.76±0.15 ^{Qa}	2.76±0.15 ^{Qa}	2.76±0.15 ^{Qa}	2.76±0.15 ^{Qa}
2	5.14±0.06 ^{Wa}	3.49±0.10 ^{Wc}	3.40±0.09 ^{Wc}	3.03±0.05 ^{Wd}	3.74±0.01 ^{Wb}
4	6.03±0.04 ^{Za}	5.35±0.05 ^{Zb}	5.06±0.09 ^{Zc}	4.77±0.06 ^{Zd}	5.23±0.07 ^{Zcb}
6	7.84±0.05 ^{Ya}	6.67±0.28 ^{Yb}	6.83±0.19 ^{Yb}	5.69±0.12 ^{Yc}	6.74±0.19 ^{Yb}
8	8.66±0.06 ^{Xa}	7.77±0.05 ^{Xb}	7.97±0.00 ^{Xb}	6.96±0.03 ^{Xc}	7.82±0.15 ^{Xb}

Değerler ortalama ± standart sapmayı ifade etmektedir.

Ortalamalara ait aynı satırda (a,b,c,d,e) ve aynı kolonda (X,Y,Z,W,Q) yer alan farklı harfler istatistiksel olarak önemlidir (p<0.01).

K=Kontrol, T1= 1u MTGaz; T4= 4u MTGaz; T7= 7u MTGaz; T10= 10u MTGaz

Cai vd (2014) araştırmalarında 0°C'de depoladıkları japon deniz levreği (*Lateolabrax japonicas*) filetolarının mezofilik bakterilerin değerlerini ölçerek, 0.gün 3.35±0.11 kob/g, 4.gün 3.60±0.15 kob/g ve 8.gün 4.22±0.12 kob/g olarak bulmuştur.

Vakum paketlenerek depolanmış olan barbun (*Mullus barbatus*) balıklarının TMAB sayımları ilk gün 3.16±0.04 kob/g belirlenmiş olup, 9.gün de 7.77±0.04 kob/g değerine ulaşmıştır (Gümüş vd 2008).

Chouhan vd (2015) yaptıkları araştırmada 4°C'de depolanmış tırsi balığı (*Tenualosa ilisha*) filetolarının kontrol grubuna ait toplam mikrobiyal yükü 10.günde 7.32 ± 0.05 kob/g olarak tespit etmiş ve buzdolabında depolanmış su ürünlerinin mikrobiyal kabul limitinin 7 kob/g olduğunu ifade etmiştir.

Bozulmaya yol açan bakteriler, yüksek pH'lı etlerde daha aktiftir (Şengör ve ark. 2000). Çalışmamızda T7 uygulamasına maruz bırakılan uskumru filetolarının pH değerleri en düşük değerlere sahip olmuş, benzer şekilde TMAB gelişimi de en az T7

uygulanmasında tespit edilmiştir. Kontrol grubu ise depolamanın 2.gününden itibaren yüksek değerler göstermiştir. MTGaz uygulamasının TMAB değerlerinin baskılanmasında etkin olduğu görülmektedir.

4.4.2. Toplam psikrofilik aerobik bakteri (TPAB) değerlerine ait bulgular

MTGaz enzimi uygulanmış uskumru filetolarının 4°C’de depolanması sırasındaki pH değerlerine ait analiz bulguları istatistiksel olarak incelenmiş ve değerlendirme sonuçları Çizelge 4.13’te verilmiştir.

Çizelge 4.13. Uskumru filetolarının TPAB değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	S.D.	K.O.	F
Uygulama grubu	4	9.9552400	269.47**
Depolama süresi	4	140.7322600	3809.34**
Uygulama grubu x depolama süresi	16	9.4494000	63.94**
Hata	25	0.0092360	

(**)p<0.01 düzeyinde önemli

(*) p<0.05 düzeyinde önemli

Elde edilen bulgular doğrultusunda enzim uygulamalarının TPAB değeri üzerinde istatistiksel açıdan önemli(p<0.01) etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, depolama süresinin de TPAB değerlerindeki değişime etkisinin önemli(p<0.01) olduğu görülmüştü

İstatistiksel farklılığın önemlibulunması üzerine uskumru örneklerineait TPAB değerlerine Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi uygulanarak, sonuçları Çizelge 4.14’de verilmiştir.

Ette bozulma etmeni olan bakteriler, Gram negatif aerobik ve psikrofil Pseudomonas, Moraxella, Acinetobacter, Aeromonas, Alcaligenes ve fakültatif anaerobik Alteromonas’dır. Bu mikroorganizmalar ette üremeleri sırasında fermentatif olarak karbonhidrat, yağ ve proteinleri parçalamakta ve bu parçalanma protein içeren gıda ürünlerinin tat ve kokularında değişmeye yol açmaktadırlar (Çıtak vd 2010).

İstatistiksel analizlere tabi tutulan farklı uygulama gruplarına ait TPAB bulguları Çizelge 4.14’te verilmiştir. Elde edilen veriler doğrultusunda; T7 uygulama grubunun TPAB değerlerinin istatistiksel olarak diğer uygulama gruplarından önemli(p<0.01) farka sahip olduğu ve en düşük değerler gösterdiği tespit edilmiştir. Buna ek olarak T7 uygulama grubundan hemen sonra değerler düşükten yükseğe göresırasıyla T1, T4, T10 ve kontrol şeklinde sıralanmıştır. İstatistiksel olarak uygulama grupları arasında önemli (p<0.01) farka sahip ve en yüksek değerlerin kontrole ait olduğu tespit edilmiştir. Depolama süresince değişikliğe uğrayan uygulama gruplarının değerleri her iki günde bir yapılan analizlerle tespit edilmiştir. TPAB değerleri giderek artış göstermişve 6.85 kob/g ile nihai değerlere ulaşılmıştır. Tüm istatistiksel veriler gözönün alındığında, enzim uygulamasının kontrol uygulama grubuna nazaran önemlidüzeyde farklı (p<0.01) ve TPAB gelişiminin baskılanmasında başarılı olduğu tespit edilmiştir.

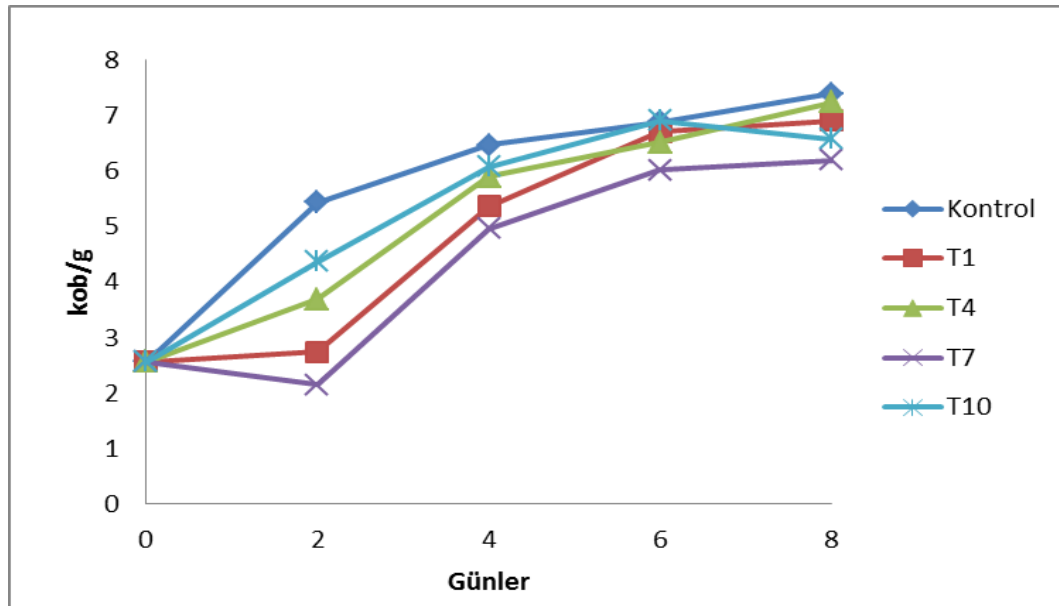
Çizelge 4.14. Uskumru filetoalarının TPAB değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

	TPAB Değeri (kob/g)
Uygulama Grubu	
Kontrol	5.74 a
T1	4.84 d
T4	5.17 c
T7	4.40 e
T10	5.28 b
Depolama Süresi	
0. Gün	2.59 e
2. Gün	3.67 d
4. Gün	5.74 c
6. Gün	6.59 b
8. Gün	6.85 a

T1= 1u MTGaz; T4= 4u MTGaz; T7= 7u MTGaz; T10= 10u MTGaz

¹Aynı harflerle işaretlenen ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklı değildir.

Depolamanın başlangıcında 2.56 ± 0.05 kob/g değerine sahip olan TPAB örnekleri, iki günde bir yapılan analizler sonucunda değişikliğe uğramış ve 8.günde en yüksek değer olan kontrole ait 7.39 ± 0.02 kob/g ile sonlanmışır. Depolama süresince 2.günde en düşük değerlere dolayısıyla en az bozulmaya uğrayan T7 örnekleri depolamanın tümünde aynı kararlılığı sürdürmüş ve tüm örnekler arasında mikrobiyolojik gelişimin baskılanması açısından en başarılı bulunmuştur (Çizelge 4.15 ve Şekil 4.5.).



T1= 1u MTGaz; T4= 4u MTGaz; T7= 7u MTGaz; T10= 10u MTGaz

Şekil 4.5. Uskumru filetoalarının TPAB değerleri

Çizelge 4.15. Uskumru filetolarının TPAB değerleri (kob/g)

Depolama günleri	K	T1	T4	T7	T10
0	2.56±0.05 ^{Qa}	2.56±0.05 ^{Za}	2.56±0.05 ^{Qa}	2.56±0.05 ^{Za}	2.56±0.05 ^{Qa}
2	5.54±0.05 ^{Wa}	2.73±0.05 ^{Zd}	3.68±0.02 ^{Wc}	2.15±0.21 ^{We}	4.36±0.02 ^{Wb}
4	6.46±0.03 ^{Za}	5.35±0.11 ^{Yd}	5.89±0.02 ^{Zc}	4.96±0.04 ^{Ye}	6.06±0.01 ^{Zb}
6	6.88±0.05 ^{Ya}	6.69±0.06 ^{Xb}	6.51±0.04 ^{Yc}	6.01±0.03 ^{Xd}	6.89±0.03 ^{Xa}
8	7.39±0.02 ^{Xa}	6.90±0.26 ^{Xbc}	7.23±0.00 ^{Xba}	6.19±0.05 ^{Xd}	6.57±0.15 ^{Yc}

Değerler ortalama ± standart sapmayı ifade etmektedir.

Ortalamalara ait aynı satırda (a,b,c,d,e) ve aynı kolonda (X,Y,Z,W,Q) yer alan farklı harfler istatistiksel olarak önemlidir (p<0.01).

K=Kontrol, T1= 1u MTGaz; T4= 4u MTGaz; T7= 7u MTGaz; T10= 10u MTGaz

Yerlikaya vd (basımda) uskumru kıymalarında 0, 2, 5, 10 g/kg oranlarında MTGaz enzimi uygulamış ve buzdolabı sıcaklığında depolayarak kalite değişimini takip etmiştir. Başlangıç TPAB değeri 2.57±0.09 kob/g olarak belirlenmiş olup, soğuk depolamanın sonunda en yüksek değerler kontrol örneklerinde 6.37±0.10 kob/g olarak ve en düşük değerleri ise 10 g/kg MTGaz uygulanan örneklerde 4.46±0.11 kob/g olarak tespit etmişlerdir.

Psikrofil mikroorganizmaların 10⁷ veya 10⁸ kob/g seviyesine ulaştığında balığın bozulmuş olarak kabul edileceği bildirilmiştir (Ekici vd 2011). Aynı şekilde, ICMSF (1978)'e göre taze ve buzdolabında depolanmış su ürünlerinin mikrobiyal değerlerine ait üst kabul limiti 7 log kob/g olarak belirtilmiştir (Chouhan vd 2015). Amanatidou vd (2000) bildirdiğine göre 2-8°C'de depolanan su ürünlerinin ortalama limitlerinin 1 hafta olduğu ifade edilmektedir. Çalışmamızda depolama süresinin sonu olan 8.günde kontrol ve T4 gruplarında 10⁷ kob/g seviyesi aşılmış olup, özellikle T7 uygulaması 6.19±0.05 kob/g değeri ile düşük seviyelerde yer almıştır.

Ortaya çıkan sonuçlar doğrultusunda çalışmamızda MTGaz uygulamasının TPAB değerlerinin azaltılmasına yardımcı olduğu ve T7 örneklerinin en düşük sonuçlarla depolama süresini tamamladığı gözlemlenmiştir.

4.4.3. Koliform bakteri değerlerine ait bulgular

Farklı konsantrasyonlara sahip MTGaz enzimi uygulanmış ve işlem görmemiş çeşitli uygulama gruplarının 4±2°C'de depolanması sırasındaki koliform değerlerine ait analiz bulguları istatistiksel olarak incelenmiştir. Ortaya çıkan sonuçlar ışığında koliform değeri üzerinde uygulama gruplarının istatistiksel açıdan önemli (p<0.01) etkiye sahip olduğu, ayrıca depolama süresinin de koliform değerlerindeki değişime etkisinin önemli (p<0.01) olduğu gözlemlenmiş ve değerlendirme sonuçları Çizelge 4.16'da verilmiştir.

Çizelge 4.16. Uskumru filetolarının koliform değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	S.D.	K.O.	F
Uygulama grubu	4	1.67084800	128.23**
Depolama süresi	4	15.49122300	1188.89**
Uygulama grubu x depolama süresi	16	0.18438800	14.15**
Hata	25	0.01303000	

(**)p<0.01 düzeyinde önemli

(*) p<0.05 düzeyinde önemli

Çeşitli uygulama gruplarına ait uskumru örneklerinin koliform değerleri İstatistiksel analizlere tabii tutulmuş ve sonuçları Çizelge 4.17’de verilmiştir.

Çizelge 4.17. Uskumru filetolarının koliform değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

	Koliform Değeri (kob/g)
Uygulama Grubu	
Kontrol	3.44 a
T1	3.19 b
T4	3.04 c
T7	2.37 d
T10	3.25 b
Depolama Süresi	
0. Gün	1.62 e
2. Gün	2.22 d
4. Gün	2.89 c
6. Gün	3.85 b
8. Gün	4.73 a

T1= 1u MTGaz; T4= 4u MTGaz; T7= 7u MTGaz; T10= 10u MTGaz

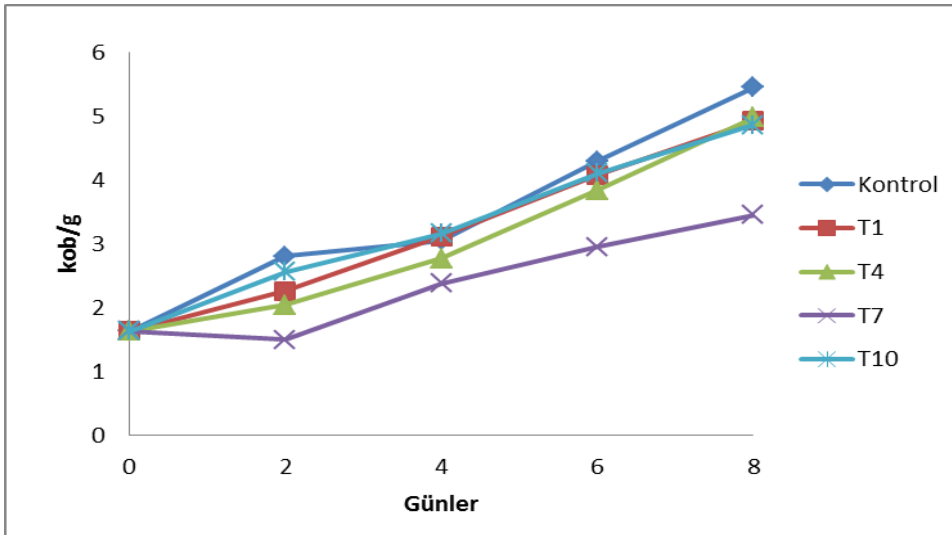
¹Aynı harflerle işaretlenen ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklı değildir.

Enterobacteriaceae içinde yer alan ve ailenin genel özelliklerini taşıyan, 35-37°C’de 48 saat içinde laktozdan gaz ve asit oluşturan bakteriler koliform grup olarak tanımlanmaktadır. Bu grubu oluşturan bakteriler pek çok gıda maddesinde mikrobiyolojik kalite göstergesi olarak aranmaktadır (Taştumur ve Halkman 2014). Çiğ et ya da pişirilmemiş gıdalar büyük sıklıkla içlerinde *Escherichia coli*’nin de dahil olduğu koliform organizmaları içermektedir. Koliform bakteri işlenmemiş birçok hayvansal ürünün doğal florasında bulunabilmektedir (Patır vd 2010).

İnsan ve hayvanların bağırsaklarında yaşayan *E.coli* gıda hijyeninde indikatör mikroorganizma olarak kabul edilmekte ve gıdalarda bulunması halinde fekal bir kontaminasyon olduğu düşünülmektedir.

İstatistiksel analizlere tabii tutulan çeşitli uygulama gruplarına ait koliform bulguları Çizelge 4.17’de verilmiştir. Ortaya çıkan bulgular ışığında; T1 ve T10 uygulama grupları arasında istatistiksel olarak bir fark bulunmamıştır. Bunun yanı sıra tüm uygulama grupları arasında en düşük değerlere ve istatistiksel olarak önemli ($p<0.01$) farka sahip olduğu gözlemlenen örnekler T7 uygulama grubuna aittir. En yüksek değerlere sahip uygulama grubu ise kontrol olarak belirlenmiş ve dolayısıyla tüm enzim uygulama gruplarının koliform grubu mikroorganizmaların baskılanmasında başarılı olduğu tespit edilmiştir. Depolama süresince 1.62 kob/g değerinden başlayıp 4.73 kob/g değerinde sonlanan ve 8. gün boyunca her iki günde bir analize tabii tutulan uygulama grupları istatistiksel olarak önemli ($p<0.01$) değişimler göstermiştir.

Çizelge 4.18 ve Şekil 4.6. incelendiğinde; Kontrol örneklerinin 5.45 ± 0.05 kob/g değeri ile uygulamanın son gününde en yüksek değere sahip uygulama grubu olduğu gözlemlenmiştir. T7 örneklerinin istikrarlı biçimde tüm diğer uygulama gruplarından düşük sonuçlara sahip olarak başarılı sonuç verdiği gözlemlenmiştir



T1= 1u MTGaz; T4= 4u MTGaz; T7= 7u MTGaz; T10= 10u MTGaz

Şekil 4.6. Uskumru filetolarının koliform bakteri değerleri

Çizelge 4.18. Uskumru filetolarının koliform değerleri (kob/g)

Depolama günleri	K	T1	T4	T7	T10
0	1.62±0.00 ^{Qa}	1.62±0.00 ^{Qa}	1.62±0.00 ^{Qa}	1.62±0.00 ^{Wa}	1.62±0.00 ^{Qa}
2	2.80±0.07 ^{Wa}	2.26±0.26 ^{Wbc}	2.03±0.05 ^{Wc}	1.50±0.28 ^{Wd}	2.56±0.02 ^{Wba}
4	3.05±0.01 ^{Zba}	3.11±0.08 ^{Za}	2.77±0.10 ^{Zb}	2.38±0.24 ^{Zc}	3.16±0.02 ^{Za}
6	4.29±0.11 ^{Ya}	4.07±0.01 ^{Ya}	3.84±0.08 ^{Yb}	2.95±0.10 ^{Yc}	4.10±0.07 ^{Ya}
8	5.45±0.05 ^{Xa}	4.92±0.01 ^{Xb}	4.97±0.09 ^{Xb}	3.45±0.05 ^{Xc}	4.85±0.18 ^{Xb}

Değerler ortalama ± standart sapmayı ifade etmektedir.

Ortalamalara ait aynı satırda (a,b,c,d,e) ve aynı kolonda (X,Y,Z,W,Q) yer alan farklı harfler istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.01$).

K=Kontrol, T1= 1u MTGaz; T4= 4u MTGaz; T7= 7u MTGaz; T10= 10u MTGaz

Gümüş vd (2008) araştırmalarında 4°C’devakum paketleyerek depoladıkları Barbun (*Mullus barbatus*) balıklarının koliform değerini 1.gün için 2.73±0.01 kob/g, 3.gün için 3.19±0.04 kob/g, 5.gün için 3.68±0.14 kob/g, 7.gün için 4.76±0.07 kob/g, 9.gün için 4.93±0.01 kob/g ve 11.gün için 5.98±0.05 kob/g olarak tespit etmişlerdir.

Yerlikaya vd (basımda) buzdolabı sıcaklığında depoladıkları uskumru kıymalarında 0, 2, 5, 10 g/kg oranlarında MTGaz enzimi uygulamış ve kalite değişimini gözlemlemiştir. MTGaz uygulamasının özellikle 5 g/kg ve 10 g/kg uygulanmış örneklerde konsantrasyon artışına paralel olarak koliform bakteri üremesini geciktirdiğini tespit etmişlerdir.

Ayrıca çalışmamızda MTGaz enzimi uygulanmış gruplar kontrol örneklerine göre daha düşük koliform bakteri sonuçları vermiş ve özellikle T7 uygulama grubunun en düşük sonuçlara sahip olduğu tespit edilmiştir.

4.4.4. Maya - küf değerlerine ait bulgular

MTGaz enzimi püskürtülerek kaplanmış ve işlem görmemiş uskumru filetoları soğukta depolanmış ve maya-küf değerleri tespit edilmiştir. Elde edilen bulgulara ait istatistiksel değerlendirmeler Çizelge 4.19’da sunulmuştur.

Çizelge 4.19. Uskumru filetolarının maya-küf değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	S.D.	K.O.	F
Uygulama grubu	4	11.0852930	133.23**
Depolama süresi	4	25.1506930	3210.25**
Uygulama grubu x depolama süresi	16	0.4397580	53.98**
Hata	25	0.0081460	

(**)p<0.01 düzeyinde önemli

(*) p<0.05 düzeyinde önemli

Maya-küf değerlerinin değişimi üzerine hem MTGaz enzimi uygulaması hem de depolama süresi önemli (p<0.01) düzeyde etkili bulunmuştur. Tespit edilen farklılıkların değerlendirilmesi amacıyla uskumru filetolarına ait maya-küf değerlerine Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi uygulanarak, sonuçları Çizelge 4.20’de verilmiştir.

Küflerin birçoğu, mikotoksin oluşturmaları ve patojen olmaları nedeni ile gıda kontrolünde önemli bir yer tutmaktadırlar. Küfler oldukça geniş sıcaklık aralığında gelişebildikleri için özellikle gıdaların depolanmaları sırasında gelişerek toksin oluşturmaktadırlar (Mukan ve Evliya 2002). Küf mikroorganizmaları su ürünlerinde normal flora içerisinde bulunmazlar. Bu mikroorganizmalar genellikle toprak orijinli olup, balıkların avlandığı anda sudan, veya avlanma sonrası kullanılan alet ve malzemelerden bulaştığı bilinmektedir (Patır vd 2010) .

Çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre çeşitli uygulama gruplarına ait maya-küf bulguları Çizelge 4.20’de verilmiştir.

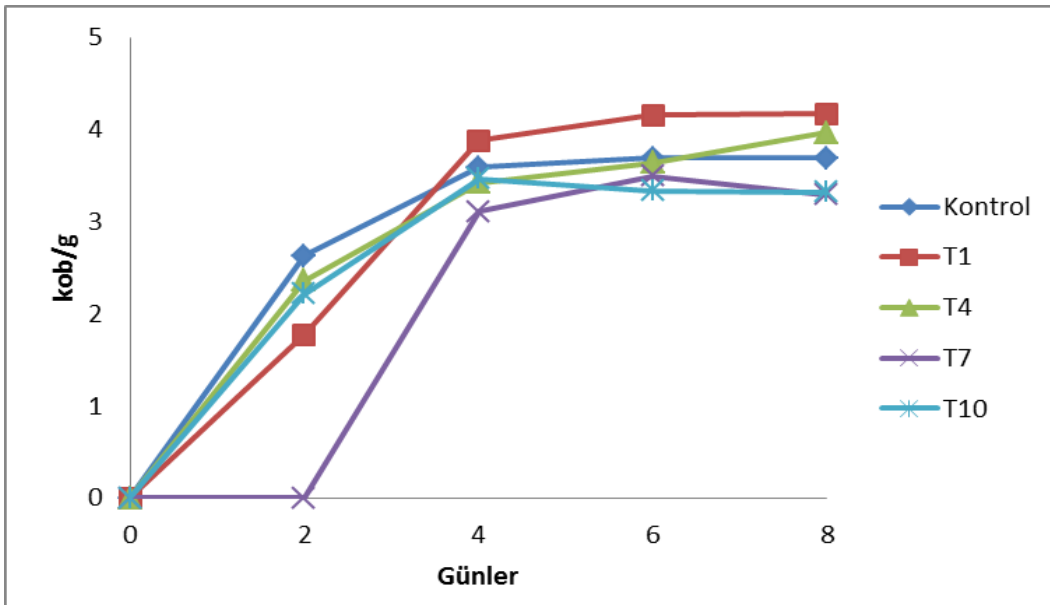
Çizelge 4.20. Uskumru filetolarının maya-küf değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

	Maya-Küf Değeri (kob/g)
Uygulama Grubu	
Kontrol	2.71 ba
T1	2.79 a
T4	2.67 b
T7	1.97 d
T10	2.46 c
Depolama Süresi	
0. Gün	0.00 d
2. Gün	1.79 c
4. Gün	3.48 b
6. Gün	3.65 a
8. Gün	3.68 a

T1= 1u MTGaz; T4= 4u MTGaz; T7= 7u MTGaz; T10= 10u MTGaz

¹Aynı harflerle işaretlenen ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklı değildir.

Elde edilen bulgular ışığında; en düşük sonuçlara sahip ve istatistiksel olarak tüm diğer uygulama gruplarından önemli derecede farklı ($p < 0.01$) bulunan uygulama grubu T7 olarak belirlenmiştir. Ortaya çıkan bulgular T1 uygulama grubunun en yüksek değerlere sahip uygulama grubu olduğunu göstermektedir. Depolama süresi boyunca değişim gösteren maya-küf içerikleri, depolamanın son iki gününde istatistiksel olarak önemli bir fark göstermemiştir. Depolamanın başlangıcında tespit edilemeyen maya-küf bulguları, T7 uygulama grubu için 2.günde de belirlenememiştir (Şekil 4.7).



T1= 1u MTGaz; T4= 4u MTGaz; T7= 7u MTGaz; T10= 10u MTGaz

Şekil 4.7. Uskumru filetolarının maya-küf değerleri

Depolama boyunca kontrol örneklerine göre daha yüksek sonuçlar veren T1 örneklerinin bu durumunun sebebinin ise enzim uygulamasının düşük miktarda olması ve enzimin püskürtülmesi sonucu uskumru filetolarının yüzeyinin ıslak kalmış olması ve enzim miktarının düşük kalarak etkinlik gösterememesi olduğu düşünülmektedir (Çizelge 4.21).

Çizelge 4.21. Uskumru filetolarının maya-küf değerleri (kob/g)

Depolama günleri	K	T1	T4	T7	T10
0	0.00±0.00 ^{Za}	0.00±0.00 ^{Wa}	0.00±0.00 ^{Qa}	0.00±0.00 ^{Ya}	0.00±0.00 ^{Za}
2	2.62±0.03 ^{Ya}	1.77±0.10 ^{Zc}	2.36±0.11 ^{Wb}	0.00±0.00 ^{Yd}	2.21±0.02 ^{Yb}
4	3.58±0.19 ^{Xba}	3.87±0.15 ^{Ya}	3.42±0.03 ^{Zb}	3.10±0.09 ^{Xc}	3.46±0.02 ^{Xb}
6	3.68±0.06 ^{Xb}	4.15±0.12 ^{Xa}	3.64±0.00 ^{Yb}	3.49±0.01 ^{Xcb}	3.33±0.15 ^{Xc}
8	3.68±0.09 ^{Xb}	4.17±0.03 ^{Xa}	3.96±0.08 ^{Xba}	3.29±0.12 ^{Xc}	3.31±0.16 ^{Xc}

Değerler ortalama ± standart sapmayı ifade etmektedir.

Ortalamalara ait aynı satırda (a,b,c,d,e) ve aynı kolonda (X,Y,Z,W,Q) yer alan farklı harfler istatistiksel olarak önemlidir (p<0.01).

K=Kontrol, T1= 1u MTGaz; T4= 4u MTGaz; T7= 7u MTGaz; T10= 10u MTGaz

4.5. Renk ölçümüne ait bulgular

İnsan gözü renkleri ayırt etme konusunda zayıftır (Olgunoğlu 2013). Dolayısıyla renk ölçümlerini geniş renk aralıklarında ölçerek hassas şekilde algılayacak bir cihaz ile nicel gözlem yapmak daha doğru sonuçlara götürebilmekte ve araştırmacılara kıyaslanabilir rakamsal veriler sunmaktadır.

Renk analizleri tazeliğin belirlenmesinde göz önünde bulundurulmalıdır. Renk ölçümünde 3 boyutlu renk uzayı bileşenleri CIE976 (L* a* b*); L* değeri açıklık ya da parlaklık aralıkları siyah=0 ve beyaz = 100, a* değeri (tonlama) yeşillik ya da kırmızılık, b* değeri (doygunluk) ise sarılık yada maviliği göstermektedir (McGuire 1992).

Tüketiciler, genelde hoşta giden pembe-kırmızı renkli balık etlerini tercih etmekte ve bu ürünlere daha fazla fiyat vermektedirler. Balık etinde görülen renk, lezzet üzerinde herhangi bir etki yapmamasına rağmen, tüketicinin tercihinde önemli kalite kriterlerinden birisidir (Yeşilayer vd 2008).

Bir gıdanın ilk kalite kontrolü rengine bakılarak yapılmaktadır. Eğer renk tüketicide olumlu bir etki bırakmazsa gıdanın tadı, aroması, besin öğeleri miktarı vb. özellikleri ne kadar iyi olursa olsun o gıda olumsuz değerlendirilmektedir. Doku, tat ve kokudaki mikroorganizma veya enzim aktivitesi sonucu oluşan istenmeyen değişiklikler renk değişimi ile birlikte meydana gelmektedir (Anon., 2012).

4.5.1. L* değerlerine ait bulgular

Çeşitli uygulama gruplarında yer alan uskumru filetolarının L* değerlerine ait istatistiksel değerlendirme sonuçları Çizelge 4.22’de verilmiştir.

Çizelge 4.22. Uskumru Filetolarının L* değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F
Uygulama grubu	4	11.8807230	14.24**
Depolama süresi	4	97.4898930	116.87**
Uygulama grubu x depolama süresi	16	5.7792743	6.93**
Hata	25	0.8342060	

(*)p<0.05 düzeyinde önemli
(**)p<0.01 düzeyinde önemli

Varyans analiz sonuçlarına göre farklı oranlardaki enzim uygulamalarının L* değerine istatistiksel açıdan önemli (p<0.01) düzeyde etki ettiği tespit edilmiştir. Bununla birlikte depolama süresindeki değişim uskumru örneklerinin L* değerini önemli (p<0.01) ölçüde etkilemiştir.

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ile L* değerine ait ortalamalar arasındaki farklılıklar Çizelge 4.23'te ortaya konulmuştur

Çizelge 4.23. Uskumru filetolarının L* değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

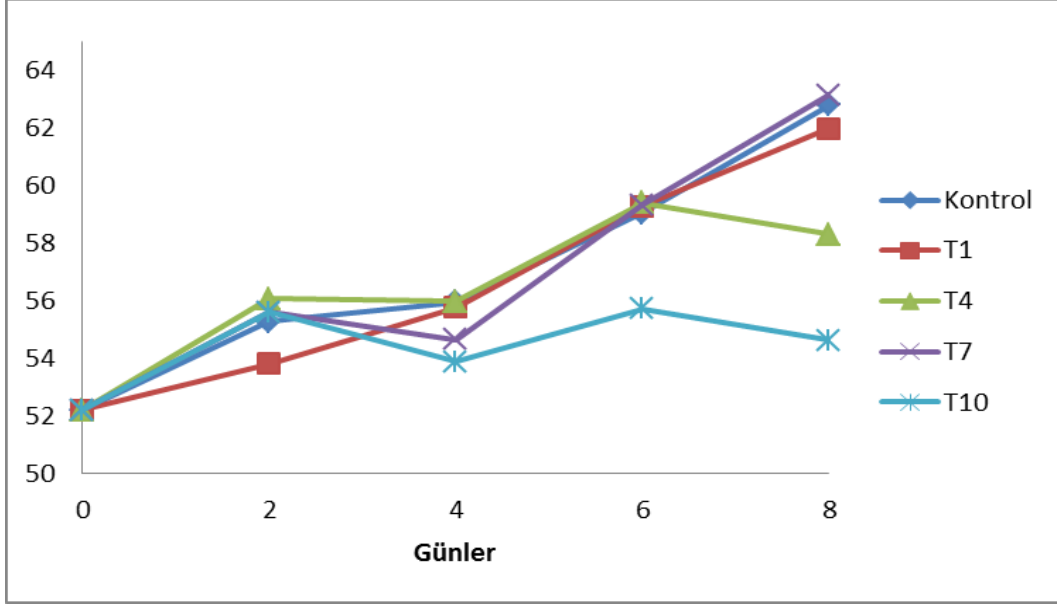
	L* Değeri
Uygulama Grubu	
Kontrol	57.06 a
T1	56.61 a
T4	56.39 a
T7	56.98 a
T10	54.40 b
Depolama Süresi	
0. Gün	52.20 d
2. Gün	55.27 c
4. Gün	55.25 c
6. Gün	58.55 b
8. Gün	60.17 a

T1= 1u MTGaz; T4= 4u MTGaz; T7= 7u MTGaz; T10= 10u MTGaz

¹Aynı harflerle işaretlenen ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklı değildir.

Ortaya çıkan bulgular neticesinde Çizelge 4.23'te en yüksek L* değerlerine sahip uygulama gruplarından en düşüğe doğru sıralandığında, kontrol, T7, T1, T4 sıralaması olduğu ancak aralarında istatistiksel açıdan herhangi bir fark bulunmadığı tespit edilmiştir. Ayrıca T10 uygulama grubunun en düşük değerlere sahip olduğu ve istatistiksel açıdan tüm diğer uygulama gruplarına göre önemli (p<0.01) düzeyde farkının olduğu görülmüştür. Depolama süresince uygulama gruplarındaki uskumru filetolarının 52.20'den başlayan L* değerlerinde 2 ve 4. günde istatistiksel olarak fark oluşmamış, ancak 6.günde 58.55 olması sonucu istatistiksel açıdan farklılık (p<0.01) gözlemlenmiştir. L* değerindeki değişiklik 8. günde istatistiksel olarak önemli (p<0.01) düzeyde artarak 60.17 değerinde sonlanmıştır.

Çizelge 4.24 ve Şekil 4.8. incelendiğinde depolama sürecinin başlangıç kısmında 52.20 ± 0.03 olarak gözlemlenen L^* değerinin 4.günde kontrol grubuna göre tüm enzim uygulama gruplarının daha düşük değerlere sahip oldukları gözlemlenmiştir. Depolamanın son gününde ise T1, T4 ve T10 uygulama gruplarının değerleri kontrol grubu örneklerine göre daha düşük bulunmuştur.



T1= 1u MTGaz; T4= 4u MTGaz; T7= 7u MTGaz; T10= 10u MTGaz

Şekil 4.8. Uskumru filetolarının L^* değerleri

Çizelge 4.24. Uskumru filetolarının L^* değerleri

Depolama günleri	K	T1	T4	T7	T10
0	52.20 ± 0.03^{Wa}	52.20 ± 0.03^{Za}	52.20 ± 0.03^{Za}	52.20 ± 0.03^{Wa}	52.20 ± 0.03^{Za}
2	55.28 ± 0.17^{Za}	53.81 ± 2.60^{YZa}	56.08 ± 0.17^{Ya}	55.59 ± 0.17^{Za}	55.60 ± 0.98^{XYa}
4	55.96 ± 0.40^{Za}	55.77 ± 0.54^{Ya}	54.65 ± 1.27^{Ya}	54.65 ± 1.27^{Za}	53.87 ± 1.06^{YZa}
6	59.06 ± 1.07^{Ya}	59.28 ± 0.11^{Xa}	59.41 ± 0.73^{Xa}	59.32 ± 0.94^{Ya}	55.71 ± 0.13^{Xb}
8	62.79 ± 0.50^{Xa}	61.97 ± 0.31^{Xa}	58.31 ± 0.15^{XYb}	63.15 ± 1.39^{Xa}	54.62 ± 0.11^{XYc}

Değerler ortalama \pm standart sapmayı ifade etmektedir.

Ortalamalara ait aynı satırda (a,b,c,d,e) ve aynı kolonda (X,Y,Z,W,Q) yer alan farklı harfler istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0.01$).

K=Kontrol, T1= 1u MTGaz; T4= 4u MTGaz; T7= 7u MTGaz; T10= 10u MTGaz

Chaijan vd (2013) tombik (*auxis thazard*) filetoları üzerinde yaptıkları araştırmada L^* değerini normal kaslarda 46.88 ± 0.03 , koyu renkli kaslarda 35.35 ± 0.15 olarak, yine (*Clarias macrocephalus*) filetosunun L^* değerlerini ise normal kaslarda 48.61 ± 0.20 , koyu renkli kaslarda 48.43 ± 0.16 olarak tespit etmiştir.

Farvin vd (2012) yaptıkları araştırmada karagöz istavrit (*Trachurus trachurus*) balıklarından elde ettikleri balık kıymasını 5°C 'de depolamıştır. Başlangıçta L^* değerini 59.8 ± 0.9 tespit etmiş, 6. saatte ise artış göstererek 62.1 ± 2.7 değerine ulaştığını belirlemiştir.

Olgunoğlu (2013) şabut, karabalık ve bıyıklı balık (*Barbus grypus*, *Capoeta trutta*, *Carasobarbus luteus*) filetolarını 4°C’de depolamış ve kalite değişimlerini belirlemiştir. Başlangıç L* değerleri sırasıyla 58.50±3.12, 60.13±1.99 ve 57.71±3.41 olan balıkların depolanması süresince L* değerleri artış göstererek 9. günde 68.24±2.22, 65.22±1.78 ve 61.10±1.88 olarak belirlenmiştir.

Chouhan vd (2015) 4°C’de depolanmış tırsi (*Tenualosa ilisha*) filetoları üzerinde yaptıkları araştırmada kontrol grubuna ait L* değerlerini 0.gün 55.67±0.08 5.gün 56.64±0.10, 10.gün 57.35±0.22 olarak tespit etmişlerdir.

Gerçekleştirilen bir diğer çalışmada ise levrek (*Dicentrarchus labrax*) filetoları 4°C’de depolamış ve L* değeri 0.gün 41.00±3.28, 2.gün 47.80±3.71, 7.gün 50.90±3.18, 9.gün 44.47±1.71 ve 11.gün 45.21±2.19 tespit edilmiştir (Molina vd 2014).

Diğer araştırmalarda olduğu gibi çalışmamızda da balık filetolarının L değeri soğukta depolanmaları süresince artış göstermiştir. Düşük konsantrasyonda uygulanan enzimler L* değeri üzerinde farklılık yaratmazken, 10 birim MTGaz çözeltisinin yoğun olması nedeniyle ışığın kırılmasında ve L* değerinin azalmasında rol oynadığı düşünülmektedir.

4.5.2. a* değerlerine ait bulgular

İstatistiksel değerlendirmeleri gerçekleştirilen çeşitli uskumru uygulama gruplarının a* değerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.25’de verilmiştir.

Çizelge 4.25. Uskumruların a* değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	S.D.	K.O.	F
Uygulama grubu	4	2.46875300	77.28**
Depolama süresi	4	6.13833300	192.15**
Uygulama grubu x depolama süresi	16	0.83804800	26.23**
Hata	25	0.3194600	

(**)p<0.01 düzeyinde önemli

(*) p<0.05 düzeyinde önemli

Elde edilen varyans analiz sonuçlarına göre MTGaz uygulamasının ve depolama süresinin a* değerinin değişimine etkisi önemli (p<0.01) bulunmuştur.

Değerlendirmede görüleceği üzere farklılığın önemli olmasından dolayı analiz verileri Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi’ne tabii tutulmuş ve Çizelge 4.26’da verilmiştir.

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi’ne tabii tutulan 5 farklı grubun a değerleri Çizelge 4.26’da verilmiştir. Sonuçları incelenen a* değerlerinden, 10 birim MTGaz içerikli grubunun a değerinin en yüksek olduğu gözlemlenmiş ve en düşük içerikli grubun 1 unit MTGaz uygulanan grup olduğu tespit edilmiştir.

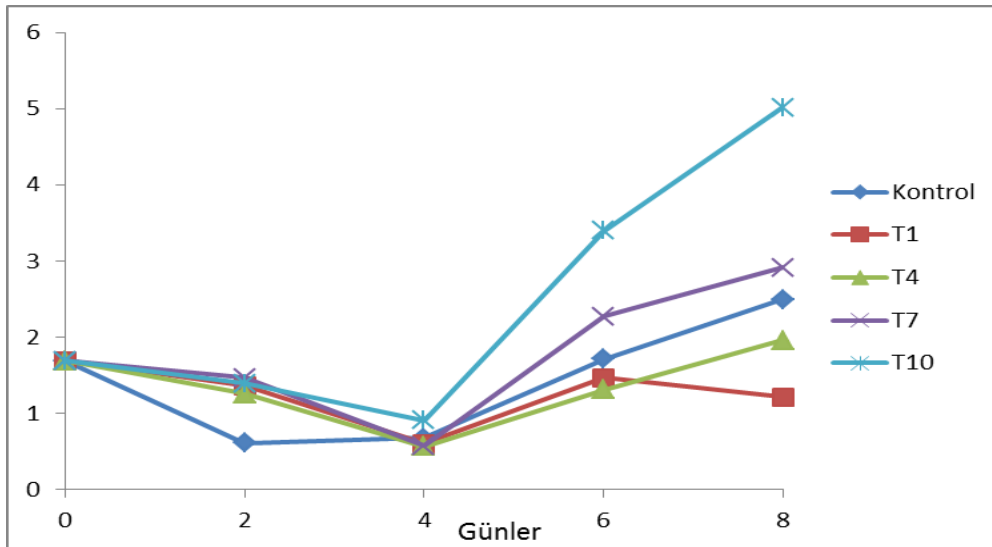
Çizelge 4.26. Uskumruların a* değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

	a* Değeri
Uygulama Grubu	
Kontrol	1.43 c
T1	1.26 c
T4	1.35 c
T7	1.78 b
T10	2.47 a
Depolama Süresi	
0. Gün	1.68 c
2. Gün	1.21 d
4. Gün	0.66 e
6. Gün	2.03 b
8. Gün	2.71 a

T1= 1u MTGaz; T4= 4u MTGaz; T7= 7u MTGaz; T10= 10u MTGaz

¹Aynı harflerle işaretlenen ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklı değildir.

Balık filetolarının depolanması süresince a* değeri dalgalanmalar göstermiştir (p<0.01). Elde edilen verilere göre depolama süresince 1.68'den başlayan uygulama gruplarındaki uskumruların a* değerleri, 2. Günde 1.21 değerine gerilemiş ve bu düşüşün sebebinin MTGaz uygulaması olduğu tahmin edilmiştir ayrıca 4.günde dramatik şekilde en düşük değerleri gören uygulama gruplarının a* değerleri 0.66 düzeylerinde olduğu ve bunun sebebinin MTGaz uygulamasından kaynaklandığı tespit edilmiştir. 6.günü takiben artış gözlemlenen grupların 8.günle birlikte 2.71 seviyesinde en yüksek değerleri gördüğü tespit edilmiştir. Ayrıca başlangıç kırmızılık (a*) değerinin farklı olması hammadde olarak kullanılan balık türünden ve uygulanan ön koşullardan kaynaklanmakla birlikte Şekil 4.9 ve Çizelge 4.27'de detaylı sonuçlar verilmiştir.



T1= 1u MTGaz; T4= 4u MTGaz; T7= 7u MTGaz; T10= 10u MTGaz

Şekil 4.9. Uskumru filetolarının a* değerleri

Çizelge 4.27. Uskumru filetolarının a* değerleri

Depolama günleri	K	T1	T4	T7	T10
0	1.68±0.08 ^{Ya}	1.68±0.08 ^{Xa}	1.68±0.08 ^{YXa}	1.68±0.08 ^{Za}	1.68±0.08 ^{Za}
2	0.61±0.12 ^{Zb}	1.36±0.31 ^{Xa}	1.25±0.16 ^{Ya}	1.47±0.21 ^{Za}	1.39±0.22 ^{Za}
4	0.65±0.07 ^{Za}	0.60±0.28 ^{Ya}	0.56±0.27 ^{Za}	0.57±0.10 ^{Wa}	0.90±0.12 ^{Wa}
6	1.71±0.21 ^{Yc}	1.46±0.27 ^{Xc}	1.31±0.15 ^{Yc}	2.27±0.19 ^{Yb}	3.40±0.12 ^{Ya}
8	2.49±0.21 ^{Xb}	1.21±0.12 ^{YXd}	1.95±0.17 ^{Xc}	2.91±0.04 ^{Xb}	5.01±0.19 ^{Xa}

Değerler ortalama ± standart sapmayı ifade etmektedir.

Ortalamalara ait aynı satırda (a,b,c,d,e) ve aynı kolonda (X,Y,Z,W,Q) yer alan farklı harfler istatistiksel olarak önemlidir (p<0.01).

K=Kontrol, T1= 1u MTGaz; T4= 4u MTGaz; T7= 7u MTGaz; T10= 10u MTGaz

Chaijan vd (2013) tombik (*Auxis thazard*) üzerinde yaptıkları araştırmada, kırmızı ve koyu rengi veren pigmentler olan karotenoid ve myoglobin değerlerini sırasıyla 0.13±0.01 mg/g ve 6.19±0.01 mg/g olarak bulmuştur. Ayrıca a* değerini düz kaslarda 8.44±0.04 ve koyu renkli kaslarda 9.81±0.30 tespit etmiştir. Özellikle siyah kas kısımları, en yüksek siyah ve kırmızı renkli kısımları oluşturmuştur. Böylelikle en düşük L*, b* ve özellikle en yüksek a* değerleri ve kırmızılık sonuçlarının tespit edilmesine sebep olduğunu belirlemiştir.

İstavrit (*Trachurus trachurus*) kıymasının 5°C'de depolanması sürecinde başlangıç a* değeri 4.9 ± 0.1 olup, depolanmanın 96.saatte ise 1.8 ± 0.1 olarak bulmuştur (Farvin vd 2012).

Cardoso vd (2009) MTGaz ve diyet lifi kullanarak uskumru (*Scomber scombrus*) kıymaları üzerinde yaptıkları araştırmada yalnızca MTGaz içerikli örneklere ait a* değerini (%0.5 w/w MTGaz) örnekleri için -1.89±0.03, (%0.5 w/w MTGaz+ %2.0 w/w bezelye lifi) örnekleri için -1.92±0.03, (%0.5 w/w MTGaz+ %4.0 w/w bezelye lifi) örnekleri içinse -1.88±0.01 olarak tespit etmiştir.

Olgunoğlu (2013) yaptığı araştırmada 4°C'de depoladığı şabut, karabalık ve bıyıklı balık (*Barbus grypus*, *Capoeta trutta*, *Carasobarbus luteus*) filetolarının a* değerine ait sonuçları şu şekilde bulmuştur; *Barbus grypus* için ilk ölçüm 7.92±1.87, 3.gün 5.35±1.66, 6.gün 6.15±1.61 ve 9.gün 6.46±1.77 olarak, *Capoeta trutta* için ilk ölçüm 9.23±2.07, 3.gün 9.89±1.76, 6.gün 9.37±1.88, 9.gün 10.11±1.85 olarak, *Carasobarbus luteus* ilk ölçümü 10.42±2.41, 3.gün için 8.44±1.93, 6.gün için 8.82±2.47 ve 9.gün için 9.73±1.68 olarak bulmuştur.

Tırsi (*Tenualosa ilisha*) filetolarının 4°C'de depolanması sürecinde başlangıç a değeri 0.94±0.01 olarak belirlenmiş, 5.günde 0.53±0.02 ve 10.günde -1.04±0.05 olarak tespit edilmiştir (Chouhan vd 2015).

Soğukta (4°C) depolanan siyah sazan (*Mylopharyngodon piceus*), büyükbaş sazan (*Aristichthys nobilis*) ve avrupa deniz levreği (*Dicentrarchus labrax*) filetolarına ait a değerleri depolama süresince dalgalanmalar göstermiştir (Hong vd 2012; Fan vd 2014; Molina vd 2014).

Çalışmamızda elde edilen a* değerleri hafif dalgalanmalar göstererek diğer araştırmacılarla uyum içerisinde görülmektedir.

4.5.3. b* değerlerine ait bulgular

Uskumru filetolarına ait b* değerinin depolama süresince değişimi istatistiksel olarak incelenmiştir (Çizelge 4.28) ve buna göre uskumru filetoları üzerine farklı konsantrasyonlarda püskürtülen MTGaz enzimi uygulama gruplarının b değerleri arasında önemli ($p<0.01$) fark yaratmıştır. Aynı zamanda depolama süresinin b* değerlerinin değişimine etkisi yine önemli ($p<0.01$) düzeyde bulunmuştur.

Çizelge 4.28. Uskumru filetolarının b* değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	S.D.	K.O.	F
Uygulama grubu	4	1.3485070	9.06**
Depolama süresi	4	111.3216470	748.08**
Uygulama grubu x depolama süresi	16	1.0494220	7.05**
Hata	25	0.1488100	

(**) $p<0.01$ düzeyinde önemli

(*) $p<0.05$ düzeyinde önemli

Varyans analizi sonucu farklılık gösteren değerler Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi'ne tabii tutulmuş ve Çizelge 4.29'da verilmiştir.

Çizelge 4.29. Uskumru filetolarının b* değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

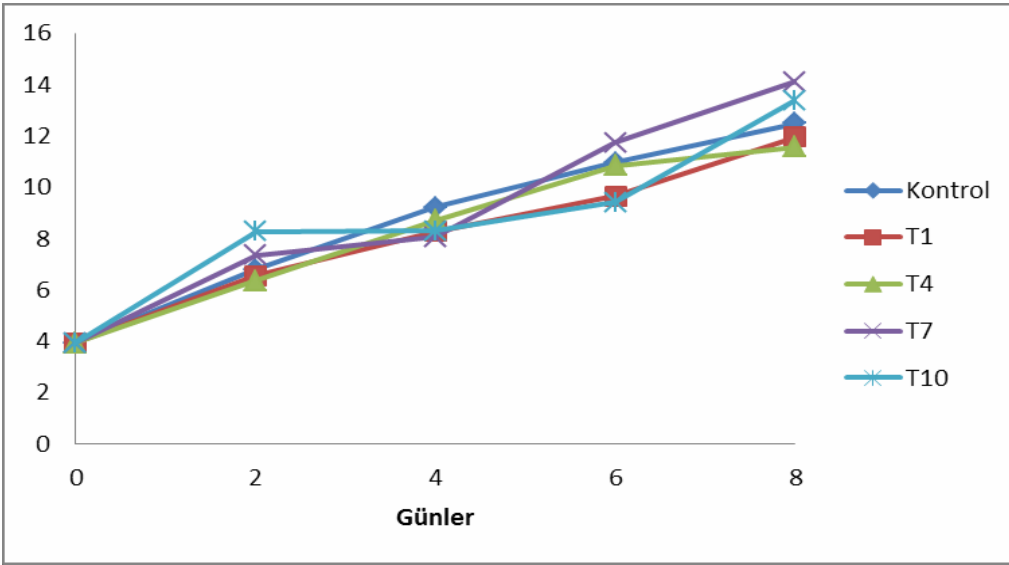
	b* Değeri
Uygulama Grubu	
Kontrol	8.68 ba
T1	8.10 c
T4	8.28 c
T4	9.04 a
T10	8.66 b
Depolama Süresi	
0. Gün	3.95 e
2. Gün	7.07 d
4. Gün	8.51 c
6. Gün	10.54 b
8. Gün	12.69 a

T1= 1u MTGaz; T4= 4u MTGaz; T7= 7u MTGaz; T10= 10u MTGaz

¹Aynı harflerle işaretlenen ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklı değildir.

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi'ne tabi tutulan 5 farklı uygulama grubunun b* değerlerinden, 1 birim MTGaz içeren grubun en düşük değerlere sahip olduğu ve bunu 4 birim MTGaz ve 10 birim MTGaz içeren grupların takip ettiği, ayrıca 7 birim MTGaz içeren grubun en yüksek b* değerine sahip olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca depolama süresince 3.95 değerinden başlayan uygulama gruplarındaki uskumruların b* değerleri, depolama süresince artarak 8.günde 12.69 seviyesinde en yüksek değerlerine ulaşmıştır. (Çizelge 4.29).

Çalışmamızda olduğu gibi diğer araştırmacıların hammateryali olan çeşitli balık filetoalarının soğukta depolanması süresince b* değerleri artış göstermiştir (Şekil 4.10 ve Çizelge 4.30).



T1= 1u MTGaz; T4= 4u MTGaz; T7= 7u MTGaz; T10= 10u MTGaz
Şekil 4.10. Uskumru filetoalarının b* değerleri

Çizelge 4.30. Uskumru filetoalarının b* değerleri

Depolama günleri	K	T1	T4	T7	T10
0	3.95±0.01 ^{Qa}	3.95±0.01 ^{Qa}	3.95±0.01 ^{Qa}	3.95±0.01 ^{Qa}	3.95±0.01 ^{Wa}
2	6.80±0.33 ^{Wcb}	6.56±0.16 ^{Wc}	6.36±0.17 ^{Wc}	7.36±0.08 ^{Wb}	8.28±0.46 ^{Za}
4	9.22±0.16 ^{Za}	8.27±0.13 ^{Zb}	8.71±0.50 ^{Zba}	8.06±0.16 ^{Zb}	8.30±0.09 ^{Zb}
6	10.96±0.41 ^{Yb}	9.79±0.30 ^{Yc}	10.83±0.04 ^{Yb}	11.73±0.23 ^{Ya}	9.40±0.07 ^{Yc}
8	12.49±0.62 ^{Xba}	11.94±1.22 ^{Xb}	11.56±0.43 ^{Xb}	14.09±0.43 ^{Xa}	13.39±0.62 ^{Xba}

Değerler ortalama ± standart sapmayı ifade etmektedir.

Ortalamalara ait aynı satırda (a,b,c,d,e) ve aynı kolonda (X,Y,Z,W,Q) yer alan farklı harfler istatistiksel olarak önemlidir (p<0.01).

K=Kontrol, T1= 1u MTGaz; T4= 4u MTGaz; T7= 7u MTGaz; T10= 10u MTGaz

Chaijan vd (2013) tombik (*auxis thazard*) üzerinde yaptıkları araştırmalarında b* değerini normal renkli kaslarda 13.02±0.05 ve koyu renkli kaslarda 11.79±0.13 olarak tespit etmişlerdir.

Chouhan vd (2015) 4°C’de depolanmış tırsi (*Tenulosa ilisha*) filetoları üzerinde yaptıkları araştırmada b* değerlerini 0.gün 9.62±0.05, 5.gün 12.70±0.21, 10.gün 13.59±0.01 olarak tespit etmişlerdir.

Molina vd (2014) araştırmalarında avrupa deniz levreği (*Dicentrarchus labrax*) filetolarını 4°C’de depolamış ve kontrol grubu için b* değerini 0.gün 3.16±0.91, 2.gün 3.73±2.08, 4.gün 5.61±2.02, 7.gün 4.87±2.00, 9.gün 4.28±2.26 ve 11.gün 6.43±1.97 olarak tespit etmişlerdir.

Olgunoğlu (2013) yaptığı araştırmada 4°C’de depoladığı *Barbus grypus*, *Capoeta trutta*, *Carasobarbus luteus* filetolarının başlangıç b* değerlerini sırasıyla 3.05 ±0.60, 2.68±0.96 ve 5.08±1.63 olarak tespit etmiştir. Depolamanın 9.gününe gelindiğinde ise bu değerler 4.83±0.70, 5.93±0.93 ve 6.46±0.78 seviyesine yükselmiştir.

4.6. Duyusal analiz bulguları

4.6.1. Koku değerlerine ait bulgular

Uskumru filetolarının MTGaz enzimiyle kaplanması ve işlem görmeden 4°C’de depolanması sırasında panelistler tarafından verilen koku puanlarının günler itibariyle gösterdiği değişim istatistiksel olarak incelenmiş ve sonuçları Çizelge 4.31’de verilmiştir.

Çizelge 4.31. Uskumru filetolarının koku değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	S.D.	K.O.	F
Uygulama grubu	4	3.8750000	25.00**
Depolama süresi	4	68.3875000	441.21**
Uygulama grubu x depolama süresi	16	0.4812500	3.10
Hata	25	0.155000	

(**)p<0.01 düzeyinde önemli

(*)p<0.05 düzeyinde önemli

Panelistler tarafından verilen koku puanları sonucuna göre uskumru filetolarına MTGaz enzimi uygulama işleminin ve 4°C’ de depolanma süresinin koku değeri üzerinde istatistik olarak önemli (p<0.01) etkiye sahip olduğunu göstermiştir.

Uskumru filetolarının koku değerleri Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi’ne tabii tutulmuş ve sonuçlar Çizelge 4.32’de verilmiştir. Panelistlerin verdiği puanlar doğrultusunda kontrol grubunun en düşük değerlere sahip olduğu ve dolayısıyla panelistler tarafından beğenilmeyerek istatistiksel olarak önemli (p<0.01) farkla diğer enzim uygulanmış tüm gruplara göre daha kötü kokuya sahip olduğu tespit edilmiştir. Panelistlerin değerlendirmeleri işığında T7 uygulama grubuna ait koku değerinin istatistiksel olarak diğer uygulama gruplarına oranla en yüksek (p<0.01) değerlere sahip olduğu belirlenmiştir. T7 örneklerini sırasıyla T10, T4, T1 ve kontrol uygulama gruplarının takip ettiği gözlemlenmiştir.

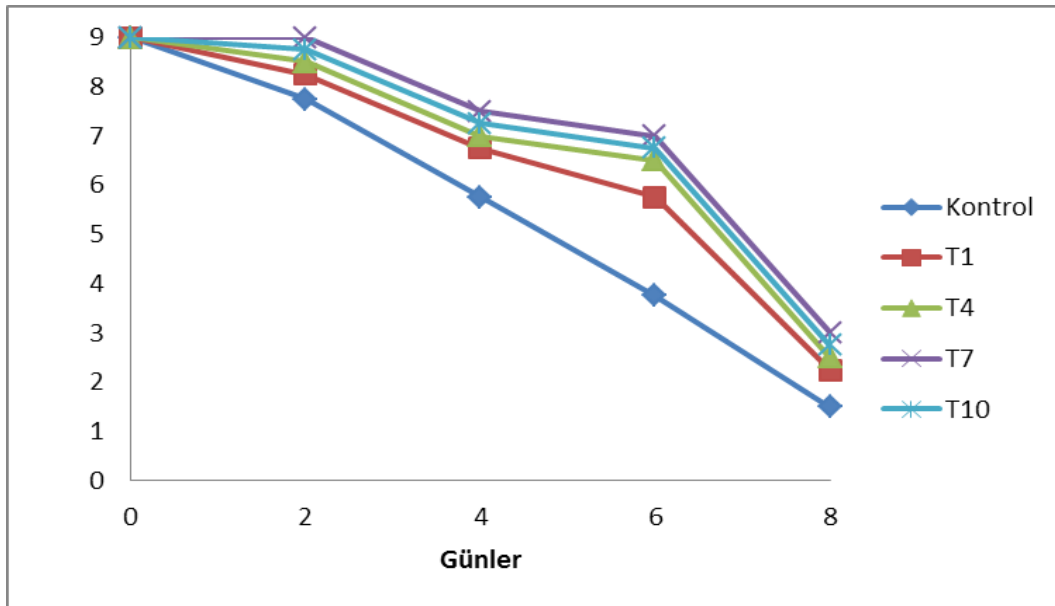
Çizelge 4.32. Uskumru filetolarının koku değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

	Koku Değeri
Uygulama Grubu	
Kontrol	5.50 d
T1	6.40 c
T4	6.70 bc
T7	7.10 a
T10	7.00 ba
Depolama Süresi	
0. Gün	9.00 a
2. Gün	8.45 b
4. Gün	6.95 c
6. Gün	5.95 d
8. Gün	2.40 e

T1= 1u MTGaz; T4= 4u MTGaz; T7= 7u MTGaz; T10= 10u MTGaz

¹Aynı harflerle işaretlenen ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklı değildir.

Depolamanın başlangıcında tüm panelistler tarafından 9.00 ± 0.00 olarak değerlendirilen koku puanları depolama süresince azalma göstermiştir. Soğukta depolama işleminin son gününde kontrol örneklerinde tespit edilen ve en düşük değer olan 1.50 ± 0.70 ile kontrol grubu filetoları panelistler tarafından duyuşal açıdan tüketilemez olarak belirlenmiştir. Depolamanın tamamı boyunca MTGaz enzimi uygulama gruplarının koku değerlerine olumlu yansıdığı gösteren panelist puanlarına göre, MTGaz içerikli uygulama grupları puanlarının 3.00 ± 0.00 ile en yüksek T7 uygulamasında belirlendiği görülmüştür (Çizelge 4.33 ve Şekil 4.11).



T1= 1u MTGaz; T4= 4u MTGaz; T7= 7u MTGaz; T10= 10u MTGaz

Şekil 4.11. Uskumru filetolarının koku değerleri

Çizelge 4.33. Uskumru filetolarının koku değerleri

Depolama günleri	K	T1	T4	T7	T10
0	9.00±0.00 ^{Xa}	9.00±0.00 ^{Xa}	9.00±0.00 ^{Xa}	9.00±0.00 ^{Xa}	9.00±0.00 ^{Xa}
2	7.75±0.35 ^{Yb}	8.25±0.35 ^{Xba}	8.50±0.07 ^{YXba}	9.00±0.00 ^{Xba}	8.75±0.35 ^{Xba}
4	5.75±0.35 ^{Zb}	6.75±0.35 ^{Yba}	7.00±0.00 ^{YZba}	7.50±0.70 ^{YXa}	7.75±0.35 ^{Yba}
6	3.75±0.35 ^{Wb}	5.75±0.35 ^{Zba}	6.50±0.70 ^{Za}	7.00±0.00 ^{Ya}	6.75±0.35 ^{Ya}
8	1.50±0.70 ^{Qc}	2.25±0.35 ^{Wb}	2.50±0.70 ^{Wba}	3.00±0.00 ^{Za}	2.75±0.35 ^{Zba}

Değerler ortalama ± standart sapmayı ifade etmektedir.

Ortalamalara ait aynı satırda (a,b,c,d,e) ve aynı kolonda (X,Y,Z,W,Q) yer alan farklı harfler istatistiksel olarak önemlidir (p<0.01).

K=Kontrol, T1= 1u MTGaz; T4= 4u MTGaz; T7= 7u MTGaz; T10= 10u MTGaz

4.6.2 Tekstür değerlerine ait bulgular

Uskumru filetolarına ait uygulama grupları ve depolama süresinin tekstür puanları üzerine etkisi istatistiksel olarak incelenmiş ve yapılan varyans analiz sonuçları Çizelge 4.34'te verilmiştir.

Çizelge 4.34. Uskumru filetolarının tekstür değerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	S.D.	K.O.	F
Uygulama grubu	4	2.1125000	16.25**
Depolama süresi	4	30.7875000	236.83**
Uygulama grubu x depolama süresi	16	0.4468750	3.44
Hata	25	0.1300000	

(**)p<0.01 düzeyinde önemli

(*) p<0.05 düzeyinde önemli

Panelistlerin puanlarının istatistiksel olarak incelenmesi sonucu ortaya çıkan bulgular doğrultusunda uygulama grubu ve depolama süresinin tekstür değerleri üzerinde istatistiksel olarak önemli (p<0.01) etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Çeşitli uygulama gruplarına ait uskumru filetolarının tekstür değerleri Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi'ne tabii tutulmuş olarak sonuçlar Çizelge 4.35'te verilmiştir.

Duncan çoklu karşılaştırma testine tabii tutulan tekstür değerleri kontrol örneklerinin en düşük tekstür değerlerine sahip oldukları belirtilmiştir. Enzim uygulanan gruplar ile kontrol grubu arasında istatistiksel açıdan önemli fark (p<0.01) görülürken, enzim grupları kendi içerisinde istatistiksel olarak farklılık göstermemiştir. Elde edilen sonuçlar depolama süresinin uygulama gruplarının tekstür özelliklerini istatistiksel olarak önemli (p<0.01) ölçüde etkilediğini göstermektedir.

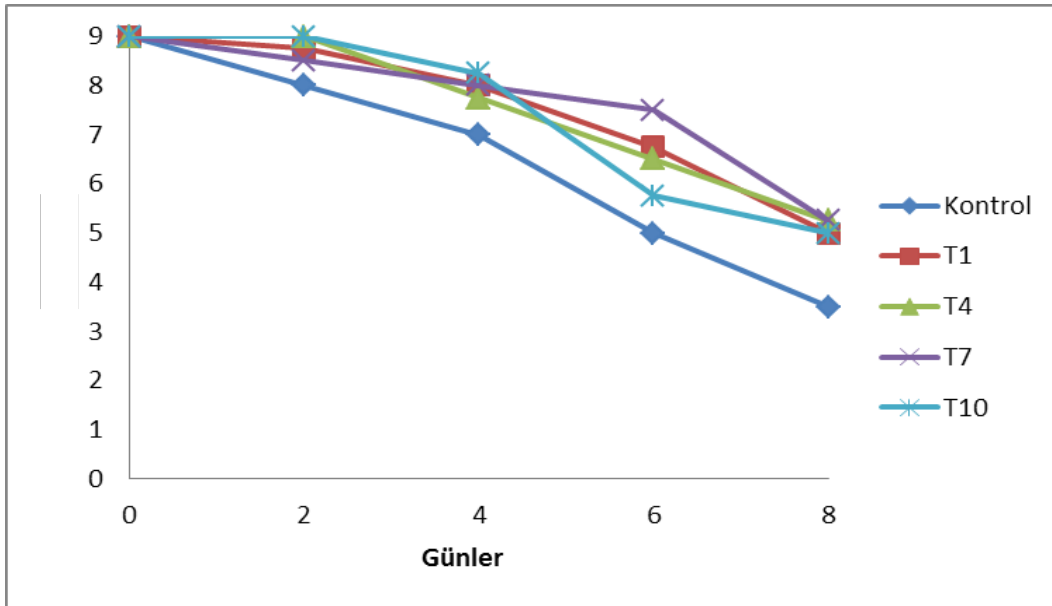
Çizelge 4.35. Uskumru filetolarının tekstür değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma

Testi sonuçları	
Uygulama Grubu	Tekstür Değeri
Kontrol	6.50 b
T1	7.50 a
T4	7.50 a
T7	7.65 a
T10	7.35 a
Depolama Süresi	
0. Gün	9.00 a
2. Gün	8.65 b
4. Gün	7.80 c
6. Gün	6.25 d
8. Gün	4.80 e

T1= 1u MTGaz; T4= 4u MTGaz; T7= 7u MTGaz; T10= 10u MTGaz

¹Aynı harflerle işaretlenen ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklı değildir.

Depolama süresince Şekil 4.12 ve Çizelge 4.36'da görüleceği üzere değişikliğe uğrayan uskumru filetolarının tekstür değerleri, panelistler tarafından 0.günde 9 üzerinden 9.00 ± 0.00 (mükemmel) olarak değerlendirilmiştir. Her iki günde bir yapılan duyuşal değerlendirmeler neticesinde giderek azalan tekstür değerleri 8.günde kontrol örnekleri için panelistlerin puanları ile 3.50 ± 0.70 değeri ile kötü olarak tanımlanabilecek değerlere sahipken, 5.25 ± 0.35 ile T4 ve T7 gruplarının en yüksek değerlere sahip olarak tamamlanmıştır.



T1= 1u MTGaz; T4= 4u MTGaz; T7= 7u MTGaz; T10= 10u MTGaz

Şekil 4.12. Uskumru filetolarının tekstür değerleri

Çizelge 4.36. Uskumru filetolarının tekstür değerleri

Depolama günleri	K	T1	T4	T7	T10
0	9.00±0.00 ^{Xa}	9.00±0.00 ^{Xa}	9.00±0.00 ^{Xa}	9.00±0.00 ^{Xa}	9.00±0.00 ^{Xa}
2	8.00±0.00 ^{YXc}	8.75±0.35 ^{Xba}	9.00±0.00 ^{Xa}	8.50±0.70 ^{YXb}	9.00±0.00 ^{Xa}
4	7.00±0.00 ^{Ya}	8.00±0.00 ^{YXa}	7.75±0.35 ^{YXa}	8.00±0.00 ^{YXa}	8.25±0.35 ^{Ya}
6	5.00±0.00 ^{Zb}	6.75±0.35 ^{Yba}	6.50±0.70 ^{YZba}	7.50±0.70 ^{Ya}	5.50±0.70 ^{Zba}
8	3.50±0.70 ^{Wb}	5.00±0.00 ^{Za}	5.25±0.35 ^{Za}	5.25±0.35 ^{Za}	5.00±0.00 ^{Wa}

Değerler ortalama ± standart sapmayı ifade etmektedir.

Ortalamalara ait aynı satırda (a,b,c,d,e) ve aynı kolonda (X,Y,Z,W,Q) yer alan farklı harfler istatistiksel olarak önemlidir (p<0.01).

K=Kontrol, T1= 1u MTGaz; T4= 4u MTGaz; T7= 7u MTGaz; T10= 10u MTGaz

Balık etinin pH değeri, konnektif doku üzerinde güçlü bir etkiye sahiptir. Et dokusunun pH değerindeki artış ile birlikte doku içerisindeki bakterisit etkiye sahip enzimler faaliyete geçmektedir (Şengör vd 2000). Çalışmamızda depolama süresinin sonuna doğru artan pH değeri mikrobiyolojik faaliyeti de harekete geçirerek özellikle kontrol grubunda balık tekstürünün bozulmasına neden olmuştur. Enzim uygulanan gruplarda tekstürün korunduğu görülmektedir. MTGaz yüksek moleküler ağırlığa sahip molekülleri oluşturarak, proteinin hidrofobisitesi değiştirmektedir. MTGaz enziminin çözünürlüğü artırması sayesinde; jelleşme (hassaslık, elastikiyet, çiğnenebilirlik, yapışkanlık, sinerezi de azalma), emülsifikasyon(elastikiyet ve çiğnenebilirlik), köpükleşme (deformasyona dayanıklılık, sıkılık, çiğnenebilirlik), vizkozite (kıvamlılık, emülsiyon ve köpükleşme de stabilite), su tutma kapasitesi (sululuk, sıkılık, hassaslık, elastikiyet, kıvamlılık ve sinerezi de azalma) meydana gelmektedir. Ayrıca Transglutaminaz aminleri birleştirerek proteinleri modifiye edebilir ve moleküller içi ve arası çapraz bağları ve deaminasyonu desteklemektedir. Molekül yapılarını daha da sağlamlaştırmaktadır (Gaspar 2014). Dolayısıyla MTGaz tekstürü daha iyi bir hale getirmektedir.

Cardoso vd (2009)'da uskumrular üzerinde yaptıkları araştırmada *scomber scombrus* ve *scomber japonicus* kıymalarına farklı oranlarda diyet lifi ve MTGaz eklemiş ve %0.5 (w/w) içerikli grupta tekstür değerlerini geliştirdiğini gözlemlemiştir. Yine Cardoso vd (2010) araştırmalarında avrupa deniz levreği (*Dicentrarchus labrax*) filetolarına %0.5 (w/w wp) MTGaz enzimi ilave ederek tekstüre ait elastikiyet, sertlik ve yapışkanlık değerlerini ölçmüş ve bu örneklerde MTGaz içermeyen örneklere göre tekstürel özellikleri geliştirdiğini tekstür yapısında sıkılık oluştuğunu gözlemlemiştir. Bun ek olarak bir diğer MTGaz çalışması yapan Cardoso vd (2012) araştırmalarında granyöz (*Argyrosomus regius*), çipura (*Sparus aurata*) (*merluccius capensis*), avrupa deniz levreği (*Dicentrarchus labrax*) sea bass kıymalarına MTGaz eklemiş ve MTGaz içeriksiz kıymalara göre kırılma kuvvetinde, sertlikte, jel kuvvetinde, yapışkanlıkta artış gözlemlemiştir.

4.6.3 Görünüş değerlerine ait bulgular

Çeşitli konsantrasyonlarda MTGaz enzimi uygulanmış ve işlem görmemiş uskumru filetolarının 4°C'de depolanması sırasındaki görünüş değerlerine ait analiz bulguları istatistiksel olarak incelenmiş ve değerlendirme sonuçları 4.37.'de verilmiştir.

Çizelge 4.37. Uskumru filetolarının görünüş değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	S.D.	K.O.	F
Uygulama grubu	4	1.542000	10.28**
Depolama süresi	4	53.2675000	355.12**
Uygulama grubu x depolama süresi	16	0.1393750	0.93
Hata	25	0.1500000	

(**)p<0.01 düzeyinde önemli

(*) p<0.05 düzeyinde önemli

Elde edilen veriler ışığında uygulama grubu ve depolama süresinin görünüş değeri üzerinde istatistik olarak önemli (p<0.01) etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir.

Farklı uygulama gruplarındaki uskumruların görünüş değerleri Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi'ne tabii tutulmuş ve sonuçları Çizelge 4.38'de verilmiştir.

Çizelge 4.38. Uskumru filetolarının görünüş değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

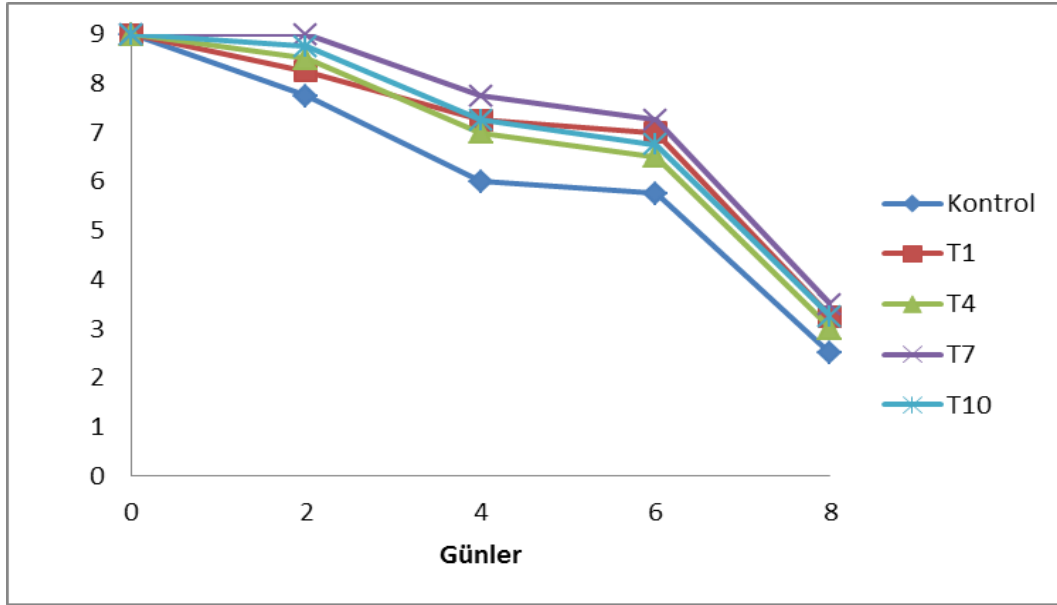
	Görünüş Değeri
Uygulama Grubu	
Kontrol	6.20 c
T1	6.95 ba
T4	6.80 b
T7	7.25 a
T10	7.00 ba
Depolama Süresi	
0. Gün	9.00 a
2. Gün	8.45 b
4. Gün	7.00 c
6. Gün	6.65 c
8. Gün	3.10 d

T1= 1u MTGaz; T4= 4u MTGaz; T7= 7u MTGaz; T10= 10u MTGaz

¹Aynı harflerle işaretlenen ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklı değildir.

Panelistlerin değerlendirmelerine göre elde edilen bulgular doğrultusunda; T7 uygulama grubunun istatistiksel olarak diğer uygulama gruplarına göre önemli (p<0.01) oranda farklı olduğu ve albeniyi artırdığı tespit edilirken, T7 örneklerini sırasıyla, T10, T1, T4 ve kontrol grubu örneklerinin izlediği tespit edilmiştir. Depolama süresince panelistler tarafından değerlendirilen ve istatistiksel açıdan diğer uygulama gruplarına göre en yüksek değerlere (p<0.01) sahip örneklerin kontrol grubu filetolara ait olduğu ve görünüşteki bozulmanın en çok bu uygulama grubunda olduğu bulguları elde edilmiştir. Depolama süresince tüm panelistler tarafından her iki günde bir yapılan değerlendirmelere göre uygulama gruplarındaki uskumruların 9.00'dan başlayan görünüş değerlerinin düşüş göstererek istatistiksel olarak farklılık (p<0.01) oluşturduğu belirlenmiştir.

Depolamanın başlangıcında panelistlerin puanları doğrultusunda 9.00 ± 0.00 ile başlayan görünüş değerleri 8. gün boyunca 5 farklı uygulama grubunda çeşitlilikler göstermiştir. Sonuçları Çizelge 4.39 ve Şekil 4.13'te verilen görünüş değerlerinin depolama süresi sonunda elde edilen bulgularına göre; kontrol örnekleri 2.50 ± 0.70 ile en düşük değerlere sahip olarak ifade edilmişken, T7 örnekleri ise 3.50 ± 0.70 ile en yüksek değere sahip olmuştur. Buna ek olarak panelistlerin puanları doğrultusunda MTGaz enzimi uygulamaları kontrol örneklerine nazaran daha fazla beğenilmiştir



T1= 1u MTGaz; T4= 4u MTGaz; T7= 7u MTGaz; T10= 10u MTGaz

Şekil 4.13. Uskumru filetolarının görünüş değerleri

Çizelge 4.39. Uskumru filetolarının görünüş değerleri

Depolama günleri	K	T1	T4	T7	T10
0	9.00 ± 0.00^{Xa}	9.00 ± 0.00^{Xa}	9.00 ± 0.00^{Xa}	9.00 ± 0.00^{Xa}	9.00 ± 0.00^{Xa}
2	7.75 ± 0.35^{Yc}	8.25 ± 0.35^{Ybc}	8.50 ± 0.07^{Xba}	9.00 ± 0.00^{Xa}	8.75 ± 0.35^{Xba}
4	6.00 ± 0.00^{Zc}	7.25 ± 0.35^{Zba}	7.00 ± 0.00^{Yb}	7.50 ± 0.70^{Ya}	7.75 ± 0.35^{Yba}
6	5.75 ± 0.35^{Za}	7.00 ± 0.00^{Za}	6.50 ± 0.70^{Ya}	7.25 ± 0.35^{Ya}	6.75 ± 0.35^{Ya}
8	2.50 ± 0.70^{Wb}	3.25 ± 0.35^{Wa}	3.00 ± 0.00^{Zba}	3.50 ± 0.70^{Za}	3.25 ± 0.35^{Za}

Değerler ortalama \pm standart sapmayı ifade etmektedir.

Ortalamalara ait aynı satırda (a,b,c,d,e) ve aynı kolonda (X,Y,Z,W,Q) yer alan farklı harfler istatistiksel olarak önemlidir (p<0.01).

K=Kontrol, T1= 1u MTGaz; T4= 4u MTGaz; T7= 7u MTGaz; T10= 10u MTGaz

Yerlikaya vd (basımda) 0, 2, 5 ve 10 mg/kg MTGaz enzimi ilave ederek soğukta depoladıkları uskumru kıymasının duyuşal değerlendirmelerinde, enzim uygulanmış grupların kontrol grubuna oranla daha yüksek koku, tekstür, görünüş değerlerine ulaştığını tespit etmişlerdir.

Çalışmamızda da MTGaz enzimi uygulamasının duyuşal değerlendirmelerde başarılı sonuçlar verdiği görülmüş olup, en yüksek beğeniye 7 birim enzim konsantrasyonu ile püskürtülerek kaplanmış olan uskumru filetolarında ulaşılmıştır.

5. SONUÇ

Uskumru balıkları besin değeri yüksek olup, ülkemizde tüketimi yaygın olan bir balık türüdür. Yağlı bir tür olan uskumruların raf ömrünün uzatılması, depolanması süresince kalitesinin korunması önem arz etmektedir. Gerçekleştirilen çalışmada MTGaz enzimi uygulamasının uskumru filetoalarının soğukta depolanması sırasında meydana gelen kalite değişimlerinin önüne geçmesi hedeflenmiş ve enzimin genel olarak kalitenin korunması açısından olumlu etki gösterdiği, kontrol grubu örneklerine göre daha başarılı bulgulara ulaşıldığı sonucuna varılmıştır.

Elde edilen sonuçlara göre uygulama grupları arasında pH değerlerinde istatistiksel açıdan önemli ($p<0.01$) farklar ortaya çıkmış ve T1 örnekleri en yüksek pH değerlerine sahip uygulama grubu olarak tespit edilmiştir. pH değerlerindeki artışın T7 uygulaması ile baskılandığı ve depolamanın son gününde 6.65 ± 0.01 ile en düşük değerlere sahip uygulama grubu olduğu tespit edilmiştir. Depolama süresince önemli ($p<0.01$) artış gösteren TVB-N değerleri pH bulguları ile paralellik göstererek en çok 7 birim MTGaz uygulaması ile baskılanmıştır. Enzim püskürtülerek fileto yüzeyinin kaplanması sonucu oksidasyon tüm enzim uygulama örneklerinde baskılanmıştır. Konsantrasyon artışı ile birlikte totok değeri görülen oksidasyonun geciktirilmesi etkisi en çok T10 ve T7 uygulama gruplarında kendini göstermiştir.

Mikrobiyolojik analiz bulguları $4\pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de depolanan balık filetoalarında 8 gün boyunca incelenmiş olup, TMAB ve TPAB gelişiminin özellikle T7 uygulamasında baskılandığı ve kontrol grubu örneklerde mikrobiyal gelişimin hızla ilerlediği görülmüştür. Koliform grubu mikroorganizmaların depolama süresi sonunda kontrol grubunda 5.45 ± 0.05 kob/g seviyesine ulaştığı, T7 uygulaması ile 2 log ve diğer enzim uygulamaları ile 1 log azalma ile sonlandığı belirlenmiştir. Maya-küf değerlerinde T7 örnekleri diğer uygulama gruplarına göre daha düşük seviyelerde belirlenmiş, T1 örneklerinin enzim püskürtülmesi sırasında MTGaz miktarının yetersiz gelmesi ve yüzeyinin ıslak kalması sonucu en yüksek değerlere sahip olmuştur.

Renk ölçümüne ait sonuçlar incelendiğinde T10 örneklerinin etrafını kaplayan MTGaz enziminin genel olarak ışığın kırılmasına olumsuz etki ettiği ve L^* değeri için T10 örneklerinin en düşük sonuçlara sahip örnekler olduğu gözlemlenmiştir. Buna ek olarak a^* değerine ait bulgular T10 örneklerinin yüksek sonuçlara sahip olduğunu göstermektedir. Ayrıca depolama süresi boyunca incelenen tüm uygulama gruplarında b^* değerinin en yüksek T7 örneklerine ait olduğu tespit edilmiştir.

Duyusal analizlerde panelistler tarafından en yüksek puanlara sahip olan uygulama grubu T7 olarak tespit edilirken, panelistlerin puanlarına göre tüm diğer enzim uygulama grupları kötü kokunun baskılanmasına yardımcı olmuş dolayısıyla kontrol örnekleri en düşük puanlar ile kokuşmanın en çok olduğu uygulama grubu olarak belirtilmiştir. Panelistlerin verdiği puanlar doğrultusunda MTGaz uygulamasının tekstür değerleri üzerinde istatistiksel olarak önemli ($p<0.01$) etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Panelistler tarafından en çok beğenilen uygulama grupları enzim uygulanmış gruplar olurken, kontrol örneklerinin tekstür yapıları beğenilmemiştir. Görünüş değerleri incelendiğinde ise, aralarında önemli ($p<0.01$) farklılıklar bulunan uygulama grupları

arasından T7 örnekleri en çok beğenilerek enzim uygulamalarının görünüşe olumlu etki ettiği tespit edilmiştir.

Elde edilen bulgulara göre MTGaz enzimi uygulamasının kalitenin korunması yönünde başarılı sonuçlar verdiği tespit edilmiş olup, bu etkinin konsantrasyon artışından bağımsız gerçekleştiği söylenebilmektedir. Düşük enzim konsantrasyonları yeterli etkinlik gösterememiş, aksine hazırlanan çözeltinin yüzeyi nemli bırakması nedeniyle kimyasal ve mikrobiyal faaliyetlere ortam hazırlamıştır. Yüksek konsantrasyon uygulamasında ise enzim yeterince her yöne püskürtülemeyerek lokalize kalmıştır. En etkin uygulama grubu 7 birim olacak şekilde hazırlanan MTGaz çözeltisinin balık filetoları yüzeyine püskürtülmesi şeklinde ortaya çıkmış ve raf ömrünü uzatılabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Su ürünleri endüstrisinde MTGaz uygulamalarının surimi teknolojisi çalışmaları ile sınırlı kalmayıp, kalitenin korunması açısından da etkili olduğu çalışmamız ile ortaya konulmaya çalışılmıştır. Endüstriyel açıdan gıdalara ilave edilen MTGaz'ın farklı bir uygulama alanı daha görülmüştür.

6. KAYNAKLAR

ALGHAZEER, R., SAEED, S. and HOWELL, N.K. 2008. Aldehyde formation in frozen mackerel (*Scomber scombrus*) in the presence and absence of instant green tea. *Food Chemistry*, 108: 801-810

AMANATIDOU, A. SCHLUTER, O. LEMKAU, K. GORRIS, M.G.L. SMID, J.E and KNORR, D. 2000. Effect of combined application of high pressure treatment and modified atmospheres on the shelf life of fresh atlantic salmon. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 1, 87-98.

AMERINE, M.A., PANGBORN, R.M. and ROESSLER, E.B. 1965. Principles of sensory evaluation of food. In: food science and technology monographs. Academic Press, New York, 602 s.

ANANOU, S., ZENTAR, H., MARTINEZ-BUENO, M., GALVEZ, A., MAQUEDA M. and VALDIVIA, E. The impact of enterocin AS-48 on the shelf-life and safety of sardines (*Sardina pilchardus*) under different storage conditions. *Food Microbiology*, 44, 185-195.

ANONİM, 2011. T.C. Milli Eğitim Bakanlığı Yiyecek İçecek Hizmetleri Balıklar ve Su Ürünleri, Ankara, 124 s.

ANONİM 2012. T.C. Milli Eğitim Bakanlığı Gıda Teknolojisi Duyusal Kontrolleri Yapma, Ankara, 79 s.

ANONİM 2015. T.C. Başbakanlık Türkiye İstatistik Kurumu. Su Ürünleri İstatistikleri.

ANONYMOUS, 1998. Association of Official Analytical Chemists 8th edn, rev. A. Gaithersburg.

ANONYMOUS, 2001. FDA (Foods and Drugs Administration) office of food additive safety center for food safety and applied nutrition food and drug administration: gras notification for transglutaminase, Washington DC, 164 s.

AOAC. 1990. Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists, 15th edn. Washington DC.

AUNE, F.T., OLSEN, L.R., AKSE, L., YTTERSTAD, E. and ESAIASSEN, M. 2014. Influence of different cold storage temperatures during the Rigor mortis phase on fillet contraction and longer-term quality changes of atlantic cod fillets. *Food Science and Technology*, 59: 583-586.

BAŞARAN, P., AKGUL, B.N. and RASCO, B.A. 2010. Dielectric properties of chicken and fish muscle treated with microbial transglutaminase. *Food Chemistry*, 120: 361-370.

- BERİK, N. ve VARLIK, C. 1997. Gökkuşığı alabalık (*Oncorhynchus mykiss* walbaum, 1792) filetosunun soğukta depolanması. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 23: 285-290.
- CAI, L., WU, X., LI, X., ZHONG, K., LI, Y. and LI, J. 2014. Effects of different freezing treatments on physicochemical responses and microbial characteristics of japanese sea bass (*Lateolabrax japonicas*) fillets during refrigerated storage. *LWT-Food Science and Technology*, 59, 122-129.
- CARDOSO, C., MENDES, R., PIRES, P.V. and NUNES, M.L. 2009. Effect of dietary fibre and MTGase on the quality of mackerel surimi gels. *Wiley interscience*, (www.interscience.wiley.com) DOI 10.1002/jsfa.3636
- CARDOSO, C., MENDES, R., PIRES, P.V. and NUNES, M.L. 2010. Effect of salt and MTGase on the production of high quality gels from farmed sea bass. *Journal of Food Engineering*, 101: 98-105.
- CARDOSO, C., RIBEIRO, B. and MENDES, R. 2012. Effects of dietary fibre and microbial transglutaminase addition on the rheological and textural properties of protein gels from different fish species. *Journal of Food Engineering*, 113: 520-526.
- CHAIJAN, M., KLOMKLAO, S. and BENJAKUL, S. 2013. Characterisation of muscles from Frigate mackerel (*Auxis thazard*) and catfish (*Clarias macrocephalus*). *Food Chemistry*, 139: 414-419.
- CHAMBI, H. and GROSSO, C. 2006. Edible films produced with gelatin and casein crosslinked with transglutaminase. *Food Research International*, 39: 458-466.
- CHANARAT, S. and BENJAKUL, S. 2013a. Impact of microbial transglutaminase on gelling properties of Indian mackerel fish protein isolates. *Food Chemistry*, 136: 929-937.
- CHANARAT, S. and BENJAKUL, S. 2013b. Effect of formaldehyde on protein cross-linking and gel forming ability of surimi from lizardfish induced by microbial transglutaminase. *Food Hydrocolloids*, 30, 704- 711
- CHEN, H. and HAN, M. 2011. Raman spectroscopic study of the effects of microbial transglutaminase on heat-induced gelation of pork myofibrillar proteins and its relationship with textural characteristics. *Food Research International*, 44: 1514-1520.
- CHOMNAWANG, C., NANTACHAI, K., YONGSAWATDIGUL, J., THAWORNCHINSOMBUT, S. and TUNGKAWACHARA, S. 2007. Chemical and biochemical changes of hybrid catfish fillet stored at 4 °C and its gel properties. *Food Chemistry*, 103: 420-427.
- CHOUHAN, A., KAUR, P.B. and RAO, S.P. 2015. Effect of high pressure processing and thermal treatment on quality of hilsa (*Tenualosa ilisha*) fillets during refrigerated storage. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 29: 151-160.

ÇAKLI, Ş. ve KIŞLA, D. 2003. Su ürünlerinde mikrobiyal kökenli bozulmalar ve önleme yöntemleri. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, (1-2): 239-245.

ÇELİK, U., ÇAKLI, Ş. ve TAŞKAYA, L. 2002. Bir süpermarkette tüketime sunulan dondurulmuş su ürünlerinin biyokimyasal kompozisyonu, fiziksel ve kimyasal kalite kontrolü. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, (1-2): 85-96.

ÇETİNKAYA, A. 2011. Timol, karvakrol, eugenol ve alfa terpineol' un soğukta depolanan vakum paketlenmiş hamsi filetoları üzerine etkilerinin incelenmesi. Doktora tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana, 86 s.

ÇITAK, S. ve CAN, K.N. 2010. Farklı sıcaklık ortamında bekletilen kıyma örneklerinde gram negatif psikrofil mikroorganizmaların dağılımı ve proteolitik aktiviteleri. *Gazi Üniversitesi, Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 30(1): 241-251.

ÇOBAN, E.Ö. and CAN, P.Ö. 2013. The Effect of active packaging film containing rosemary extract on the quality of smoked rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 22:4, 361-370.

DONDERO, M., CUROTTO, E. and FIGUEROA, V. 2002. Transglutaminase effects on gelation of jack mackerel surimi (*Trachurus murphyi*). *Food Science and Technology International*, 8(1): 49-54.

DÜZGÜNEŞ, O., KEŞİCİ, T., KAVUNCU, O. ve GÜRBÜZ, F. 1987. Araştırma ve Deneme Metodları (İstatistik II). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Ankara, 381 s.

EKİCİ, K., SAĞUN, E., SANCAK, C. Y., SANCAK, H., YÖRÜK, H. İ. ve İŞLEYİCİ, Ö. 2011. Dondurulmuş olarak muhafaza edilen inci kefalinde (*Calcarburnus tarichi*, Pallas 1811) biyojen amin oluşumu ve mikrobiyal değişimlerin belirlenmesi. *YYU Veteriner Fakültesi Dergisi*, 22 (2), 93-99.

FAN, H., LUO, Y., YIN, X., BAO, Y. and FENG, L. 2014. Biogenic amine and quality changes in lightly salt- and sugar-salted black carp (*Mylopharyngodon piceus*) fillets stored at 4 °C. *Food Chemistry*, 159, 20-28.

FARVIN, S. H. K., GREJSEN, D. H. and JACOBSEN, C. 2012. Potato peel extract as a natural antioxidant in chilled storage of minced horse mackerel (*Trachurus trachurus*): Effect on lipid and protein oxidation. *Food Chemistry*, 131, 843-851.

FATTOUCH, S., SALOUA, S., FATTOUCH, R.F. and SLAMA, B.M. 2008. Damage inhibition during refrigerated storage of mackerel (*Scomber scombrus*) fillets by a presoaking in quince (*Cydonia oblonga*) polyphenolic extract. *International Journal of Food Science and Technology*, 43: 2056-2064.

FERNANDEZ-DIAZ, D.M., MONTERO, P. And GULLIEN, G.C.M. 2001. Gel properties of collogens from skins of cod (*Gadus morhua*) and hake (*Meruiccius merluccius*) and their modification bt the coenhancers magnesium sulphate,

glycerol and transglutaminase. *Food Chemistry*, 74: 161-167.

FIDALGO, L.G., SARAIVA, J.A., AUBOURG, S.P., VÁZQUEZ, M. and TORRES, A.J. 2014. Effect of high-pressure pre-treatments on enzymatic activities of atlantic mackerel (*Scomber scombrus*) during frozen storage. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 23: 18-24.

GASPAR, A.L.C. and FAVONI, S.P.G. 2015. Action of microbial transglutaminase (MTGase) in the modification of food proteins: A review. *Food Chemistry*, 171: 315-322.

GOMEZ-GUILLÉN, C.M., MONTERO, P., SOLAS, T.M. and MATEOS, P.M. 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.

GÖKOĞLU, N. 2002. Su Ürünleri İşleme Teknolojisi. Su Vakfı Yayınları, İstanbul, 157s.

GÜMÜŞ, B., İKİZ, R., ÜNLÜSAYIN, M. and GÜLYAVUZ, H. 2008. Quality changes of salted red mullet (*Mullus barbatus* L., 1758) during vacuum packaged stored at +4°C. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, (2): 101-104.

HECK, T., FACCIO, G., RICHTER, M. and MEYER, L.T. 2013. Enzyme-catalyzed protein crosslinking. *Applied Microbiol and Biotechnol*, 97: 461-475.

HERRANZ, B., TOVAR, A.C., BORDERIAS, J.A. and MORENA, M.H. 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.

HONG, H., LUO, Y., ZHOU Z, and SHEN, H. 2012. low concentration of salt and sucrose on the quality of bighead carp (*Aristichthys nobilis*) fillets stored at 4 °C. *Food Chemistry*, 133: 102-107.

HU, Y., LIU, W., YUAN, C., MORIOKA, K., CHEN, S., LIU, D. and YE, X. 2015. Enhancement of the gelation properties of hairtail (*Trichiurus haumela*) muscle protein with curdlan and transglutaminase. *Food Chemistry*, 176: 115-122.

IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) 1987. Method Number 2.504. Determination of the p-anisidine value (P-Av). In: Standard Methods for the Analysis of Oils, Fats and Derivates. 7th Edition (edited by C. Paquet and A. Hautfenne). Pp. 143-144. Oxford, UK: Blackwell Scientific Publications.

JIANG, T.S. and YIN, L.J. 2001. Application of transglutaminase in seafood and meat processing. *Journal of The Fisheries Society of Taiwan*, 28 (3): 151-162.

JONGJAREONRAK, A., BENJAKUL, S., VISESSANGUAN, W. and TANAKA, M. 2006. Skin gelatin from bigeye snapper and brownstripe red snapper: Chemical

compositions and effect of microbial transglutaminase on gel properties. *Food Hydrocolloids*, 20: 1216-1222.

JOUKI, M., YAZDI, T.F., MORTAZAVI, A.S., KOOCHEKI, A. and KHAZAEI, N. 2014. Effect of quince seed mucilage edible films incorporated with oregano or thyme essential oil on shelf life extension of refrigerated rainbow trout fillets. *International Journal of Food Microbiology*, 174: 88-97.

KABA, N. 2009. Surimi teknolojisi ile yağlı ve koyu etli balıklardan surimi üretimi. *Journal of Fisheries Sciences*, 3(4): 266-274.

KASHIWAGI, T., YOKOYAMA, K., ISHIKAWA, K., ONO, K., EKIMA, D., MATUI, H. and SUZUKI, E. 2002. Crystal structure of microbial transglutaminase from *Streptoverticillium mobaraense*. *The Journal of Biology Chemistry*, 277 (46): 4452-44260.

KHIARI, Z., RICO, D., MARTIN-DIANA, B. and RYAN C.B. 2013. Comparison between gelatines extracted from mackerel and blue whiting bones after different pre-treatments. *Food Chemistry*, 139: 347-354.

KIELISZEK, M. and MISIEWICZ, A. 2014. Microbial transglutaminase and its application in the food industry. A review. *Folia Microbiol*, 59: 241-250.

KOCATEPE, D., ERKOYUNCU, H. ve TURAN, İ. 2013. Su ürünleri kaynaklı patojen Mikroorganizmalar ve zehirlenmeler. *Yunus araştırma bülteni*, 3, 47-56.

KORKUT, Y.A., KOP, A. ve DEMİR, P. 2007. Balık yemlerinde kullanılan balık yağı ve özellikleri. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, (1-2): 195-199.

KUNDAKÇI, A. ve ERGÖNÜL, B. 2009. Su Ürünlerinde soğuk zincir etkinliğinin önemi ve ürün kalitesi ile olan ilişkisi. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 4 (1): 21-28.

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

MARINIELLO, L., PIERRO, P., ESPOSITO, C., SORRENTINO, A., MASI, P., PORTA, R. 2003. Preparation and mechanical properties of edible pectin-soy flour films obtained in the absence or presence of transglutaminase, *Journal of Biotechnology*, 102: 191-198.

MANTHEY M., KARNOP G. and REHBEIN H. 1988. Quality changes of european catfish (*Silurus glanis*) from warm water aquaculture during storage in ice. *International Journal of Food Science and Technology*, 23, 1-9.

- McGUIRE, G. R. 1992. Reporting of objective color measurements. *Hort Science*, 27(12): 1254-1255.
- MOLINA, B., SAEZ, M.I., MARTINEZ, T.F., GUERRO, G.J.L. and SUAREZ, M.D. 2014. Effect of ultraviolet light treatment on microbial contamination, some textural and organoleptic parameters of cultured sea bass fillets (*Dicentrarchus labrax*). *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 26: 205-213.
- MOTOKI, M. and KUMAZAWA, Y. 2000. Recent research trends in transglutaminase technology for food processing. *Food Science and Technology Research*, 6(3): 151-160.
- MOTOKI, M. and SEGURO, K. 1998. Transglutaminase and its use for food processing. *Food Science & Technology*, 9: 204-210.
- MUKAN, M. ve EVLİYA, B. 2002. Adana piyasasında tüketime sunulan sade- kaymaklı dondurmaların mikrobiyolojik kalitelerinin tüketici sağlığı açısından değerlendirilmesi. *Gıda*, 27 (6): 489-496.
- OEHLENSCHLÄGER, J., KARL, H., MITCHELL, M., FAGAN, J. and GORMLEY, R. 2008. Evaluation of quality parameters of canned and frozen blue whiting (*Micromesistius poutassou*). *Journal of Fisheries Sciences*, 2 (5): 722-732.
- OĞUZHAN, P. and ANGIŞ, S. 2012. Effect of salting and packaging treatments on fresh rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets during storage at refrigerator temperatures. *Kafkas Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Dergisi*, 18 (3): 443-448.
- OLGUNOĞLU, A.İ. 2013. Determination of color characterization in some economical freshwater fish species fillets during iced storage for 24 days. *Indian J. Anim. Res.*, 47 (3): 187-195.
- ÖNER, Z. 2004. Mikrobiyal transglutaminazın özellikleri ve gıda sanayiinde kullanılmaları. *Gıda*, 29 (4): 269-272.
- ÖZPOLAT, E. ve ÇOBAN, E.Ö. 2012. Kara Balık (*Capoeta trutta*, Heckel, 1843) ve sarı balığın (*Capoeta umbla*, Heckel, 1843) köfte olarak değerlendirilmesi ve kalite kriterleri üzerine farklı muhafaza sıcaklıklarının etkisi. *Su Ürünleri Dergisi*, 29 (3): 127-131.
- PATIR, B., ÖZPOLAT, E., ŞEKER, P. ve YALÇIN, H. 2010. Vakum ambalajlı gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) havyarının üretimi ve muhafazası sırasında mikrobiyolojik kalitesinde meydana gelen değişimler. *Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Veteriner Dergisi*, 25 (1): 31-36.
- RODRIGUEZ-TURIENZO, L., COBOS, A. and DIAZ, O. 2013. Effects of microbial transglutaminase added edible coatings based on heated or ultrasound-treated whey proteins in physical and chemical parameters of frozen atlantic salmon (*Salmo salar*). *Journal of Food Engineering*, 119: 433-438.

- SCHORMULLER, J. 1968. Handbuch der Lebensmittelchemie. Band III/2. 1482-1537 pp., Teil Springer-Verlag Berlin, Heidelberg New York.
- SERDAROĞLU, M. ve FELEKOĞLU, E. 2003. Surimi jelinin fiziksel özelliklerini etkileyen faktörler. *Gıda*, 28(5): 479-485.
- SERDAROĞLU, M. ve TURP, G.Y. 2003. Gıda işlemede transglutaminaz kullanımı. *Gıda*, 28 (2): 209-215.
- SZTUKA, K. and KOŁODZIEJSKA, I. 2008. Effect of transglutaminase and EDC on biodegradation of fish gelatin and gelatin-chitosan films. *European Food Research and Technology*, 226: 1127-1133.
- ŞENGÖR, F.G., ÇELİK, U. ve AKKUŞ, S. 2000. Buzdolabı koşullarında depolanan istavrit balığı (*Trachurus trachurus*, L. 1758)'nın tazeliginin ve kimyasal bileşiminin belirlenmesi. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 24: 187-193.
- TAŞTEMÜR, S. ve HALKMAN, K.A. 2014. Membran filtrasyon tekniği ile koliform analizinde kullanılan besiyerlerinin kıyaslanması. *Gıda*, 39 (5): 267-273.
- TURAN, H., ERKOYUNCU, İ. ve KOCATEPE, D. 2013. Omega-6, omega-3 yağ asitleri ve balık. *Yunus Araştırma Bülteni*, (2):45-50.
- YERLİKAYA, P., GOKOGLU, N., UCAK, I., YATMAZ, H.A. and BENJAKUL, S. 2014. Suppression of the formation of biogenic amines in mackerel mince by microbial transglutaminase. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, DOI 10.1002/jsfa.6937
- YEŞİLAYER, N., DOĞAN, G. Ve ERDEM, M. 2008. Balık yemlerinde doğal karotenoid kaynaklarının kullanımı. *Journal Fisheries and Sciences* 2(3): 241-251.
- YÜKSEL, Z. ve ERDEM, Y.K. 2007. Gıda endüstrisinde transglutaminaz uygulamaları: 1. Enzimin genel özellikleri. *Gıda*, 32 (6): 287-292
- ZHU, Z., LANIER, C.T., FARKAS, E.B. and LI, B. 2014. Transglutaminase and high pressure effects on heat-induced gelation of alaska pollock (*Theragra chalcogramma*) surimi. *Journal of Food Engineering*, 131: 154-160.
- QUI, X., CHEN, S., LIU, G. and YANG, Q. 2014. Quality enhancement in the japanese sea bass (*Lateolabrax japonicas*) fillets stored at 4 °C by chitosan coating incorporated with citric acid or licorice extract. *Food Chemistry*, 162: 156-160.

ÖZGEÇMİŞ

Fahrettin Gökhan Tokay 1990 yılında Konya’da doğdu. İlk ve ortaöğrenimini Konya’da, lise eğitimini Antalya’da tamamladı. Akdeniz Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi’ne 2009 yılında girdi ve 2013 yılında Su Ürünleri Mühendisi ünvanıyla mezun oldu. Aynı yıl Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Mühendisliği Ana Bilim Dalı’nda yüksekisans öğrenimine başladı. Halen aynı anabilim dalında yüksek lisans eğitimine devam etmektedir.