

T.C.
SİNOP ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SU ÜRÜNLERİ AVLAMA VE İŞLEME TEKNOLOJİSİ ANA BİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

MODİFİYE ATMOSFER İLE PAKETLENEN ALABALIK (*Oncorhynchus mykiss*
Walbaum, 1792) KÖFTESİNDE MİKROBİYAL TRANSGLUTAMİNAZ ENZİMİNİN
ÜRÜN KALİTESİ ÜZERİNE ETKİSİ VE ENDÜSTRİYEL KULLANIM
OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI

YAZAR
CAN OKAN ALTAN

ORCID NUMARASI
0000-0001-8815-3172

DANIŞMAN
PROF. DR. HÜLYA TURAN

SİNOP – 2020

TEZ KABUL

Can Okan ALTAN tarafından hazırlanan “Modifiye Atmosfer ile Paketlenen Alabalık (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) Köftesinde Mikrobiyal Transglutaminaz Enziminin Ürün Kalitesi Üzerine Etkisi ve Endüstriyel Kullanım Olanaklarının Araştırılması” başlıklı bu çalışma, 29.12.2020 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak, jürimiz tarafından **DOKTORA tezi** olarak kabul edilmiştir.

Başkan Prof. Dr. Hülya TURAN
Sinop Üniversitesi / Su Ürünleri Fakültesi

Üye Prof. Dr. Mehmet Emin ERDEM
Sinop Üniversitesi / Su Ürünleri Fakültesi

Üye Prof. Dr. İsmihan KARAYÜCEL
Sinop Üniversitesi / Su Ürünleri Fakültesi

Üye Doç. Dr. Gülgün Fatma ŞENGÖR
İstanbul Üniversitesi / Su Bilimleri Fakültesi

Üye Doç. Dr. Zafer CEYLAN
Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi / Turizm Fakültesi

ETİK BEYANI

Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Can Okan ALTAN

İÇİNDEKİLER

Sayfa

İÇİNDEKİLER	i
SEMBOLLER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	v
SEMBOLLER.....	v
KISALTMALAR.....	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ	x
TABLolar LİSTESİ.....	xiv
ÖZET	xvii
ABSTRACT	xviii
TEŞEKKÜR.....	xix
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	9
2.1. Araştırmada Kullanılan Gökkuşuğı Alabalığı (Oncorhynchus mykiss Walbaum, 1792) Genel Özellikleri.....	9
2.2. Su Ürünlerinde Gıda Paketleme Yöntemleri ve Modifiye Atmosfer Paketleme (MAP).....	10
2.2.1. Modifiye Atmosfer Paketlemede Kullanılan Gazlar	12
2.2.1.1. Oksijen (O ₂)	12
2.2.1.2. Karbondioksit (CO ₂)	12
2.2.1.3. Nitrojen (N ₂)	13
2.2.1.4. Diğer Gazlar.....	13
2.2.2. Su Ürünlerinin Modifiye Atmosfer Paketlenmesinde Kullanılan Gaz Oranları.....	13
2.3. Enzimler ve Biyoteknoloji.....	15
2.3.1. Enzimlerin Üretim Kaynakları	16
2.3.1.1. Bitkisel Kaynaklı Enzimler	16
2.3.1.2. Hayvansal Kaynaklı Enzimler.....	17
2.3.1.3. Mikrobiyal Kaynaklı Enzimler	17
2.3.2. Su Ürünleri İşleme Teknolojisinde Enzimlerin Yaygın Kullanım Alanları	18
2.3.3. Transglutaminaz (TGaz) Enzimi	18
2.3.4. Mikrobiyal Transglutaminaz (MTGaz) Enziminin Gıda Sektöründeki Yeri	21

2.3.5. Mikrobiyal Transglutaminaz (MTGaz) Enzimi ve Su Ürünlerinde Kullanımı	23
2.4. Balık Köftesi	24
2.5. İlgili Araştırmalar/ Literatür Özeti	25
2.5.1. Su Ürünlerinde Transglutaminaz Kullanımına İlişkin Literatür Özeti	25
2.5.2. Su Ürünlerinde Modifiye Atmosfer Paketleme (MAP) Kullanımına İlişkin Araştırmalar	32
3. MATERYAL VE YÖNTEM	36
3.1. MATERYAL	36
3.1.1. Balıkların Temin Edilmesi	36
3.1.2. Paketlemede Kullanılan Materyaller	37
3.1.3. Balık Köftesi Yapımında Kullanılan Cihaz ve Ekipmanlar	39
3.1.3.1. Kıyma Makinesi	39
3.1.3.2. Kuter	39
3.1.3.3. Kalıp	40
3.1.4. Analizler için Kullanılan Cihaz ve Ekipmanlar	40
3.1.4.1. Toplam Uçucu Bazik Azot (TVB-N) Destilasyon Ünitesi	40
3.1.4.2. Homojenizatör	41
3.1.4.3. İnkübatör	41
3.1.4.4. Karbondioksitli inkübatör	42
3.1.4.5. Saf Su Cihazı	42
3.1.4.6. Laminar Flow Kabin	43
3.1.4.7. Rotary Evaporatör	43
3.1.4.8. Dikey Otoklav	44
3.1.4.9. Modifiye Atmosfer Paketleme Cihazı	44
3.1.4.10. Paket içi Gaz Ölçüm Cihazı	45
3.1.4.11. Tam Otomatik Pipetler	45
3.1.4.12. Su Aktivitesi Cihazı	46
3.1.4.13. Tekstür Cihazı	46
3.1.4.14. Hassas Terazî	47
3.1.4.15. Protein Yakma Ünitesi	47

3.1.4.16. Protein Destilasyon Cihazı.....	48
3.1.4.17. Tam Otomatik Ham Yağ Ekstraksiyon Cihazı.....	48
3.1.4.18. Kül Fırını.....	49
3.1.4.19. Buzdolabı	49
3.1.5. Araştırmada Kullanılan Kimyasal Malzemeler	50
3.1.6. Araştırmada Kullanılan Laboratuvarlar.....	50
3.2. YÖNTEM	51
3.2.1. Deneme Planı	51
3.2.2. Balık Köftesi Yapımı.....	52
3.2.3. Analizler	55
3.2.3.1. Mikrobiyolojik Analizler	56
3.2.3.2. Biyokimyasal Analizler.....	58
3.2.3.3. Kimyasal Analizler	59
3.2.3.4. Besin Kompozisyonu Analizleri	61
3.2.3.5. Fiziksel Analizler	64
3.2.3.6. Renk Ölçümleri.....	65
3.2.3.7. Mekanik Analizler.....	65
3.2.3.8. Çiğ ve Pişmiş Ürünlerde Duyusal Analizler	67
3.2.3.9. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Görüntüleri.....	69
3.2.3.10. Çocukların ve Yetişkinlerin Ürüne İlişkin Değerlendirmeleri.....	69
3.2.4. Son Tüketim Tarihinin (STT) Belirlenmesi	70
3.2.5. Verilerin Analizi.....	70
3.2.5.1. Yüzde (%) – Frekans (f) Analizleri.....	70
3.2.5.2. Varyans Analizleri	71
3.2.5.3. TOPSIS Analizi.....	71
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	73
4.1. Fiziksel Analizlere Ait Bulgular	73
4.1.1. Paket İçi Gaz Ölçümlerine Ait Bulgular	73
4.1.2. Su Kaybı Bulguları (%).....	74
4.1.3. Pişirme Kaybı Bulguları (%).....	76

4.2. Besin Kompozisyonu Analizlerine Ait Bulgular	79
4.2.1. Besin Bileşimi Analizi (Ham Yağ, Ham Protein, Ham Kül, Nem ve Karbonhidrat) Bulguları.....	79
4.2.2. Yağ Asitleri Analizi Bulguları.....	84
4.2.3. Amino Asit Analizi Bulguları	91
4.2.4. Mineral Madde Analizi Bulguları	97
4.2.5. pH Analizi Bulguları	103
4.2.6. Su aktivitesi (a_w) Analizi Bulguları	106
4.2.7. Renk Analizi Bulguları.....	108
4.3. Kimyasal Analiz Bulguları	113
4.3.1. TVB-N Analizi Bulguları.....	113
4.3.2. TBARs Analizi Bulguları.....	116
4.4. Mikrobiyolojik Analiz Bulguları	118
4.5. Mekanik Analiz Bulguları	130
4.5.1. TPA (Texture Profile Analysis) Bulguları	130
4.5.1.1. Çiğ Ürünlerde TPA Bulguları	130
4.5.1.2. Pişmiş Ürünlerde TPA Bulguları	140
4.5.2. WBS (Warner – Bratzler Shear) Analizi Bulguları.....	149
4.5.2.1. Çiğ Ürünlerde WBS Analiz Bulguları	149
4.5.2.2. Pişmiş Ürünlerde WBS Analiz Bulguları	153
4.6. Duyusal Analiz Bulguları	156
4.6.1. Çiğ Ürünlerin Duyusal Analiz Bulguları.....	156
4.6.2. Pişmiş Ürünlerin Duyusal Analiz Bulguları.....	161
4.7. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Görüntülerine Ait Bulgular	166
4.8. Çocukların ve Yetişkinlerin Ürün Değerlendirmelerine İlişkin Bulgular.....	170
4.9. TOPSIS Analizi Bulguları	175
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	176
KAYNAKÇA.....	186
ÖZGEÇMİŞ	215

SEMBOLLER VE KISALTMALAR LİSTESİ

SEMBOLLER

α	Alfa
ε	Epsilon
γ	Gama
μ	Mikron
μg	Mikrogram
μm	Mikrometre
ω	Omega
©	Telif hakkı
$^{\circ}\text{C}$	Santigrat derece
Σ	Toplam
%	Yüzde
Al	Alüminyum
Ar	Argon
As	Arsenik
a_w	Su aktivitesi
Ba	Baryum
Be	Berilyum
$(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{O}$	Dietil eter
Ca	Kalsiyum
Cd	Kadmiyum
Co	Kobalt
CO_2	Karbondiyoksit
Cr	Krom
Cs	Sezyum
Cu	Bakır
d	Devir
dk	Dakika
f	Frekans
Fe	Demir
Gln	Glutamin (reaksiyonda)

G	Glutamin
g	Gram
Ga	Galyum
H ₂ S	Hidrojen sülfür
H ₂ SO ₄	Sülfirik asit
H ₃ BO ₃	Borik asit
HCl	Hidroklorik asit
He	Helyum
Hg	Civa
K	Potasyum
kDA	Kilodalton
kcal	Kilokalori
kg	Kilogram
kob	Koloni oluşturan birim
l	Litre
L	Lizin
Li	Lityum
log	Logaritma
Lys	Lizin
m ²	Metrekare
mg	Miligram
Mg	Magnezyum
MgO	Magnezyumoksit
mHz	Megahertz
mJ	Milijoule
mm	Milimetre
mM	Milimol
µmol	Mikromol
Mg	Magnezyum
Mn	Mangan
n	Terim / paralel / birey sayısı
N	Newton
N	Normal
N.s	Newtonsaniye

N ₂	Azot
Na	Sodyum
NaCl	Sodyum klorür
M	Mol
NaHSO ₃	Sodyum bisülfid
NaOH	Sodyum hidroksit
Ne	Neon
Ni	Nikel
O ₂ :	Oksijen
P	Fosfor
pH	Hidrojen Gücü / Asit – Alkali Derecesi
Pb	Kurşun
Rb	Rubidyum
Se	Selenyum
Sr	Stronsiyum
Tl	Talyum
U	Ünite (µmol/dk)
v	Hacim
V	Vanadyum
Xe	Ksenon
Zn	Çinko

KISALTMALAR

AOAC	Amerikan Resmi Analitik Kimyacılar Birliği
ATPaz	Adenozin Trifosfataz
BHT	Bütil Hidroksi Toluen
BrT	<i>Brochothrix thermosphacta</i>
CAS	Kimyasal Kısaltma Hizmeti
DHA	Dokosahekzaenoik Asit
DNA	Deoksiribo Nükleik Asit
EAA	Esansiyel Amino Asitler
EFSA	Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi
EPA	Eikosapentaenoik Asit
ESO	Geçici Bozucu Organizmalar
FAO	Dünya Gıda ve Tarım Örgütü
FDA	Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi
FIR	Gıda Bilgilendirme Tüketici İlişkileri Kurumu
GRAS	Genel Olarak Güvenli
GTHB	Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı
HPLC	Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi
IgA	İmmünoglobulin A
IUPAC	Uluslararası Teorik ve Uygulamalı Kimya Birliği
LAB	Laktik Asit Bakterileri
MA	Malondialdehide bis diethylacetal
MA	Modifiye Atmosfer
MAP	Modifiye Atmosfer Paketleme
MHC	Miyosin Ağır Zincir
MTGaz	Mikrobiyal Transglutaminaz
MUFA	Tekli Doymamış Yağ Asitleri
NEAA	Esansiyel Olmayan Amino Asitler
PUFA	Çoklu Doymamış Yağ Asitleri
rpm	Dakikada devir sayısı
SDS – PAGE	Sodyum Dodesil Sülfat – Poliakrilamid Jel Elektrophorez
SEM	Taramalı Elektron Mikroskopu
SFA	Doymuş Yağ Asitleri

SSO	Spesifik Bozucu Organizmalar
STT	Son Tüketim Tarihi
TANB	Toplam Anaerob Bakteri
TBA	Tiyobarbitürik asit
TBARs	Tiyobarbitürik Asit Reaktif Maddeleri
TCA	Triklorasetik asit
TETT	Tavsiye Edilen Tüketim Tarihi
TGaz	Transglutaminaz
TGK	Türk Gıda Kodeksi
TK	Toplam Koliform
TMA	Trimetilamin
TMAB	Toplam Mezofil Aerob Bakteri
TMK	Toplam Maya Küf
TOBR	Türkiye'ye Özgü Beslenme Raporu
TOPSIS	İdeal Çözüme Benzerlikle Tercih Düzeni Tekniği / Çok Kriterli Karar Verme Tekniği
TPA	Tekstür Profil Analizi
TPAB	Toplam Psikrofil Aerob Bakteri
TVB-N	Toplam Volatil Bazik Azot
WBS	Warner – Bratzler Kesme Testi
WHO	Dünya Sağlık Örgütü

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1. Gökkuşağı alabalığının (<i>Oncorhynchus mykiss</i> Walbaum, 1792) genel görünüşü (Anonim, 2020b).....	9
Şekil 2.2. TGaz tarafından katalizlenen bilinen iki reaksiyon (Lorand ve Conrad, 1984) ..	19
Şekil 2.3. TGaz tarafından katalizlenen reaksiyon (Hitomi ve Tatsukawa, 2015)	19
Şekil 3.1. Araştırmada kullanılan balıkların temin edilmesi (orijinal)	36
Şekil 3.2. Araştırmada kullanılan bir Gökkuşağı alabalığı (orijinal).....	37
Şekil 3.3. Fileto çıkarma işlemi ve fileto haline getirilmiş balıklar (orijinal)	37
Şekil 3.4. Strafor tabaklar ve su emici ped (orijinal)	38
Şekil 3.5. Paketlemede kullanılan ambalaj materyali (orijinal).....	38
Şekil 3.6. Araştırmada kullanılan kıyma makinesi (orijinal).....	39
Şekil 3.7. Araştırmada kullanılan kuter (orijinal)	39
Şekil 3.8. Araştırmada köftelere şekil vermek için kullanılan kalıp (orijinal)	40
Şekil 3.9. Araştırmada kullanılan TVB-N destilasyon ünitesi (orijinal)	40
Şekil 3.10. Araştırmada kullanılan homojenizatör (orijinal)	41
Şekil 3.11. Araştırmada kullanılan inkübatör (orijinal).....	41
Şekil 3.12. Araştırmada kullanılan karbondioksitli inkübatör (orijinal).....	42
Şekil 3.13. Araştırmada kullanılan saf su cihazları (orijinal)	42
Şekil 3.14. Araştırmada kullanılan laminar kabin (orijinal)	43
Şekil 3.15. Araştırmada kullanılan evaporatör (orijinal)	43
Şekil 3.16. Araştırmada kullanılan dik tip otoklav (orijinal).....	44
Şekil 3.17. Araştırmada kullanılan modifiye atmosfer paketleme makinesi (orijinal).....	44
Şekil 3.18. Araştırmada kullanılan paket içi gaz ölçüm cihazı (orijinal)	45
Şekil 3.19. Araştırmada kullanılan tam otomatik pipetler (orijinal).....	45
Şekil 3.20. Araştırmada kullanılan su aktivitesi ölçüm cihazı (orijinal)	46
Şekil 3.21. Araştırmada kullanılan tesktür cihazı (orijinal).....	46
Şekil 3.22. Araştırmada kullanılan hassas terazi (orijinal)	47
Şekil 3.23. Protein yakma ünitesi (orijinal)	47
Şekil 3.24. Protein destilasyon cihazı (orijinal)	48
Şekil 3.25. Araştırmada kullanılan tam otomatik ham yağ ekstraksiyon cihazı (orijinal)...	48
Şekil 3.26. Araştırmada kullanılan kül fırını (orijinal)	49
Şekil 3.27. Araştırmada kullanılan cam kapaklı buzdolabı (orijinal)	49
Şekil 3.28. Araştırma sürecinde izlenen işlem adımları	52

Şekil 3.29. Alabalık köftesi üretimi işlem adımları	52
Şekil 3.30. Alabalık köftesinin ve grupların içeriği.....	53
Şekil 3.31. Alabalık köftesi üretiminde kullanılan MTGaz enzimi (orijinal).....	54
Şekil 3.32. Balık köftesi üretim süreci (orijinal)	54
Şekil 4.1. Köftelerin CO ₂ değerlerinin depolama süresine göre değişimi	73
Şekil 4.2. Depolama süresine göre köftelerdeki su kaybı değişimi	75
Şekil 4.3. Köftelerin pişirilmesi ile oluşan ağırlık kaybının depolama süresine göre değişimi	77
Şekil 4.4. Su kaybı (%) ile pişirme kaybı (%) arasındaki regresyon ve korelasyon bulguları	78
Şekil 4.5. Gökkuşáğı alabalığının besin bileşimi.....	80
Şekil 4.6. Köftelerin besin bileşimi	80
Şekil 4.7. Köftelerin 0. gün ile son tüketim tarihleri arasındaki enerji miktarı değişimleri	81
Şekil 4.8. Gökkuşáğı alabalığının ve köftelerin 0. gün ile son tüketim tarihlerindeki yağ asitleri kompozisyonu	87
Şekil 4.9. Gökkuşáğı alabalığının ve köftelerin 0. gün ile son tüketim tarihlerinde toplam MUFA, PUFA ve SFA değerleri	88
Şekil 4.10. Gökkuşáğı alabalığının ve köftelerin 0. gün ile son tüketim tarihlerinde toplam ω 3 ve ω 6 değerleri	88
Şekil 4.11. Gökkuşáğı alabalığının ve köftelerin 0. gün ile son tüketim tarihlerindeki amino asit ve türevleri.....	93
Şekil 4.12. Alabalık etinin ve köftelerin mineral madde kompozisyonu (50 – 8600 mg/kg)	99
Şekil 4.13. Alabalık etinin ve köftelerin mineral madde kompozisyonu (0 – 35 mg/kg)..	100
Şekil 4.14. Alabalık etinin ve köftelerin mineral madde kompozisyonu (0 – 0.5 mg/kg).	102
Şekil 4.15. Köftelerin depolama süresince pH değerleri	104
Şekil 4.16. Köftelerin depolama süresince a_w değerleri	106
Şekil 4.17. Köftelerin depolama süresince L* değeri.....	109
Şekil 4.18. Köftelerin depolama süresince a* değeri.....	109
Şekil 4.19. Köftelerin depolama süresince b* değeri	110
Şekil 4.20. Köftelerin depolama süresince TVB-N miktarlarındaki değişim.....	114
Şekil 4.21. Köftelerin depolama süresince TBARs miktarlarındaki değişim.....	116
Şekil 4.22. Kontrol grubunda depolama süresince gözlemlenen mikrobiyolojik değişiklikler	129

Şekil 4.23. A (%0.5 MTGaz) grubunda depolama süresince gözlemlenen mikrobiyolojik değişiklikler	129
Şekil 4.24. B (%1 MTGaz) grubunda depolama süresince gözlemlenen mikrobiyolojik değişiklikler	130
Şekil 4.25. Çiğ köftelerin sertlik değerlerinin depolama süresine göre değişimi	132
Şekil 4.26. Çiğ köftelerin adezif yapışkanlık değerlerinin depolama süresine göre değişimi	134
Şekil 4.27. Çiğ köftelerin esneme direnci değerlerinin depolama süresine göre değişimi	135
Şekil 4.28. Çiğ köftelerin elastikiyet değerlerinin depolama süresine göre değişimi.....	136
Şekil 4.29. Çiğ köftelerin kohezif yapışkanlık değerlerinin depolama süresine göre değişimi	137
Şekil 4.30. Çiğ köftelerin gamsılık değerlerinin depolama süresine göre değişimi	139
Şekil 4.31. Çiğ köftelerin çiğnenebilirlik değerlerinin depolama süresine göre değişimi.	139
Şekil 4.32. Pişmiş köftelerin sertlik değerlerinin depolama süresine göre değişimi	142
Şekil 4.33. Kontrol grubunun pişmiş formunun adezif yapışkanlık değerinin depolama süresine göre değişimi	143
Şekil 4.34. Pişmiş köftelerin esneme direnci değerlerinin depolama süresine göre değişimi	144
Şekil 4.35. Pişmiş köftelerin elastikiyet değerlerinin depolama süresine göre değişimi... ..	146
Şekil 4.36. Pişmiş köftelerin kohezif yapışkanlık değerlerinin depolama süresine göre değişimi.....	147
Şekil 4.37. Pişmiş köftelerin gamsılık değerlerinin depolama süresine göre değişimi	148
Şekil 4.38. Pişmiş köftelerin çiğnenebilirlik değerlerinin depolama süresine göre değişimi	149
Şekil 4.39. Çiğ köftelerin depolama süresine göre WBS kesme kuvveti	150
Şekil 4.40. Çiğ köftelerin depolama süresine göre WBS kesme işi	152
Şekil 4.41. Pişmiş köftelerde depolama süresine göre WBS kesme kuvveti.....	153
Şekil 4.42. Pişmiş köftelerde depolama süresine göre WBS kesme işi sonuçları	155
Şekil 4.43. Çiğ köftelerde depolama süresine göre görünüş puanlarının değişimi.....	157
Şekil 4.44. Çiğ köftelerde depolama süresine göre koku değişimi.....	158
Şekil 4.45. Çiğ köftelerde depolama süresine göre tekstür puanlarının değişimi.....	159
Şekil 4.46. Pişmiş köftelerde depolama süresine göre lezzet puanlarının değişimi	162
Şekil 4.47. Pişmiş köftelerde depolama süresine göre koku puanlarının değişimi.....	163
Şekil 4.48. Pişmiş köftelerde depolama süresine göre tekstür puanlarının değişimi.....	164

Şekil 4.49. Pişmiş köftelerde depolama süresine göre genel değerlendirme puanlarının değişimi.....	165
Şekil 4.50. Çocukların cinsiyet ve yaş grubuna göre dağılımı	170
Şekil 4.51. Çocukların ürünü değerlendirme durumuna ilişkin dağılım.....	172
Şekil 4.52. Yetişkinlerin ürünü değerlendirme durumuna ilişkin dağılım	173
Şekil 4.53. Ürünün çocuklar ve yetişkinler tarafından değerlendirilmesine ait görseller..	174



TABLÖLAR LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2.1. Çeşitli çalışmalarda kullanılan gaz karışım oranları, kullanılan ürün, işlenme durumu ve muhafaza koşulları.....	14
Tablo 2.2. Yıllara göre enzim sektörü gelişimi (milyon dolar) (Hasan ve ark., 2006).....	15
Tablo 3.1. Araştırmada kullanılan kimyasal ve mikrobiyolojik malzemeler	50
Tablo 3.2. Deneme planı.....	51
Tablo 3.3. Araştırma kapsamında gerçekleştirilen analizlere ait bilgiler	55
Tablo 3.4. Çiğ ve pişmiş alabalık köftesi duyuusal değerlendirme formu	68
Tablo 3.5. Çocukların ve yetişkinlerin ürüne dair değerlendirme formu	70
Tablo 4.1. Köftelerin depolama süresine göre paket içi CO ₂ değerleri (%)	73
Tablo 4.2. Köftelerin depolama süresine göre su kaybı oranları (%)	74
Tablo 4.3. Köftelerin pişirilmesi ile oluşan ağırlık kaybının depolama süresince değişimi (%)	76
Tablo 4.4. Taze balık ve köftelerin besin bileşimi ile enerji içeriği (% , kcal/100g).....	79
Tablo 4.5. Taze balık ve köftelerin 0. gün ile son tüketim tarihlerindeki yağ asitleri kompozisyonu (%).....	85
Tablo 4.6. Taze balık ve köftelerin 0. günleri ile son tüketim tarihlerindeki amino asit ve türevleri (g/100g)	92
Tablo 4.7. Taze balık ve köftelerin 0. gün ile son tüketim tarihlerindeki mineral madde kompozisyonu (mg/kg)	98
Tablo 4.8. Taze balık eti ve köftelerin depolama süresince pH değerleri	103
Tablo 4.9. Taze balık ve köftelerin depolama süresince a _w değerleri.....	106
Tablo 4.10. Taze balık ve köftelerin depolama süresine göre L* değerleri.....	108
Tablo 4.11. Taze balık ve köftelerin depolama süresine göre a* değerleri	109
Tablo 4.12. Taze balık ve köftelerin depolama süresine göre b* değerleri	110
Tablo 4.13. Köftelerin renk analizine ait regresyon denklemleri ve korelasyon katsayıları	110
Tablo 4.14. Taze balık ve köftelerin depolama süresine göre TVB-N değerleri (mg N/100 g)	114
Tablo 4.15. Taze balık ve köftelerin TBARs miktarları (mg MA/kg).....	116
Tablo 4.16. Kontrol, A ve B gruplarının mikrobiyolojik analiz sonuçları (logkob/g)	119
Tablo 4.17. Grupların mikrobiyolojik analizlerine ait regresyon denklemleri ve korelasyon katsayıları	120

Tablo 4.18. Çiğ köftelerin depolama süresine göre TPA değerleri	131
Tablo 4.19. Kontrol A ve B gruplarının çiğ formunun TPA sonuçlarına ilişkin regresyon denklemleri ve korelasyon katsayıları	132
Tablo 4.20. Depolama süresine göre pişmiş köftelerin TPA değerleri.....	141
Tablo 4.21. Kontrol, A ve B gruplarının pişmiş formunun TPA sonuçlarına ilişkin regresyon denklemleri ve korelasyon katsayıları	142
Tablo 4.22. Kontrol, A ve B gruplarının çiğ ürünlerde WBS kesme kuvveti değerleri (N)	150
Tablo 4.23. Çiğ ürünlerde WBS kesme kuvveti (N) ve kesme işi (N.s) değerlerinin Kontrol, A ve B gruplarına ait regresyon denklemleri ile korelasyon katsayıları.....	151
Tablo 4.24. Kontrol, A ve B gruplarının çiğ ürünlerde WBS kesme işi değerleri (N.s) ...	151
Tablo 4.25. Kontrol, A ve B gruplarının pişmiş ürünlerde WBS kesme kuvveti değerleri (N)	153
Tablo 4.26. Pişmiş ürünlerde WBS kesme kuvveti (N) ve kesme işi (N.s) değerlerine ait regresyon denklemleri ve korelasyon katsayıları.....	154
Tablo 4.27. Kontrol, A ve B gruplarının pişmiş ürünlerde WBS kesme işi sonuçları (N.s)	155
Tablo 4.28. Çiğ köftelerin duyu özelliklerinin depolama süresine göre değişimine ait regresyon denklemleri ve korelasyon katsayıları.....	156
Tablo 4.29. Çiğ köftelerin depolama süresine göre görünüş puanları	156
Tablo 4.30. Çiğ köftelerin depolama süresine göre koku puanları	158
Tablo 4.31. Çiğ köftelerin depolama süresine göre tekstür puanları	159
Tablo 4.32. Kontrol, A ve B gruplarının pişmiş formunun lezzet, koku, tekstür ve genel değerlendirme kriterleri bakımından regresyon ve korelasyon değerleri	161
Tablo 4.33. Pişmiş köftelerin depolama süresine göre lezzet puanları.....	161
Tablo 4.34. Pişmiş köftelerin depolama süresine göre koku puanları	162
Tablo 4.35. Pişmiş köftelerin depolama süresine göre tekstür puanları	163
Tablo 4.36. Pişmiş köftelerin depolama süresine göre genel değerlendirme puanları	164
Tablo 4.37. Köftelerin SEM görüntüleri.....	167
Tablo 4.38. Çocukların ürünün lezzeti ve tüketmek isteme durumlarına ait sonuçlar	171
Tablo 4.39. Çocukların ürünün lezzeti ve tüketmek isteme durumuna ait yüzde ve frekans değerleri (% , f).....	171
Tablo 4.40. Yetişkinlerin cinsiyet, yaş grubu, mesleği ve haftada kaç gün balık tükettiklerine ait yüzde ve frekans dağılımı (% , f).....	172

Tablo 4.41. Yetişkinlerin ürünün lezzeti ve tüketmek isteme durumlarına ait sonuçlar ...	173
Tablo 4.42. Yetişkinlerin ürünün lezzeti ve tüketmek isteme durumuna ait yüzde ve frekans değerleri (% , f).....	173
Tablo 4.43. TOPSIS yöntemine göre grup sıralamalarına ait sonuçlar	175



ÖZET

MODİFİYE ATMOSFER İLE PAKETLENEN ALABALIK (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) KÖFTESİNDE MİKROBİYAL TRANSGLUTAMİNAZ ENZİMİNİN ÜRÜN KALİTESİ ÜZERİNE ETKİSİ VE ENDÜSTRİYEL KULLANIM OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI

Bu araştırmada, Gökkuşuğu alabalığından (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) iki farklı oranda mikrobiyal transglutaminaz (MTGaz) enzimi [(A Grubu: %0.5 MTGaz), (B Grubu: %1 MTGaz)] ilave edilerek üretilen köfteler, modifiye atmosfer paketlenme (MAP) (60/40:CO₂/N₂) ile paketlenerek 2±2°C’de 24 gün boyunca depolanmıştır.

Farklı konsantrasyonlarda kullanılan MTGaz enziminin köfte üzerindeki etkileri (besin kompozisyonu, fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik, duyu analizler ve mekanik testler) incelenmiştir. %1 oranında kullanılan (B Grubu) enzimin mikrobiyal fauna üzerinde daha yüksek inhibisyon etkisinin olduğu, hem çiğ hem de pişmiş üründe su ve pişirme kaybını azaltıcı etkide olduğu tespit edilmiştir (p<0.05). Köfte formunda istenilen reolojik özelliklerin de artan enzim konsantrasyonu ile önemli ölçüde iyileştiği tespit edilmiştir (p<0.05). Besin bileşimi, yağ asitleri ve amino asit kompozisyonları ile renk, pH, su aktivitesi (aw) ve tiyobarbitirik asit reaktif maddeleri (TBARs) sonuçları açısından enzim konsantrasyonunun etkisi önemli bulunmamıştır.

Duyu analiz, kimyasal ve mikrobiyolojik analiz sonuçları bakımından alabalık köftelerinin raf ömrü, kontrol grubunda 18 gün, A ve B gruplarında ise 21 gün olarak tespit edilmiştir.

Toplam Psikrofil Aerob Bakteri (TPAB), Toplam Uçucu Azotlu Bileşikler (TVB-N) ve duyu analiz verileri ile oluşturulan TOPSIS (Technique for Order-Preference by Similarity to Ideal Solution) makul çözüme yakınlık ve sıralama tekniğine göre, A grubunun (%0.5 enzim ilaveli) tercih edilebilirlik açısından ilk sırada olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak, tüketime hazır bu üründe MTGaz enzimi ve MAP’ın birlikte kullanımı neticesinde gıda güvenliğine uygun olarak maksimum koruma sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: alabalık (*Oncorhynchus mykiss*), balık köftesi, modifiye atmosfer paketlenme (MAP), mikrobiyal transglutaminaz (MTGaz), yeni ürün, tekstür

ABSTRACT

THE EFFECT OF MICROBIAL TRANSGLUTAMINASE ENZYME AND MODIFIED ATMOSPHERE PACKAGING ON THE QUALITY OF THE RAINBOW TROUT (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) MEATBALLS AND INVESTIGATION OF INDUSTRIAL USE POSSIBILITIES

In this research, rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) meatballs were prepared by adding microbial transglutaminase (MTGase) enzyme with two different ratios [(Group A: %0.5 MTGase), (Group B: %1 MTGase)], packaged with modified atmosphere packaging (MAP) (60/40:CO₂/N₂) and stored at 2±2°C for 24 days.

The effect of MTGase enzyme used with different concentrations in meatballs were examined in terms of the nutritional composition, physical, chemical, microbiological, sensory analyses and mechanical tests. It was determined that the using of the enzyme in higher concentration (1%) had reducing effect on water and cooking losses in both raw and cooked products and microbial fauna ($p < 0.05$). The desired rheological properties of the meatballs were also significantly improved with increasing enzyme concentration ($p < 0.05$). The effect of enzyme concentration was not significant in terms of nutritional composition, fatty acid composition, amino acid composition, colour, pH, aw, TBARs results.

According to sensory, chemical and microbiological results; the shelf life of trout meatballs were 18 days for the control group, 21 days for A and B groups.

According to the evaluation TOPSIS (Technique for Order-Preference by Similarity Ideal Solution) statistical analyse which is composed from Total Psychophilic Aerobacteria (TPAB), Total Volatile Nitrogen Compounds (TVB-N) and sensory analyse results in terms of preferability, Group A. In conclusion, maximum protection has been provided in accordance with combined usage of MTGase enzyme and MAP in terms of food safety in this ready-to-eat product.

Key Words: rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), fish meatball, modified atmosphere packaging (MAP), microbial transglutaminase (MTGase), new product, texture

TEŞEKKÜR

Hem tez çalışmam sırasında hem de tüm akademik yaşantım boyunca kıymetli bilgi, birikim ve tecrübeleri ile bana yol gösteren ve destek olan, bilimsel ve etik değerlere bakış açısıyla akademik yaşamıma birçok değer katan değerli danışman hocam Prof. Dr. Hülya TURAN'a;

Tez çalışma sürecime ve diğer akademik çalışmalarına ilgisi ve önerileri ile her zaman destek olan değerli hocam Doç. Dr. Demet KOCATEPE'ye;

Tez çalışmamın materyalini sağlayan ayrıca proje kapsamında yürüttüğümüz bu çalışmaya maddi destekte bulunan Kuzey Su Ürünleri Firması'na ve araştırmalara katkı sağlamak hususunda her zaman yanımızda olan Samsun ve Sinop İlleri Su Ürünleri Yetiştiricileri Üretici Birliği Başkanı Sayın Osman PARLAK'a;

Tezimi derinlemesine inceleyerek görüş ve önerileriyle sağladıkları katkılardan ötürü değerli jüri üyesi hocalarım Prof. Dr. Mehmet Emin ERDEM, Prof. Dr. İsmihan KARAYÜCEL, Doç. Dr. Gülgün Fatma ŞENGÖR ve Doç. Dr. Zafer CEYLAN'a

Proje kapsamında birlikte çalıştığımız arkadaşlarım Dr. İrfan Keskin ve Arş. Gör. Bayram KÖSTEKLİ'ye;

Tez çalışmamın analiz sürecinde desteklerini esirgemeyen Arş. Gör. Dr. Bengünur ÇORAPCI, Su Ürünleri Yük. Müh. Asiye EYÜBOĞLU ve Gıda Müh. Melike VURAT'a;

Çalışmalarım boyunca her türlü konuda desteğiyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan ve üzerimde çok emeği bulunan eşim Doç. Dr. Esra BOZKURT ALTAN'a;

Manevi desteklerini sürekli üzerimde hissettiğim annem ve babama;

Bu yıl hayatımıza giren ve varlığıyla tarifi mümkün olmayan mutluluklar hissettiren canım oğlum Can'a çok teşekkür ederim.

Bu araştırma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 118O109 numaralı proje ile desteklenmiştir.

Can Okan ALTAN

1. GİRİŞ

İnsan yaşamı için önemli bir unsur olan beslenme alışkanlıkları, geçmişten günümüze toplumsal yaşamda meydana gelen yeniliklere ve gelişmelere paralel olarak değişime uğramıştır. Özellikle yaşadığımız yüzyılda kadınların çalışma hayatında daha aktif rol alıyor olması, çalışma hayatının yoğunluğu gibi faktörler zaman kavramını oldukça önemli hale getirmekte, bu durum da beslenme alışkanlıklarını etkilemektedir. Bu doğrultuda toplum, hazırlanması oldukça kolay ve lezzetli hazır gıdaların tüketimine yönelmektedir (Çaklı ve ark., 2005; Tokur ve ark., 2006; Sun, 2009). Aynı zamanda günümüzde yaşam şartlarının zorlaşması, bireylerin stres gibi faktörlere maruz kalması sağlık açısından pek çok hastalığı da beraberinde getirmektedir. Bu sebeptendir ki organik ve ev yapımı gıdalara yönelim ve sağlıklı beslenme hususunda bilinçlendirme çalışmaları özellikle medyada sıklıkla yer almaktadır. Sağlıklı beslenme için tüketicilere sunulan hazır gıdaların besin içeriği bakımından zengin ve sağlığa yararlı olması ile mümkün olabilmektedir. Böylece hem tüketicinin ihtiyaçları karşılanabilir hem de toplum sağlığı korunabilir (Jiménez-Colmenero, 2007; Kasapis, 2009).

Karbonhidrat ve doymuş yağlar açısından zengin hazır gıdaların büyük bir bölümü hayvansal kaynaklı olup, çoğunlukla daha yüksek doymuş yağ asidi içermekte ve toplum sağlığını olumsuz etkilemektedir (Zhao ve ark., 2017; Babaoğlu ve Hatun, 2002; Toprak ve ark., 2002). Obezite ve yağlanma sebebiyle çeşitli hastalıkların çocukluktan itibaren artış gösteriyor olması, bu durumun doğal bir yansıması olarak değerlendirilebilir (Honório ve Costa, 2013; Soltani ve ark., 2013; Rajput ve ark., 2015). Bununla birlikte obezite özellikle çocukları ve gençleri psikolojik boyutuyla olumsuz etkilerken, hazır gıdaların özellikle bu yaş gruplarında çok tüketiliyor olması önemli bir çelişki içermektedir (Miller ve ark., 2013; Erdoğan, 2016). Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü tarafından hazırlanan Türkiye’ye Özgü Besin ve Beslenme Rehberi’nde (TOBR) 2015 yılı verileri incelendiğinde, Dünya’da şişman birey sayısının 800 milyonu aştığı, hafif şişman birey sayısının 2,3 milyar olduğu ve kötü / yetersiz beslenen yaklaşık 650 milyon birey bulunduğu belirtilmektedir. Yine söz konusu raporda Dünya’da gözlenen hastalıklar incelenmiş ve bu hastalıklardan diyabetin %44’ünün, istemik kalp hastalıklarının %23’ünün, bazı kanser türlerinin %7 – 41’inin şişmanlık kaynaklı olduğuna dikkat çekilmiştir. Ülkemizde ise şişmanlık, diyabet gibi beslenme ile ilişkili hastalıkların görülme sıklıklarında son 10 yılda meydana gelen artışların beklenenin üzerinde olduğu vurgulanmaktadır (Anonim, 2015). Nitekim Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), tarafından gerçekleştirilen

"2019 Türkiye Sağlık Araştırması" kapsamında bireylerin boy ve kilo değerleri esas alınarak vücut kütle indekslerine göre yapılan karşılaştırmada 15 yaş ve üstü obez bireylerin oranının 2016 yılında yüzde 19,6 iken 2019'da yüzde 21,1 olduğu tespit edilmiştir (Anonim, 2020a). Raporlarda ulaşılan bu sonuçlar beslenme alışkanlıklarının gözden geçirilmesi gerekliliğinin çarpıcı göstergeleridir.

Gıda ve Tarım Örgütü [Food and Agriculture Organization of United Nations, FAO] (2019) öncülüğünde birkaç kurum tarafından hazırlanan "Dünyada Gıda Güvenliği ve Beslenme Durumu" raporunda ise fazla kiloya sahip olma ve obezitenin, okula devam eden çocuklar ve yetişkinler arasında artış gösterdiğine, 2018 yılında beş yaşın altında olan 40 milyon çocuğun fazla kilolu olduğunun tahmin edildiğine dikkat çekilmektedir. 2016 yılında ise 5-9 yaş arası 131 milyon çocuk, 207 milyon ergen ve 2 milyar yetişkinin fazla kilolu olduğunun tespit edildiği belirtilmektedir. Fazla kilolu olarak belirlenen ergen ve yetişkinlerin yaklaşık üçte birinin, 5-9 yaş arası çocukların ise %44'ünün obez olarak belirlendiğine dikkat çekilmiştir. Kötü beslenme alışkanlıklarının ekonomik maliyetinin ciddi boyutlarda olduğu yine aynı raporda dikkat çekilen bir diğer husustur.

Hazır gıdaya yönelik talep ve sağlıklı hazır gıdalara olan ihtiyaç kriterlerini karşılamak üzere balık etinin tadını, kokusunu ve aromasını modifiye ederek üretimi yapılan balık sosisi, balık krakerleri, balık ezmesi (pate), balık salamı, balık cipsleri, balık gevrekleri, köfte ve burger gibi ürünler önemli birer seçenek olabilmektedir (Çaklı ve ark., 2005; Gürel İnanlı ve ark., 2006; Tokur ve ark., 2006; Mahmoudzadeh ve ark., 2010; Öksüztepe ve ark., 2010; Berik ve ark., 2011; Can, 2012; Özpolat ve Emir Çoban, 2012; Ulusoy ve ark., 2017). Balık etinden sağlıklı işlenmiş ürün üretimi ile gıda endüstrisine katma değer kazandırılabilenkte aynı zamanda önemli bir talebe cevap olabilmektedir (Çaklı ve ark., 2005; Aksun, 2016). Hazır gıdalara yönelik talebin işlenmiş su ürünlerine yönlendirilebilmesi, genelde kıyı illerde ve avlandığı mevsimde tüketilen su ürünlerinin dört mevsim boyunca tüketilmesini sağlayabilecek, böylece ülkemizde sağlıklı beslenme alışkanlığının geliştirilmesine katkı sunabilecektir. Nitekim Türkiye'de 2015 ila 2017 yıllarına ait 3 yıllık ortalamanın alındığı verilere göre, kişi başına günlük 101.7 gr toplam protein tüketilmekte ve bu miktarın %34.42'sini hayvansal, %65.58'ini ise bitkisel kaynaklı proteinler oluşturmaktadır (FAO, 2018). Bu durum gelişmiş ülkelerde hayvansal protein lehinedir. Hayvansal kaynaklı protein tüketiminin az olması dengesiz beslenmenin bir göstergesi olduğundan, ülkemizin bir beslenme sorunu olduğu aşikârdır (Büyüknisan, 2008). Hayvansal protein tüketiminin araştırılması ve artırılmasına yönelik çalışmalar ülkemizde yeterli/dengeli beslenmenin

durumu göz önünde bulundurulduğunda oldukça önem arz etmektedir (Sarıözkan ve Akçay, 2014). Su ürünleri, bu beslenme sorununa çözüm olarak gerek ekonomik açıdan gerekse besin değeri açısından çok önemli bir konumda bulunmaktadır. Bilindiği üzere hem önemli protein kaynağı olması hem de uzun zincirli çoklu doymamış omega-3 yağ asitleri içeriyor olmaları ile su ürünleri dengeli beslenme ve sağlık için önemli protein kaynağıdır (TOBR, 2015; Palmeira ve ark., 2016).

Üç tarafının denizlerle çevrili olması, çeşitli akarsu ve gölleri ile zengin su ürünleri potansiyeline sahip olmasına karşın su ürünleri tüketiminin oldukça az olduğu görülmektedir. Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından 2019 yılında 2018 yılı TÜİK verileri ile hazırlanan “Su Ürünleri İstatistikleri” raporunda, kişi başına düşen yıllık su ürünleri tüketiminin son yıllarda dalgalandığı, 2007 yılında 8,6 kg olan bu oranın 2015 yılında 6,2 kg’a, 2018 yılında ise 6.1 kg’a düştüğü görülmektedir (Anonim, 2019b). Nitekim dünya ülkelerinde kişi başına düşen su ürünleri tüketimi ortalaması 16.3 kg/yıl, Avrupa’da ise 23 kg/yıl civarındadır (FAO, 2018). Bu durum ülkemizde kişi başına düşen su ürünleri tüketim oranlarının artırılması gerekliliğine işaret etmektedir.

FAO (2018) tarafından, dünyada su ürünleri tüketiminin %46’sının (66 milyon ton) taze balık olarak, %29’unun (46 milyon ton) dondurulmuş, %14’ünün (21 milyon ton) konserve, %11’sinin (16 milyon ton) kurutulmuş, tuzlanmış dumanlanmış ya da diğer işlem görmüş formlarda tüketildiği bildirilmiştir. Başka bir ifadeyle %46 oranında taze balık tüketilirken, %54 oranında işlenmiş ürünler tercih edilmektedir. Ülkemizde su ürünleri tüketim alışkanlıklarını inceleyen araştırmalar ise su ürünlerinin çok büyük oranda taze tüketildiğini ortaya koymaktadır (Orhan ve Yüksel, 2010; Yavuzcan ve ark., 2010; Aydın ve Karadurmuş, 2012; 2013). Başka bir açıdan bakıldığında, taze tüketim alışkanlığının yaygın olması avcılık ya da yetiştiricilikteki dalgalanmalardan etkilenmekte ve bu durum da balık etinin yıl boyu tüketimini olumsuz etkileyebilmektedir. Bu bağlamda, yıllık su ürünleri tüketiminin artırılması için işlenmiş balık eti tüketimini teşvik edecek ürün çeşitliliğinin geliştirilmesi gıda endüstrisi için oldukça önem arz etmektedir (Erdal ve Esengün, 2008; Orhan ve Yüksel, 2010; Aydın ve Karadurmuş, 2013; Oğuzhan ve Yangılar, 2014; Aksun, 2016). Ancak ürün çeşitliliği yapılırken toplumun beslenme alışkanlığının ve bazı yeni beslenme yönelimlerinin dikkate alınması gerekmektedir (Uran, 2013). Yanar (1998) ve Çiftçi (2010)’nin belirttiği gibi Uzakdoğu ve Güneybatı Asya ülkeleri daha çok olmak üzere, Avrupa ülkeleri ve Amerika Birleşik Devletleri’nde gerek popüler gerekse popüler olmayan su ürünlerinin, çok değişik işleme teknikleri kullanılarak yeni ürünlere dönüştürüldüğü bilinmektedir. İyi bir

protein kaynağı olmakla beraber farklı damak tatlarına da hitap edebilen ayrıca kokusundan dolayı balık eti tüketemeyenler için de iyi bir alternatif olan balık köftesi sevilen lezzeti, pişirilme ve saklama kolaylığı ile özellikle çalışan kişilerin ve çocukların beğenisini kazanan, balık eti tüketimi alışkanlığının artışına yardımcı olabilecek önemli bir ürün olarak karşımıza çıkmaktadır (Gökoğlu, 1994; Ersoy, 2001). Balık köftesi, balık etinin temizlenip, haşlanıp (opsiyonel) kıyma haline getirilmesinin ardından katkı maddelerinin kullanımı ve baharat ilavesiyle elde edilen bir balık ürünüdür (Gökoğlu, 1994; Öksüztepe ve ark., 2010; Can, 2012; Özpolat ve Emir Çoban, 2012; Kılınççeker, 2015; Ulusoy ve ark., 2017).

Hazır gıdalara yönelik talebe işlenmiş su ürünleri alternatiflerinin sunulmasının gıda endüstrisine katma değer sağlayacağı aşîkârdır (Oğuzhan ve Yangılar, 2014). Ancak bilindiği üzere işlenmiş ürünler raf ömrünün uzatılması, tekstürün iyileştirilmesi gibi bazı sebeplerden ötürü ağırlıklı olarak kimyasal katkı maddeleri ile muamele edilebilmektedir (Ulusoy ve ark., 2017). Nitekim su ürünlerinin diğer et ürünlerine göre daha çabuk bozulmaya elverişli yapıya sahip olması (Çaklı ve Kışla, 2003) işlenmiş su ürünlerinde katkı maddelerinin kullanımını bir bakıma zorunlu kılmaktadır. Çeşitli araştırmalar işlenmiş gıda tüketiminde katkı maddeleri kullanımının tüketicilerde olumsuz intiba uyandırdığı, söz konusu ürünleri satın alsalar dahi şüphe ile yaklaşmalarına neden olduğu yönündedir (Erdem, 2014; Güven ve Aysel, 2016). Bu nedenle tüketiciye hem lezzetli ve tekstürel özellikleri iyileştirilmiş hem de raf ömrü uzun olan ürün çeşitliliği sunmanın yanı sıra bu kriterleri sağlayan ürünleri kimyasal yöntemlere alternatif yöntemler ile ekonomik üretebilmek gibi önemli kriterin de sağlanması önem arz etmektedir. Başka bir ifadeyle işlenmiş su ürünlerinin gıda endüstrisindeki talebi karşılaması için ürün geliştirme süreçlerinde kimyasal olmayan katkıların etkililiğinin araştırılması ve kimyasal olmayan işleme süreçlerinin etkililiğinin test edilmesi gerekmektedir.

Protein içeriği bakımından zengin gıdalarda ürünlerin su tutma kapasitesi, jel oluşturma kabiliyeti, besinsel nitelikleri gibi birçok özellikleri, içerdikleri proteinlerin özellikleri ile yakından ilgilidir (Jiang ve Yin, 2001; Gerrard, 2002; Gaspar ve Goes-Favoni, 2015). Gıdaların içerdikleri proteinlerin yapısı fiziksel, kimyasal ya da enzimatik yöntemler ile modifiye edilebilmektedir. Proteinlerin yapısının modifiye edilmesinden yararlanılarak gıda endüstrisinde ürünlerin nitelikleri iyileştirilmektedir (Jiang ve Yin, 2001; Gerrard, 2002; Kurt ve Zorba, 2004). Gıda proteinlerinin modifikasyonunun enzimatik yöntemler ile yapılması ürüne kimyasal muamelenin önüne geçmeyi sağlayabilmekte nitekim gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Örneğin, hızlandırılmış peynir

olgunlaştırmadan sütün soğuk sterilizasyonuna, ekmek iç yapısını iyileştirmeden kolay işlenebilir hamur eldesine, şarap yapımından etin gevrekleştirilmesine kadar birçok alanda enzimlerden faydalandığı görülmektedir (Motoki ve Kumazawa, 2000; Kuraishi ve ark., 2001; DeJong ve Koppelman, 2002; Aran, 2012; Demirci, 2012).

Gıda proteinlerinin modifikasyonu ve fonksiyonel özelliklerinin geliştirilmesinde kullanılan enzimlerin çoğu doğada yaygın bulunan proteazlardır. Bunların dışında yalnızca birkaç enzim protein modifikasyonu için uygun bir etkinliğe sahiptir. Çapraz bağlanma gerçekleştirebilen enzimler ise tekstürel modifikasyonu sağlamak üzere daha çok tercih edilmektedir (Kuraishi ve ark., 2001; DeJong ve Koppelman, 2002; Gerrard, 2002). Bu enzimler canlı dokuların protein yapısının biyolojik anlamda mekanik dayanımında önemli role sahiptirler. Bunlardan biri proteinler arası kovalent çapraz bağlanmayı katalizleyen, ticari yönden de uygun olarak nitelendirilen tek enzim olan transglutaminazdır (TGaz) (Kuraishi ve ark., 2001; DeJong ve Koppelman, 2002; Yokoyama ve ark., 2004; Kurt ve Zorba, 2004; Alp, 2006; Aşkın, 2007; Gaspar ve Goes-Favoni, 2015). Gıda proteinlerinin modifikasyonu ve fonksiyonel özelliklerinin geliştirilmesinde gıda endüstrisinde geniş ölçüde kullanılan mikrobiyal transglutaminaz (MTGaz), protein veya peptidler arasında molekül içi ve moleküller arası çapraz bağ oluşumunu katalizleyerek proteinleri modifiye eden enzimdir (Motoki ve Kumazawa, 2000, Jiang ve Yin, 2001; Kurt ve Zorba, 2004; Aşkın, 2007; Sun, 2009; Gaspar ve Goes-Favoni, 2015).

TGaz, proteinlerin içindeki glutamin ve lizin arasında kalan kısma izopeptid bağlarla bağlanarak, molekül içi ve moleküller arası kovalent çapraz bağlar meydana getirir. Proteinlerin çapraz bağlanması yüksek molekül ağırlıklı polimerlerin oluşmasına sebep olur. Bu reaksiyonun yanı sıra TGaz tarafından katalizlenen iki reaksiyon daha vardır. Bunlardan birincisi, TGaz'ların primer aminlerin bulunduğu ortamda proteinlerdeki glutaminleri aminlere çapraz bağlayabildiği açıl – transfer reaksiyonlarıdır. İkincisi ise lizin ve primer aminlerin bulunmadığı ortamlarda suyun nükleotid gibi reaksiyona girmesi ve glutaminlerin deaminasyonudur. Bu üç TGaz reaksiyonu gıda proteinlerinin fonksiyonel özelliklerini modifiye etmede kullanılır (Motoki ve Seguro, 1998; Öner, 2004).

TGazlar çeşitli hayvan dokuları, mikroorganizmalar ya da bitkiler gibi çeşitli kaynaklardan elde edilebilmektedirler. Ticari üretiminin yaygınlığı ve bu sebeple daha kolay bulunabilir ve ekonomik olması, hayvan dokularından elde edilen TGaz'a göre daha fazla protein substratı ile reaksiyona girmesi, enzimatik aktivite için kalsiyum iyonuna ihtiyaç

duymaması, hücre dışına enzim sentez özelliğine sahip olması gibi nedenlerden ötürü gıdalarda daha çok mikroorganizmalardan elde edilen MTGaz tercih edilmektedir (Motoki ve Seguro, 1998; Kurt ve Zorba, 2004). MTGaz, 1989 yılında *Streptovorticillium* türü bir mikroorganizmadan izole edilmiştir. Enzim, Ajinomoto firması tarafından gıda sektöründe kullanılmak üzere ticarileştirilmiştir. Bu şekilde enzimin mikroorganizmalardan ekonomik olarak elde edilmesi ve sektör için ticari olarak seri üretimi olanaklı hale gelmiştir. (Motoki ve Seguro 1998). Süt ürünleri, tahıl ürünleri, su ürünleri ve et ürünleri MTGaz'ların gıda endüstrisinde en fazla kullanıldığı alanlarıdır. MTGaz enziminin tahıl ürünlerinden ekmek, kek, bisküvi ve pasta üretiminde kullanımı yaygındır. Tahıl ürünlerinin üretiminde kullanılan MTGaz enzimi ürünlerin proteinleri üzerinde modifikasyon yapılır (Motoki ve Kumazawa, 2000, Jiang ve Yin, 2001; Sun, 2009; Gaspar ve Goes-Favoni, 2015; Anonim, 2018a). Bu enzimin ilavesi ile enzimin açıl transfer reaksiyonunu katalizlemesiyle birlikte lizin'in gıdaya kazanılması sağlanarak ürünün besinsel değeri de artırılmaktadır (De Jong ve Koppelman, 2002).

Gıda işleme teknolojisinde MTGaz kullanımı ile düşük viskoziteli (akışkanlık) protein çözelti ve/veya dispersiyonlarında (serpinti) jel yapıları oluşturma, düşük yağ – proteinlerin içerisinde mekanik yapılar oluşturma, mekanik mukavemeti artırma, ürüne eksikliği duyulan amino asit katılımını sağlama, tekstürel deformasyonun azalması için gıda katkı maddeleri kullanımını azaltma veya tamamen ortadan kaldırma mümkün olabilmektedir (Yüksel ve Erdem, 2006; Kauffman ve ark., 2012). Bunlarla birlikte, düşük değerli ve/ya trim (kıyılmış – parçalanmış) halde bulunan et veya balık parçaları yeniden yapılandırılarak, tekstürel (dokusal) özellikleri geliştirilip, satış değeri arttırılmaktadır (Motoki ve Kumazawa, 2000, Jiang ve Yin, 2001; Sun, 2009). MTGaz enzimi; kıyılmış et, balık ve tavuk ile diğer gıda katkılarının karıştırılıp şekil verilmesi, basınca dirençli kaplarda paketlenip hamburger, köfte, et ve balık topları, gibi et ürünlerinin üretimi için kullanılmaktadır (Kuraishi ve ark., 2001).

Su ürünlerinde özellikle surimi üretiminde yaygın olarak kullanılan bu enzimin ilavesi ile surimi jelinde elastik yapı oluşmaktadır (Duangmal ve Taluengphol, 2010; Chanarat ve ark., 2012; Aran, 2012; Herranz ve ark., 2013, Kaewudom ve ark., 2013). MTGaz'ın muhafaza yöntemlerinde kullanımı balık ürünlerinde dokunun dayanıklılığını da sağlamaktadır (Aran, 2012; Tokay, 2015). Proteinler arasında çapraz bağ oluşumunu arttıran bu enzimin ürünün jel yapısını ve tekstürünü artırması en önemli özelliğidir. En iyi sonuçlar verdiği gıda grubunu ise et ürünleri oluşturmaktadır. Su ürünleri işleme teknolojisinde de tekstürde

iyileştirme (Kuraishi ve ark., 2001; Tokay, 2015) yapmaktan balığın olgunlaşma süresinin kısaltılması (Melendo ve ark., 1997), balık işleme atıklarından protein ayırma (Kim ve ark., 1997) gibi çeşitli kullanım alanları da bulunmaktadır.

Literatürde su ürünlerinde MTGaz enzimi kullanımına yönelik çeşitli araştırmalara rastlanabilmektedir (Seguro ve ark., 1995; Lee ve ark., 1997; Ramirez ve ark., 2002; Benjakul, ve ark., 2003; Ramirez ve ark., 2006; Cardoso ve ark., 2007; Moreno ve ark., 2008; Moreno ve ark., 2009a; Moreno ve ark., 2009b; Çiftçi, 2010; Duangmal ve Taluengphol, 2010; Chanarat ve ark., 2012; Herranz ve ark., 2013; Kaewudom ve ark., 2013; Rodriguez-Turienzo ve ark., 2013; Hemung ve Chin, 2014; Tokay, 2015; Lametta ve Lametta, 2018; Tzikas ve ark., 2015; Uran ve ark., 2018).

Su ürünlerinde MTGaz kullanımının surimi üretiminde (Seguro ve ark., 1995; Benjakul ve ark., 2003; Duangmal ve Taluengphol, 2010; Chanarat ve ark., 2012; Herranz ve ark., 2013; Kaewudom ve ark., 2013), yeniden yapılandırılmış balık ürünleri ya da jellerinin geliştirilmesinde (Lee ve ark., 1997; Ramirez ve ark., 2002; Ramirez ve ark., 2006; Cardoso ve ark., 2007; Moreno ve ark., 2008; Moreno ve ark., 2009a; Moreno ve ark., 2009b; Hemung ve Chin, 2014; Lametta ve Lametta, 2018; Tzikas ve ark., 2015) ve balık filetolara kaplama yapılmasında (Rodriguez-Turienzo ve ark., 2013; Tokay, 2015) yoğunlaştığı görülmektedir.

Su ürünleri kullanılarak köfte üretim amacıyla doğrudan tüketiciye sunulabilecek MTGaz'ın uygulanması üzerine yalnızca bir çalışmaya rastlanmaktadır. Çiftçi (2010), araştırmasında inci kefal (*Alburnus tarichi*) balığından balık köftesi yapımında galeta unu ile TGaz enzimini kullanmıştır. Ancak bu araştırma ile kapsamlı analizler yapılmamıştır ve araştırmanın temeli “merkezi birleşik desene dayalı yanıt yüzeyi yöntemi modellemesi” üzerine kurulmuştur. Söz konusu çalışma, gıda endüstrisi için MTGaz enzimi katkılı köfte üretimine yönelik oldukça sınırlı bulgu içermektedir.

Modifiye atmosfer (MA) paketlenen su ürünlerinin muhafazasında yaygın kullanılır (Reddy ve ark. 1996; Pastoriza ve ark. 1998; Sivertsvik ve ark. 2002; 2003; Muratore ve Licciardello, 2005). Bu yöntem, paketteki havanın uzaklaştırılması ve uzaklaştırılan havanın yerine tek gaz veya gaz karışımlarının eklenmesini içeren bir ambalajlama yöntemidir (Parry, 1993; Church ve Parsons, 1995; Özoğul ve Özoğul, 2006). Bu yöntemde en çok kullanılan gazlar CO₂, O₂ ve N₂'dir. Bu gazlar ürüne ve tüketici ihtiyaçlarına bağlı olarak farklı oranlarda ve

farklı kombinasyonlarda kullanılmaktadır. Perakende ürünler için önerilen gaz karışımı, beyaz etli balıklar için 40/30/30 : CO₂/N₂/O₂, yağlı (somon, alabalık, ringa, uskumru), işlenmiş ve tütsülenmiş balıklar için 60/40 : CO₂/N₂'dir (Smith ve ark., 1990; Farber, 1991; Lampila, 1991; Church ve Parsons, 1995; Kılınç ve Çaklı, 2004; Özoğul ve Özoğul, 2006; Kocatepe, 2010).MA paketleme son yıllarda taze, dondurulmuş ve soğutulmuş gıdalarda bozulmanın geciktirilmesi ve özellikle taze su ürünlerinin raf ömrünün uzatılması açısından yaygın bir yöntem olmuştur (Ashie ve Lanier, 2000; Erkan ve ark., 2007). Modifiye atmosferde ambalajlamanın, ürünün raf ömrünü %50-400 oranında arttırma, daha uzun raf ömrü nedeniyle ekonomik kayıpları azaltma, ürünün daha uzak mesafelere taşınmasını sağlama, dağıtım masraflarını azaltma, renk, aroma gibi kayıpları en aza indirme ve dayanıklı ürün temin etme gibi pek çok avantajı vardır (Farber, 1991; Devlieghere ve ark., 2002). Bu nedenle araştırma kapsamında geliştirilecek ürünün hazır gıda endüstrisinde her geçen gün daha da sıklıkla tercih edilen muhafaza türlerinden biri olan MA paketleme seçilmiştir.

Araştırma kapsamında köfte yapılmak üzere tercih edilen Gökkuşağı (*Oncorhynchus mykiss*) alabalığı Dünya'da ve Türkiye'de yetiştiriciliği en yaygın olan balık türlerinin başında gelmektedir. Genellikle iç piyasada taze olarak tüketilmekte, Avrupa ülkelerine ise taze soğutulmuş veya dondurulmuş fileto şeklinde ihraç edilmektedir. Büyük miktarlarda üretimi yapılan bu balığın alternatif işleme yöntemleri ile değerlendirilmesinin gıda endüstrisine katma değer sağlayacağı kaçınılmazdır. Bu da Karadeniz'de yetiştiriciliği ve ihracatı yapılan alabalıkların değerlendirilebileceği yeni bir işlenmiş ürün pazarı oluşturulması ile mümkün olabilir.

Bu araştırma ile bir gıda işleme yardımcı maddesi olarak dünyada yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanan MTGaz enzimi ilavesiyle Gökkuşağı alabalığından elde edilen ve özellikle ülkemizde balık eti sektöründe önemli sayılabilecek ölçüde tercih edilen balık köftelerinin üretilmesi, üretilen köftelerin fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik, duyu analizler ile kalitesinin ve çocuklar ile yetişkinler tarafından kabul edilebilirliğinin tespit edilmesi amaçlanmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Araştırmada Kullanılan Gökkuşaağı Alabalığının (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) Genel Özellikleri

Gökkuşaağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) sistematikte Salmonidae familyasında yer alır. Morfolojik bakımdan adipoz yüzgeci ile özelleşen Gökkuşaağı alabalığı berrak, serin ve zengin oksijenli sularda yaşar. Şekil 2.1’de Gökkuşaağı alabalığının genel görünüşü sunulmuştur.



Şekil 2.1. Gökkuşaağı alabalığının (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) genel görünüşü (Anonim, 2020b)

Gökkuşaağı alabalığının sistematikteki yeri şöyledir:

Alem: Animalia (Hayvanlar)

Şube: Chordata (Kordalılar)

Sınıf: Actinopterygii (Işınsal yüzgeçliler)

Takım: Salmoniformes

Familya: Salmonidae (Somongiller)

Cins: *Oncorhynchus*

Tür: *Oncorhynchus mykiss*

Oncorhynchus mykiss türü 60 – 66 omura, 10 – 12 yumuşak dorsal yüzgeç ışınına ve 19 ışımdan oluşan kuyruk yüzgecine sahiptir. Sırt bölgesinde ve yanlarında yer alan çok sayıdaki siyah benekler en belirgin özelliğidir. Renk pigmentleri ise habitat, boy ve cinsel olgunluk durumlarına göre değişkenlik gösterir. Akarsu bölgelerinde yaşayan grupları daha koyu

renklerde gözlemlenirken, daha durgun sularda ya da denizlerde bulunan grupları daha açık ve gümüşü renkli olabilmektedir (Anonim, 2020c). Kafanın bitiminden kuyruk tabanına kadar geniş pembe ila kırmızı şerit taşımaktadırlar. Dünyanın pek çok yerinde yetiştiriciliği yapılmaktadır. Gıda olarak oldukça kaliteli bir yapıya ve yüksek et randımanına sahiptir. (Yanık, 2009; Anonim, 2020c). Ülkemizde yetiştiricilik bakımından alabalık, deniz ve içsu kaynaklarında kültürü yapılan balık türleri içinde en fazla yetiştiriciliği yapılan balık türüdür (Anonim, 2019b) ve her geçen yıl ülkemizde üretimi artmaktadır. Karadeniz Bölgesi'nde özellikle Sinop çevresinde yeni üretim alanları açılmakta ve faaliyete geçmektedir.

2.2. Su Ürünlerinde Gıda Paketleme Yöntemleri ve Modifiye Atmosfer Paketleme (MAP)

Gıda paketlemede temel yöntemlerden biri olan MAP, özellikle son 50 yıldır ticari olarak geniş bir kullanım alanına sahiptir (Sivertsvik ve ark. 2002). MAP yöntemi ile ilgili detaylı bilgi vermeden su ürünleri alanında paketlemeye duyulan ihtiyacın tarihsel gelişimine bakmak faydalı olacaktır. Davis (1998), su ürünlerine olan paketleme ihtiyacını şöyle özetlemektedir: “Diğer çiğ etlerde olduğu gibi su ürünlerinde de gıdayı kontaminasyondan (bulaşmadan) koruma ya da tüketicinin ellerini/kıyafetlerini kirletmeden ürüne sahip olabilmek gereksinimi, bir çeşit paketleme ihtiyacını doğurmuştur. Ağırlıklı olarak büyük marketlerden talep gören paketleme ihtiyacı, sektörü fabrika üretiminde paketlemeye yönlendirmiştir. Özellikle 1960’lı yıllarda taze su ürünleri için raf ömrü, depolama ve dağıtım süresi gibi sebeplerden dondurma yöntemine yönelim olmuştur. Dondurulmuş su ürünlerini dehidrasyondan (su kaybından) korumak amacıyla önceleri vakum paketleme daha çok benimsenmiş, bununla birlikte su ürünlerinin ön paketlenmesi de yaygın olarak gelişmeye devam etmiştir. Bu süreçte koruyucu gaz karışımlarının enjeksiyonuna ticari ölçekte yönelim on yıl boyunca pek yaygınlaşmamıştır. Oysa balıkların korunmasına yardımcı olmak amacıyla CO₂’ye olan ilgi uzun bir geçmişe sahiptir. Rıhtıma yanaşmaya 14 günden fazla zamanı olan balıkçı gemilerinde modifiye gaz depolarının kullanımının faydalı olacağı 1950’de yapılan bir araştırmanın sonucudur.”

Paketleme sürecindeki bu gelişim ve CO₂’nin paketlemede kullanılması MAP yöntemi ile ilgili çalışmaların 1950’lerden bugüne devam etmesine sebep olmuştur. Günümüzde su ürünleri sektöründe MAP yöntemi yaygın olan bir metottur (Reddy ve ark. 1996; Pastoriza ve ark. 1998; Sivertsvik ve ark. 2002; 2003; Muratore ve Licciardello, 2005). Gıdaların kabul edilebilir kalitesini arttırmak üzere MA oluşturmaya yönelik 5 farklı yöntem kullanılır

(Barazi ve Erkmen, 2011): *Kontrollü Atmosfer Paketleme, Modifiye Atmosfer Paketleme, Vakum Paketleme, Denge Modifiye Atmosfer Paketleme ve Aktif Paketleme.*

Kontrollü Atmosfer Paketleme: Çoğunlukla gıdaların taşınması ve depolanması sırasında kullanılmaktadır (Barazi ve Erkmen, 2011). Bu yöntemde saklama süresi boyunca kaptaki ya da ortamdaki gaz miktarı ürünün fizyolojik tepkilerine ve gaz kaybına göre kontrol edilerek sabit tutulur (Blakistone, 1998).

Vakum Paketleme: Bu yöntem bir paket içindeki iç gaz atmosferini değiştirmenin en yaygın yoludur. Ürün, düşük oksijen geçirgenliğine sahip filmten yapılmış bir pakete yerleştirilir, içindeki hava vakumla tamamen uzaklaştırılır. Hava boşaltıldığı için paket ürünün etrafında çöker, böylece içindeki basınç nadiren atmosferikten çok daha az olur. Bu yöntem genelde hazır yiyecekler ile taze etlerin paketlenmesinde kullanılır (Barazi ve Erkmen, 2011).

Denge-Modifiye Atmosfer Paketleme: Bu yöntem paketlenildikten sonra solunumu devam eden gıdalarda uygulanır. Bu teknikte paket içerisinde saklama süresince oluşturulacak gaz karışımı, kullanılan paketleme materyalinin gaz geçirgenliği düşünülerek meyve ve sebzelerdeki solunum etkisiyle dengeye gelmesi şeklinde sağlanır (Barazi ve Erkmen, 2011).

Aktif Paketleme: Bu yöntemde gıdanın bulunduğu gaz atmosferi belli gazların tutulup diğerlerinin ortama verilmesiyle sürekli değişim gösterir. Özellikle paket içerisindeki O₂, gaz tutucularla tutulup ortamdan uzaklaştırılır (Barazi ve Erkmen, 2011).

Modifiye Atmosfer Paketleme: MAP, Hintlian ve Hotchkiss (1986) tarafından "*bileşimi havadan farklı olacak şekilde değiştirilmiş bir atmosferde bozulabilir bir ürünün ambalajı*" olarak tanımlanmaktadır. Dodds (1995), MAP'ın genel ve basit bir tanımını "yiyeceklerin normal hava bileşiminden farklı olacak şekilde [%78.08 N₂, %20.96 O₂, %0.03 CO₂, değişken miktarlarda su ve eser miktarda inert gaz (atıl gaz)] paketlenmesi" şeklinde yapmaktadır. Taze ürünün MA ile muamele edilmesi paket içindeki gaz bileşiminin değiştirilmesine dayanır, ürünün solunumu ve gazların paketten aktarılması ile CO₂ miktarı artırılır, O₂ miktarı azaltılır (Fonseca ve ark., 2000).

MAP yönteminde ürünün cinsine, beklenen ürün raf ömrüne ve işlemci ve tüketicinin gereksinimlerine bağlı olarak farklı kombinasyonlarda ve oranlarda gaz karışımı kullanılır (Church, 1994; Blakistone, 1998). MAP'ın genel prensibi, paket içerisindeki havanın alınarak yerine gaz karışımının doldurulmasıdır. Gaz, paket içerisine dolum yapıldıktan

sonra ambalaj sızıntıya karşı mukavemetli bir şekilde kapatılır. Depolama süresi boyunca genellikle ambalaj içerisindeki gazın kontrolü yapılamamakta ve gaz konsantrasyonu değişmektedir. Ürün çevresindeki gazın uzaklaştırılması ya da ürünü çevreleyen atmosfer içerisindeki O₂ miktarının azaltılmasının bir neticesi olarak mikrobiyal gelişim azalmakta ve kimyasal bozulmalar yavaşlamaktadır (Sivertsvik ve ark., 2002; Kocatepe, 2010).

2.2.1. Modifiye Atmosfer Paketlemede Kullanılan Gazlar

MAP'ta oluşturulan atmosfer ile ürünün raf ömrünün uzaması ve paketlenmiş gıda maddelerinin optimal organoleptik kalitesini dengelemek amaçlanmaktadır. Bu amaçla sıklıkla kullanılan gazlar: oksijen, karbondioksit ve nitrojendir. Bunun dışında karbonmonoksit, sülfürdioksit ya da çeşitli soygazlar kullanılan çalışmalara rastlanabilmektedir (Arvanitoyannis ve Bouletis, 2012).

2.2.1.1. Oksijen (O₂)

Gıdayı çevreleyen oksijenin azaltılması ile oksidasyon ve esmerleşme reaksiyonları kontrol edilebilir. Oksidatif reaksiyonlar genellikle ette ve balıkta meydana gelir ve lipid kaybı olarak bilinir. MAP'ta hem fermentasyondan hem de aerobik bozulma sebebiyle oluşacak mikroorganizmaların çoğalmasından kaçınmak için düşük seviyeli oksijen tercih edilir. *Clostridium botulinum* gibi bazı mikroorganizmalar O₂ yokluğunda da tamamen çoğalabilir. Tamamen O₂ yokluğundan kaçınılması halinde, bu mikrobiyolojik tehlike ortadan kaldırılabilir (Blakistone, 1998).

2.2.1.2. Karbondioksit (CO₂)

CO₂, MAP tekniği ile paketlenmiş kırmızı et, kümes hayvanları ve su ürünlerinde lezzet ve koku gibi değişikliklere sebep olan gram negatif ve aerobik bozulma bakterilerini inhibe etme özelliğinden dolayı MAP tekniğinde kullanılan önemli bir gazdır (Blakistone, 1998). CO₂ konsantrasyonu arttıkça inhibisyon oranı da yükselmektedir (Sivertsvik ve ark., 2002). Ancak MAP yönteminde kullanılan paketlerin çoğunlukla CO₂ geçirgen olması sebebiyle paket içindeki CO₂ oranı değişkenlik gösterir. Bununla birlikte gıdalarda bulunan mikroorganizmaların da CO₂ üretebiliyor olması, CO₂ miktarının beklenenden fazla olmasına sebep olabilir. Bu durumda paket şişerek patlayabilir. Öte yandan CO₂'in gıdada çözünmesi daha fazla gerçekleşirse de paket içindeki gaz miktarı düşeceğinden paket sönük bir yapıya sahip olur (Barazi ve Erkmen, 2011; Blakistone, 1998; Emblem, 2000).

2.2.1.3. Nitrojen (N₂)

N₂, kokusuz, tatsız ve suda çözünürlüğü düşük bir gaz olduğundan, MA uygulanan paketin çökmesini önlemek amacıyla kullanılır (Robertson, 2006). N₂ bazı proteolitik (protein yıkıcı) ve yağın oksidasyonuna sebep olan enzimleri inhibe eder (Barazi ve Erkmen, 2011). Ayrıca O₂ konsantrasyonunu azaltması sebebiyle de aerobik bozulmayı engellemeye yardımcı olur (Robertson, 2006).

2.2.1.4. Diğer Gazlar

MAP tekniğinde yukarıda ifade edilen gazlar dışında karbonmonoksit, sülfürdioksit ya da çeşitli soygazlar kullanılabilir. Karbonmonoksit kırmızı rengin taze ette karboksiyogloblin oluşumu ile korunmasında çok etkilidir. Ancak bu amaç için ticari olarak kullanılmamıştır. Çünkü yüksek derecede toksik ve belli bir basınç oranı aşıldığında patlayıcı bir gaz olan karbon monoksit paketleme makinesi operatörleri için muhtemel sağlık tehlikesi nedeniyle düzenleyici otoriteler tarafından onaylanmamıştır. Bununla birlikte, ABD'de paketlenmiş marulda kızarmayı önlemek için kullanımı onaylanmıştır (Blakistone, 1998). Soygazlar, modifiye atmosfer yöntemlerinde N₂ gazı yerine özel amaçlar için ve doldurucu gazlar olarak kullanılabilir. Bu gazlardan bazıları; Helyum (He), Argon (Ar), Ksenon (Xe) ve Neon (Ne)'dur. Patates tabanlı hazır gıdalarda soygazlar kullanılabilir (Barazi ve Erkmen, 2011).

2.2.2. Su Ürünlerinin Modifiye Atmosfer Paketlenmesinde Kullanılan Gaz Oranları

İşlenmiş ya da işlenmemiş su ürünlerinin MAP ile muhafaza edilmesine yönelik araştırmalarda ürünün türü, varsa kullanılan işleme yöntemi, muhafaza edilecek ortam gibi çeşitli parametreler dikkate alınarak kullanılacak gaz oranlarının belirlenebildiği görülebilmektedir. Bu sebeple yapılan çeşitli araştırmalarda kullanılan gaz oranları, ürün cinsi, (varsa) işleme yöntemi ve muhafaza koşulları gibi parametreler Tablo 2.1'de sunulmuştur.

Tablo 2.1. Çeşitli çalışmalarda kullanılan gaz karışım oranları, kullanılan ürün, işlenme durumu ve muhafaza koşulları

Araştırma	Ürün	İşlenme Durumu	Muhafaza Koşulları	Gaz Oranları
Erkan ve ark. (2000)	Gökkuşaağı alabalığı (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	Paneli alabalık	4°C	%5 O ₂ + % 35 CO ₂ + % 60 N ₂ % 30 CO ₂ + % 70 N ₂
Giménez ve ark. (2002)	Çipura (<i>Sparus aurata</i>)	Taze fileto	1±1°C	%50 CO ₂ + %50 N ₂ %10 O ₂ + %50 CO ₂ + %40 N ₂ %20 O ₂ + %50 CO ₂ + %30 N ₂ %30 O ₂ + %50 CO ₂ + %20 N ₂
Fletcher ve ark. (2002)	Kral Somonu (<i>Oncorhynchus tshawytscha</i>)	Taze fileto	9±1°C	%100 N ₂ 40% CO ₂ + 60% N ₂
Metin (2002)	Gökkuşaağı alabalığı (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	Paneli fileto	4°C	%5 O ₂ + %35 CO ₂ + %60 N ₂ %30 CO ₂ + %70 N ₂
Arashisar ve ark. (2004)	Gökkuşaağı alabalığı (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	Taze fileto	4±1°C	%100 CO ₂ %2.5 O ₂ + %90 CO ₂ + %7.5 N ₂ %30 O ₂ + %40 CO ₂ + %30 N ₂
Özoğul ve ark. (2004)	Sardalya (<i>Sardina pilchardus</i>)	Taze	4°C	%60 CO ₂ + %40 N ₂
Muratore ve Licciardello (2005)	Kılıç balığı (<i>Xiphias gladius</i>)	Kuru tuzlama ve sıvı dumanlama	4°C	%5 O ₂ + %45 CO ₂ + %50 N ₂
Arkaudelos ve ark. (2007)	Yılan balığı (<i>Anguilla anguilla</i>)	Taze	0°C	30% O ₂ + 40% CO ₂ + 30% N ₂
Erkan ve ark. (2007)	Uskumru (<i>Scomber japonicus</i>)	Taze fileto	4°C	%5 O ₂ + %70 CO ₂ + %25 N ₂
Goulas ve Kontominas (2007)	Çipura (<i>Sparus aurata</i>)	Hafif tuzlu çipura fileto	4°C	%30 O ₂ + %40 CO ₂ + %30 N ₂
Lyhs ve ark. (2007)	Ringa (<i>Clupea harengus</i>)	Taze	4°C 10°C	30% CO ₂ + 70% N ₂
Choubert ve ark. (2008)	Gökkuşaağı alabalığı (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	Taze fileto	2±1°C	40% CO ₂ + 60% N ₂ 40% CO ₂ + 60% Ar
Alak ve ark. (2010)	Palamut (<i>Sarda sarda</i>)	Taze	4±1°C	%100 CO ₂
Kocatepe (2010)	Levrek (<i>Dicentrarchus labrax</i>)	Taze	2.9±0.2°C	%75 CO ₂ + %25 N ₂ , %60 CO ₂ + %40 N ₂ , %30 O ₂ + %30 CO ₂ + %40 N ₂
Oğuzhan ve Angiş (2012)	Gökkuşaağı alabalığı (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	Tuzlanmış	4±1°C	%50 CO ₂ + %50 N ₂

Tablo 2.1’de belirtilen çalışmalarda kullanılan CO₂ oranının en az % 30 olduğu, kullanılan gaz karışımındaki oranların ise balık türüne ve araştırmacıların tercihlerine göre değiştiği görülmektedir.

2.3. Enzimler ve Biyoteknoloji

Bulunduğumuz dönemde endüstriyel bakımdan çok önemli bir yere sahip olan enzimlerin, antik dönemlerden beri toplumlarca kullanıldığı bilinmektedir. O dönemlerde enzimler, şarap, sirke, mayalı ekmek, bira ve peynir gibi ürünlerin üretimi ya da deri, çivit, keten gibi malzemelerin işlenmesinde kullanılmaktadır (Kirk ve ark., 2002). Modern üretim teknikleri ile enzim endüstrisi ve enzim biyoteknolojisi önemli ilerlemeler kaydetmiş ve böylece enzimlerin daha saf, ucuz ve bol miktarda üretilmeleri olanaklı hale gelmiştir. Enzim üretiminin mali değeri dünya pazarında 1985 yılında 450 milyon dolar olarak kaydedilmiştir (Kıran ve Çömlekçioğlu, 2003). Bu rakam 1995 yılında 1 milyar dolar, 2000 yılında 1,5 milyar dolar (Kirk ve ark., 2002) seviyesine çıkmıştır. 2010 yılında 3.3 milyar dolar seviyesine çıkmış olan bu rakamın, 2015 yılında ise 4 milyar doların üzerine ulaşacağı tahmin edilmiştir (Pasin ve ark., 2014). Endüstriyel pazarda enzimlerin yıllara göre gelişen tüketim değerleri Tablo 2.2’de gösterilmiştir.

Tablo 2.2. Yıllara göre enzim sektörü gelişimi (milyon dolar) (Hasan ve ark., 2006)

Yıl	2002	2003	2004	2009
Endüstriyel Enzimler	978,20	1.009,20	1.040,00	1.222,00
Gıda Enzimleri	701,00	720,00	740,00	863,00
Hayvan Yemi Enzimleri	210,80	215,60	220,00	267,00
Toplam	1.890,00	1.945,00	2.000,00	2.352,00

Ticari değere sahip olan enzimlerin %59’unu proteazlardan, %28’ini karbohidrazlardan, %3’ü lipazlardan ve %10’unu ise diğer enzim türlerinden oluşmaktadır. Karbohidraz grubunda yer alan α -amilaz enzimi ise %13 ile en fazla üretim hacmine sahip olan enzimdir (Wiseman, 1987; Hasan ve ark., 2006). Buna ek olarak mikrobiyal enzimlerden alkali proteazlar %25, diğer proteazlar %21, amilazlar %18, yine bir proteaz olan rennin %10, tripsin %3, lipaz %3 ve diğer karbohidrazların (karbonhidrat parçalayan enzimlerin) %10 oranlarında kullanıldığı bildirilmektedir (Rao ve ark., 1998).

Global pazarda endüstriyel enzimlerin kullanım alanlarına göre; %34'ünün yiyecek ve hayvan yemi, %29'unun deterjan ve temizlik, %11'inin selüloz ve kâğıt, %17'sinin ise tekstil, deri ve kürk uygulama alanlarında kullanıldıkları bildirilmiştir (Binod ve ark., 2013). 1985 yılına kadar 2000'den fazla enzim tanımlanmıştır ancak yaklaşık 100 kadarı ticari kullanım alanında yer bulmuş, bunların da 18 tanesinin endüstriyel maksatla üretimi yapılmıştır (Zeman ve McCrea, 1985). Günümüzde ise 3000'den fazla enzim tanımlanmış ve bunların 150-170 tanesi ticari olarak aktif kullanılmaktadır (Binod ve ark., 2013).

Enzim teknolojisindeki gelişmeler, ortaya çıkan ürünlerin kullanım alanlarının çeşitliliği ve yüksek ekonomik değere sahip olmaları, endüstriyel enzimler alanında yapılan araştırmalara daha fazla önem kazandırmıştır. Zira son yıllarda rekombinant DNA teknolojisinden yararlanılarak yapılan enzim üretimi büyük miktarlara ulaşmış, kullanımı giderek artan stratejik bir boyut kazanmıştır (Gessesse, 1998).

2.3.1. Enzimlerin Üretim Kaynakları

Rekombinant DNA teknolojisi ile bitki veya hayvan hücrelerine yabancı genlerin ilavesi yapılabilmekte ya da endojen genler değiştirilerek yeniden tasarlanabilmektedir. Bu gelişmeler ile enzimlere müdahale edilerek, çeşitli gıda bileşenlerinin kimyasal bileşiminin ve fiziksel özelliklerinin değiştirilmesi olanaklı hale gelmiştir (Aran, 2012).

Enzim üretimi genellikle, fermentasyon teknikleri ile uygun küf, maya ve bakteri türleri kullanılarak gerçekleştirilmektedir (Fadıloğlu ve Erkmen, 1999). Enzimlerin üretiminde bitkisel ve hayvansal kaynaklar kullanılmak ile birlikte son yıllarda mikrobiyal kaynaklı enzimlerin kullanımı önem kazanmıştır (Erginkaya ve Kabak, 2011).

2.3.1.1. Bitkisel Kaynaklı Enzimler

Enzimoloji, enzimlerin biyoteknolojik yöntemlerle bitkisel ya da hayvansal kaynaklardan güvenilirliği doğrulanmış (toksik olmayacak) şekilde elde edildiği bir bilim dalıdır. Proteaz enzim sınıfından olan bromelain, papain, soya fasulyesi lipoksigenazı, ficin ve tahıl amilolitik enzimleri, bitkisel kökenli enzimlere örneklerdir. Bitkisel kökenli enzimler, toprak işleme etkinliği, gelişim döngüsü ve iklim gibi faktörlere bağlı olarak değişmektedir, zira bu faktörler artan talebi karşılayıp karşılayamayacağını etkilemektedir. Ayrıca ulusal ve uluslararası politik örgütlerin tarımsal bakış açıları da bitkisel kökenli enzim ticaretinde belirleyici bir faktördür (Godfrey ve West, 1996).

2.3.1.2. Hayvansal Kaynaklı Enzimler

Hayvansal kaynaklı enzimler, insanların gıda ürünlerini hazırlaması bakımından uzun zamandan beri kullanılmaktadır. Bu enzimler genellikle tavuk yumurtasının beyazı, pankreas, domuz midesi, geviş getiren hayvanların karın bölgesi gibi fazla oranda enzim ihtiva eden ve yenilebilen organlardan izole edilmektedir.

Pankreatik lipaz, pankreatik proteaz, pepsinler, pregastrik esterazlar ve rennetler, hayvansal kökenli enzim kaynaklarıdır. Bu enzimlerin üretiminde, yetiştirilen hayvanları ulusal ve uluslararası politik yaklaşımlar kontrol etmektedir. Başka bir deyişle tarımsal kuruluşların izledikleri politikalar enzim üretiminde hangi hayvanların kullanılacağını belirlemede önemli rol oynamaktadır. Hayvansal kökenli enzimlerin üretiminin kısıtlanması, yerli ticari hayvan ırklarının korunması, hayvansal dokuların bir ülkeden diğerine taşınması sırasında mevcut risklerin (viral hastalıklar v.b.) yayılımının engellenmesinden kaynaklanmaktadır. Bu durum mikrobiyal kaynaklı enzimlerin daha önemli hale gelmesine sebep olmuştur (Godfrey ve West, 1996).

2.3.1.3. Mikrobiyal Kaynaklı Enzimler

Endüstrinin birçok alanında kullanılan enzimler, genellikle mikroorganizmalardan elde edilmektedir. Bunun sebebi bitkisel veya hayvansal kaynaklı enzimler ile karşılaştırıldığında mikroorganizma kaynaklı enzimlerin, katalitik aktivitelerinin yüksek olması, birçok durumda istenmeyen yan ürün oluşturmamaları, daha stabil (kararlı) ve ucuz olmaları ve fazla miktarda elde edilebilmeleridir (Erginkaya ve Kabak, 2011). Ancak, enzim üretim kaynağı olarak mikroorganizmanın tercih edilmesi, üretimin arttırılması için ise bunların modifiye edilmesini zorunlu hale getirmektedir. Enzim üretiminde kullanılan mikroorganizmalara birkaç örnek olarak *Bacillus subtilis*, *B. licheniformis* ve *Aspergillus oryzae* gösterilebilir. Bu mikroorganizmalar, maltoz ile dekstrinin yıkımı, leke çıkarma, unun zenginleştirilmesi ve glukoz şurubu üretimi gibi alanlarla kullanılan α -amilaz enzim üretiminde kullanılmaktadır. *Aspergillus niger* mikroorganizması ise içeceklerin bozulmasını önlemede kullanılan katalaz enziminin elde edilmesinde kullanılmaktadır (Anonim, 2020d).

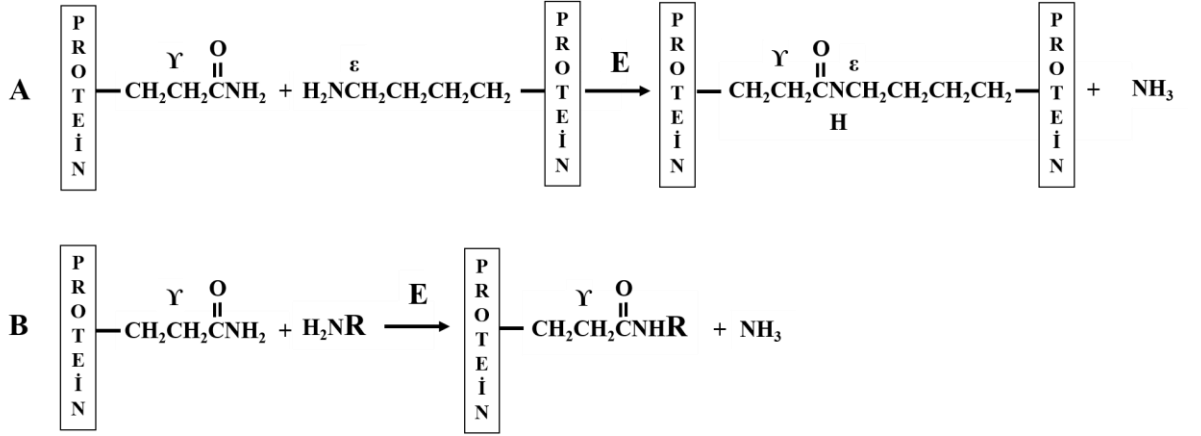
2.3.2. Su Ürünleri İşleme Teknolojisinde Enzimlerin Yaygın Kullanım Alanları

Enzimlerin su ürünleri işleme teknolojisinde tekstürde iyileştirme yapmak, lipaz enzimi kullanarak çoklu doymamış yağ asidi üretimi, balık işleme atıklarından protein ayırma, balık pullarının ayıklanması, kabukluların kabuk soyma işlemi, tuzlanmış balığın olgunlaşması, kalamarın yumuşatılması gibi çeşitli kullanım alanları bulunmaktadır. Bu araştırmaya konu olan MTGaz enzimi kullanımı ile tekstür modifikasyonu sağlamayı daha detaylı ele almak faydalı olacaktır. TGaz; hayvan dokuları, bitkiler ve mikroorganizmalarda bulunabilen bir enzimdir. Elde edilme kaynaklarına göre hayvan dokuları ve organlarında bulunan yapısal transglutaminaz ve MTGaz olmak üzere ikiye ayrılır (Yanar, 2015).

2.3.3. Transglutaminaz (TGaz) Enzimi

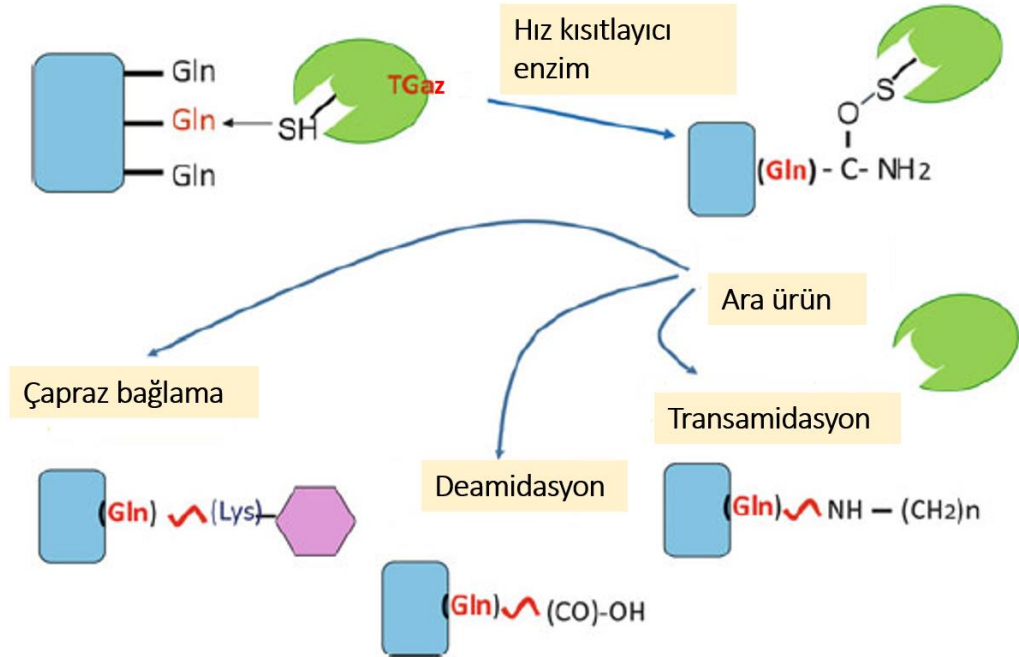
TGaz, protein ve protein olmayan aminlerin amidasyonundan sorumlu olan geniş bir enzim ailesidir (Demeny ve ark., 2015). TGaz kavramı 1950'li yıllarda Heinrich – Waelsch ve ark. tarafından karaciğerde ve gine domuzu tarafından ölçülebilen diğer bazı dokularda bulunan bir Ca^{2+} 'e bağlı transamidat aktivitesini tanımlamak için kullanılmıştır (Lorand ve Conrad, 1984). TGazlar'ın yapısal çekirdeği ve katalitik kalıntıları, proteazlar ve diğer hidrolazlar ile güçlü bir şekilde ilişkilidir. Bu enzimin ortak ataları, aktif bölgeyi değiştirerek su dışındaki açıl alıcılarını kullanmaya başlamış, böylece omurgalı enzimlerinde mükemmelleşmiş bir mekanizma ile su için daha az erişilebilir hale gelebilmiştir (Demeny ve ark., 2015).

Küçük moleküler ağırlığa sahip aminlerin yokluğunda TGaz (γ -glutamiltransferaz, EC 2.3.2.13), proteinlerin endo- γ -glutaminil ve endo- ϵ -lisil kalıntıları arasında bir çapraz bağ meydana getirebilir. Bu, daha tanımlayıcı 'endo- γ -glutamin: ϵ -lizin transferaz'a benzeyen γ -glutamil- ϵ -lizin veya ϵ (γ -glutamil) lizin transferaz izopeptit yan zincir köprülerinin oluşumuyla sonuçlanır. Protein substratları ile TGazlar böylece Şekil 2.2'de gösterilen iki nükleofilik yer değiştirme reaksiyonunu katalize edebilirler, bu da protein çapraz bağlanmasına (reaksiyon A'da olduğu gibi) veya küçük primer aminlerin protein substratına (reaksiyon B'de olduğu gibi) dahil edilmesine neden olurlar (Lorand ve Conrad, 1984).



Şekil 2.2. TGaz tarafından katalizlenen bilinen iki reaksiyon (Lorand ve Conrad, 1984)

Hitomi ve Tatsukawa (2015), TGaz enziminin katalitik reaksiyonunu Şekil 2.3'teki gibi görselleştirmektedir.



Şekil 2.3. TGaz tarafından katalizlenen reaksiyon (Hitomi ve Tatsukawa, 2015)

Bilindiği gibi enzimin katalitik reaksiyonunda, genellikle, enzim ve substrat arasındaki ara madde, substrat-ürün kompleksine hızla değişen kararsız bir durum oluşturur (Şekil 2.3). Daha sonra, enzimin ilave substrat molekülleri ile etkileşime girmesi için ürün serbest bırakılır. TGaz'ın reaksiyonunda, ilk adım olarak, enzimin sisteininin aktif bölgesi, glutaminin γ -kARBOKSiamidini bir tiyoester bağ ile bağlar. Memeli TGaz'da yaygın bir mekanizma olarak, enzimin sisteinini açığa çıkarmak için kalsiyum iyonu gereklidir, böylece substrat molekülü aktif bölgeyle karşılaşır. Bu esnada amonyak açığa çıkar. Daha sonra, bu

açıl-enzim ara maddesi, proteinlerde (çapraz bağlama), birincil amin (transamidasyon), su molekülleri (deamidasyon) ve lizinin ϵ -amino grubu gibi nükleofilik moleküller ile etkileşime girer. Aynı proteinler (oligomerizasyon veya polimerizasyon) veya farklı proteinler içindeki proteinlerin çapraz bağlanması ile çözünürlük ve kararlılık gibi yapısal özelliklerini değiştirerek poliaminin dâhil edilmesi ve glutamin yan zincirlerinin deamidasyonu ve bunlara bağlı olarak sırasıyla pozitif ve negatif yükler eklemektedir. Bu posttranslasyonel modifikasyonlarla fonksiyonel proteinler bazı biyokimyasal özellikler kazanırken bazı özelliklerini kaybetmektedir (Hitomi ve Tatsukawa, 2015).

Yukarıda detayları ile anlatılan reaksiyonlarından da anlaşıldığı gibi TGaz enzimi protein zincirindeki glutamin ile lizin arasında gerçekleştirdiği çapraz bağlanmalar ile protein modifikasyonuna sebep olmaktadır. Bu sebeple, TGaz ve reaksiyonlarını hem bilimsel olarak inceleyen çalışmalar hem de bu reaksiyonların biyoteknolojik açıdan kullanımı geniş bir ilgi görmüştür (Mariniello ve Porta, 2005). Bunun yanı sıra geniş bir pH ve sıcaklık aralığında aktivite gösterebilmeleri de TGaz'a ilgi gösterilmesinin bir diğer sebebidir (Kurt ve Zorba, 2004). Ayrıca farklı bakterilerden, bitkilerden, omurgalı, omurgasız ve kuşlardan elde edilebiliyor olmaları da TGaz enziminin farklı sektörlerde yaygın kullanımının sebeplerindendir (Mariniello ve Porta, 2005). Günümüzde sağlık sektöründen gıdaya, kozmetikten deri endüstrisine birçok alanda TGaz enziminin protein substratlarını çapraz bağlama kapasitesinden faydalanıldığı görülebilmektedir (Mariniello ve Porta, 2005). TGaz enzimi ile gıda işlemede ısıtma ile jelleşmeyen ya da ısıtma ile yapısı bozulacak protein içerikli ürünlerin jelleşmesi sağlanabilmektedir (Motoki ve Seguro, 1998).

Gıda ile ilgili proteinlerin TGaz katalizli modifikasyonlarına yönelik çoğu ön çalışma, kobay karaciğeri veya sığır plazmasından saflaştırılan enzim ile gerçekleştirilmiş olsa da bu izoformların sınırlı tedariki ve üretiminin yüksek maliyetleri, protein bazlı gıdaların doku ve emülsiyon özelliklerini geliştirmek için TGaz'ın gıda işlemede dâhil olduğu teknolojilerin geliştirilmesini yavaşlatmıştır (Mariniello ve Porta, 2005). Bu sebeple mikrobiyal TGaz enzimi kullanımının yaygınlaştığı görülmektedir (Mariniello ve Porta, 2005; Motoki ve Seguro, 1998). *Streptovercillium mobaraense*'den üretilen TGaz izoformunun gıda sektöründe genel olarak güvenilir olduğu ve gıda katkı maddesi olarak kullanılmasına izin verilmesi gıda sektöründe kullanımının yaygınlaştırılmasına katkı sağlamıştır. Dizi farklılığından ve moleküllerin farklı boyutlarından beklenebileceği gibi, *S. mobaraense* TGaz'ın genel yapısı omurgalı TGaz'larından tamamen farklıdır. MTGaz, plaka benzeri bir

şekle katlanan ve kenarda aktif yeri içeren bir derin yarıklığa sahip tek bir alandan oluşur (Kashiwagi ve ark., 2002).

MTGaz pH 4 ile 9 aralığında farklı seviyede aktivite gösterebilirken, optimum aktivasyon pH'sı 5-8 arasındadır. Optimum 50°C sıcaklıkta en iyi enzimatik aktiviteyi gösterir. 70°C'ye yükselen sıcaklıkta birkaç dakika içinde enzim aktivasyonu durmaktadır (Motoki ve Seguro, 1998). TGaz, 5°C gibi düşük sıcaklıklara kadar aktivitesini sürdürebilmektedir. Donma noktası civarındaki sıcaklıklarda düşük de olsa aktivitesini devam ettirmektedir (Kurt ve Zorba, 2004).

S. mobaraense'den farklı mikroorganizmalardan da TGaz elde edilebilmektedir. Ancak enzim aktivitesi, optimum sıcaklık gibi kriterler bakımından kullanışlı olması *S. mobaraense*'den üretilen MTGaz'ın yaygın kullanımına sebep olmuştur. *S. mobaraense*'den elde edilen MTGaz memeli kanından elde edilen TGaz'dan daha fazla substrat ile reaksiyona girebilmektedir (Motoki ve Seguro, 1998). Ayrıca memeli TGaz'ından farklı olarak, MTGaz Ca^{+2} yokluğunda da reaksiyona girebilmektedir (Ando ve ark., 1989b). Yine memeli TGaz'ı ile karşılaştırıldığında daha çok çapraz bağ oluşturabildiği ve istenen elastik jelleri daha kolay oluşturabildiği bilinmektedir. Tüm bu sebepler ile gıda sektöründe MGaz'ın ticari kullanımının yaygınlaştığıdır.

2.3.4. Mikrobiyal Transglutaminaz (MTGaz) Enziminin Gıda Sektöründeki Yeri

Uluslararası EC 2.3.2.13 enzim kodu ile temsil edilen mikrobiyal transglutaminaz, Türk Gıda Kodeksi'nde (enzimler sınıfında) gıda işlem yardımcısı olarak kabul edilmektedir. 24.02.2017 tarihinde Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı (GTHB) tarafından "Türk Gıda Kodeksi Gıda Enzimleri Yönetmeliği" yayımlanmıştır (Anonim, 2020e). Yönetmelik, 28.04.2020 tarihinde güncellenen "1332/2008/AT sayılı Avrupa Parlementosu Gıda Tüzüğü (Anonim, 2020f)" ile uyumlu olacak şekilde hazırlanmıştır. Bunun sonucunda Avrupa Birliği'nde geçerli ve en güncel halde olan gıda enzimleri yönetmeliği, ülkemizde de çok benzer bir şekilde uygulamaya koyulacaktır. Pratikte bu yönetmeliğin tam olarak faaliyete geçebilmesi için, enzim kullanımı ya da sınırlandırılmasına dair eklerin/listelerin yayınlanması gerekmektedir. Şuanki mevcut durumda, enzim kullanımına ihtiyaç duyan işletmeler kullanacakları enzim adını, hangi üründe kullanacaklarını, oranlarını, CAS kodlarını vb. bilgileri matbu form ile Tarım ve Orman Bakanlığı'na bildirmektedirler.

Avrupa ülkelerinde MTGaz kullanımı 2015/188 nolu komisyon kararı ve Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA)’nin EFSA – Q-2015-00095 onay numarası ile güvenle tüketilebilen teknolojik gıda işlem yardımcısı sınıfında yer almaktadır (Anonim, 2020g).

Dünyada mikrobiyal transglutaminaz enziminin gıdalarda kullanımına ilişkin iki önemli kurum olan FDA (Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi) ile [FAO (Dünya Gıda ve Tarım Örgütü)’ya bağlı] Codex Alimentarius’a ait mevzuatlar bulunmaktadır. FDA tarafından yapılan değerlendirmelerde MTGaz’ı GRAS (Genel Olarak Güvenli) olarak sınıflandırmış ve güvenli olduğunu bildirmiştir (Anonim, 2020h). Ayrıca gıdalarda kullanımının herhangi bir üst limit uygulamasının bulunmadığını ve gıda etiketlerine yazılmasının zorunlu olmadığını duyurmuştur (Kurashi ve ark. 2001).

Codex Alimentarius da MTGaz kullanımının genel olarak güvenli olduğunu bildirmiştir (Anonim, 2020i). Bununla birlikte teşkilatın “FAO/WHO Karar Ağacı (2001)” adlı bildirilerinin “Allerjenler” başlığı altında TGaz enziminin çölyak hastalarında dikkatli kullanılması telkininde bulunmuşlardır (Anonim, 2020i). Zira bu hastalığı taşıyan kişilerde bağırsakta gluten proteininin sindirimi ile ilgili mekanizmalarda bozukluk bulunmakta ve metabolizmaları reaksiyon vermektedir. Endojen TGaz enziminin yapısından kaynaklı olarak bu hastalarda gluten geçişini artırarak allerjik olabileceğine dair şüpheler bulunmaktadır (Lerner ve Matthias, 2020). Ancak, Pedersen ve ark. (2004) yapmış oldukları çok yönlü araştırmada MTGaz enziminin 2001 yılında yayınlanan “FAO/WHO Karar Ağacı” şartlarını yerine getirdiğini ve allerjenik bakımdan herhangi bir güvenlik kaygısının bulunmadığını bildirmişlerdir. Buna ek olarak, ticari MTGaz’ın patentini elinde bulunduran Ajinomoto Firması yapmış olduğu açıklamada; ticari MTGaz’ın genetik/mikrobiyal yollarla üretildiğini, dolayısıyla immünoglobulin A (IgA) ile otoantikor arasındaki ilişkide bulunan ve gluten sindiriminde yer alan endojen TGaz’ın aksine, genetik olarak elde edilen ve Ca^{+2} ’dan bağımsız çalışan MTGaz enziminde allerjenik reaksiyonun doğrudan mümkün olmadığını, bugüne kadar firmaya ya da herhangi bir sağlık kuruluşuna rapor edilmiş bir vakanın bulunmadığını bildirmiştir (Anonim, 2020j).

Avrupa Komisyonu’na bağlı “Gıda Bilgilendirme Tüketici İlişkileri Kurumu (FIR) (Almanya)”, 14.05.2014 tarihinde aldığı kararla MTGaz tüketiminin güvenli olduğunu ve gıda etiketlerinde yer almasına gerek olmadığını bildirmiştir. Bununla birlikte FIR, MTGaz kullanarak düşük değerli parça etlerin (trim) ve yan ürünlerin enzim marifetiyle bütün tek bir blok haline getirilip, tüketicilerin gerçekten bütün bir et (bonfile, balık filetosu vb.)

parçası satın aldığı izlenimini oluşturarak tüketiciyi kandırmaya ya da eksik bilgilendirmeye dair ticari etik (hile) ve ahlaki sebeplerden dolayı ürünlerin üzerine “Formlandırılmış/Biçimlendirilmiş Et/Tavuk/Balık” ibaresinin bulundurulmasını zorunlu kılmıştır (Anonim, 2020k).

MTGaz enziminin Dünyada kullanımının artmasıyla birlikte doğal olarak bu enzimin sağlıklı olup olmadığı soruları ortaya çıkmıştır. Yasal düzenlemelerden önce FDA’nın da talebi üzerine pek çok araştırmacı bu enzimin sağlık için zararlı olup olmadığını araştırmıştır. Motoki ve Seguro (1998), MTGaz ile modifiye edilmiş proteinler içeren yiyecekler ile doğal proteinler arasındaki tek farkın, glutamin ve lizin kalıntıları (G – L) arasındaki bağlantı sayısı olduğunu ortaya koymuştur. Bu modifikasyonun, protein ağırlıklı gıdalarda ısıtma ya da pişirme esnasında da yüksek oranda G – L bağı oluşturduğu bilinmektedir. Bernard ve ark. (1998), sıçanlar üzerinde gıda preparatlarına MTGaz ilavesiyle ortaya çıkan mutajenez ve toksisite riskini araştırmışlardır. Elde ettikleri sonuçlara göre, çok yüksek bir seviye olarak kabul edilen 2 g/kg konsantrasyonda dahi herhangi bir mortalite, morbidite veya toksisite belirtisi gözlenmediğini bildirmişlerdir. Pedersen ve ark. (2004) da aynı şekilde, MTGaz kullanımının sağlık açısından herhangi bir risk içermediği vurgusunu yapmıştır.

2.3.5. Mikrobiyal Transglutaminaz (MTGaz) Enzimi ve Su Ürünlerinde Kullanımı

TGaz’ın gıda endüstrisinde kullanımının, Japonya’da yeniden yapılandırılmış ürünler (balık macunu) hazırlamak için başladığı bilinmektedir. Bunlardan biri kamabokodur. Balığın derisi ve kılçıkları uzaklaştırılıp pigmentleri ortadan kaldırılacak kadar yıkandıktan sonra macun haline getirilir. Bu kokusuz beyaz macun daha sonra gerçek kabuklu deniz hayvanlarından yapılan bir lezzet konsantresi ile karıştırılır (Mariniello ve Porta, 2005). Hem endojen balık TGaz’ın hem de ekzojen MTGaz’ın, balık proteinleri arasında ϵ -(γ -glutamil) lizin çapraz bağlarının oluşumunu katalize ederek hammaddelerin dokusunu geliştirdiği, pek çok araştırmada ortaya konulmuştur (Duangmal ve Taluengphol, 2010; Chanarat ve ark., 2012; Aran, 2012; Herranz ve ark., 2013, Kaewudom ve ark., 2013). Bu sebeple suriminin jel oluşturma kapasitesini arttırmak için MTGaz kullanılır.

Protein moleküllerinin MTGaz vasıtasıyla çapraz bağlanması proteince zengin gıdalarda büyük fiziksel değişikliklere neden olmaktadır ve bu benzersiz enzim reaksiyonu ile gıda proteinlerinin reolojik özelliklerini değiştirmek mümkün olabilmektedir (Lee ve ark., 1997; Nakahara ve ark., 1999; Yanar, 2015). Endojen balık TGaz enzimlerinin aktivitelerinin

avlanmadan sonra hızla azalıyor olması, dondurma işlemi yapıldığında ise parçalanıyor olması kalitesi yüksek olan surimi üretimi için denizde üretim yapılmasını ön plana çıkarmaktadır. Ancak her ne kadar böyle bir durum söz konusu olsa da denizde üretim yapmanın maliyetinin yüksek olması sebebiyle karada ticari MTGaz kullanılarak üretim yapmak tercih edilmektedir. Nitekim MTGaz'ın aktivasyon sıcaklığının düşük olması su ürünlerinin kalitesinin bozulmadan işlem yapılmasına da olanak sağlamaktadır.

Gıda işleme teknolojisinde MTGaz kullanımı ile düşük viskoziteli protein çözelti ve/veya dispersiyonlarında jel yapı oluşturma, düşük yağ – protein içerisinde mekanik yapı oluşturma, mekanik dayanımı artırma, var olan yapıya eksikliği duyulan aminoasit katılımını sağlama, tekstürel deformasyonu ve gıda katkı maddeleri kullanımını azaltma veya tamamen ortadan kaldırma olasıdır (Yüksel ve Erdem, 2006; Korkmaz, 2011). Bunlarla birlikte, düşük değerli ya da kıyılmış – parçalanmış et ve balık parçaları yeniden yapılandırılarak, tekstürel özellikleri geliştirilip, satış değeri artırılmaktadır. MTGaz; kıyılmış et, balık ve tavuk ile diğer gıda içerik / katkılarının karıştırılıp şekil verilmesi, basınca dirençli kaplarda paketlenip hamburger, et ve balık topları gibi et ürünlerinin üretimi için kullanılmaktadır (Kuraishi ve ark., 2001). Su ürünlerinde özellikle surimi üretiminde yaygın olarak kullanılan bu enzimin ilavesi ile surimi jelinde elastik yapı oluşmaktadır (Aran, 2012). Zira surimi teknolojisinde kritik faktör, kıyılmış balık etinin myofibriler proteinlerinden minimum kayıpla suda çözünür proteinlerin, pigmentlerin ve lipidlerin etkin ekstraksiyonudur (Kuraishi ve ark., 2001). MTgaz'ın muhafaza yöntemlerinde kullanımı ile balık ürünlerinde dokunun dayanıklılığı sağlanabilmekte ve raf ömrü artırılabilir (Aran, 2012; Tokay, 2015). Ayrıca MTGaz enzimi ile balık derisi gibi artık ürünlerden yenilebilir jelatin filmi üretimi üzerine araştırmaya da rastlanmıştır (Piotrowska ve ark., 2008). MTGaz enziminin su ürünlerinde kullanımı ile ilgili çalışmalara ve elde edilen sonuçlara, ilgili araştırmalar kısmında kapsamlı olarak yer verilmiştir.

2.4. Balık Köftesi

Balıkların emülsifiye ürünler şeklinde değerlendirilmesinde ilk adım balık kıymasıdır (Öksüztepe ve ark., 2010). Balık kıyması, balığın yenilebilen kısımlarının ayrıldıktan sonra yıkanması, temiz suda ağartılması, uygun bir santrifüj kullanarak fazla suyunun alınması ve mekanik olarak parçalanmasıyla elde edilen bir üründür. Tüketicilerin pek çoğunun balığı tüm olarak veya fileto halinde tüketme eğiliminde olmaları nedeniyle, balık kıymasını kullanmanın bir başka yolu da balık şekli veya fileto şekli, kısacası bütünsel şekiller verilerek hazırlanmış görsel açıdan ilgi çekici ürünlerdir. Bu ürünler çiğ veya ön kızarma

işleminden sonra, yaygın olarak dondurulmuş ya da buzdolabı koşullarında muhafaza şeklinde tüketime sunulmaktadır. Balık kıyması kullanılarak hem görsel olarak şekil verilmiş hem de servise hazır gıdalar arasında yer alan ürünlerden birisi balık köftesidir. Balık köftesi, balıkentinin temizlenip, haşlanıp (opsiyonel) kıyma haline getirilmesinden sonra baharat ilavesiyle elde edilen bir balık ürünüdür. Balık köftesi yapımında etli, büyük ve kılçığı az olan balık türleri tercih edilir. Balık köftesi iyi bir protein kaynağı olmakla beraber farklı damak tatlarına da hitap etmektedir. Ayrıca kokusundan dolayı balık eti tüketemeyenler için de iyi bir alternatif olarak düşünülmektedir (Gökoğlu, 1994; Ersoy, 2001). Nitekim balık köftesi sevilen lezzeti, pişirilme ve saklama kolaylığı ile özellikle çalışan kişilerin ve çocukların beğenisini kazanan, balık eti tüketimi alışkanlığının artmasına yardımcı olabilecek önemli bir ürün olarak karşımıza çıkmaktadır.

2.5. İlgili Araştırmalar/ Literatür Özeti

2.5.1. Su Ürünlerinde Transglutaminaz Kullanımına İlişkin Literatür Özeti

Lee ve ark. (1997), çalışmalarında balık protein çözeltisinin düşük sıcaklıkta jelleşmesinde MTGaz enzimi kullanımının etkisini araştırmışlardır. Araştırmada MTGaz'ın balık miyofibriler protein çözeltisinin düşük sıcaklıkta ön inkübasyonu boyunca jel kuvvetini arttırdığı tespit edilmiştir. Ayrıca miyozin polimerizasyon hızının, ön inkübasyondan önce MTGaz ilavesiyle arttırılabileceği araştırmanın sonuçları arasında yer almaktadır.

Jiang ve ark. (2000), kılkuş balığından (*Trichiurus lepturus*) ürettikleri surimide MTGaz, sodium bisüfit (NaHSO_3) ve sistein proteaz inhibitörü olan 1-trans-eposisüksinil-L-lösilamido-(4-guanidino)bütan (E-64)'ın sinerjik etkisini araştırmışlardır. Sodyum dodesil sülfat – poliakrilamid jel elektroforez (SDS-PAGE) analizi sonuçlarına göre, MTGaz içeren grupların tamamında miyozin ağır zincirlerinin (MHC) yüksek miktarda gözlemlenebildiğini, enzim kullanılmayan gruplarda ise miyozin ağır zincirlerinin 45°C'de 120 dakika inkübasyon süresinden sonra kaybolduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca en yüksek jel tutma kapasitesi oluşturabilen grubun 0.60 U/g oranında MTGaz enzimi kullanılan grup olduğunu, buna karşın ürünün halen ticari olarak yeterli jel formuna sahip olmadığını tespit etmişlerdir. Bununla birlikte, ticari değere en yakın olarak ise %0.1 NaHSO_3 , 0.01 mM E-64 ve 0.35 U/g MTGaz enziminin kombine kullanımı ile oluşturulan grupta görüldüğünü bildirmişlerdir.

Ramirez ve ark. (2002), gümüş sazanından (*Hypophthalmichthys molitrix*) elde ettikleri balık macununu kalıplayıp pişirerek yeniden yapılandırılmış ürün elde ettikleri araştırmalarında; elde ettikleri ürünün kalitesine farklı tuz (Kontrol, %1 ve %2) ve MTGaz (%0, %1 ve %2) enzimi konsantrasyonunun etkisini incelemişlerdir. Araştırmanın sonuçlarına göre, yeniden yapılandırılmış ürünlerin mekanik özelliklerini geliştirmek için mikrobiyal MTGaz ile birlikte NaCl kullanımının daha uygun olduğu ortaya koyulmuştur. En iyi tekstürel sonuçların ise %2 NaCl ve %2 MTGaz kullanımı ile olduğu tespit edilmiştir. Ancak hem daha düşük tuz kullanımı bakımından hem de daha homojen yapıya sahip yeniden yapılandırılmış et bloğu için ise en uygun oranların %1 NaCl ve %2 mikrobiyal TGaz ile olduğu bildirilmiştir.

Ramirez ve ark. (2006), Meksika Körfezi'nin kuzeyinde bol miktarda avcılığı yapılan ancak küçük boyutta olduğu için işlemesi zor ve ticari değeri düşük olan Meksika pisi balığının (*Cyclopsetta chittendenni*) homojenize etini kullanarak düşük tuzlu yeniden yapılandırılmış balık ürünlerinin reolojik yapısını incelemişlerdir. İki farklı tuz konsantrasyonunda (10 ve 20 g/kg), bağlayıcı olarak mikrobiyal MTGaz (3 g/kg) ve peynir altı suyu konsantresinin (10 g/kg) etkisinin araştırıldığı bu çalışmada mekanik özelliklerdeki değişiklikler (doku profili analizi ve kesme testi), su kaybı ve renk özellikleri değerlendirilmiştir. Araştırmada her iki tuz seviyesinde de iyi jeller elde edildiği tespit edilmiştir. Bağlayıcı olarak peynir altı suyu ya da MTGaz kullanımının her iki tuz seviyesinde de yeniden yapılandırılmış ürünlerin mekanik özelliklerini geliştirdiği ancak MTGazın daha yüksek bir etki gösterdiği, peynir altı suyu ilavesinin etkisinin ise daha düşük seviyelerde kaldığı belirlenmiştir. Araştırmacılar, MTGaz enzimi kullanarak elde ettikleri yeniden yapılandırılmış balık ürününün ticari satışa uygun hale gelecek kadar açık grimsi bir renk oluşturduğunu tespit etmişlerdir.

Ramirez ve ark. (2007), has kefalden (*Mugil cephalus*) peynir altı suyu konsantresi (10g/kg) ve MTGaz enzimi (3g/kg) kullanarak yeniden yapılandırılmış düşük tuzlu ürün elde etmişlerdir. Buna göre enzim ilaveli gruplar çiğnenebilirlik, kohezif yapışkanlık, elastikiyet, kırılgenlik ve sertlik bakımından en yüksek değerlere sahip olmuştur. Enzim ilaveli grubun sonuçlarını peynir altı suyu konsantresi ilaveli grup takip etmiştir. L* (parlaklık) ve b* (sarımtıraklık) değerleri bakımından enzim ve peynir altı suyu konsantresi ilaveli gruplarda (20 g/kg tuz) kontrol grubuna göre fark gözlenmezken ($p>0.05$), a* (kırmızımtıraklık) değeri bakımından en yüksek değer MTGaz enzimi ilaveli grupta görülmüştür ($p<0.05$). Su kaybı bakımından en iyi sonuçlar (20 g/kg tuz konsantrasyonunda) MTGaz ilaveli grupta tespit edilmiştir.

Cardoso ve ark. (2007), diyet lifi kullanarak yeniden yapılandırılmış Güney Afrika berlam balığı (*Merluccius capensis*) ürünlerine çeşitli oranlarda MTGaz ve karragenan ilavesinin etkisini incelemişlerdir. %0.1'den, %0.5 seviyesine kadar enzim kullanımının daha iyi dokusal özellikler sağladığı, % 4 diyet lifi içeren yeniden yapılandırılmış ürün ve %2 oranına kadar karragenan ilavesinin sertliği aşırı arttırdığı belirtilmiştir.

Benjakul ve ark. (2008) zurna balığı (*Saurida undosquamis*) kıymasında farklı oranlarda MTGaz (0 ila 0.8 U/g arasındaki konsantrasyonlarda) enziminin 25°C'de 2 saat, 40°C'de 30 dakika ve 90°C'de 20 dakika şartlarında reaksiyon sonucu oluşan tekstürel yapıyı ve jel tutma kapasitelerini araştırmışlardır. Buna göre MTGaz enzimi ilave edilen tüm gruplarda jel kırılma ve deformasyona karşı mukavemetin önemli derecede arttığı ($p<0.05$), enzim konsantrasyonunun artışına paralel olarak mukavemetin de geliştiği ($p<0.05$) tespit edilmiştir. Ayrıca 25°C'de 2 saat ve 40°C'de 30 dakika reaksiyon sıcaklığı ve sürelerinin 90°C'de 20 dakika şartlarına göre jel oluşturma ve çapraz bağ doku bakımından daha üstün olduğu bildirilmiştir. Araştırmacılar ayrıca sodyum dodesil sülfat – poliakrilamid jel elektroforez (SDS-PAGE) analizinde MTGaz enzimi kullanılan gruplarda miyozin ağır zincirlerinde (MHC) daha yoğun polimerizasyon görüldüğünü, taramalı elektron mikroskopu (SEM) görüntülerinde ise enzim kullanılan gruplarda daha yoğun ve karmaşık bir jel ağ yapısı oluştuğunu bildirmişlerdir.

Moreno ve ark. (2009a), kıyma haline getirilmiş ve küçük parçalar halinde doğranmış Güney Afrika berlam balığı (*Merluccius capensis*) etine MTGaz enzimi ilave ederek olgunlaşma sürelerine bağlı aktivasyon sürelerini ve sıcaklıklarını değiştirerek mekanik ve fonksiyonel özellikleri, ayrıca protein çözünürlüğü ve molekül boyutu üzerindeki değişimleri incelemişlerdir. Araştırma sonunda, mekanik ve fonksiyonel özellikler bakımından hem kıyma grubunda hem de parça halindeki etlerden oluşturulan grupta en uygun aktivasyon sıcaklığı ve süresini 5°C, 24 saat olarak tespit etmişlerdir. Buna ek olarak, ilk 12 saate kadar geçen sürede MTGaz enzim aktivitesi kalıntılarının elektroforetik bant yoğunluğu ve mekanik özelliklerinin değişkenliklerine bağlı olarak yüksek korelasyon gösterdiğini bildirmişlerdir. 10 g/kg MTGaz, 15 g/kg sodyum klorür ve 7.5 g/kg sodyum kazeinatın deneysel kombinasyonunun, iki farklı kalitede balık proteini ile yapılan ve minimum şekilde işlenerek yeniden yapılandırılmış balık ürünlerinin üretimi için uygun olduğu tespit edilmiştir. Araştırmacılar ayrıca hem parçalar halindeki balık eti ile hem de kıyma ile yapılan yeniden yapılandırılmış ürünlerde MTGaz kullanımının protein çözünürlüğünü ve molekül

boyutunu önemli ölçüde etkilediğini, ancak kıyma haline getirilmiş üründe protein çözünürlüğü ve molekül boyutu değişiminin daha az düzeyde önemli olduğunu bildirmişlerdir.

Çiftçi (2010), TGaz enzimi (%0 – 1) ve galeta unu ilavesiyle (%0 – 10) inci kefalinden (*Alburnus tarichi*) elde edilen köftelerin, çeşitli fiziksel, kimyasal, teknolojik ve tekstürel özellikleri üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Balık köftesi üretiminde TGaz enzimi ve galeta ununun yapıyı olumlu etkilediğini, TGaz enziminin %0.41 – 0.61 aralığında, galeta ununun ise %4.5 – 5.9 aralığında kullanımı ile balık köftelerin genel özelliklerini iyileştirdiğini belirlemiştir.

Duangmal ve Taluengphol (2010) araştırmalarında sığır plazma proteini, yumurta akı (10, 20 ve 30 g/kg), sodyum askorbat ve MTGaz (1, 2 ve 3 g/kg) enzimi kullanarak oluşturulan hibrit kızıl tilapia (Nil tilapyası x siyah tilapia) (*Oreochromis niloticus* x *Oreochromis placidus*) surimi jelinin niteliklerini araştırmışlardır. Araştırmada hiç bir katkı maddesi kullanılmayan kontrol grubu ile karşılaştırıldığında, her katkı maddesinin kırılma kuvvetindeki artış nedeniyle jel kuvvetini önemli ölçüde etkilediği tespit edilmiştir. Sığır plazma proteininin miktarının artırılmasının doku özelliklerini iyileştirdiği ancak yüksek miktarda kullanımının jel beyazlığını olumsuz etkilediği, sodyum askorbat ve MTGaz ilavesinin ise surimi jel kuvvetini de beyazlığı da arttırdığı belirlenmiştir. Araştırmacılar 2 g/kg MTGaz eklenmiş grubun en iyi jel kalitesini sağladığını bildirmişlerdir.

Andres – Bello ve ark. (2011), çipuradan (*Sparus aurata*) tuz kullanımını azaltmak için MTGaz enzimi ilavesi (3 ve 6 g/kg) ile (soğuk yapılandırma yöntemiyle) yeniden yapılandırılmış ürün oluşturmuşlardır. Düşük tuz kullanılan (10 g/kg) üründe her iki oranda da enzim ilavesi ile su kaybında önemli ölçüde azalma meydana gelmiş ($p<0.05$), tekstürel özelliklerin tümünde iyileşme görülmüştür. Tuz oranının normal düzeye çıkarılmasıyla (20 g/kg) hem tekstürel hem de fizikokimyasal parametreler daha olumlu bulunmuştur. Araştırmacılar, düşük miktarda tuz kullanılarak MTGaz enziminin ilavesinin sodyum tüketimi bakımından daha uygun olabileceğini bildirmişlerdir.

Chanarat ve ark. (2012) çalışmalarında MTGaz enzimi kullanarak çatal kuyruklu çizgili mercan (*Nemipterus furcosus*), Hint uskumrusu (*Rastrelliger kanagurta*) ve altın şeritli sardalya (*Sardinella gibbosa*) balıklarından surimi elde etmişler ve bu surimilerde proteinlerden çapraz oluşumu ve jel tutma kapasitesi yeteneklerini incelemişlerdir.

Araştırma sonunda, çizgili mercan balığı dışında MTGaz enzimi kullanımının diğer balık türlerinin proteinlerinin çapraz bağ yapılarının miktarının arttığı ve jel oluşturma kapasitelerini olumlu yönde etkilediği tespit edilmiştir. Bununla birlikte balık dokusunda MTGaz enzimi tarafından indüklenen proteinlerin kompozisyonu ve özelliklerinin balık türlerine göre değişim gösterdiğini, benzer enzim oranı kullanımının her balıkta farklı miktarlarda jel yapı ve çapraz bağ oluşturma kapasitesine sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Chanarat ve Benjakul (2013), Hint uskumrusundan (*Rastrelliger kanagurta*) elde edilen kıymada, ön yıkama yapılarak ve yapılmadan farklı oranlarda MTGaz enzimi (0 ila 0.6 U/g arasındaki konsantrasyonlarda) ile üretilen balık protein izolatının ve ayrıca suriminin reolojik ve fizikokimyasal özelliklerini araştırmışlardır. Buna göre, ön yıkama yapılan ve yapılmayan protein izolatlarının miyogloblin ve lipid içeriği, yıkama yapılmayan kıyma ve surimiden düşük tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Protein izolatlarında, protein denatürasyonuna işaret eden Ca^{+2} -ATPaz miktarında azalma ve protein çözünürlüğünde artış tespit edilmiştir. MTGaz enziminin kullanımı ile birlikte bu kayıplarda azalma tespit edilmiş ve jel tutma kapasiteleri ile kırılma kuvvetlerinde artış meydana gelmiştir ($p < 0.05$). Ayrıca MTGaz ilavesinin tüm gruplarda su kaybını azalttığı ($p < 0.05$) ancak beyazlık bakımından tüm konsantrasyonların etkisiz olduğu ($p > 0.05$) bildirilmiştir. Taramalı elektron mikroskobu ile mikro yapılar incelendiğinde, yıkama yapılmayan protein izolatı ile yıkama yapılmamış kıymada benzer yapılar gözlemlenirken, surimi ile yıkama yapılan protein izolatında da birbirine benzer yapıların oluştuğu görülmüştür. Tüm gruplarda enzim girişi ile birlikte ağ yapının arttığı ve karmaşıklaştığı tespit edilirken, enzim konsantrasyonundaki artışla birlikte bu etkinin de maksimuma çıktığı ($p < 0.05$) bildirilmiştir.

Herranz ve ark. (2013) cüce aslan balığı (*Dendrochirus brachypterus*) surimisinden ürettikleri yeniden yapılandırılmış ürünlerde yüksek basınç (HP), basınç ve MTGaz enziminin fizikokimyasal, reolojik ve yapısal bakımdan sinerjik etkilerini araştırmışlardır. Araştırma sonuçlarına göre en rijit (sert) jel yapısını ve en fazla kovalent çapraz bağ oluşumunu 40°C / 30 dk aktivasyon, 90°C / 30 dk ısıtma ile tespit etmişlerdir. Ayrıca yüksek basınç işleminin sinerjik etki sağlamadığını, ürüne yalnızca bir miktar elastikiyet kazandırdığını bildirmişlerdir.

Kaewudom ve ark. (2013) araştırmalarında çatalkuyruk mercanda (*Nemipterus bleekeri*) çeşitli konsantrasyonlarda MTGaz enzimi (0 ila 1.2 U/g) ve balık jelatini (0 ila %20) eklenerek elde edilen suriminin jel özelliklerini incelemiştir. Araştırmada balık jelatini

arttıkça kırılma kuvveti ve surimi jel deformasyonunun azaldığı tespit edilmiştir. MTGaz enziminin %0-15 balık jelatinine ilavesi ile birlikte elde edilen surimi jelde kırılma kuvveti ve deformasyon için uygulanması gereken kuvvetin arttığı belirlenmiştir. Bununla birlikte, %20 balık jelatinini içeren surimi grubuna daha yüksek seviyelerde MTGaz ilavesinin, jelin hem kırılma kuvvetinde hem de deformasyon üzerinde olumsuz etki oluşturmaya başladığı bildirilmiştir.

Rodriguez – Turienzo ve ark. (2013) dondurulmuş Atlantik somonunda (*Salmo salar*) kaplama malzemesi olarak peynir altı suyu konsantresi ve MTGaz enziminin kalite parametreleri üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Kaplama malzemelerinin balığa ısıtarak püskürtme ve ultrason yöntemiyle ilave edilmesinin su kaybı, renk ve kimyasal bileşim açısından önemli ölçüde değişikliğe sebep olmadığı, ısıtma ile kaplama yönteminin, ultrason yöntemiyle kaplananlardan daha yüksek verim gösterdiği belirlenmiştir. Bununla birlikte, ısıtma yöntemi ile MTGaz ilaveli peynir altı suyu proteini kaplaması uygulanmasının, yağ oksidasyonunu geciktirici etkide olması bakımından yararlı olduğu tespit edilmiştir. Araştırmacılar buna ek olarak, yenilebilir olan MTGaz ilaveli peynir altı suyu proteini film kaplamalarının antioksidan etkisini zamana bağlı olarak nasıl geliştirdiğini belirlemek için daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulduğunu bildirmişlerdir.

Tokay (2015), çeşitli oranlarda hazırlanan MTGaz enziminin (1, 4, 7 ve 10 U/g) uskumru (*Scomber scombrus*) filetosu yüzeyine püskürterek, filetoların $4\pm2^{\circ}\text{C}$ 'de depolanması süresince (8 gün) kalite değişimlerini araştırmıştır. Araştırmacı, depolama süresince iki günde bir yapılan analizlerde pH, TVB-N, totox değeri, mikrobiyal gelişim (TMAB, TPAB, maya- küf, koliform bakteri), duysal özellikler (koku, tekstür, görünüş) ve renk [L^* , parlaklık), (a^* , kırmızımtıraklık), (b^* , sarımtıraklık)] değerlerinde değişim gözlemlendiğini tespit etmişlerdir. TVB-N değerlerinin enzim konsantrasyonundaki artışla birlikte kontrol grubuna oranla daha az yükseldiğini, özellikle 7 U/g MTGaz kullanımının TVB-N değerindeki artışı yavaşlattığını bildirmiştir. Filetolarda meydana gelen oksidasyon düzeyinin belirlenmesi amacıyla yapılan totox analizi bulgularına göre, enzim konsantrasyonundaki artış ile birlikte oksidasyonun yavaşladığı ve kontrol grubuna göre daha düşük tespit edildiği ortaya koyulmuştur. 10 U/g MTGaz kullanılan grupta parlaklık (L^*) değeri en düşük değer olarak tespit edilirken ($p<0.01$), aynı grup kırmızımtıraklık (a^*) değeri bakımından en yüksek değere sahip olmuştur ($p<0.01$). Sarımtıraklık (b^*) değeri için ise en yüksek değer 7 U/g MTGaz kullanılan grupta gözlenmiştir ($p<0.01$). Koku, tekstür ve

görünüş analizleri bakımından, en beğenilen fileto örnekleri 7 U/g MTGaz kullanılan grupta tespit edilmiştir.

Tzikas ve ark. (2015) sarıkuyruk istavrit (*Trachurus mediterraneus*) balığı etinden düşük tuzlu ve düşük sıcaklıkta yeniden yapılandırılmış balık ürünleri elde etmek için MTGaz enzimi ve tuzun birlikte kullanılmasının etkinliğini araştırmışlardır. Buna göre, araştırma kapsamında farklı oranlarda tuz (0, 10 ve 20 g/kg) ve MTGaz (0, 5 ve 10 g/kg) kullanılarak yeniden yapılandırılmış ürünler hazırlanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, %0.5 ya da %1 MTGaz ile %1 tuz kullanılarak optimum tekstürel, fonksiyonel ve duysal özelliklere ve en düşük mikrobiyal yüke (Toplam mezofil bakteri, *Shewanella putrefaciens*, *Pseudomonas* spp. ve *Enterobacteriaceae*) sahip düşük tuzlu yeniden yapılandırılmış sarıkuyruk istavrit ürünlerinin elde edilebileceğini bildirmişlerdir.

Lametta ve Lametta (2018) çizgili yılanbaşı (*Channa striata*) balığının protein kaynağı olarak değerlendirilmesi için %0, %0.5 ve %1 oranlarında MTGaz kullanarak yeniden yapılandırılmış ürün oluşturdukları çalışmalarında, MTGaz enziminin miyozin proteinlerinin etkin bir biçimde çapraz bağlanmasını sağladığını bildirmişlerdir. Araştırmada MTGaz enzimi kullanımına bağlı olarak fiziksel özelliklerin iyileştiği, TPA analizlerinde daha iyi sonuçların elde edildiği ve protein özelliklerinin geliştiği tespit etmişlerdir.

Aref ve ark. (2018), tüketiciler tarafından taze olarak çok tercih edilmeyen karabalıktan (*Clarias gariepinus*) MTGaz enzimi, biberiye ve kitosan ilaveli balık parmak (kroket) ürünü geliştirmişler ve -18°C'de 5 ay boyunca depolayarak ürünün fiziksel, kimyasal, duysal ve mikrobiyolojik özelliklerini araştırmışlardır. Kontrol grubuna göre herhangi bir katkı ile muamele edilen diğer tüm gruplarda pH, TVB-N, TMA, TBARs, serbest yağ asitleri ve peroksit değerleri (PV) önemli düzeyde düşük tespit edilmiştir ($p<0.05$). Bununla birlikte mikrobiyolojik yük bakımından tüm katkılı gruplarda toplam aerobik bakteri, *Pseudomonas* spp. ve *Enterobacteriaceae* önemli ölçüde düşük belirlenmiştir ($p<0.05$). Duysal bakımdan ise katkı ilaveli tüm gruplar kontrol grubuna göre daha fazla beğeni toplamıştır. Araştırmacılar tüm parametreler bakımından en iyi sonuçların ise enzim, biberiye ve kitosanın kombine kullanımı ile elde edildiğini bildirmişlerdir.

Uran ve ark. (2018) tarafından MTGaz enziminin et ve su ürünlerinde kullanım olanakları üzerine hazırladıkları detaylı ve güncel derleme makalesinde, hem et hem de su ürünlerinde TGaz enziminin kullanımının, özellikle ürünlerin tekstürel özelliklerini ve jel yapısını

kuvvetlendirdiğine dikkat çekmektedir. Araştırmacılar özellikle TGaz enziminin kullanımının işlem artışı olarak işleme esnasında meydana gelen parçaların birleştirilmesini sağlayarak yeni ürünlerin ortaya çıkmasını ve ekonomik anlamda da ciddi kazanımlar sağladığını belirtmektedir.

2.5.2. Su Ürünlerinde Modifiye Atmosfer Paketleme (MAP) Kullanımına İlişkin Araştırmalar

Erkan ve ark. (2000), Gökkuşığı alabalığından (*Oncorhynchus mykiss*) paneli fileto hazırlayarak, MAP ile paketlemenin soğuk muhafaza (+4°C) koşullarında raf ömrü üzerine etkisini araştırmışlardır. Buna göre filetolar; Kontrol grubu (hava), A grubu (%5 O₂, % 35 CO₂, % 60 N₂) ve B grubu (% 30 CO₂, % 70 N₂) olmak üzere 3 grup halinde oluşturulmuştur. Yapılan duyusal, fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik analiz sonuçlarına göre kontrol grubu örneklerin depolamanın 90. gününden itibaren modifiye atmosfer paketlenmiş grupların ise 120. günden itibaren bozuldukları tespit edilmiştir.

Giménez ve ark. (2002), 1±1 °C’de 27 gün süreyle depolanan ve streç film, vakum ya da MA ile paketlenen [Gaz oranları: (%50 CO₂, %50 N₂); (%10 O₂, %50 CO₂, %40 N₂); (%20 O₂, %50 CO₂, %30 N₂); (%30 O₂, %50 CO₂, %20 N₂)] çipura (*Sparus aurata*) filetolarının raf ömrünü araştırmışlardır. Araştırmada, O₂ içermeyen paketlerde ve vakumlu ürünlerde oksidasyonun daha düşük olduğu, streçle sarılmış ve O₂ içeren MA paketlerde ise O₂ değeri arttıkça oksidasyonun arttığı tespit edilmiştir. Muhafaza süresi sonunda %50 CO₂+%50 N₂ içeren paketin tüm faktörler açısından en etkili olduğu belirlenmiştir.

Arashisar ve ark. (2004), hava, vakum ve üç farklı gaz oranında MA [Gaz oranları: (%100 CO₂); (%2.5O₂, %7.5N₂, %90 CO₂); (%30 O₂, %30 N₂, %40 CO₂)] ile paketlenen ve 4±1°C’de depolanan Gökkuşığı alabalığının (*Oncorhynchus mykiss*) mikrobiyal ve kimyasal kalitelerini incelemiştir. Araştırmacılar yağsız balıklar için önerilen %30 O₂, %30 N₂, %40 CO₂ MAP oranlarının bu çalışmada en kötü sonucu verdiğini, bu durumun sebebinin ise yüksek O₂ miktarından kaynaklanabileceğini bildirmişlerdir.

Özoğul ve ark. (2004), temizlenmiş sardalyayı (*Sardina pilchardus*) hava, vakum ve %60 CO₂, %40 N₂ oranında MA ile paketlenerek +4°C’de 15 gün boyunca muhafaza etmişlerdir. Araştırma sonucunda bakterilerin en hızlı hava ile paketlenen balıkta, ardından sırasıyla vakum ve MA paketlenen balıkta ürediği tespit edilmiştir. Duyusal analiz bakımından tespit

edilen raf ömrü, MA paketlenen grupta 12 gün, vakum paketlenen grupta 9 gün ve hava ile paketlenen grupta ise 3 gün olarak tespit edilmiştir.

Muratore ve Licciardello (2005), kuru tuzlanmış ve sıvı dumanlanmış kılıç balığı (*Xiphias gladius*) filetolarını vakum ve modifiye atmosferde (%5 O₂, %45 CO₂, %50 N₂) paketleyerek +4°C'de muhafaza ettiği çalışmada, paketlenme yönteminin raf ömrüne etkisini araştırmışlardır. Araştırmada, duyuşal bakımdan MA paketlenen grupların daha düşük puan elde ettiği ancak fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik analizler bakımından MA paketlenmenin daha uygun olduğunu tespit etmişlerdir.

Arkoudelos ve ark. (2007), hava, vakum ve modifiye atmosfer ile paketlenmenin (40% CO₂, 30% N₂ ve 30% O₂) 0°C'de muhafaza edilen yılan balığınının (*Anguilla anguilla*) raf ömrüne etkisini araştırmışlardır. Duyusal analizlerde hava ve vakum paketlenmenin 11 gün, modifiye atmosfer paketlenmenin 18 gün boyunca kabul edilebilir puanlar aldığını bildirmişlerdir. Ayrıca araştırmada mikrobiyal bozulmalar açısından hava, vakum ve modifiye atmosfer paketlenmenin sırasıyla 18, 28 ve 34 gün raf ömrüne sahip olduğu tespit edilmiştir.

Erkan ve ark. (2007) çalışmalarında hava, vakum ve modifiye atmosfer (%5 O₂, %70 CO₂, %25 N₂) koşullarında paketlenen ve +4°C'de muhafaza edilen kolyoz (*Scomber japonicus*) filetolarının raf ömrünü araştırmışlardır. Uskumru filetolarının raf ömrünün, hava ve vakum paketlenme için 9 gün ve MA paketlenme için 12 gün olduğunu bildirmişlerdir.

Goulas ve Kontominas (2007), MA paketlenme (%40 CO₂, %30 O₂, %30 N₂) ve esansiyel kekik yağının, buzdolabı koşullarında saklanan hafif tuzlu çipura (*Sparus aurata*) filetolarının raf ömrü üzerindeki kombine etkisini araştırmışlardır. Hava koşullarında depolanmış tuzlu çipura filetolarında toplam uçucu bazik azot (TVB-N) ve trimetilamin azot (TMA-N) değerlerinin, modifiye atmosfer paketlenen tuzlanmış çipura filetolarından yüksek olduğu belirlenmiştir. Ancak MA paketlenme ile birlikte %0.4 ve %0.8 kekik yağı konsantrasyonları içeren gruplar incelendiğinde tuzlamanın TBARs bakımından olumsuz etkisi olmasına karşın kekik yağının en düşük TBARs değerine ulaşmasını sağlayan güçlü bir antioksidan olduğunu tespit etmişlerdir. Araştırmada tüm çipura fileto örneklerinin, ilk 15-16 günlük depolama süresince kabul edilebilir duyuşal puanlar aldığı tespit edilmiştir. Hava ile paketlenerek depolanan tuzlu örneklerin 20-21 gün, modifiye atmosfer paketlenerek depolanan örneklerin 27-28 gün raf ömrüne sahip olduğu belirlenmiştir. MA paketlenme ve hafif tuzlu numunelerde kekik yağı ilavesinin, belirgin fakat hoş bir lezzet verdiği ve %0.8

kekik yağı ile muamele edilmiş filetoların 33 günlük depolamadan sonra halen duyusal olarak kabul edilebilir olduğunu tespit etmişlerdir.

Lyhs ve ark. (2007), ringadan (*Clupea harengus*) yapılarak çiğ olarak tüketilen ve duyusal özelliklerinin bu nedenden dolayı diğer kalite parametrelerine göre çok ön planda olduğu bir ürün olan soslu ringa (maatjes) ürününü hava ve modifiye atmosfer (30% CO₂ ve 70% N₂) ile paketlenip 4°C ve 10°C'de muhafaza ederek duyusal (ürüne özel kalite indeks yöntemi oluşturulmuştur) ve mikrobiyolojik özelliklerini araştırmışlardır. Araştırmacılar, hava ile paketlenerek depolanan ringaların duyusal raf ömrünün, hem 4°C hem de 10°C 'de 3 gün olduğunu tespit etmişlerdir. MA paketlenen ringaların ise, her iki depolama sıcaklığında da sırasıyla 5 ve 6 günlük raf ömrüne sahip olduğunu belirtmişlerdir. Duyusal açıdan tüketime uygun bulunmadıkları günlerde grupların her birindeki mikrobiyal sayımların kabul edilebilirlik sınırı olarak kabul edilen 10⁶ logkob/g'a ulaşmadığını, bu sebeple ringalarda duyusal değerlendirmenin daha yüksek öneme sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Alak ve ark. (2010), 4±1°C'de 15 gün boyunca depolanan palamut (*Sarda sarda*) filetolarının raf ömrüne paketlemenin etkisini amaçlamışlardır. Kontrol grubunun streç film ile paklendiği araştırmada diğer 3 grup ise vakum paketlenme, kitosan kaplama ve MA paketlenmeden oluşmaktadır. MA paketlenmenin yapıldığı grupta %100 CO₂ kullanılmıştır. Kitosan film ile paketlenmiş filetolarada aerobik bakterilerin gelişiminin, kontrol ve vakum gruplarına göre daha yavaş olduğu bildirilmiştir. MA paketlenme ve kitosan film paketlenme sonuçları birbirine yakın tespit edilmiştir. Tüm muamele grupları içerisinde en düşük pH değerinin kitosan ile kaplı numunelerde olduğu ancak MA paketlenme ile arasındaki farkın düşük olduğu bildirilmiştir.

Kocatepe (2010), levrek (*Dicentrarchus labrax*) balıklarının baş ve iç organlarını çıkarıp, hava, MA (%75 CO₂ +%25 N₂, %60 CO₂ +%40 N₂, %30 CO₂ +%30 O₂ +%40 N₂) ve vakum ile paketlenerek buzdolabı koşullarında (2.9°C±0.2) 40 gün depolayarak en uygun paketlenme tekniğini araştırmıştır. Araştırmada hava ile paketlenen levreğin 8. günde limit değerleri aştığını tespit ederken, vakum paketlenen balığın raf ömrünün hava ile paketlenenden 3 kat, MAP uygulamanın ise yaklaşık 4 kat daha fazla raf ömrü sağladığını bildirmiştir. Bu doğrultuda, levrek balıkları için en uygun paketlenme tekniğinin MA paketlenme olduğu, paketlenme için en uygun gaz karışım oranının ise %75 CO₂ +%25 N₂ olduğu bildirilmiştir.

Oğuzhan ve Angiş (2012), araştırmalarında tuzlama ve paketleme işlemlerinin $4\pm1^{\circ}\text{C}$ 'de 25 gün depolanan Gökkuşığı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) filetolarının kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerine etkisini incelemişlerdir. Araştırma kapsamında %20'lik NaCl çözeltisi ile tuzlanan (salamura + kuru tuzlama) Gökkuşığı alabalığı vakum ve modifiye atmosferde (%50 CO₂ + %50 N₂) paketlenmiştir. Araştırmacılar tarafından tüm parametreler değerlendirildiğinde, modifiye atmosfer paketlemenin vakum paketlemeye göre çok daha iyi sonuç verdiğini ve vakum paketlemeye göre daha avantajlı olduğunu bildirmişlerdir.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. MATERYAL

3.1.1. Balıkların Temin Edilmesi

Araştırmada toplam 55 kg Gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) kullanılmıştır. Balıklar, Derbent Barajı'nda (Bafra) ağ kafeslerde alabalık yetiştiren Kuzey Su Ürünleri Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti.'nden (Samsun) temin edilmiştir. Hipotermi ile hasat edilen balıklar tesiste anında buzlanarak strafor kutulara konulmuş ve 2 saat içerisinde laboratuvara ulaştırılmıştır. Şekil 3.1.'de araştırmada kullanılan balıkların temini ve laboratuvara getirilme koşulları ile ilgili fotoğraflar görülmektedir.



Şekil 3.1. Araştırmada kullanılan balıkların temin edilmesi (orijinal)

Araştırmada köfte üretimi için toplam 35 adet alabalık kullanılmıştır. Alabalıkların ortalama boy ve ağırlıkları ile fileto ağırlıklarını hesaplamak için temin edilen 35 adet alabalık içerisinde rastgele 10 adedi ($n=10$) seçilerek ölçümler yapılmıştır. Buna göre alabalıkların ortalama boyu 44.93 ± 0.93 cm, ortalama ağırlığı 1669.60 ± 99.40 g, ortalama fileto ağırlıkları ise 773.69 ± 67.19 g olarak tespit edilmiştir. Şekil 3.2'de araştırmada kullanılan balıklardan birinin boy ölçümü yer almaktadır.



Şekil 3.2. Araştırmada kullanılan bir Gökkuşığı alabalığı (orijinal)

Laboratuvarda boy ve ağırlıkları belirlenen alabalıkların kafa ve iç organları uzaklaştırılmış ve ardından filetoları çıkarılmıştır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Fileto çıkarma işlemi ve fileto haline getirilmiş balıklar (orijinal)

3.1.2. Paketlemede Kullanılan Materyaller

Hazırlanan köftelerin paketlenmesinde iki adet köftenin sığabileceği 160x320x32 mm boyutlarında strafor tabak kullanılmıştır. Strafor tabaklara yerleştirilirken köftelerin her birinin altına konulmak üzere su emici ped kullanılmıştır (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Strafor tabaklar ve su emici ped (orijinal)

Hazırlanan ürünün paketlenmesi için oksijen geçirgenliği $47.60 \text{ ml/m}^2/\text{gün}$ (ASTM D-3985; TÜBİTAK MAM) ve su buharı geçirgenliği $3.48 \text{ g/m}^2/\text{gün}$ (ASTMF-1249; TÜBİTAK MAM) olan gerdirilmiş poliamid-polietilen baskısız ambalaj materyali kullanılmıştır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Paketlemede kullanılan ambalaj materyali (orijinal)

3.1.3. Balık Köftesi Yapımında Kullanılan Cihaz ve Ekipmanlar

3.1.3.1. Kıyma Makinesi

Fileto haline getirilen balıklar Tefal-HV8 marka/model kıyma makinesi aracılığı ile kıyma haline getirilmiştir (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Araştırmada kullanılan kıyma makinesi (orijinal)

3.1.3.2. Kuter

Kıyma haline getirilen balıklar ve diğer köfte malzemelerinin bir araya getirilmesi ve köftelerin hazırlanması için Mateka marka 15 kg'lık kuter kullanılmıştır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Araştırmada kullanılan kuter (orijinal)

3.1.3.3. Kalıp

Hazırlanan köftelere şekil verilmesi amacıyla Şekil 3.8’de görülen kalıp kullanılmıştır.



Şekil 3.8. Araştırmada köftelere şekil vermek için kullanılan kalıp (orijinal)

3.1.4. Analizler için Kullanılan Cihaz ve Ekipmanlar

3.1.4.1. Toplam Uçucu Bazik Azot (TVB-N) Destilasyon Ünitesi

Araştırmada TVB-N analizleri için Şimşek AP-1106 (Şekil 3.13) marka/model azot tayin cihazı kullanılmıştır (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Araştırmada kullanılan TVB-N destilasyon ünitesi (orijinal)

3.1.4.2. Homojenizatör

Analizler öncesinde numunenin homojenize edilmesi için IKA T-25 digital Ultra – Turrax model homojenizatör kullanılmıştır (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. Araştırmada kullanılan homojenizatör (orijinal)

3.1.4.3. İnkübatör

Araştırma kapsamında gerçekleştirilen anaerob ve psikrofil bakteri grupları hariç diğer tüm bakteri gruplarının inkübasyonunda Microtest min 120 marka/model inkübasyon cihazı kullanılmıştır (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. Araştırmada kullanılan inkübatör (orijinal)

3.1.4.4. Karbondioksitli inkübatör

Araştırma kapsamında gerçekleştirilen anaerob bakterilerin inkübasyonunda Heal Force HF90 CO₂ model inkübatör kullanılmıştır (Şekil 3.12).



Şekil 3.12. Araştırmada kullanılan karbondioksitli inkübatör (orijinal)

3.1.4.5. Saf Su Cihazı

Araştırmadaki tüm analizler için gerekli olan saf suyun eldesinde, MILLIPORE / RiOs-8 marka / model ve MILLIPORE Synergy-UV marka / model ultra saf su cihazı kullanılmıştır (Şekil 3.13).



Şekil 3.13. Araştırmada kullanılan saf su cihazları (orijinal)

3.1.4.6. Laminar Flow Kabin

Mikrobiyolojik analizler kapsamında ekimlerin daha güvenilir ve hijyenik şartlarda yapılması amacıyla Bilser Class II model laminar flow kabin kullanılmıştır (Şekil 3.14).



Şekil 3.14. Araştırmada kullanılan laminar kabin (orijinal)

3.1.4.7. Rotary Evaporatör

Yağ analizlerinde kullanılan balonlarda bulunan eterin etüve koyulmadan önce ayrıştırılmasında Heidolph Hei-VAP Core marka / model rotary evaporatör kullanılmıştır (Şekil 3.15).



Şekil 3.15. Araştırmada kullanılan evaporatör (orijinal)

3.1.4.8. Dikey Otoklav

Araştırma kapsamında analizlerde kullanılacak malzemelerin sterilizasyonunda Nüve OT-40L marka/model dik tip otoklav kullanılmıştır (Şekil 3.16)



Şekil 3.16. Araştırmada kullanılan dik tip otoklav (orijinal)

3.1.4.9. Modifiye Atmosfer Paketleme Cihazı

Araştırmada ürünlerin modifiye atmosfer ile paketlenmesi için Abant MG42 marka/model modifiye atmosfer paketleme makinesi kullanılmıştır.



Şekil 3.17. Araştırmada kullanılan modifiye atmosfer paketleme makinesi (orijinal)

3.1.4.10. Paket içi Gaz lm Cihazı

Araştırmada modifiye atmosfer ile paketlenen ürünlerin içerisine basılan gaz miktarının takibi Oxybaby M+ marka/model paket içi gaz ölçüm cihazı ile yapılmıştır (şekil 3.18).



şekil 3.18. Araştırmada kullanılan paket içi gaz ölçüm cihazı (orijinal)

3.1.4.11. Tam Otomatik Pipetler

Araştırmada Brandtech Transferpette marka/model tam otomatik pipet takımı kullanılmıştır (şekil 3.19)



şekil 3.19. Araştırmada kullanılan tam otomatik pipetler (orijinal)

3.1.4.12. Su Aktivitesi Cihazı

Araştırma kapsamında su aktivitesi (a_w) ölçümleri için Novasina LabShift- a_w marka / model cihaz kullanılmıştır (Şekil 3.20).



Şekil 3.20. Araştırmada kullanılan su aktivitesi ölçüm cihazı (orijinal)

3.1.4.13. Tekstür Cihazı

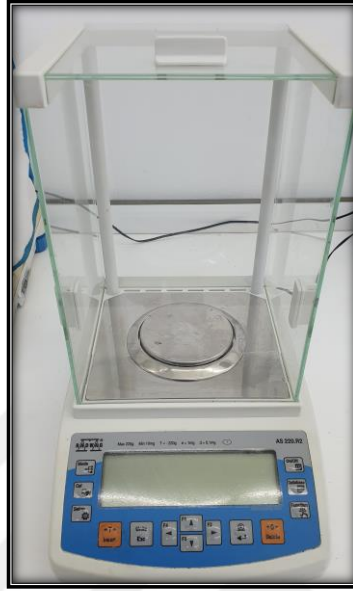
Araştırma kapsamında yapılan tekstür analizlerinde [Tekstür Profil Analizleri (TPA) ve Warner – Bratzler kesme testleri (WBS)] Brookfield CT3 marka/model testtür cihazı ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.21).



Şekil 3.21. Araştırmada kullanılan testtür cihazı (orijinal)

3.1.4.14. Hassas Terazi

Araştırma sürecinde analizler için gerekli köfte homojenizatının ve kimyasal maddelerin tartımında Radwag/AS 220-C-2 marka/model kabinli hassas terazi kullanılmıştır (Şekil 3.22).



Şekil 3.22. Araştırmada kullanılan hassas terazi (orijinal)

3.1.4.15. Protein Yakma Ünitesi

Araştırmada protein analizi için taze balık eti ve köfte örneklerinin yakılmasında Buchi Speed Digester K-425 marka/model yakma ünitesi kullanılmıştır (Şekil 3.23).



Şekil 3.23. Protein yakma ünitesi (orijinal)

3.1.4.16. Protein Destilasyon Cihazı

Araştırmada protein analizinin destilasyon aşamasında Buchi K350 marka/model Kjeldahl destilasyon ünitesi kullanılmıştır (Şekil 3.24).



Şekil 3.24. Protein destilasyon cihazı (orijinal)

3.1.4.17. Tam Otomatik Ham Yağ Ekstraksiyon Cihazı

Araştırma kapsamında taze balık etindeki ve köftelerdeki ham yağ miktarının tespitinde Gerhardt SE-416 marka/model tam otomatik soxtherm yağ ekstraksiyon cihazı kullanılmıştır (Şekil 3.25).



Şekil 3.25. Araştırmada kullanılan tam otomatik ham yağ ekstraksiyon cihazı (orijinal)

3.1.4.18. Kül Fırını

Araştırmada, taze balık etinde ve köftelerdeki ham kül miktarının tespiti için 600°C'ye kadar ulaşabilen Protherm marka kül fırını kullanılmıştır (Şekil 3.26).



Şekil 3.26. Araştırmada kullanılan kül fırını (orijinal)

3.1.4.19. Buzdolabı

Araştırma kapsamında üretilen köftelerin $2\pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de muhafaza edilmesinde Uğur marka cam kapaklı buzdolabı kullanılmıştır (Şekil 3.27).



Şekil 3.27. Araştırmada kullanılan cam kapaklı buzdolabı (orijinal)

3.1.5. Araştırmada Kullanılan Kimyasal Malzemeler

Araştırmada kullanılan kimyasal ve mikrobiyolojik malzemelerin listesi Tablo 3.1’de verilmiştir.

Tablo 3.1. Araştırmada kullanılan kimyasal ve mikrobiyolojik malzemeler

Kimyasal Adı	Marka	Ürün Numarası
Triklorasetik asit (Cl_3CCOOH)	Merck	1.00810.0250
Magnezyum oksit (MgO)	Tekkim	TK.200920.01000
Tiyobarbitürik asit ($\text{C}_4\text{H}_4\text{N}_2\text{O}_2\text{S}$)	Merck	1.08180.0025
Reinforced clostridial agar (RCA)	Merck	1.05410.0500
Pseudomonas selective agar base (Cetrimide agar)	Merck	1.05284.0500
Sodyum hidroksit (NaOH)	Merck	1.06498.1000
Sulfite iron agar (base)	Merck	1.10864.0500
Glaşiyel asetik asit (CH_3COOH)	Merck	1.00063.2500
Baird – Parker Agar (base)	Merck	1.05406.0500
Hidroklorik asit (HCl) (%37)	Merck	1.00317.2500
Egg yolk tellurite emulsion	Merck	1.03785.0001
STAA agar base	Oxoid	CM0881
STAA selective supplement	Oxoid	SR0151
MRS (de MAN, ROGOSA ve SHARPE) agar	Merck	1.10660.0500
Parafin (Likit)	Tekkim	TK.200630.05001
1,1,3,3-Tetraethoxypropane	Sigma	T9889
Alkali peptonlu su	Merck	1.01800.0500
Plate count agar (PCA)	Merck	1.05463.0500
Borik asit (H_3BO_3)	Merck	1.00165.1000
Potasyum karbonat (K_2CO_3)	Tekkim	TK.150431.01002
Sülfürik asit (H_2SO_4)	Merck	1.00731.2500
Violet red bile agar (VRBA)	Merck	1.01406.0500
Dietil eter ($(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{O}$)	Merck	1.00923.5000
Kjeldahl katalizör tabletleri	Merck	1.15348.1000
3,5-Di-tert-4-Butilhidroksitoluen (BHT)	Sigma	CA47168
Ethanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) (%70)	Merck	1.00967.2500
Baktrident oksidaz	Merck	1.13300.0001
Baktrident katalaz	Merck	1.11351.0001
Baktrident koagülaz	Merck	1.13306.0001

3.1.6. Araştırmada Kullanılan Laboratuvarlar

Araştırmada besin kompozisyonu analizlerinin bir kısmı (yağ asitleri kompozisyonu, amino asit, mineral madde ve ağır metal analizleri) Sinop Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Uygulama ve Araştırma Merkezi’nde yapılmıştır. Taramalı elektron mikroskopu (SEM) analizleri, 0. gün Selçuk Üniversitesi Merkez Laboratuvarı’nda, tavsiye edilen tüketim tarihi gününe ait analizler ise Kastamonu Üniversitesi Merkez

Laboratuvarı'nda yapılmıştır. Bunların dışında kalan tüm fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve organoleptik analizler Sinop Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi İşleme Teknolojisi Laboratuvarı, Mikrobiyoloji Laboratuvarı ve Su Ürünleri Yetiştiriciliği Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir.

3.2. YÖNTEM

3.2.1. Deneme Planı

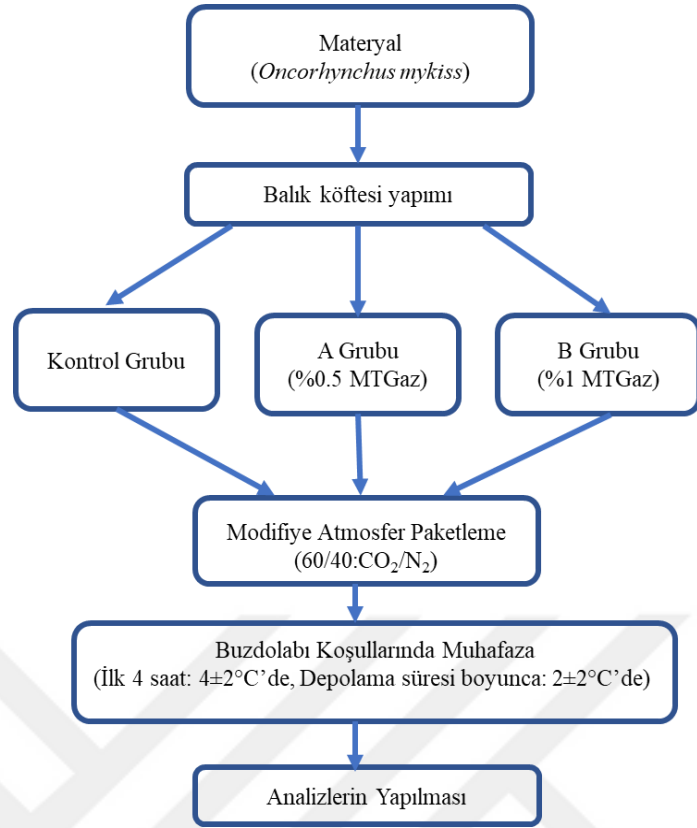
Araştırma 24 gün sürecek şekilde 2 tekerrür olarak planlanmıştır (Tablo 3.2).

Tablo 3.2. Deneme planı

Gruplar	Kontrol		A (%0.5 MTGaz)		B (%1 MTGaz)	
Depolama Süresi (Gün)	1. Tekerrür	2. Tekerrür	1. Tekerrür	2. Tekerrür	1. Tekerrür	2. Tekerrür
0	2	2	2	2	2	2
3	2	2	2	2	2	2
6	2	2	2	2	2	2
9	2	2	2	2	2	2
12	2	2	2	2	2	2
15	2	2	2	2	2	2
18	2	2	2	2	2	2
21	2	2	2	2	2	2
24	2	2	2	2	2	2
Toplam Köfte Adedi	18	18	18	18	18	18
Yedek Köfte Adedi	2	2	2	2	2	2
Toplam	40		40		40	
	120					

Araştırmada 2 tekerrür ve 3 paralel ile gerçekleştirilen analizler için (fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik analizler) 120 adet (her grup için 4'er köfte yedek olarak üretilmiştir), diğer analizler için (yağ asitleri, mineral maddeler, amino asit analizleri ve SEM görüntüleri) 36 adet olmak üzere toplam 156 köfte üretilmiştir (Tablo 3.2).

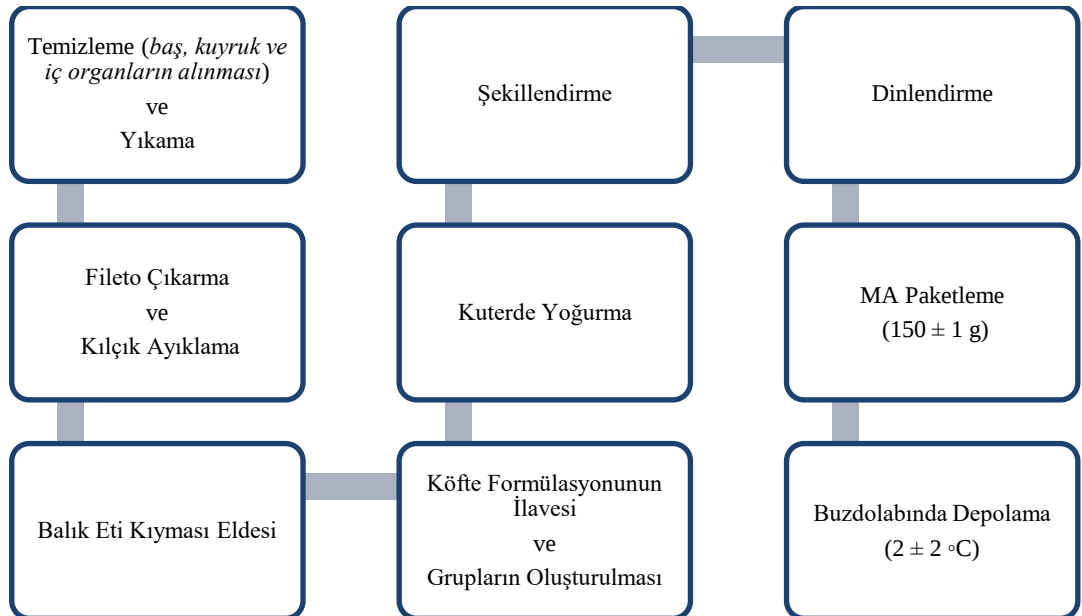
Araştırma, materyalin temin edilmesi, balık köftesi yapımı ve grupların oluşturulması, modifiye atmosfer paketlenme ve buzdolabı koşullarında muhafaza süreci ile devam etmiş ve analizler ile sonuçlanmıştır (Şekil 3.28).



Şekil 3.28. Araştırma sürecinde izlenen işlem adımları

3.2.2. Balık Köftesi Yapımı

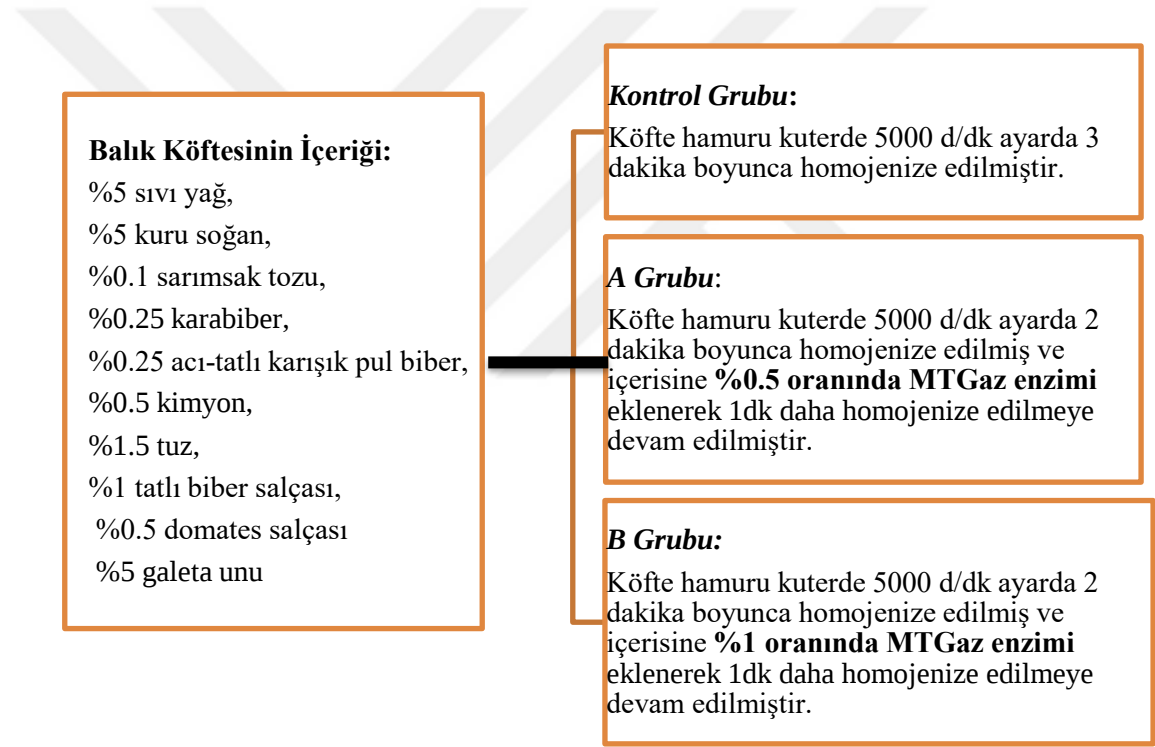
Alabalık köftesi üretimi işlem adımları Şekil 3.29’da sunulmuştur.



Şekil 3.29. Alabalık köftesi üretimi işlem adımları

Alabalık köftesi yapımında balıkların temizlenmesi, filetoların çıkarılması ve yıkanması ile başlayan işlem adımları balık etinin kıyma haline getirilmesi, diğer malzemelerin eklenmesi, yoğurma, şekil verilmesi ve paketlenmekten sonra muhafaza edilmesi ile sonuçlanmıştır. Bu sürece ait gerçekleştirilen işlemler aşağıda detaylıca anlatılmaktadır (Şekil 3.29).

Fileto çıkarılan ve derisi ayrılan balıkların et içerisinde kalan kılçıkları pens yardımı ile uzaklaştırılmıştır. Filetolar yıkanıp süzölmüş ve parçalanmaya hazır hale getirilmiştir. Filetolar 2 mm göz açıklığına sahip kıyma makinesinden geçirilerek homojen kıyma haline getirilmiştir. Araştırma öncesinde yapılan ön çalışmaya istinaden deneyimli panelistlerce (n=20) köfte formülü belirlenmiştir. Ardından 3 farklı işlemle ürün grupları oluşturulmuştur. Balık kıymasının ve grupların içeriği Şekil 3.30’da sunulmaktadır.



Şekil 3.30. Alabalık köftesinin ve grupların içeriği

A (%0.5 MTGaz) ve B (%1 MTGaz) gruplarında kullanılan enzim (Şekil 3.31), üretici firmanın (Ajinomoto GS EU, 60 U/g aktivitede) uygulama esasına göre 1:4 oranında saf suda çözündürülüp köfte hamuruna eklenmiştir.



Şekil 3.31. Alabalık köftesi üretiminde kullanılan MTGaz enzimi (orijinal)

Gruplar, köfte kalıplarında (yarıçap=7.25 cm, yükseklik= 17 mm) şekillendirilen 150±1 g köfteler yaklaşık 4 saat buzdolabı koşullarında dinlendirilmiştir.

Hazırlanan köfteler her bir strafor tabağa 2 adet gelecek şekilde ve içlerinde su emici ped bulunan strafor tabaklara konularak 98 mikron kalınlığında, 47.60ml/m²/gün O₂ ve 3.48 g/m²/gün su buharı geçirgenliğine sahip ambalajlarla 60/40:CO₂/N₂ gaz ile (v: gaz/ürün: 3/1) MA koşullarında paketlenmiştir. Üretimi tamamlanan ürünler enzimin daha aktif olabilmesi için buzdolabında ilk gün 4±2°C’de, depolama süresi boyunca ise 2±2°C’de depolanmıştır.

Detayları anlatılan balık köftesi üretim sürecine ilişkin görsel Şekil 3.32’de sunulmuştur.



Şekil 3.32. Balık köftesi üretim süreci (orijinal)

3.2.3. Analizler

Araştırma kapsamında gerçekleştirilen analizler, analizlerin hangi periyotta ve hangi laboratuvarda yapıldığına dair bilgiler Tablo 3.3’de sunulmaktadır.

Tablo 3.3. Araştırma kapsamında gerçekleştirilen analizlere ait bilgiler

Analiz	Periyodu	Laboratuvar
Mikrobiyolojik Analizler – Toplam Mezofil ve Psikrofil Aerob Bakteri Sayımı, Toplam Mezofil Anaerob Bakteri Sayımı, <i>Pseudomonas spp.</i> Sayımı, H_2S Üreten Bakterilerin (<i>Shewanella putrefaciens</i> dâhil) Sayımı, <i>Staphylococcus aureus</i> (Koagülaz pozitif) Sayımı, Toplam Koliform Bakteri Sayımı, Laktik Asit Bakterileri Sayımı, <i>Brochothrix thermosphacta</i> (BrT) Sayımı	0.-3.-6.-9.-12.-15.-18.-21.-24. Gün	Sinop Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Mikrobiyoloji Laboratuvarı
Biyokimyasal Analizler – Katalaz Testi, Oksidaz Testi, Koagülaze testi, Gram Boyama	0.-3.-6.-9.-12.-15.-18.-21.-24. Gün	Sinop Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Mikrobiyoloji Laboratuvarı
Kimyasal Analizler – TVB-N Analizleri, TBARs Analizleri	0.-3.-6.-9.-12.-15.-18.-21.-24. Gün	Sinop Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi İşleme Laboratuvarı
Besin Kompozisyonu Analizleri – 1 – Kuru Madde Analizi, Ham Kül Analizi, Ham Protein Analizi, Ham Yağ Analizi, Balık Köftesi Enerji Hesabı	0. Gün – Son Tüketim Tarihi Günü	Sinop Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yetiştiricilik Laboratuvarı
Besin Kompozisyonu Analizleri – 2 – Yağ Asitleri Kompozisyonu Analizi, Amino asit Analizleri, Mineral Madde ve Ağır Metal Analizleri	0. Gün – Son Tüketim Tarihi Günü	Sinop Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Uygulama ve Araştırma Merkezi
Fiziksel Analizler – pH Ölçümü, Su Aktivitesi (a_w), Paket içi Gaz Ölçümü, Su Kaybı Hesaplaması, Pişirme Kaybı Hesaplaması	0.-3.-6.-9.-12.-15.-18.-21.-24. Gün	Sinop Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi İşleme Laboratuvarı
Renk Ölçümleri	0.-3.-6.-9.-12.-15.-18.-21.-24. Gün	Sinop Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi İşleme Laboratuvarı
Mekanik Analizler	0.-3.-6.-9.-12.-15.-18.-21.-24. Gün	Sinop Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi İşleme Laboratuvarı
Çiğ ve Pişmiş Ürünlerde Duyusal Analizler	0.-3.-6.-9.-12.-15.-18.-21.-24. Gün	Sinop Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi İşleme Laboratuvarı
Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Görüntüleri	0. Gün – Son Tüketim Tarihi Günü	Selçuk Üniversitesi Merkez Laboratuvarı–Kastamonu Üniversitesi Merkez Laboratuvarı

Besin kompozisyonu analizleri (ham yağ, ham protein, ham kül, nem, karbonhidrat, enerji, yağ asitleri kompozisyonları, amino asit kompozisyonları ve mineral madde kompozisyonları), pH, a_w , renk analizleri, TVB-N, TBARs, mikrobiyolojik analizler, Warner-Bratzler kesme testleri ile kesme işleri, 3 paralel (n=6) olarak çalışılmıştır. Duyusal analizlerde 7 deneyimli panelist (n=14) değerlendirme gerçekleştirmiştir. Paket sayısının iki adet olması nedeni ile paket içi gaz ölçümlerinde n=2, SEM analizleri ve su kaybı ile pişirme kayıplarında da n=4 olacak şekilde analizler gerçekleştirilmiştir. Tekstür Profil Analizlerinde (TPA) 2 tekerrür ve 6 paralel olarak (n=12) çalışma yapılmıştır.

3.2.3.1. Mikrobiyolojik Analizler

Mikrobiyolojik analizlerde değerlendirilme ve limitlerin belirlenmesi Lyhs ve ark. (2001), Gram ve Dalgaard (2002) ile Poli ve ark. (2006)'na göre gerçekleştirilmiştir. Buna göre mikrobiyolojik analizlerde en önemli bozulma kriterlerinden olan mezofilik ve psikrofilik aerob bakteri yükleri buzdolabı koşullarında muhafaza edilen alabalık türleri için 6 – 7 logkob/g seviyesine ulaştığında sınıra ulaşmış olarak bildirilmektedir ve 7 logkob/g'ı geçmemelidir. Araştırmacılar ayrıca alabalıklarda mezofilik ve psikrofilik aerob bakteriler dışında kalan spesifik bozucu organizmalar (SSO) ve geçici bozucu organizmalar (ESO) sınıfına giren mikroorganizmalar (*Pseudomonas spp*, *S. aureus*, laktik asit bakterileri, H₂S üreten bakteriler, *Brochothrix thermosphacta*, maya ve küfler) ile koliform ve anaerob mikroorganizmalar için üst sınırın 6 logkob/g olduğunu bildirmişlerdir. Bu nedenle araştırmamızda mezofilik ve psikrofilik aerob bakterilerde üst sınır 6 – 7 logkob/g aralığı kullanılmış ve kalan diğer tüm mikrobiyolojik analizlerde üst sınır 6 logkob/g olarak değerlendirilmiştir.

Araştırma kapsamında gerçekleştirilen ve sonuçların logkob/g olarak verildiği mikrobiyolojik analizler aşağıda başlıklar altında sunulmuştur.

3.2.3.1.1. Toplam Mezofil ve Psikrofil Aerob Bakteri Sayımı

Toplam mezofil aerob ve psikrofil bakteri sayımı Plate Count Agar kullanılarak yapılmıştır. Uygun şekilde besiyeri hazırlanarak petri kutularına dökülmüş ve katılaşması beklenmiştir. Ardından 0.1 ml dilüsyonlardan alınmış ve sürme metodu ile ekim yapılmıştır. Mezofil bakteri sayımı yapmak üzere petriler 37°C'de 2 gün, psikrofil bakteri sayımı yapmak için ise 7°C'de 10 gün boyunca inkübe edilmiştir [Association of Official Agricultural Chemists (AOAC), 2000]. İnkübasyon sonunda petrilerde gözlemlenmiş ve tüm koloniler “toplam bakteri” olarak sayılmıştır (Halkman, 2005).

3.2.3.1.2. Toplam Mezofil Anaerob Bakteri Sayımı

Toplam mezofil anaerob bakteri sayımı yapmak üzere Reinforced Clostridial Agar kullanılmıştır. Örneklerden 1'er ml alınarak petrilere eklenmiş ve ardından üzerine besiyeri ilave edilmiştir. Hazırlanan petriler, %10 oranında CO₂ konsantrasyonuna ayarlanmış etüvde 35 - 37°C'de 24 - 48 saat boyunca inkübe edilmiştir. İnkübasyon süresi tamamlandığında

besiyerinde gözlenen tüm koloniler “mezofil anaerob bakteri” olarak kabul edilmiştir (Halkman, 2005).

3.2.3.1.3. *Pseudomonas spp.* Sayımı

Pseudomonas spp. tespitinde Pseudomonas Selective Agar Base (Cetrimide Agar, 10 ml gliserol ilaveli) kullanılmıştır (Brown ve Lowbury, 1965; Halkman, 2005). Petrilere 0.1 ml dilüsyon eklenerek ekim yapılmış ve 48 saat boyunca 35°C’de inkübe edilmiştir (Halkman, 2005). Cetrimide agar’da üreme gösteren koloniler bakımından oksidaz pozitif olanlar *Pseudomonas spp.* olarak değerlendirmeye alınmıştır.

3.2.3.1.4. *H₂S Üreten Bakterilerin (Shewenella putrefaciens dâhil) Sayımı*

H₂S üreten bakterilerin sayımı için Iron Agar kullanılmıştır. Hazırlanan besiyerlerinden 10 ml petrilere dökülerek soğutulmuş ve ardından 1 ml numune petriye aktarılmıştır. Kalan besiyerinden 10 ml daha petrilere ilave edilerek 20°C’de 3 gün inkübasyona bırakılmıştır. Iron Agar’da üreme gösteren siyah renkli koloniler H₂S üreten bakteriler olarak Kabul edilmiştir (Kostaki ve ark., 2009).

3.2.3.1.5. *Staphylococcus aureus (Koagulaz pozitif) Sayımı*

S. aureus sayımında Baird Parker Agar kullanılmıştır. Hazırlanan besiyerlerine Egg Yolk Tellurite ilave edilmiştir. Petrilere 1ml örnek eklenmiş ve 37°C’de 24 saatlik inkübasyon süresi sonunda oluşan etrafı beyaz sınırlı siyah renkli koloniler şüpheli *S. aureus* olarak sayılmıştır. Bu aşamadan itibaren Bactident Coagulase ile Koagulaz testi yapılmıştır. Koagulaz pozitif koloniler *S. aureus* (Koagulaz pozitif) olarak tespit edilmiştir (Halkman, 2005).

3.2.3.1.6. *Toplam Koliform Bakteri Sayımı*

Toplam koliform bakteri sayımı için Violet Red Bile Agar kullanılmıştır. 10ml besiyeri petrilere koyulmuş, sertleştikten sonra üzerine 0.1 ml numune eklenmiş ve ardından 10ml daha besiyeri ilave edilerek 35-37°C’de 18-24 saat süre boyunca inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon süresi tamamlandığında, 1-2 mm çapında kırmızımsı bir presipitat zonu ile çevrili koloniler koliform grubu olarak sayılmıştır (Halkman, 2005).

3.2.3.1.7. Laktik Asit Bakterileri Sayımı

Laktik asit bakterilerinin tespitinde 0.1 ml numune alınarak de Man Rogosa ve Sharpe Agar'a (MRS) yayma yöntemi kullanılarak ekim gerçekleştirilmiş ve 37°C' de 3 gün süreyle inkübe edilmiştir (Kostaki ve ark., 2009). İnkübasyon süresi sonrasında MRS besiyerlerinde krem renkli, gram pozitif, katalaz negatif koloniler laktik asit bakterisi olarak değerlendirilmeye alınmıştır (Halkman, 2005).

3.2.3.1.8. Brochothrix thermosphacta (BrT) Sayımı

Brochothrix thermosphacta sayımı için Streptomycin Sulfat-thallus Acetate cycloheximide (Actidione) Agar (STAA, Oxoid CM0881, STAA selektif destek SR0151 ve 7.5 gr gliserol eklenmiş) kullanılmıştır (Russo ve ark., 2006). 0.1 ml dilüsyonlardan numune alınarak petrilere eklenmiş ve 20°C'de 3 gün inkübe edilmiştir (Stamatis ve Arkoudelos, 2007). İnkübasyon süresi sonunda 0.5-1 mm çaplı saman rengi, gram pozitif, oksidaz negatif koloniler BrT olarak sayılmıştır (Stamatis ve Arkoudelos, 2007).

3.2.3.2. Biyokimyasal Analizler

Araştırma kapsamında yapılan biyokimyasal analizler şöyledir:

3.2.3.2.1. Katalaz Testi

Bakterilerde katalaz enziminin varlığını / yokluğunu belirleyen bu testte Baird Parker katı besiyeri üzerindeki şüpheli koloniler üzerine Bactident Catalase (%3'lük hidrojen peroksit) damlatılmış ve 1 dakika içinde gözle görülür gaz çıkışı olan koloniler katalaz pozitif olarak değerlendirilmeye alınmıştır (Halkman, 2005).

3.2.3.2.2. Oksidaz Testi

Aerob bakterilerde mevcut olan oksidaz enziminin varlığının tespit edilebilmesi amacıyla bu test gerçekleştirilmiştir. Besiyerinde üreyen şüpheli koloni 1 ml saf suda çözündürüldükten sonra test şeridinin reaksiyon bölmesine öze ile aktarılmıştır. Bir dakika içerisinde mavi-menekşe renk dönüşümü olan şeritler oksidaz pozitif olarak değerlendirilmiştir (Halkman, 2005).

3.2.3.2.3. Koagülaz testi

Stafilokok bakteri grubunda bulunan ve kan plazmasını pıhtılaştırarak koagülaz enzimini ortaya koyma, patojenik olanları non-patojeniklerden ayırmak için gerçekleştirilen bu testte, patojenik olan *S. aureus* pozitif reaksiyon vermesine karşın diğerleri negatif reaksiyon vermektedir. Bu amaçla Bactident Coagulase test kiti kullanılmıştır (Halkman 2005).

3.2.3.2.4. Gram Boyama

Agar ilaveli besiyerinde bulunan koloni 1 ml fizyolojik tuzlu su çözeltisi içerisinde çözdürülmüştür. Ardından bu kültürden temiz bir lam üzerine 1-2 öze dolusu alınarak yayılmıştır. Akabinde örnek lam üzerine fikse edilmek amacıyla kurumaya bırakılmıştır. Fiksasyonun ardından numune üzerine 1 damla kristal viole çözeltisi damlatılmış, 1 dakika beklenmiş ve boyanın fazlası uzaklaştırılmıştır. Bu işlemten sonra örnek lugol çözeltisi ile yıkama işlemi yapılarak aynı çözeltide 1 dakika bekletilmiştir. Preparat saf su ile yıkandıktan sonra lam dekolizatör çözeltisinde 25 - 30 saniye bekletilmiş ve ardından tekrar saf su ile yıkanmıştır. Son işlem olarak safranin çözeltisinde 30 saniye bekletilen preparat saf su ile yıkanıp kendi halinde kurumaya bırakılmıştır. Kuruduktan sonra mikroskopta incelenmiştir. Hücre çeperleri gram boyama sonunda mavi-mor boyananlar gram pozitif, kırmızı boyananlar ise gram negatif olarak kabul edilmiştir (Halkman, 2005).

3.2.3.3. Kimyasal Analizler

Araştırma kapsamında gerçekleştirilen kimyasal analizler aşağıda detayları ile açıklanmıştır.

3.2.3.3.1. TVB-N Analizleri

Balık etindeki toplam uçucu bazik azot (TVB-N) miktarı Ludorf ve Meyer (1973)'e göre, Antonacopoulos tarafından modifiye edilmiş Lücke – Geidel metodu ile belirlenmiştir. Homojenize balık köftesinden 2 g tartılarak destilasyon tüpüne aktarılmış, üzerine 100ml saf su ve 0.5-1 g magnezyum oksit (MgO) ilave edilmiştir. 250 ml'lik erlenmayer içine 5 ml %3'lük borik asit, 4 damla taşıro indikatörü ve 50 ml distile su koyulmuştur. Destilasyon cihazının destile buhar ucu erlenmayerin içerisine daldırılmış pozisyonunda tutulmuştur. Örnek 10 dakika destile edildikten sonra destilasyon sonlandırılarak erlen içine toplanan destilat 0.1N HCl ile nötr noktaya kadar titre edilmiştir.

Örneklerdeki TVB-N miktarı aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır:

$$\text{TVB-N (mg/100 g)} = (a \times 1.4 \times 100) / m$$

a: ml olarak harcanan 0.1 N asit miktarı, m: Örnek miktarı (g)

TVB-N değerine göre balık etinin kalite sınıflandırması Varlık ve ark. (2004)'na göre yapılmıştır. Buna göre;

25 mg/100g TVB-N içeren örnekler "Çok İyi"

30 mg/100g TVB-N içeren örnekler "İyi"

35 mg/100g TVB-N içeren örnekler "Pazarlanabilir"

35 mg/100g'dan fazla TVB-N içeren örnekler "Bozuk" olarak değerlendirilmiştir.

3.2.3.3.2. TBARs Analizleri

Tiyobarbitürik asit reaktif maddeleri (TBARs) analizi Erkan ve ark. (2011)'na göre yapılmıştır. 10 g balık etine 100 µl bütil hidroksi tolüen (BHT) ve 90 ml triklorasetik asit (TCA) ilave edilerek tüm balık köftesi örnekleri ultra turraksta 3 dakika homojenize edilmiştir. Daha sonra hunilere Whatman No. 1 filtre kâğıdı yerleştirilerek homojenizat erlenmayerlere süzölmüştür. Süzöntölerden 5'er ml alınıp test tüplerine koyulduktan sonra özerlerine 5'er ml %10'luk glasiel asetik asitle hazırlanan tiyobarbütirik asit reaktifi eklenerek 75-79°C'ye ayarlı hot plate özerinde 30 dakika boyunca bekletilmiştir. Sürenin sonunda test tüplerinin soğuması beklenerek spektrofotometrede köre karşı 532 nm'de okunmuştur.

Standartların Hazırlanması: 50 µl [(MA) Malondialdehyde bis (diethylacetal)] maddesi 50 ml 0.1 N HCl ile dilöe edilmiştir. Hazırlanan dilösyon 90°C'de 10 dakika ısıtılmıştır. Bu işlem sonunda elde edilen hidrolize asetalin 2.4 ml'si 100 ml'lik balonda saf su ile işaretime kadar tamamlanarak stok standart hazırlanmıştır. Buradan sıra ile aşağıdaki standartlar hazırlanmıştır:

- ✓ Standart 1: Stok standarttan 1 ml alınır 50 ml saf su ile işaretime kadar tamamlanır.
- ✓ Standart 2: Stok standarttan 3 ml alınır 50 ml saf su ile işaretime kadar tamamlanır.
- ✓ Standart 3: Stok standarttan 5 ml alınır 50 ml saf su ile işaretime kadar tamamlanır.
- ✓ Standart 4: Stok standarttan 7 ml alınır 50 ml saf su ile işaretime kadar tamamlanır.

Daha sonra hazırlanmış olan bu standartlardan 5 ml alınıp özerine aynı miktarda TBA ayracı eklenmiştir. Tüpler 75 - 79°C' ye ayarlı hot plate özerinde 30 dakika boyunca bekletilerek ve süre sonunda soğutularak köre karşı okunmuştur.

Spektrofotometrede okunan örnek sonuçları, standartların regresyon denklemi üzerinden hesaplanarak, aşağıdaki formül ile TBARs (μg malonaldehide (MA)/ml) konsantrasyonu belirlenmiştir:

$$\text{TBARs } (\mu\text{g MA/g}) = \text{MA } (\mu\text{g MA/ml}) \times 90 \text{ ml} / \text{Örnek Ağırlığı (gr)}$$

MA (μg MA/ml): örneğin absorbandsı – a / b

90: Seyreltme Faktörü

a, b: regresyon katsayıları

Örneklerin TBARs değerleri Schormüller (1969)'in bildirdiği kriterlere göre değerlendirilmiştir. Buna göre;

3 mg/kg'a kadar MA içeren örnekler "Çok İyi",

3-5 mg/kg'a kadar MA içeren örnekler "İyi",

5-8 mg/kg'a kadar MA içeren örnekler "Pazarlanabilir",

8 mg/kg'dan fazla MA içeren örnekler ise "Bozuk" olarak nitelendirilmektedir.

3.2.3.4. Besin Kompozisyonu Analizleri

Araştırma kapsamında ham protein, ham yağ, ham kül, nem, enerji, yağ asitleri kompozisyonu, amino asit kompozisyonu, mineral madde analizleri yapılmıştır. Taze balık etinde, 0. günde üretilen enzim içermeyen ve enzim içeren iki grupta yukarıda belirtilen tüm analizler gerçekleştirilmiştir. Ayrıca kimyasal, mikrobiyolojik ve duyusal analiz sonuçlarına göre ürünün tüketilebilir olduğu son gündeki besin içeriğinin belirlenmesi amacıyla tüm analizler tekrar edilmiştir.

3.2.3.4.1. Kuru Madde Analizi

Kuru madde analizi, AOAC (1995)'a göre yapılmıştır. Kurutma dolabında 105°C'de yaklaşık 3 saat kadar kurutulan ve oda sıcaklığına kadar desikatörde soğumaya bırakılan kuru madde kapları, darası 0.0001 g hassasiyetindeki terazide alındıktan sonra homojenize edilmiş balık köftesi örneklerinden 3-4 g koyularak miktarı kaydedilmiştir. Daha sonra 105°C' ye ayarlanmış etüvde 6-8 saat boyunca sabit bir ağırlığa gelene dek kurutulmuş, oda sıcaklığına düşmesi için belli bir süre desikatörde tutulduktan sonra hassas terazide yeniden tartılmıştır.

Bu işlemler sonucunda kuru madde miktarı aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır:

$$\text{Kuru Madde (\%)} = [(Dara (g) + Kuru madde (g)) - Dara (g)] / (\text{Örnek Miktarı (g)}) \times 100$$

3.2.3.4.2. Ham Kül Analizi

Ham kül analizi AOAC (1995)'a göre yapılmıştır. Kurutma dolabında 105°C'de kurutulan ve desikatörde oda sıcaklığına kadar soğutulup hassas terazide daraları alınan porselen krozeler içerisine, 2-3 g balık köftesi numunesi tartılarak tam otomatik kül fırınında 550°C'de yakılmıştır. 12 saatlik işlem süresinin sonunda tamamıyla yanan ve açık gri halde bulunan kül, desikatörde oda sıcaklığına kadar soğutulularak son ağırlığın tespiti için yeniden hassas terazide tartılmıştır.

Son tartım işlemi sonunda kül miktarının hesaplanması şu formüle göre yapılmıştır:

$$\text{Ham Kül (\%)} = [(Dara (g) + Ham kül (g)) - Dara(g)] / (\text{Örnek miktarı (g)}) \times 100$$

3.2.3.4.3. Ham Protein Analizi

Toplam ham protein analizi Kjeldahl metoduna (AOAC, 1995) göre yapılmıştır. İçerisine 1 g homojenize balık köftesi numunesi, 2 tablet Kjeldahl katalizör ve 15 ml derişik H₂SO₄ eklenerek yakma ünitesine yerleştirilen tüpler, yeşil-sarı saydam bir renge dönüşünceye kadar 420°C'de 1-2 saat yakılmıştır. Yakma işleminin ardından tüpler oda sıcaklığında soğumaya bırakılmış ve soğuduktan sonra içerisine 75 ml su eklenmiştir. Kjeldahl cihazına Kjeldahl tüpleri, destilat toplama kısmına ise, 25 ml % 4'lük borik asit (H₃BO₃) çözeltisi, 3 damla brom krezol yeşili ve 3 damla metil kırmızısı eklenen erlen yerleştirilmiş, 50 ml % 33'lük NaOH ile 7 dakika destilasyon işlemi yapılmıştır. Destilasyon sonunda erlen içerisindeki destilat 0.1N HCl ile rengi şeffaf olana kadar titre edilmiştir.

Sarf edilen HCl miktarı kaydedilerek aşağıdaki formül yardımıyla protein miktarları bulunmuştur:

$$\%N = [0,014 \times N \times (V_1 - V_2) \times 100] / m$$

$$\text{Ham Protein (\%)} = \%N \times 6.25$$

$$V_1 = \text{Titrasyonda harcanan HCl asit çözeltisinin hacmi (ml)}$$

$$V_2 = \text{Kör için titrasyonda harcanan HCl asit çözeltisinin hacmi (ml)}$$

$$N = \text{Kullanılan hidroklorik asit çözeltisinin derişimi}$$

$$m = \text{Alınan örneğin ağırlığı (g)}$$

3.2.3.4.4. Ham Yağ Analizi

Ham yağ analizi için (AOAC, 2005) Gerhardt SE-416 marka / model tam otomatik soxtherm yağ ekstraksiyon cihazı kullanılmıştır. Cihazın kendi özel beherleri kurutma dolabında 105°C’de yaklaşık 3 saat kurutulduktan sonra desikatöre alınarak oda sıcaklığına kadar soğutulmuştur. Daha sonra beherler hassas terazide tartılarak ağırlıkları kayıt altına alınmıştır. Selüloz kartuş ayakları beherlerin içerisine yerleştirildikten sonra ayaklar üzerine kartuşlar sıkıştırılarak içlerine 2’şer g balık köftesi numunesi koyulmuştur. Örneklerin işlem esnasında kartuşun dışına çıkmasını önlemek için kartuş tepeleri pamuk ile gevşek bir biçimde kapatmıştır. Son işlem olarak her bir beherin içerisine 130 ml dietil eter ((C₂H₅)₂O) eklenerek cihaza yerleştirilmiş ve otomatik programı devreye sokulmuştur. Yaklaşık 4 saatlik işlemin tamamlanmasının ardından, beherler cihazdan alınarak kalıntı eterin beherden uzaklaştırılması amacıyla etüvde 105°C’de yaklaşık 3 saat bekletilmiştir. Son olarak desikatörde soğutulan beherlerin ağırlıkları hassas terazide kayıt altına alınmıştır. Toplam ham yağ miktarının hesaplanmasında aşağıdaki formül kullanılmıştır:

$$\text{Ham Yağ (\%)} = [(Dara (g) + Ham yağ (g)) - dara (g)] / (\text{Örnek miktarı (g)}) \times 100$$

3.2.3.4.5. Balık Köftesi Enerji Hesabı

Balık etinin su, yağ, protein ve karbonhidrat değeri hesaplandıktan sonra enerji değeri Atwater metoduna göre hesaplanmıştır (Falch ve ark., 2010):

$$\text{Karbonhidrat değeri} = 100 - (\text{Su} + \text{Yağ} + \text{Protein} + \text{Kül})$$

$$\text{Enerji (kcal)} = (\text{Yağ} \times 9) + (\text{Protein} \times 4) + (\text{Karbonhidrat} \times 4)$$

3.2.3.4.6. Yağ Asitleri Kompozisyonu Analizi

Yağ asitleri kompozisyonu analizi IID-19 metoduna [International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC, 1979)] göre Sinop Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Uygulama ve Araştırma Merkezi’nde yaptırılmıştır.

3.2.3.4.7. Amino asit Analizleri

Amino asit analizleri digestion sonrası, yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) kolon öncesi türevlendirme yöntemine göre (Anonim, 1998b) sıvı kromatografi – kütle

spektrometresi (LC-MS/MS) ile Sinop Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde yaptırılmıştır.

3.2.3.4.8. Mineral Madde ve Ağır Metal Analizleri

Mineral maddeler ve ağır metal analizleri indüktif eşleştirilmiş plazma kütle spektrofotometresinde (ICP-MS) EPA (Birleşik Devletler Çevre Koruma Örgütü) 200.8, EPA 6020A, USP (Amerikan Farmakopesi) <232> (Anonim, 1994; 1998a; USP, 2016) metotlarına göre Sinop Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde yaptırılmıştır.

3.2.3.5. Fiziksel Analizler

3.2.3.5.1. pH Ölçümü

Balık köftesi örneklerindeki pH ölçümü Manthey ve ark. (1988)'na göre, Thermo / Orion 4 Star dijital pH metre ile yapılmıştır. 2 g homojenize balık eti 20 ml saf su içerisinde (1:10 oranında) 3 dakika süreyle homojenize edilmiş ve pH metre bu solüsyona yaklaşık 1 dakika boyunca daldırılarak numunenin pH değeri tespit edilmiştir.

3.2.3.5.2. Su Aktivitesi (a_w)

Su aktivitesinin (a_w) belirlenmesinde LabShift Novasina marka otomatik su aktivitesi cihazı kullanılmıştır. Cihazın numune kutularına yaklaşık 3 g numune koyulmuş ve sonuçlar elde edilmiştir.

3.2.3.5.3. Paket içi Gaz Ölçümü

Paket içerisine doldurulan gıda gaz karışımlarının CO₂ oranlarının takibi Oxybaby (M/CO₂) marka paket içi gaz ölçüm cihazı kullanılarak yapılmıştır. Cihazda bulunan iğne ucu, paket üzerine gaz sızdırmaz kauçuk yapıştırıldıktan sonra bu kauçuk üzerinden saplanarak gaz miktarı ekranda stabil hale gelip bip sesi duyulana kadar (yaklaşık 5 saniye) sabit bir şekilde tutulmuş ve kayıt altına alınmıştır.

3.2.3.5.4. Su Kaybı

Başlangıç ağırlıkları kaydedilen köftelerde, analiz gününde buzdolabından çıkarılarak “oransal ağırlık kaybı” hesaplanmıştır (Santos ve Regenstein, 1990; Nilson ve Ekstrand, 1994). Sızan suyun emilimi için her köfte altına endüstride kullanılan su tutma özellikli ped konulmuştur.

Su kaybı (%) = [(Başlangıç ağırlığı – deneme günündeki ağırlık) * 100] / Başlangıç ağırlığı

3.2.3.5.5. Pişirme Kaybı

Aşağıdaki formül ile balık köftesi örneklerinin pişmiş ağırlığının, çiğ ağırlığına oranlanmasıyla % pişirme kaybı hesaplanmıştır:

Pişirme kaybı (%) = [(Pişmemiş köfte ağırlığı – Pişmiş köfte ağırlığı) * 100] / Pişmemiş köfte ağırlığı

3.2.3.6. Renk Ölçümleri

Renk ölçümleri HunterLab Konika Minolta Color Meter cihazı ile Hunter kolorimetre skalasına göre gerçekleştirilmiş olup, analizlerde üç renk değeri bulunmaktadır;

*a değeri kırmızı veya yeşilliği,

*b değeri sarılık veya maviliği,

*L değeri ise 0 (siyah) ve 100 (beyaz) arasındaki parlaklık derecesini belirler.

3.2.3.7. Mekanik Analizler

Tekstür analizlerinde Brookfield CT3 Texture Analyzer (USA) marka / model cihaz kullanılmıştır. Mekanik analizler kapsamında TPA (tekstür profil analizi) ve WBS (Warner – Bratzler Shear) analizleri gerçekleştirilmiştir. TPA analizi için cihazda 12 cm çapında silindirik prob kullanılmıştır. WBS analizi için ise Warner – Bratzler ölçüm seti (bıçak, platform ve montaj aparatları) kullanılmıştır. TPA ve WBS analizlerinde sırasıyla 5 ve 50 kg yüke ayarlı olan cihazda tetikleme hassasiyeti 0.05 N olarak ayarlanmış ve prob hızı 2 mm/s’de analizler gerçekleştirilmiştir. Her bir köfte örneği için 6 farklı noktadan numune alınmıştır.

TPA ile gıdanın mevcut fiziksel durumu ve genel reolojik özellikleri tespit edilmektedir. Gıda endüstrisi tarafından kalite parametresi olarak kullanılan bu analiz ile üretilen ürünün

sürekli aynı tekstürel özelliklerde olma durumu belirlenebilirken kalite bakımından da istenmeyen değişimler ortaya çıkarılabilmektedir. WBS analizi, özellikle endüstriyel et sektöründe ürünün genel tekstürel kalitesinin belirlenmesi amacıyla (genellikle TPA ile birlikte) kullanılmaktadır. TPA ve WBS analizlerine ilişkin parametreler aşağıda verilmektedir.

TPA Parametreleri (Anonim, 2018b):

Sertlik (Hardness) (N): Analiz probuna karşı maksimum deformasyon değerini ortaya koymaktadır.

Adezif yapışkanlık (Yüzey yapışkanlığı) (Adhesiveness) (mJ): Probun yüzeyi ile gıda arasındaki çekimin üstesinden gelinebilmesi için harcanan toplam enerji, ya da bir diğer deyişle gıdanın ilk ısırma esnasında dişe yapışma eğilimini simüle etmektedir.

Esneleme direnci (Resilience): Gıdanın ilk döngüdeki sıkıştırılmasının akabinde eski haline dönme çabasını ifade etmektedir.

Elastikiyet (Springiness) (mm): İlk sıkıştırma tarafından deforme edildikten hemen sonra ürünün geri dönüşünün ilk durumuna ne kadar yakın olduğunu belirleyen, ya da ağızda ilk andaki çiğneme esnekliğini ve hissiyatını simüle etmektedir.

Kohezif yapışkanlık (İç yapışkanlık) (Cohesiveness): Gıdanın ilk deformasyon sürecinden sonra ikinci deformasyona olan dayanıklılığını (iç bağ dayanımını) ortaya koymaktadır.

Gamsılık (Sakızımsılık) (Gumminess) (N): Katı veya yarı katı gıdaların çiğnenerek yutulmaya hazır hale getirilmesi için harcanan kuvveti ifade etmektedir.

Çiğnenebilirlik (Chewiness) (N.mm): TPA analizinde gamsılık değeri ile ikili kompresyon oranlarının (uzunluk 1 / uzunluk 2) çarpımının ya da elastikiyet, sertlik ve kohezif yapışkanlık değerleri çarpımının kalibrasyon düzeltme faktörü ile düzeltilmesi neticesinde elde edilen, gıdayı yutmaya uygun bir kıvama getirebilmek üzere gerekli olan toplam çiğneme mesafesinin (mm) (1 çiğneme / sn) tamamlanabilmesi için harcanan toplam kuvveti (N) ifade eder.

WBS Analizi Parametreleri (Warner, 1928, 1952; Bratzler, 1932, 1942, 1954):

Kesme kuvveti (Shear force) (N): Gıdanın genellikle merkezinden alınan 1 cm³ numunenin tekstür cihazında WBS analiz kiti ile kesim testine sokulmasıyla elde edilen, ürünün yumuşaklık – sertlik ve homojenlik durumunu ifade eden kuvvettir.

Kesme işi (Work of shear) (N.s): Gıda numunesinin 1 cm³'ünü kesmek için harcanan toplam enerjiyi belirtmektedir.

3.2.3.8. Çiğ ve Pişmiş Ürünlerde Duyusal Analizler

Alabalık köftesine ait duyusal analiz formu, Pons ve ark. (2006) tarafından oluşturulan hedonik skalanın ürüne göre modifiye edilmesinin ardından 5'li Likert ölçeğine göre (Likert, 1932) puanlama oluşturulmuştur. Pişmiş ve çiğ alabalık köftesi değerlendirmeleri 7 deneyimli panelist tarafından yürütülmüştür. Pişmiş köfteye ait puanlama skalasında; 5 puan “çok iyi kalitede”, 4 puan “iyi kalitede”, 3 puan “orta kalitede”, 2 puan “tüketilebilir kalitede” ve 1 puan “çok kötü kalitede” olarak belirlenmiştir. Çiğ alabalık köftesi analizinde ise koku, görünüş ve tekstür kriterleri (tek sayılar ile) 5 (“köfteye özgü taze kokusunda”, “pembemsi”, “elastik”), 3 (“kokusuz”, “beyazımsı”, “sert – elastik”) ve 0 (“bozuk ürün kokusunda”, “yeşilimsi”, “sert”) puanları üzerinden değerlendirmeye alınmıştır. Çiğ alabalık köfte skalasında “3” puan, pişmiş alabalık köfte skalasında ise “2” puan tüketilebilirlik sınırı olarak kabul edilmiştir. Köfteler eser miktarda ayçiçek yağı ile teflon tavada orta – kısık ateşte her bir yüzü 5'er dakika olmak üzere toplam 10 dakika pişirilerek panelistlere sunulmuştur. Panelistlerin değerlendirme yaptığı “Çiğ ve Pişmiş Alabalık Köftesi Duyusal Değerlendirme Formu” Tablo 3.4'de sunulmuştur.

Tablo 3.4. Çiğ ve pişmiş alabalık köftesi duyusal değerlendirme formu

PİŞMİŞ ALABALIK KÖFTESİNE AİT DUYUSAL DEĞERLENDİRME FORMU							
KOKU	PUAN	K-1	K-2	A-1	A-2	B-1	B-2
Hoş, köfteye özgü kokuya sahip.	5						
Kokusuz, yavan, köftenin kendine özgü kokusu kaybolmuş, fakat kötü koku hissedilmiyor.	4						
Koku hissediliyor fakat bayat kıyma içeren ürünlerde hissedilen kokular henüz oluşmamış.	3						
Amonyak kokusu var, bayatlama ile gelişen kokular oluşmuş.	2						
Kuvvetli amonyak kokusu ile birlikte kokuşma ürünü olan kokular yoğun olarak hissediliyor.	1						
TEKSTÜR	PUAN	K-1	K-2	A-1	A-2	B-1	B-2
Balık köftesi tamamen elastik yapıda, taze köftenin kendine özgü tekstürüne sahip, sulu yapıda	5						
Köfte normal elastikiyette, sululuk nispeten azalmış, çok hafif sertlik var, ağızda çiğnendiğinde rahatsız etmiyor.	4						
Köfte diriliğini biraz kaybetmiş, sertleşme artmış, ağızda çiğnendiğinde hafif süngerimsi olarak hissediliyor, kuruma başlamış.	3						
Balık köftesi sert yapıda, ağızda çiğnendiğinde sünger çiğniyormuş hissi veriyor, kuruluk artmış.	2						
Balık köftesi arzu edilmeyen sertlikte, kauçuk benzeri yapı oluşmuş, sululuk tamamen kaybolmuş.	1						
LEZZET	PUAN	K-1	K-2	A-1	A-2	B-1	B-2
Taze balık ürünü tadında, yenen köfte ve benzeri ürünlerle benzerlik taşıyor.	5						
Taze köfte tadını kısmen kaybetmiş	4						
Taze köfte tadı tamamen kaybolmuş, ağızda hafif bir istenmeyen tat bırakıyor.	3						
Ağızda hoş olmayan tatlar iyice hissediliyor fakat tiksinti oluşturmuyor	2						
Köftenin yenilip yenilemeyeceğine dair tereddüt duyuluyor	1						
GENEL DEĞERLENDİRME							
Bu bölümde şimdiye kadar yaptığınız değerlendirmeler ışığında test ettiğiniz balıkların genel kabul edilebilirlik derecesini belirleyiniz.	PUAN	K-1	K-2	A-1	A-2	B-1	B-2
Çok iyi kalitede	5						
İyi kalitede	4						
Orta kalitede	3						
Tüketilebilir kalitede	2						
Çok kötü kalitede	1						
<i>(Pişmiş alabalık köftesinde kabul edilebilirlik sınırı 2 puandır)</i>							
ÇİĞ ALABALIK KÖFTESİNE AİT DUYUSAL DEĞERLENDİRME FORMU							
ÖZELLİKLER	K-1	K-2	A-1	A-2	B-1	B-2	
Koku - Paket açıldığında çıkan koku							
Görünüş - Köfte rengi							
Tekstür - Kıvam							
Koku: Bozuk ürün kokusunda: 0; Kokusuz: 3; Köfteye özgü taze kokusunda: 5 Görünüş: Sarımsı - Yeşilimsi: 0; Beyazımsı: 3; Pembemsi: 5 Tekstür: Sert: 0; Sert – Elastik:3; Elastik: 5							
<i>(Çiğ alabalık köftesinde kabul edilebilirlik sınırı 3 puandır)</i>							

3.2.3.9. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Görüntüleri

0. güne ait taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüleri (5000, 15000 ve 30000 büyütme oranları ile) Selçuk Üniversitesi Merkez Laboratuvarı'nda (İLTEK) yaptırılmıştır. Köftelerin tüketim sınırlarını aştığı günlerdeki (STT) görüntülemeler ise Kastamonu Üniversitesi Merkez Laboratuvarı'nda (MERLAB) gerçekleştirilmiştir. Numunelere sırasıyla sabitleme, su uzaklaştırma, kritik nokta kurutucuda kurutma ve kaplama işlemleri uygulanmıştır. Sabitleme işlemi için %2.5'lik gluteraldehit kullanılmıştır. Her iki çözelti de tampon solusyon olan 0.1 M'lık sodyum cacodylate trihydrate içerisinde hazırlanmıştır. Sabitleme işlemi tamamlandıktan sonra, su uzaklaştırma işlemi numunelerin sırasıyla %10, 30, 50, 70, 90 ve 100'lük aseton – su karışımı içerisinde bekletilmesi ile yapılmıştır. Ardından numuneler sodyum cacodylate trihydrate ile her 10 dakikada bir toplam üç defa yıkanmıştır. Yıkanan numunelere %1'lik osmium tetraoksit ilave edilmiş ve 2 saat boyunca santifrjde 5000 rpm hızında bekletilmiştir. Daha sonra kritik nokta soğutucusuna alınan numuneler CO₂ ile 2 saat kurutulmuştur. Sonrasında numuneler %90 altın ve %10 paladyum ile kaplanmıştır. Numunelere yüksek düzeyde vakum uygulanarak taramalı elektron mikroskobu altında fotoğrafları alınmıştır.

3.2.3.10. Çocukların ve Yetişkinlerin Ürüne İlişkin Değerlendirmeleri

Araştırma kapsamında geliştirilen ürün (anket değerlendirme çalışmaları kapsamında %0.5 oranında MTGaz enzimi kullanılan A grubu beğeniye sunulmuştur), basit tesadüfî örneklem seçme yöntemi ile belirlenen 8-15 yaş arasında 83 çocuk katılımcı [çocukların %93'ü (f=77) 12 – 15; %7'si (f=6) ise 8 – 12 yaş aralığındadır ve %47'si (f=39) kadın, %53'ü (f=44) erkektir] ve 20-50 yaş arasındaki 50 katılımcı [yetişkinlerin (f=50) %54'ünü (f=27) kadınlar, %46'sını (f=23) erkekler oluşturmaktadır] tarafından tadılmıştır.

Toplanan veriler Microsoft Office Professional Plus 2016, Excel (Build 16.0.5017.1000) programı ile analiz edilmiştir. Araştırmacılar tarafından 5'li Likert ölçeğinde (Likert, 1932) hazırlanan ve bireylerin ürünü nasıl bulduklarının belirlenmesi amacıyla, cinsiyet, yaş grubu, meslek gibi demografik değişkenler ile birlikte, lezzetini nasıl buldukları, böyle bir ürünü tüketmek isteyip istemeyeceği gibi sorular içeren anket formu uygulanmıştır. Formda yer alan sorular Tablo 3.5'te sunulmuştur.

Tablo 3.5. Çocukların ve yetişkinlerin ürüne dair değerlendirme formu

Cinsiyetiniz: () Kadın () Erkek
Yaşınız: () 7-9 () 10-12 () 13-15 () 20-30 () 30-40 () 40-50
Mesleğiniz: (20 yaştan itibaren katılımcıların belirtmesi gerekmektedir.) () Çalışmıyor () Memur () Öğretmen () Mühendis/Doktor () İşçi () Öğrenci () Diğer
Haftada kaç kez balık tüketiyorsunuz? () Hiç () 1 () 2 () 2'den fazla
Lütfen aşağıdaki ifadeler içerisinde size sunulan ürün hakkında düşündüğünüz yanıtı işaretler misiniz? () Çok beğendim () Beğendim () Orta derecede beğendim () Az beğendim () Beğenmedim
Bu ürünü günlük yaşamınızda tüketmek ister misiniz? () Hiç istemem () Az isterim () Orta derecede isterim () İsterim () Çok isterim

3.2.4. Son Tüketim Tarihinin (STT) Belirlenmesi

Köftelerin son tüketim tarihleri araştırma süresi boyunca gerçekleştirilen rutin analiz (TVB-N analizi, TBARs analizi, pH ölçümleri, paket içi gaz ölçümleri, su kaybı analizi, pişirme kaybı analizi, mikrobiyolojik analizler, mekanik analizler ve renk analizleri) sonuçlarının aynı gün içerisinde değerlendirilmesiyle belirlenmiştir. Böylece araştırma başında yapılmış olan besin kompozisyonu analizleri (ham yağ analizi, ham protein analizi, ham kül analizi, nem analizi, enerji hesabı, yağ asitleri analizi, mineral madde analizi ve amino asit analizleri) ile taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüleri, son tüketim tarihinde (Kontrol grubu için 18. gün, A ve B grupları için ise 21. gündür) tekrar edilerek besin içeriğindeki değişimlerin daha net ortaya koyulması sağlanmıştır.

3.2.5. Verilerin Analizi

3.2.5.1. Yüzde (%) – Frekans (f) Analizleri

Araştırma kapsamında ürünün çocuklara ve yetişkinlere yönelik değerlendirmelerinden (cinsiyet, yaş grubu, meslek bilgileri, bireylerin ürünü ve lezzetini nasıl buldukları, ürünü tüketme istekleri vb.) elde edilen veriler 5'li Likert ölçeğinde hazırlanarak Microsoft Office Professional Plus 2016, Excel (Build: 16.0.5017.1000) programı ile yüzde (%) ve frekans (f) analizlerine tabi tutulmuştur.

3.2.5.2. Varyans Analizleri

Araştırma kapsamında, çocukların ve yetişkinlerin ürüne yönelik değerlendirmeleri dışındaki tüm verilerin (besin bileşimi ve kompozisyonu, fiziksel ve duyuşsal analizler, kimyasal, mikrobiyolojik, mekanik analizler) istatistiksel analizleri Minitab paket programında (Ver. 17.1.0) %95 güven aralığında ($p < 0.05$) tek yönlü varyans analizi [One Way – Analysis of Variance (One Way – ANOVA)] ile gerçekleştirilmiştir. Varyans analizi sonucunda gruplar arasındaki farkın ortaya konulmasında Tukey testi kullanılmıştır.

3.2.5.3. TOPSIS Analizi

Araştırmada en tercih edilebilir grubun hangisinin olduğunun belirlenmesi için Yoon ve Hwang (1980) tarafından geliştirilmiş olan TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution) istatistiksel analizi uygulanmıştır. Bu analizin uygulamasına başlanmadan önce hangi parametrelerin öne çıkarılacağına karar verilmelidir. Örneğin, tüketicilerin önem verdiği duyuşsal görünüş ya da ürünün bozulma sürecini net bir şekilde ortaya koyan TVB-N analizi gibi diğer kriterlere göre daha fazla önem arz eden kriterler ön plana çıkarılmaktadır. Bu aşamada en çok hangi grubun (Kontrol, A ve B) tercih edilebilir olabileceğini belirlemek amacıyla hangi parametrelerin öne çıkartılması gerektiği araştırma ekibi tarafından belirlenmiştir. Sonuç olarak TOPSIS analizinde TVB-N bulguları, toplam psikrofilik aerob bakteri yükü ve duyuşsal değerlendirmelerin ön plana çıkarılması kararlaştırılmıştır.

TOPSIS analiziyle karar verirken belirlenen bir seçenek makul çözüme yakın, makul olmayan çözüme (negatif makul) ise uzak olmaktadır (Lai ve ark., 1994). TOPSIS yöntemi ile seçenekler belirli kriterler doğrultusunda sıralanmaktadır ve ilk basamak karar matrisinin oluşturulmasıdır. Ardından karar matrisinden hareketle normalize edilmiş karar matrisi oluşturulur ve bu karar matrisi ağırlıklandırılır. Makul ve negatif makul çözüme olan uzaklıklar hesaplandıktan sonra her bir seçeneğin göreceli puanları hesaplanarak seçeneklerin sıralaması oluşturulur. Bu yöntemde en iyi gruba altı basamaklı eşitlikler yardımı ile ulaşılmaktadır (Dumanoglu ve Ergül, 2010; Wang ve ark., 2014).

TOPSIS yönteminin uygulama aşamaları aşağıda verilmiştir:

- ✓ Karar matrisinin oluşturulması (belirlenen analizler, parametreler vs.);
- ✓ Karar matrisine ait normalizasyonun gerçekleştirilmesi;

$$x_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m a_{kj}^2}} \quad k = 1, 2, 3, \dots, i, \dots, k, \quad i = 1, 2, \dots \quad (1.1a)$$

x_{ij} : karar matrisi elemanı
 i, k, m, j : ağırlık değerleri
 a : normalizasyon katsayısı

- ✓ Ağırlıklı normalize matris oluşturulması;

$$v_{ij} = x_{ij} \times w_{ij} \quad (1.1b)$$

v : ağırlıklı ortalama standart karar matrisi
 w_{ij} : karar matrisi elemanı

- ✓ Pozitif ve negatif makul çözümlerin belirlenmesi;

$$A^+ = \{v_1^+, v_2^+, v_3^+, \dots, V_n^+\} \quad (\text{maksimum değerler}) \quad (1.1c)$$

$$A^- = \{v_1^-, v_2^-, v_3^-, \dots, V_n^-\} \quad (\text{minimum değerler})$$

A^+ : pozitif makul çözüm ortalaması
 A^- : negatif makul çözüm ortalaması

- ✓ Pozitif ve negatif makul çözümlerden her bir alternatifin uzaklığının hesaplanması; (1.1ç)

$$d_i^+ = \sqrt{(v_{ij} - v_j^+)^2}$$

$$d_i^- = \sqrt{(v_{ij} - v_j^-)^2}$$

d_i^- : negatif makul çözüme olan uzaklık
 d_i^+ : pozitif makul çözüme olan uzaklık

- ✓ Her bir seçenek için yakınlık katsayısı (C değeri) hesaplanması;

$$C = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \quad (1.1d)$$

C : seçeneklerin yakınlık katsayısı

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Fiziksel Analizlere Ait Bulgular

4.1.1. Paket İçi Gaz Ölçümlerine Ait Bulgular

60:40 oranında CO₂ ve N₂ gazları kullanılarak modifiye atmosfer paketlenen köftelerin depolama süresine göre paket içi gaz ölçüm sonuçları Tablo 4.1 ve Şekil 4.1’de görülmektedir.

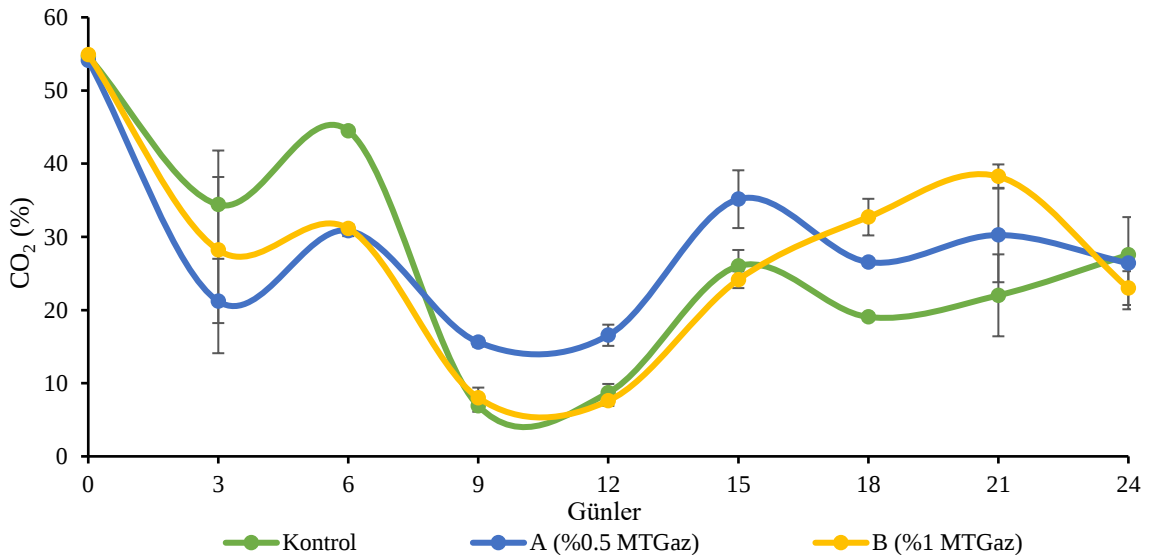
Tablo 4.1. Köftelerin depolama süresine göre paket içi CO₂ değerleri (%)

Depolama Süresi (Gün)	Kontrol	A (%0.5 MTGaz)	B (%1 MTGaz)
0	54.65±0.35 ^{Aa}	54.10±0.20 ^{Aa}	54.90±0.20 ^{Aa}
3	34.40±7.40 ^{Abc}	21.20±7.10 ^{Ab}	28.20±9.98 ^{Abc}
6	44.50±0.30 ^{Aab}	30.85±0.75 ^{Bb}	31.15±0.55 ^{Bb}
9	6.90±0.80 ^{Be}	15.60±0.60 ^{Ab}	8.00±1.40 ^{Bcd}
12	8.70±1.20 ^{Bde}	16.55±1.45 ^{Ab}	7.60±0.70 ^{Bd}
15	26.01±2.20 ^{Acđ}	35.15±3.95 ^{Aab}	24.15±1.15 ^{Abcd}
18	19.05±0.45 ^{Bcde}	26.55±0.45 ^{ABb}	32.70±2.50 ^{Ab}
21	22.01±5.60 ^{Acde}	30.25±6.45 ^{Ab}	38.25±1.65 ^{Aab}
24	27.55±0.55 ^{Abc}	26.40±6.30 ^{Ab}	23.00±2.31 ^{Abcd}

Ort. (n=2) ± st. hata

A, B, C (→): Farklı harf taşıyan gruplar arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0.05$)

a, b, c ...f (↓): Farklı harf taşıyan günler arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0.05$)



Şekil 4.1. Köftelerin CO₂ değerlerinin depolama süresine göre değişimi

Tablo 4.1’de görüldüğü gibi, paketleme sonrası yapılan ilk ölçümde paket içerisindeki CO₂ miktarları %54.10 ile 54.90 arasında değişiklik göstermiştir ($p>0.05$). Depolama süresinin

son gününde (24. gün) CO₂ ölçümleri Kontrol, A ve B gruplarında sırasıyla %27.55±0.55, %26.40±6.30 ve %23.00±2.31 olarak tespit edilmiştir. Depolama süresine göre CO₂ değişimine ait regresyon denklemleri ve korelasyon katsayıları Kontrol, A ve B gruplarında sırasıyla, $y = -2.956x + 41.866$, ($r = 0.52$); $y = -1.2117x + 34.575$, ($r = 0.29$) ve $y = -1.3033x + 34.067$, ($r = 0.24$) olarak tespit edilmiştir. Şekil 4.1 incelendiğinde çalışma boyunca tüm grupların CO₂ miktarının 15. güne kadar değişen oranlarda azalma gösterdiği, özellikle 6. gün ile 9. gün arasında A Grubu dışındaki gruplarda hızlı bir düşüş olduğu gözlenmektedir. Paket içerisindeki CO₂ miktarındaki azalmanın, gazın dokularda çözünmesinden ya da film geçirgenliğinden kaynaklanabileceği farklı araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Reddy ve ark., 1996; Metin, 1999; Ruiz-Capillas ve Moral, 2001). Depolama süresinin ilk yarısında azalış gösteren CO₂, ikinci yarıda ise yeniden artış göstermiştir. Turan ve Kocatepe (2013) ve Kocatepe ve ark. (2016) da yaptıkları çalışmalarda benzer olarak CO₂'nin önce azalıp sonra artış gösterdiğini tespit etmişlerdir. Bunun nedeninin ise paket içerisindeki aerob – anaerob bakteri dengesinden kaynaklandığı ve zamanla daha sabit hale gelmesiyle daha kararlı bir seyir izlediği söylenebilir. 15. günden itibaren ise tüm gruplarda tespit edilen CO₂ miktarının gruplar arasında benzerlik göstermektedir. Ayrıca paketlemeden birkaç gün sonra önce azalan ardından artan CO₂ konsantrasyonun, zamanla daha kararlı hale geldiği de çeşitli araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Randell ve ark., 1997; Guðjónsdóttir ve ark., 2008).

4.1.2. Su Kaybı Bulguları (%)

Her bir gruptaki köftelerin depolama süresince gözlenen su kaybı Tablo 4.2 ve Şekil 4.2'de görülmektedir.

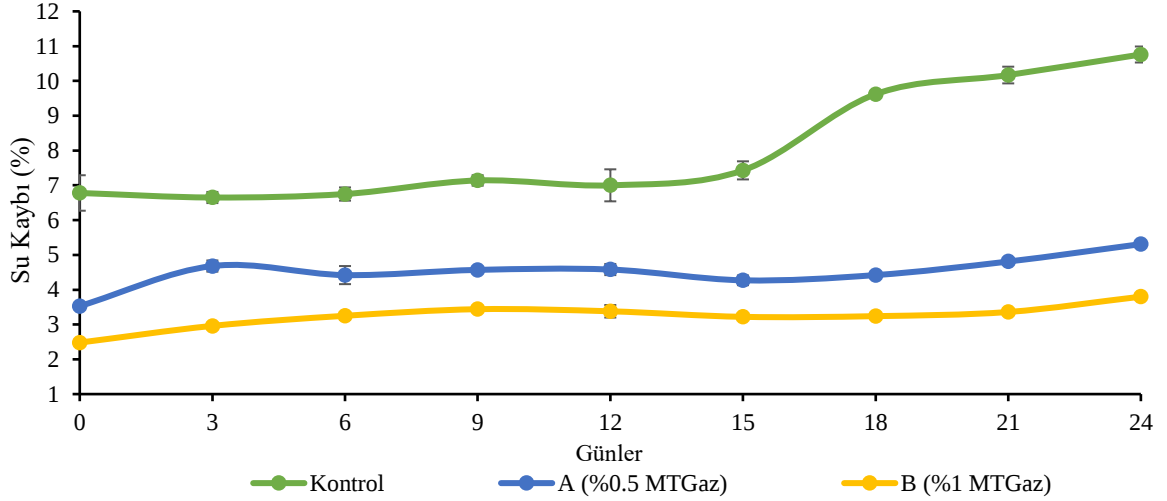
Tablo 4.2. Köftelerin depolama süresine göre su kaybı oranları (%)

Depolama Süresi (Gün)	Kontrol	A (%0.5 MTGaz)	B (%1 MTGaz)
0	6.78±0.51 ^{Ab}	3.53±0.05 ^{Bc}	2.48±0.03 ^{Bd}
3	6.65±0.16 ^{Ab}	4.68±0.16 ^{Bab}	2.96±0.03 ^{Cc}
6	6.75±0.19 ^{Ab}	4.42±0.26 ^{Bb}	3.25±0.11 ^{Bbc}
9	7.14±0.15 ^{Ab}	4.57±0.03 ^{Bb}	3.44±0.02 ^{Cab}
12	7.00±0.46 ^{Ab}	4.58±0.16 ^{Bb}	3.38±0.18 ^{Babc}
15	7.43±0.26 ^{Ab}	4.27±0.14 ^{Bb}	3.22±0.02 ^{Cbc}
18	9.62±0.07 ^{Aa}	4.42±0.02 ^{Bb}	3.24±0.00 ^{Cbc}
21	10.17±0.24 ^{Aa}	4.81±0.05 ^{Bab}	3.36±0.07 ^{Cabc}
24	10.76±0.23 ^{Aa}	5.31±0.07 ^{Ba}	3.80±0.08 ^{Ca}

Ort. (n=4) ± st. hata

A, B, C (→): Farklı harf taşıyan gruplar arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0.05$)

a, b, c ...f (↓): Farklı harf taşıyan günler arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0.05$)



Şekil 4.2. Depolama süresine göre köftelerdeki su kaybı değişimi

Tablo 4.2 ve Şekil 4.2 değerlendirildiğinde, tüm gruplarda araştırmanın ilk gününden sonuna kadar geçen sürede su kaybı görülmektedir ($p>0.05$). Depolama süresine göre su kaybı değişimine ait regresyon denklemleri ve korelasyon katsayıları Kontrol, A ve B gruplarında sırasıyla, $y = 0.5418x + 5.3242$, ($r = 0.90$); $y = 0.1202x + 3.9092$, ($r = 0.69$) ve $y = 0.104x + 2.7167$, ($r = 0.78$) olarak tespit edilmiştir. Depolamanın ilk gününde su kayıpları Kontrol, A ve B gruplarında sırasıyla 6.78, 3.53 ve 2.48 olarak tespit edilmiştir. Kıyma haline getirilen ve kuterde parçalanmış balık kıymasında, daha az işlem gören balık ürünlerine göre kollajen ve miyofibriller proteinlerin yapılarının parçalanma ya da miktarında değişimler oluşabilmektedir (Palotas, 2019). Bu nedenle, balık etine uygulanan mekanik işlemler arttıkça su kaybı da artabilmektedir. Bununla birlikte, MTGaz enzimi kullanılan gruplarda su kaybının daha az görüldüğü ($p<0.05$) ve enzim konsantrasyonu arttıkça su kaybının da buna bağlı olarak azaldığı (Şekil 4.2) tespit edilmiştir ($p<0.05$). Depolama süresi sonunda en yüksek su kaybının Kontrol grubunda, en düşük su kaybının ise B grubunda olduğu tespit edilmiştir. Offer ve Trinick (1983), özellikle işlenmiş ürünlerde pH'nin doğrudan su kaybı ile ilgili olduğunu, protein moleküllerindeki izoelektrik noktası yükseldikçe su kaybının azalacağını bildirmişlerdir. Enzim kullanılan gruplarda pH'nin daha yüksek olması, enzimin çapraz bağ ve jel oluşturma kapasitesi ile birlikte değerlendirildiğinde, bu durumun su kaybının daha az seviyelerde gerçekleşmesine katkı sağladığı söylenebilir. Araştırmanın bu sonucunu destekler nitelikte olarak Tellez-Luis ve ark. (2002), gümüş sazanı kıymasında MTGaz enzimi kullanımının su kaybını azalttığını ($p<0.05$) tespit etmişlerdir. Moreno ve ark. (2010), Gökkuşluğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) kıymasında kullandıkları sodyum kazeinat ve enzim ilaveli gruplardaki su tutma kapasitelerini daha yüksek tespit etmişlerdir ($p<0.05$). Chanarat ve Benjakul (2013), uskumrudan ürettikleri protein izolatlarında MTGaz

enzimi kullanımının su kaybını azalttığını ve artan enzim konsantrasyonuna bağlı olarak su kaybının da azaldığını bildirmişlerdir ($p<0.05$). Tzikas ve ark. (2015), iki farklı oranda MTGaz enzimi kullanarak (%0.5 ve %1) istavrit balığından yeniden yapılandırılmış ürün elde etmişlerdir. MTGaz enzimi kullanımının su tutma kapasitesini arttırdığını, konsantrasyon arttıkça su tutma kapasitesinin de arttığını tespit etmişlerdir. Araştırmacılar ayrıca enzime ilave olarak tuz kullanımının su tutma kapasitesinde ekstra avantaj sağladığını da bildirmişlerdir. Han ve ark. (2009), et ürünlerinde MTGaz enzimi kullanımının proteinlerde su tutma kapasitesini arttırdığını tespit etmişlerdir. Martelo-Vidal ve ark. (2016a)'nın beyaz ton balığından (*Thunnus alalunga*) MTGaz enzimi (300 U/kg) ile sıcaklık ve süre bakımından farklı olgunlaştırma denemeleri yaptıkları araştırmalarında, tüm sıcaklık (4, 25 ve 40°C) ve sürelerde (12 saat, 2 saat ve 20 dakika) olgunlaşan ürünlerin su kaybının kontrol grubuna göre önemli ölçüde azaldığını ($p<0.05$) tespit etmişlerdir. Karina ve Setiadi (2020), tombak balığı (*Scomberomorus commersoni*) filetolarına MTGaz enzimi (%1 ve %1.5) kaplaması uygulayarak 15 gün boyunca buzdolabı koşullarında depoladıkları araştırmada; MTGaz ilavesinin su kaybını olumlu yönde etkilediğini ($p<0.05$), enzim konsantrasyonunun artışı ile su kaybının daha da düşük seviyelere geldiğini ($p<0.05$) bildirmişlerdir. Literatürdeki bu sonuçlar, bu araştırmanın sonuçları ile benzerlik göstermektedir.

4.1.3. Pişirme Kaybı Bulguları (%)

Her gruptaki köftelerin pişirilmesi ile oluşan ağırlık kaybının depolama süresine göre değişimi Tablo 4.3 ve Şekil 4.3'te görülmektedir.

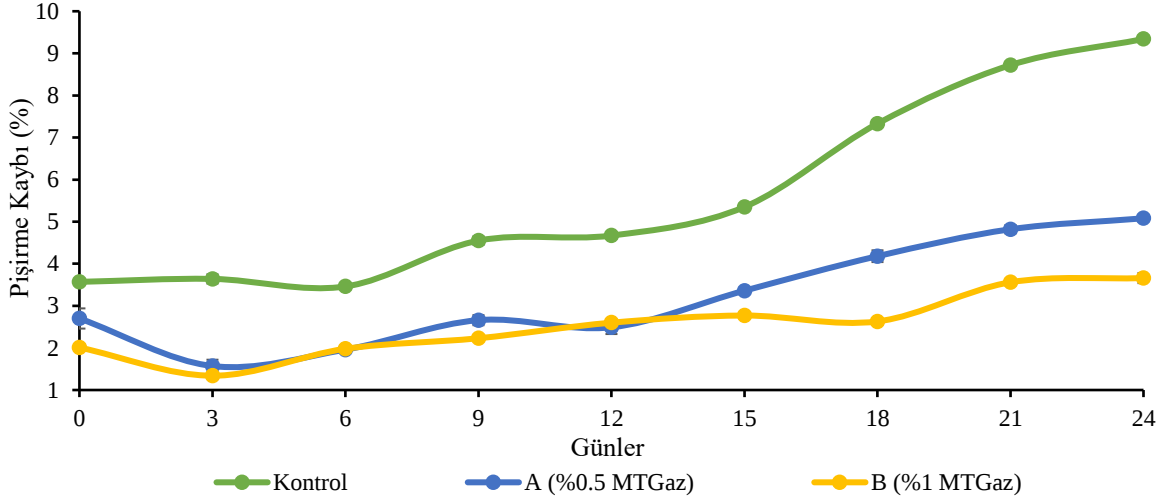
Tablo 4.3. Köftelerin pişirilmesi ile oluşan ağırlık kaybının depolama süresince değişimi (%)

Depolama Süresi (Gün)	Kontrol	A (%0.5 MTGaz)	B (%1 MTGaz)
0	3.57±0.06 ^{Af}	2.70±0.24 ^{Bcd}	2.01±0.05 ^{Bc}
3	3.64±0.11 ^{Af}	1.57±0.15 ^{Bf}	1.34±0.03 ^{Bd}
6	3.46±0.06 ^{Af}	1.96±0.06 ^{Bef}	1.98±0.05 ^{Bc}
9	4.55±0.10 ^{Ae}	2.66±0.12 ^{Bcde}	2.23±0.03 ^{Bc}
12	4.67±0.04 ^{Ae}	2.49±0.16 ^{Bde}	2.60±0.04 ^{Bb}
15	5.35±0.06 ^{Ad}	3.36±0.02 ^{Bc}	2.77±0.05 ^{Cb}
18	7.33±0.01 ^{Ac}	4.18±0.14 ^{Bb}	2.63±0.05 ^{Cb}
21	8.72±0.02 ^{Ab}	4.82±0.10 ^{Bab}	3.56±0.02 ^{Ca}
24	9.34±0.01 ^{Aa}	5.08±0.07 ^{Ba}	3.66±0.12 ^{Ca}

Ort. (n=4) ± st. hata

A, B, C (→): Farklı harf taşıyan gruplar arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0.05$)

a, b, c ...f (↓): Farklı harf taşıyan günler arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0.05$)



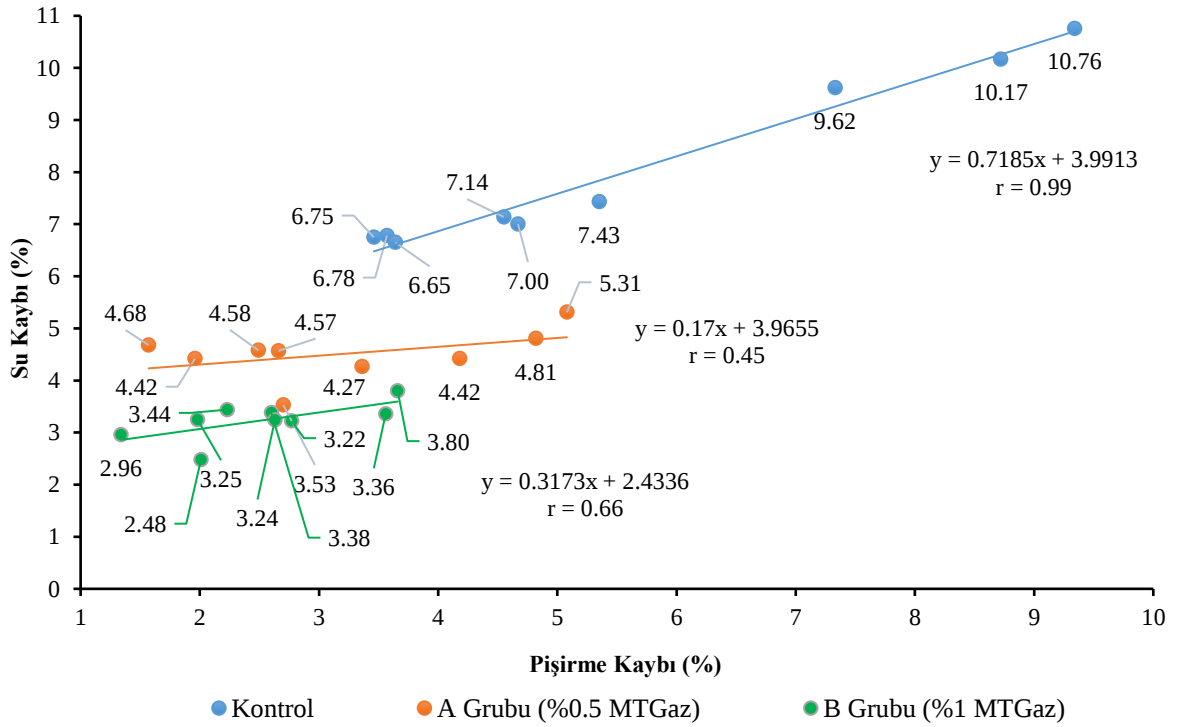
Şekil 4.3. Köftelerin pişirilmesi ile oluşan ağırlık kaybının depolama süresine göre değişimi

Tablo 4.3 ve Şekil 4.3 incelendiğinde, pişirme kayıpları depolamanın ilk ve son günlerinde Kontrol, A ve B gruplarında sırasıyla 3.57, 2.70, 2.01; 9.34, 5.08 ve 3.66 olarak tespit edilmiştir. Tüm gruplardaki artış minimum değişiklikler ile düzenli olarak gerçekleşmiştir. Depolama süresine göre pişirme kaybı değişimine ait regresyon denklemleri ile korelasyon katsayıları Kontrol, A ve B gruplarında sırasıyla, $y = 0.781x + 1.7206$, ($r = 0.94$); $y = 0.4068x + 1.1681$, ($r = 0.90$) ve $y = 0.2517x + 1.2728$, ($r = 0.92$) olarak tespit edilmiştir. Şekil 4.3 genel olarak değerlendirildiğinde, enzim kullanımının depolama süresince pişirme kaybında doğrudan etkili olduğu ve enzim konsantrasyonu arttıkça pişirme kaybının da azaldığı görülmektedir. Nitekim depolama süresi sonunda en yüksek pişirme kaybı Kontrol grubunda, en düşük pişirme kaybı ise B grubunda tespit edilmiştir. Araştırmamızın bu bulgusu literatürdeki diğer çalışmalar ile benzerlik göstermektedir. Pietrasik ve ark. (2007), et ürünlerinde MTGaz enzimi kullanımının pişirme kaybını azaltmada oldukça etkili olduğunu bildirmişlerdir. Hemung ve Chin (2013), kızıl fangri (*Pagrus major*) balığından sarkoplazmik ve miyofibriller proteinleri ayırıştırarak MTGaz enzimi ile yeniden yapılandırılmış ürün oluşturdıkları araştırmada, MTGaz enziminin hem miyofibriller hem de sarkoplazmik proteinlerden oluşan ürünlerde pişirme kaybı üzerine olumlu etkilerin gözlemlendiğini bildirmişlerdir. Hemung ve Chin (2014), balıkta miyofibriller ve sarkoplazmik proteinlerin reolojik özellikleri üzerine yaptıkları araştırmada MTGaz enzimi kullanımının pişirme kaybı üzerinde olumlu etkileri olduğunu ve alkali hale getirilmiş sarkoplazmik proteinlerin ürünlerdeki oranı arttıkça pişirme kaybının azaldığını tespit etmişlerdir. Wongthahan ve Thawornchinsombut (2015), parça etlerin (trim) değerlendirilmesi amacıyla Nil tilapyasından (*Oreochromis niloticus*) MTGaz enzimi ilave ederek ürettikleri balık köftesine pişirme işlemi uygulamışlar ve MTGaz enziminin pişirme

kayıplarını önemli ölçüde azalttığını, ayrıca pişirme kaybını azaltmada karagenan ile birlikte kullanımının sinerjik etki oluşturarak en iyi sonuçları verdiğini bildirmişlerdir.

Tzikas ve ark. (2015), sarıkuyruk istavrit (*Trachurus mediterraneus*) balığından yeniden yapılandırılmış ürün elde ettikleri araştırmalarında farklı oranlarda tuz (%1 ve %2) ve MTGaz enzimi (%0.5 ve %1) kullanmışlardır. Araştırmacılar, düşük tuz konsantrasyonunda bile MTGaz enziminin pişirme kaybını önemli ölçüde azalttığını ($p<0.05$), tuz ve MTGaz enzimi oranı arttıkça pişirme kaybına karşı çok daha iyi sonuçlar elde edildiğini belirtmişlerdir ($p<0.05$).

Su kaybı ile pişirme kaybı arasındaki ilişkiyi gösteren regresyon denklemi ve korelasyon katsayısına ait bulgular Şekil 4.4'te sunulmuştur.



Şekil 4.4. Su kaybı (%) ile pişirme kaybı (%) arasındaki regresyon ve korelasyon bulguları

Şekil 4.4 incelendiğinde, su kaybı – pişirme kaybı arasındaki en yüksek korelasyonun Kontrol grubunda ($r= 0.99$) tespit edildiği görülmektedir, zira su kaybı ile pişirme kaybındaki artış hızı bakımından veriler birbiri ile benzerlik göstermektedir. Bununla birlikte A ($r= 0.45$) ve B ($r= 0.66$) gruplarındaki korelasyonlar ise parametrelerin artış hızına bağlı olarak daha düşük tespit edilmiştir. Pietrasik ve Chan (2002), üründe transglutaminaz varlığının su ve pişirme kaybını önemli ölçüde azalttığını, enzim miktarının artmasıyla

birlikte su ve pişirme kaybının da o denli azaldığını ve tuz konsantrasyonları fark etmeksizin (%0 – %2), üründe transglutaminaz varsa su ve pişirme kayıpları bakımından doğrudan olumlu yönde etki gösterdiğini bildirmişlerdir. Bununla birlikte enzim varlığı ile birlikte tuz konsantrasyonunun da artmasıyla sinerjik etki daha yüksek görülür. Tzikas ve ark. (2015), özellikle enzim kullanılmayan gruplarda su kaybı ile pişirme kaybının çok yüksek korelasyon gösterdiğini, bununla birlikte tuz konsantrasyonlarının belirleyici öneme sahip olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışmadakine benzer bir korelasyon Tseng ve ark. (2000) tarafından da tespit edilmiştir.

4.2. Besin Kompozisyonu Analizlerine Ait Bulgular

4.2.1. Besin Bileşimi Analizi (Ham Yağ, Ham Protein, Ham Kül, Nem ve Karbonhidrat) Bulguları

Araştırmada kullanılan taze alabalık ile farklı konsantrasyonlarda MTGaz enzimi ilaveli modifiye atmosfer paketlenmiş alabalık köftelerinin paketlemenin 0. gününde ve gruplar için ayrı ayrı belirlenen son tüketim tarihinde (STT) (Kontrol için 18. gün, A ve B grupları için 21. gün) yapılan besin bileşimi analiz sonuçları Tablo 4.4'te sunulmuştur. Şekil 4.5'te taze balığın besin bileşimi, Şekil 4.6'da ise köftelerin besin bileşimi sunulmaktadır.

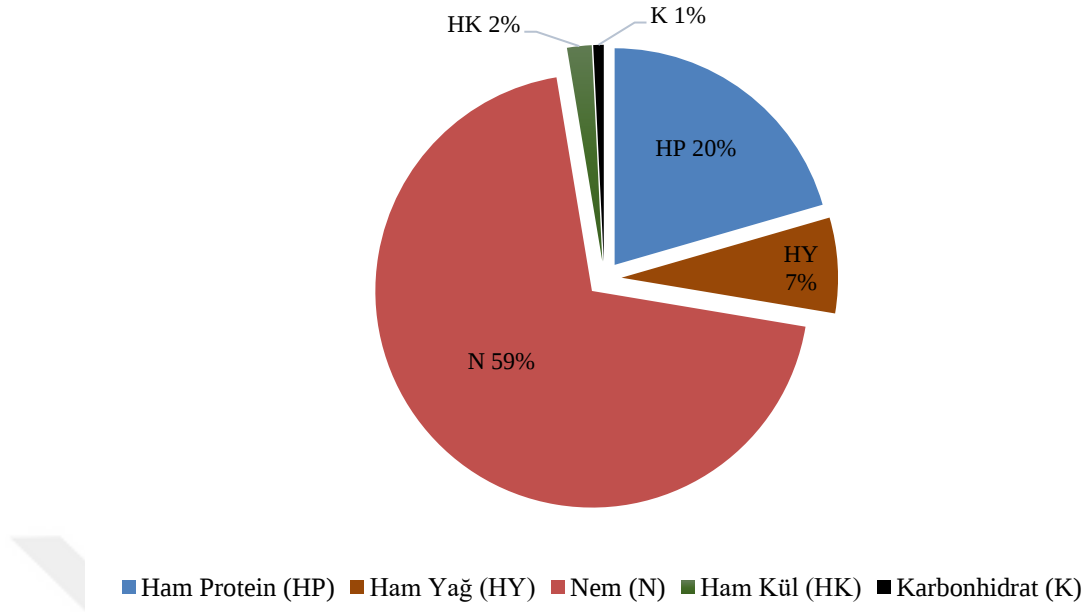
Tablo 4.4. Taze balık ve köftelerin besin bileşimi ile enerji içeriği (% , kcal/100g)

Gruplar / Analizler		Ham yağ (%)	Ham protein (%)	Ham kül (%)	Nem (%)	Karbonhidrat (%)	Enerji (kcal/100g)
0. gün	Taze balık	7.12±0.00 ^e	20.52±0.02 ^a	1.84±0.02 ^c	69.74±0.05 ^a	0.78±0.06 ^c	149.28±0.15 ^e
	Kontrol	10.93±0.06 ^a	17.48±0.07 ^d	2.65±0.05 ^b	65.44±0.07 ^d	3.50±0.10 ^a	182.29±0.13 ^a
	A (%0.5 MTGaz)	10.45±0.02 ^{bc}	17.87±0.10 ^c	2.73±0.06 ^b	66.89±0.01 ^b	2.06±0.03 ^b	173.77±0.18 ^{bc}
	B (%1 MTGaz)	10.08±0.03 ^d	18.28±0.02 ^b	2.75±0.02 ^b	66.92±0.03 ^b	1.96±0.04 ^b	171.68±0.17 ^d
STT	Kontrol (18. gün)	10.58±0.04 ^b	17.59±0.06 ^d	2.81±0.04 ^{ab}	65.28±0.07 ^d	3.73±0.10 ^a	180.52±0.37 ^a
	A (21. gün)	10.43±0.01 ^c	17.91±0.03 ^c	2.95±0.03 ^a	66.42±0.23 ^c	2.28±0.25 ^b	174.67±1.00 ^b
	B (21. gün)	10.07±0.02 ^d	18.34±0.06 ^b	2.82±0.03 ^{ab}	66.68±0.02 ^{bc}	2.08±0.06 ^b	172.32±0.28 ^{cd}

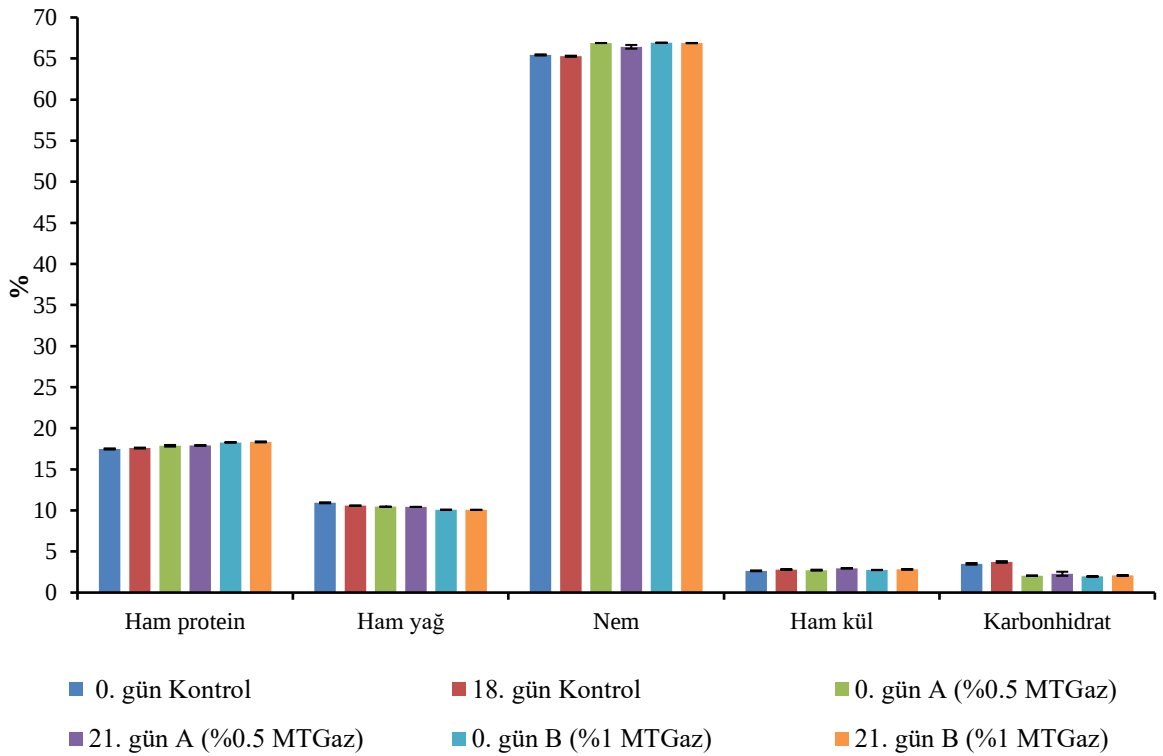
Ort. (n=6) ± st. hata

a, b, c ... g (↓) : Farklı harf taşıyan gruplar veya günler arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0.05$).

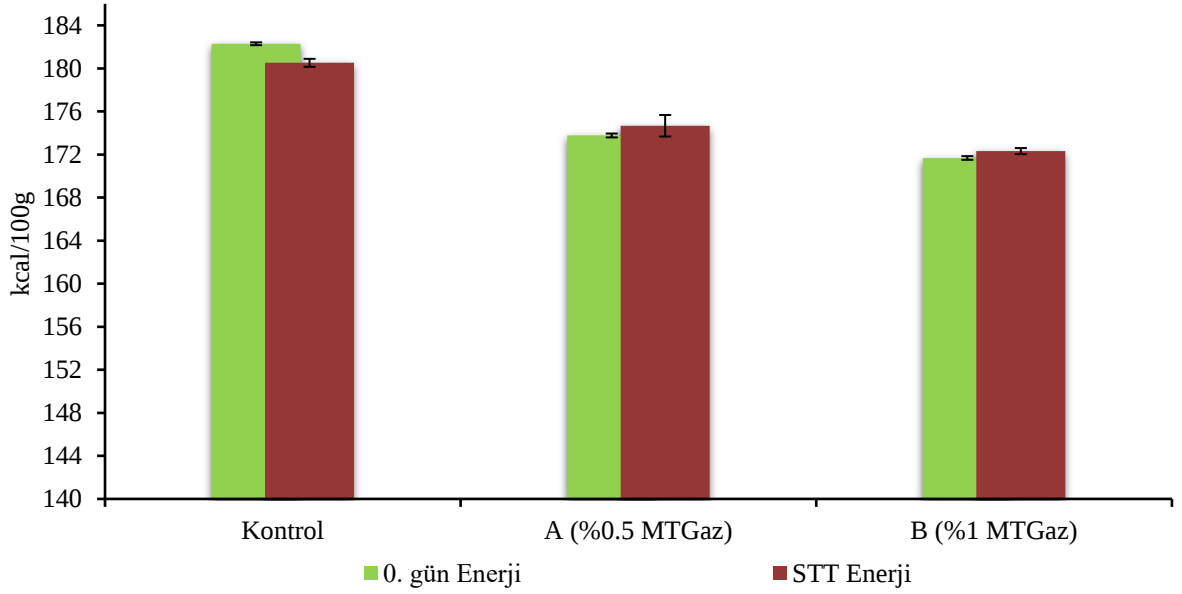
STT: Kontrol grubu için 18. gün, A ve B grupları için 21. gündür.



Şekil 4.5. Gökkuşuğu alabalığının besin bileşimi



Şekil 4.6. Köftelerin besin bileşimi



Şekil 4.7. Köftelerin 0. gün ile son tüketim tarihleri arasındaki enerji miktarı değişimleri

Taze balığın ham yağ oranı %7.12 iken köfte içerisine ilave edilen (%4) ayçiçek yağının etkisi ile ürünün yağ içeriğinde artış (Tablo 4.4) gözlenmiştir ($p < 0.05$). Tablo 4.4’de görüldüğü gibi paketlenmiş tüm grupların ham yağ içeriğinin depolamanın ilk gününde istatistiksel açıdan farklılık gösterdiği tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Kontrol grubunun 18. günündeki ham yağ içeriğinin 0. günden daha düşük olduğu belirlenmiştir ($p < 0.05$). MTGaz enzimi içeren A ve B gruplarının 0. gün ile 21. günlerdeki ham yağ içeriklerinin benzer olduğu tespit edilmiştir ($p > 0.05$). Bu da MTGaz enziminin depolama süresince ham yağ kaybını azalttığını göstermektedir. Berik ve ark. (2011), Gökkuşluğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) filetolarının ham yağ miktarını 4.58 ± 0.05 olarak tespit etmişlerdir. Bununla birlikte oluşturdukları kroket içeriğinin ise yağ oranı 6.91 ± 0.02 ’ye yükselmiştir. Araştırmacıların kullandığı alabalık filetolarındaki ham yağ miktarı çalışmamızdakinden daha düşük olup, kroket yapımı esnasında ilave edilen sıvı yağ nedeniyle çalışmamızda oluşturulan ürün içeriğine benzer olarak daha yüksek olmuştur. Gökkuşluğu alabalığında (*Oncorhynchus mykiss*) ham yağ oranları Ayas (2006) tarafından 7.02 ± 0.21 , Oğuzhan ve ark. (2006) tarafından 4.61 ± 0.20 , Baki ve ark. (2013) tarafından 4.85 ± 0.59 ve Zamani ve ark. (2020) tarafından ise 7.19 ± 0.44 olarak bildirilmiştir. Görüldüğü gibi, araştırmamızda kullanılan materyale (*Oncorhynchus mykiss*) benzer ve farklı ham yağ oranlarına sahip araştırmalar bulunmaktadır. Bu farklılıkların en büyük nedenlerinin ise balığın yaşı, bulunduğu ortam ve beslenme rejimi gibi değişkenlerin olduğu bilinmektedir.

Gökkuşığı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) etinde ham protein değerlerini (%) Gökoğlu ve ark. (2004), 19.80; Ayas (2006), 19.23; Oğuzhan ve ark. (2006), 20.15; Unusan (2007), 20.28; Tokur (2007), 21.23; Berik ve ark. (2011), 15.70; Fallah ve ark. (2011), 18.70; Baki ve ark. (2013), 19.36; Taşbozan ve ark. (2016), 19.70; Blaufuss ve ark. (2020), 17.90; Hoseini ve ark. (2020), 15.30; Zamani ve ark. (2020), 19.45 ve Rezaeifar ve ark. (2020) ise 21.19 olarak bildirmişlerdir. Şekil 4.5'te sunulduğu gibi çalışmamızda kullanılan materyalin ham protein oranı (20.52 ± 0.02) pek çok araştırma ile benzerlik göstermektedir.

Oldukça yüksek protein oranına sahip taze alabalık etinin ham protein içeriği (Şekil 4.5) katkı ilavesi ile elde edilen köftelerden daha yüksektir (Şekil 4.6). Köfte içerisine eklenen bileşenler ürün içerisindeki kuru madde miktarını artırarak protein miktarında oransal bir değişime sebep olmuştur. Ayrıca balık etinin kuterde kıyılması esnasında proteinin hücre sıvısıyla birleşerek protein miktarında azalmaya neden olduğu da düşünülmektedir. Tablo 4.4'te hem 0. günde hem de STT'lerinde artan enzim ilavesinin ürünlerdeki protein miktarını önemli derecede artırdığı görülmektedir ($p < 0.05$). Bu durumun MTGaz enziminin protein çözünürlüğünü azaltmasından kaynaklandığını söylemek mümkündür. Ayrıca STT'lerinde 0. güne kıyasla gruplarda protein kaybı da gerçekleşmemiştir ($p > 0.05$). Gómez-Guillén ve ark. (2005), istavrit balığı etinin yüksek basınç altında jel tutma kapasitelerini araştırdığı çalışmalarında, MTGaz ilaveli (hem olgunlaştırılmış hem de olgunlaştırılmamış) gruplardaki protein çözünürlüklerinin, kontrol ve yalnız kitosan ilaveli gruplara göre daha düşük olduğunu tespit etmişlerdir ($p < 0.05$). Cardoso ve ark. (2011a), MTGaz enziminin levrek (*D. labrax*) balığının besin bileşimi üzerinde etkilerini araştırdığı çalışmalarında MTGaz ilavesinin protein kaybını önlediğini ve en yüksek protein oranının enzimli gruplarda bulunduğunu tespit etmişlerdir. Cardoso ve ark. (2011b), çipura balığında (*Sparus aurata*) jel oluşturma kapasitesini araştırdıkları çalışmada, MTGaz enziminin protein kaybını azalttığı ve protein çözünürlüğünün önüne geçtiğini bildirmişlerdir.

Gökkuşığı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) etinde ham kül oranlarını (%) Gökoğlu ve ark. (2004), 1.35 ± 0.01 ; Unusan (2007), 1.53 ± 0.11 ; Berik ve ark. (2011), 2.51 ± 0.01 ; Rezaeifar ve ark. (2020) ise 1.70 ± 0.00 olarak bildirmişlerdir. Tablo 4.4'te görüldüğü gibi çalışmada kullanılan taze alabalığın ham kül içeriği %1.84 olarak tespit edilmiştir. Tablo 4.4 incelendiğinde ise katkı ilaveleri ile birlikte taze balık etine göre grupların ham kül içeriğinde artış meydana gelmiştir ($p < 0.05$). Bununla birlikte, her üç grubun da son tüketim tarihlerinde tespit edilen ham kül değerlerinin 0. güne göre hafif bir artış gösterdiği görülmektedir ve bu durumun enzim varlığından ve(ya) konsantrasyonundan bağımsız olduğunu söylemek

mümkündür. Ancak her ne kadar istatistiksel fark bulunmuş ise de tespit edilen bu farklılığın pratikte önemli olmadığı görülmektedir. Cardoso ve ark. (2011a), levrek (*D. labrax*) kıymasında MTGaz kullanımının ham kül üzerinde önemli bir etkisinin olmadığını ($p>0.05$) bildirmişlerdir. Bununla birlikte, Trespalacios ve Pla (2007) ise MTGaz enzimi ilavesinin et ürünlerinde ham kül miktarını arttırdığını tespit etmişlerdir. Cavenaghi-Altemio ve ark. (2018), iki farklı yayın balığı alt türünden (yayingiller) (*Pseudoplatystoma reticulatum* x *Pseudoplatystoma corruscans*) hibritlenip ticari olarak üretimi yapılan balık etinden MTGaz enzimi (%0.3 ve %0.6) ilaveli sosis elde etmişler ve %0.6 oranında MTGaz kullandıkları grupta ham kül miktarının arttığını ($p<0.05$) belirlemişlerdir. Araştırmacılar ayrıca düşük enzim kullanılan grupta (%0.3) ham kül içeriğinin hem enzim kullanılmayan Kontrol grubunda hem de yüksek enzim ilaveli (%0.6) grupta benzer ($p>0.05$) olduğunu ortaya koymuşlardır. Ham kül bakımından araştırmamızın bulguları değerlendirildiğinde, enzim kullanımına ve depolama süresine bağlı olarak çok düşük miktarlarda da olsa ham kül miktarında artışa neden olduğu söylenebilir.

Balık eti karbonhidrat içeriği açısından fakirdir (Kocatepe, 2010). Taze alabalığın karbonhidrat miktarı 0.78 ± 0.06 olarak belirlenmiştir (Tablo 4.4). Köfte içerisine eklenen galeta unu, domates salçası gibi katkılardan ötürü karbonhidrat içeriğinin arttığı tespit edilmiştir ($p<0.05$). Tablo 4.4'te enzim ilaveli köftelerin karbonhidrat içeriğinin Kontrol grubundan daha düşük olduğu görülmektedir ($p<0.05$). Hem 0. günde hem de STT'lerinde yapılan analizde Kontrol grubu ve enzim ilaveli grupların karbonhidrat içeriklerinin değişmediği saptanmıştır ($p>0.05$). MTGaz enziminin etkisiyle balık köftelerinin karbonhidrat içeriğinde hafif bir düşüşün görülmesi, ürün bileşimindeki protein, yağ ve su içeriğinin korunmasının doğal bir sonucudur.

Başlangıçta 149.28 kcal/100g olan taze alabalığın enerji miktarı (Tablo 4.4) katkı ilavesiyle (özellikle yağ ilavesi ile) artmıştır. Artan enzim içeriğinin enerji miktarını düşürdüğü Tablo 4.4'te ve Şekil 4.7'de görülmektedir ($p<0.05$). Bunun nedeni olarak ise enzim kullanılan gruplarda karbonhidrat miktarının bir miktar düşüşü gösterilebilir ($p<0.05$). Modifiye atmosfer koşullarında depolanan her üç grubun enerji içeriği 0. gün ile STT'lerinde farklılık göstermemektedir ($p>0.05$).

Besin bileşimi sonuçlarına genel olarak bakıldığında artan enzim içeriğinin ürünün ham protein ve nem içeriğini olumlu etkilediği söylenebilir. Ayrıca köftelerin enerji içeriğinin enzim artışı ile düştüğü gözlenmiştir. Transglutaminaz enziminin kullanıldığı gıdanın proteinleri üzerine modifikasyon yaptığı ve gıdanın besin değerini oldukça artırdığı farklı

araştırmacılarca vurgulanmıştır (Motoki ve Kumazawa, 2000; Jiang ve Yin, 2001; Sun, 2009; Gaspar ve Goes-Favoni, 2015).

Bu çalışmanın sonuçlarına benzer şekilde Uran ve ark. (2013) tavuk göğüs etine %0.5 ve %1 TGaz enzimi ilavesi yaparak ürettikleri köftelerin protein ve kül içeriklerinde az miktarda artış, yağ miktarında ise düşüş olduğunu bildirmişlerdir ancak daha düşük enzim konsantrasyonlarında önemli düzeyde fark tespit etmemişlerdir. Moreno ve ark. (2013), yeniden yapılandıkları Güney Afrika berlam balıklarından (*Merluccius capensis*) modelleme yaptıkları çalışmada %1 MTGaz enzimi ve %4 NaCl kullandıkları grupta, mikroskobik boyutta protein yapılanmasının diğer gruplara göre çok daha yüksek olduğunu ve buna bağlı olarak protein miktarının bu grupta daha yüksek tespit edilebileceğini belirtmişlerdir. Monteiro ve ark. (2015), tilapia atıklarından oluşturdukları yeniden yapılandırılmış ürünlerde %0'dan %0.8'e kadar MTGaz enzimi kullandıkları gruplarda besin kompozisyonu bakımından önemli bir değişim tespit etmemişlerdir ($p>0.05$).

4.2.2. Yağ Asitleri Analizi Bulguları

Araştırmada kullanılan taze alabalık ve alabalıktan üretilen köftelerin (Kontrol, A ve B gruplarının) 0. gün ile depolama süresince yapılan analizlere göre belirlenen son tüketim tarihlerine (STT) ait yağ asitleri kompozisyonları Tablo 4.5, Şekil 4.8, Şekil 4.9 ve 4.10'da verilmiştir.

Tablo 4.5. Taze balık ve köftelerin 0. gün ile son tüketim tarihlerindeki yağ asitleri kompozisyonu (%)

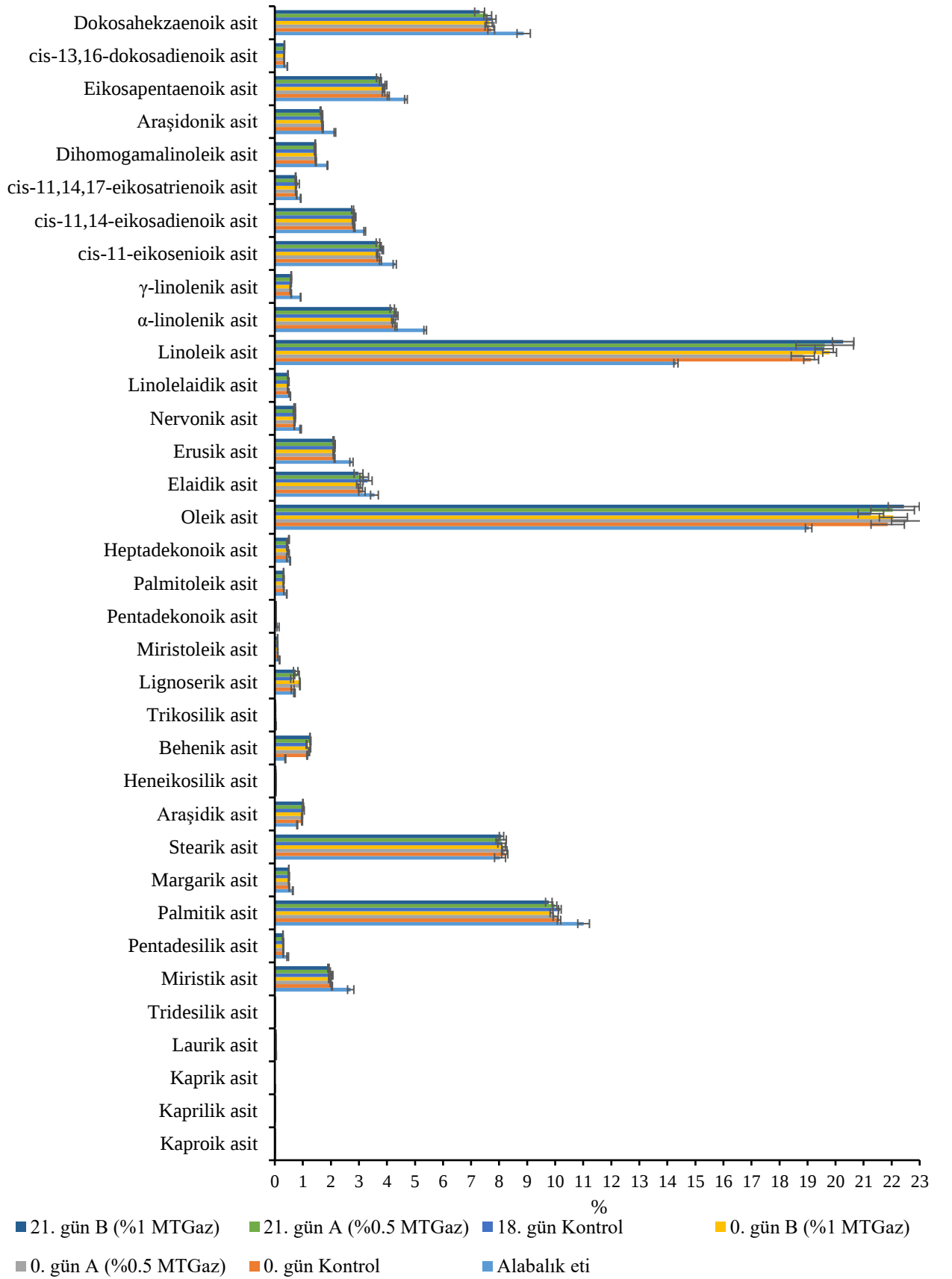
Yağ Asitleri (%)	Taze balık	0. Gün			18. gün	21. gün	21. gün
		Kontrol	A (%0.5 MTGaz)	B (%1 MTGaz)	Kontrol	A (%0.5 MTGaz)	B (%1 MTGaz)
Kaproik asit (C6:0)	0.01±0.00 ^a	0.01±0.00 ^a	0.01±0.00 ^a	0.01±0.00 ^a	0.01±0.00 ^a	0.01±0.00 ^a	0.01±0.00 ^a
Kaprilik asit (C8:0)	0.00±0.00 ^b	0.01±0.00 ^a	0.01±0.00 ^a	0.01±0.00 ^a	0.01±0.00 ^a	0.01±0.00 ^a	0.01±0.00 ^a
Kaprik asit (C10:0)	0.01±0.00 ^a	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^b
Laurik asit (C12:0)	0.05±0.00 ^a	0.04±0.00 ^b	0.04±0.00 ^b	0.04±0.00 ^b	0.04±0.00 ^b	0.04±0.00 ^b	0.04±0.00 ^b
Tridesilik asit (C13:0)	0.02±0.00 ^a	0.01±0.00 ^b	0.01±0.00 ^b	0.01±0.00 ^b	0.01±0.00 ^b	0.01±0.00 ^b	0.01±0.00 ^b
Miristik asit (C14:0)	2.71±0.11 ^a	2.04±0.02 ^b	1.99±0.02 ^b	1.94±0.02 ^b	2.05±0.02 ^b	1.95±0.03 ^b	1.91±0.02 ^b
Pentadesilik asit (C15:0)	0.46±0.03 ^a	0.30±0.01 ^b	0.30±0.00 ^b	0.29±0.01 ^b	0.30±0.01 ^b	0.29±0.01 ^b	0.29±0.01 ^b
Palmitik asit (C16:0)	11.01±0.21 ^a	10.14±0.06 ^{bc}	10.02±0.09 ^{bc}	9.87±0.05 ^{bc}	10.17±0.05 ^b	9.99±0.07 ^{bc}	9.77±0.12 ^c
Margarik asit (C17:0)	0.64±0.01 ^a	0.52±0.01 ^b	0.50±0.01 ^b	0.50±0.01 ^b	0.51±0.01 ^b	0.49±0.01 ^b	0.50±0.00 ^b
Stearik asit (C18:0)	8.03±0.20 ^a	8.20±0.11 ^a	8.20±0.08 ^a	8.16±0.06 ^a	8.10±0.15 ^a	8.07±0.18 ^a	8.09±0.08 ^a
Araşidik asit (C20:0)	0.80±0.02 ^b	0.97±0.02 ^a	0.97±0.01 ^a	0.98±0.01 ^a	1.02±0.04 ^a	1.01±0.02 ^a	1.00±0.01 ^a
Heneikosilik asit (C21:0)	0.02±0.02 ^a	0.03±0.00 ^a	0.04±0.00 ^a	0.03±0.00 ^a	0.04±0.00 ^a	0.03±0.00 ^a	0.03±0.00 ^a
Behenik asit (C22:0)	0.38±0.01 ^c	1.15±0.01 ^b	1.22±0.02 ^a	1.27±0.01 ^a	1.14±0.02 ^b	1.27±0.02 ^a	1.26±0.01 ^a
Trikosilik asit (C23:0)	0.05±0.00 ^a	0.03±0.00 ^b	0.03±0.00 ^b	0.03±0.00 ^b	0.03±0.00 ^b	0.03±0.00 ^b	0.02±0.00 ^b
Lignoserik asit (C24:0)	0.70±0.03 ^{ab}	0.64±0.05 ^b	0.90±0.01 ^a	0.90±0.01 ^a	0.62±0.05 ^b	0.79±0.08 ^{ab}	0.75±0.08 ^{ab}
ΣSFA	24.90±0.61^a	24.09±0.21^a	24.24±0.22^a	24.04±0.12^a	24.03±0.25^a	23.98±0.38^a	23.68±0.22^a
Miristoleik asit (C14:1)	0.17±0.01 ^a	0.11±0.00 ^b	0.11±0.00 ^b	0.10±0.00 ^b	0.11±0.00 ^b	0.10±0.00 ^b	0.10±0.00 ^b
Pentadekonoik asit (C15:1)	0.12±0.04 ^a	0.04±0.00 ^b	0.04±0.00 ^b	0.04±0.00 ^b	0.04±0.00 ^b	0.04±0.00 ^b	0.04±0.00 ^b
Palmitoleik asit (C16:1)	0.43±0.01 ^a	0.33±0.01 ^b	0.32±0.00 ^b	0.31±0.01 ^b	0.33±0.01 ^b	0.31±0.02 ^b	0.31±0.01 ^b
Heptadekonoik asit (C17:1)	0.55±0.01 ^a	0.43±0.01 ^c	0.51±0.01 ^{ab}	0.47±0.02 ^{bc}	0.44±0.01 ^c	0.44±0.02 ^c	0.51±0.01 ^{ab}
Oleik asit (C18:1n9c)	19.04±0.12 ^b	21.86±0.59 ^{ab}	22.53±0.53 ^a	22.06±0.50 ^{ab}	21.26±0.45 ^{ab}	22.04±0.78 ^{ab}	22.43±0.56 ^a
Elaidik asit (C18:1n9t)	3.55±0.14 ^a	3.11±0.11 ^a	3.06±0.07 ^a	2.99±0.07 ^a	3.31±0.16 ^a	3.19±0.15 ^a	2.99±0.16 ^a
Erusik asit (C22:1n9)	2.73±0.06 ^a	2.13±0.02 ^b	2.11±0.02 ^b	2.09±0.01 ^b	2.13±0.02 ^b	2.13±0.03 ^b	2.10±0.02 ^b
Nervonik asit (C24:1)	0.92±0.03 ^a	0.69±0.01 ^b	0.71±0.02 ^b	0.72±0.02 ^b	0.71±0.03 ^b	0.69±0.03 ^b	0.71±0.03 ^b
ΣMUFA	31.78±0.14^a	32.47±0.49^a	33.07±0.42^a	32.42±0.41^a	32.16±0.34^a	32.70±0.70^a	32.86±0.38^a
Linolelaidik asit (C18:2n6t)	0.56±0.00 ^a	0.51±0.00 ^b	0.46±0.01 ^d	0.46±0.00 ^d	0.50±0.01 ^{bc}	0.47±0.01 ^{cd}	0.47±0.01 ^d
Linoleik asit (C18:2n6c)	14.31±0.07 ^b	19.13±0.26 ^a	18.83±0.41 ^a	19.79±0.25 ^a	19.60±0.33 ^a	19.62±1.03 ^a	20.27±0.38 ^a
α-linolenik asit (C18:3n3)	5.36±0.05 ^a	4.32±0.03 ^b	4.25±0.05 ^b	4.20±0.04 ^b	4.36±0.03 ^b	4.30±0.03 ^b	4.19±0.08 ^b
γ-linolenik asit (C18:3n6)	0.92±0.01 ^a	0.59±0.01 ^b	0.56±0.01 ^b	0.56±0.00 ^b	0.58±0.01 ^b	0.58±0.02 ^b	0.59±0.01 ^b
cis-11-eikosenioik asit (C20:1)	4.28±0.06 ^a	3.77±0.03 ^{bc}	3.70±0.04 ^{bc}	3.65±0.03 ^c	3.85±0.03 ^b	3.77±0.02 ^{bc}	3.68±0.06 ^{bc}
cis-11,14-eikosadienoik asit (C20:2)	3.21±0.03 ^a	2.84±0.02 ^b	2.82±0.03 ^b	2.78±0.02 ^b	2.87±0.02 ^b	2.82±0.02 ^b	2.78±0.03 ^b

cis-11,14,17-eikosatrienoik asit (C20:3n3)	0.92±0.01 ^a	0.78±0.01 ^b	0.75±0.01 ^b	0.75±0.00 ^b	0.83±0.05 ^{ab}	0.75±0.02 ^b	0.74±0.01 ^b
Dihomogamalinoleik asit (C20:3n6)	1.88±0.01 ^a	1.46±0.02 ^b	1.46±0.02 ^b	1.46±0.01 ^b	1.44±0.03 ^b	1.44±0.03 ^b	1.44±0.01 ^b
Araşidonik asit (C20:4n6)	2.14±0.03 ^a	1.71±0.02 ^b	1.70±0.02 ^b	1.69±0.01 ^b	1.68±0.02 ^b	1.68±0.02 ^b	1.63±0.02 ^b
Eikosapentaenoik asit (C20:5n3)	4.68±0.05 ^a	4.05±0.04 ^b	3.88±0.04 ^{bc}	3.87±0.03 ^{bc}	3.96±0.03 ^b	3.77±0.04 ^c	3.70±0.07 ^c
cis-13,16-dokosadienoik asit (C22:2)	0.45±0.01 ^a	0.34±0.01 ^b	0.34±0.00 ^b	0.33±0.00 ^b	0.33±0.01 ^b	0.34±0.01 ^b	0.34±0.01 ^b
Dokosaheksaenoik asit (C22:6n3)	8.88±0.24 ^a	7.72±0.12 ^b	7.66±0.16 ^b	7.65±0.10 ^b	7.72±0.17 ^b	7.60±0.14 ^b	7.31±0.18 ^b
ΣPUFA	43.30±0.47^a	43.44±0.46^a	42.69±0.40^a	43.53±0.38^a	43.87±0.53^a	43.36±1.04^a	43.45±0.42^a
Tanımlanan	99.98±0.01^a	99.99±0.01^a	99.99±0.01^a	99.99±0.01^a	100.06±0.05^a	100.03±0.05^a	99.99±0.00^a
Σω3	19.84±0.33^a	16.87±0.18^b	16.53±0.25^b	16.47±0.15^b	16.87±0.26^b	16.41±0.17^b	15.94±0.31^b
Σω6	19.80±0.10^b	23.40±0.27^a	23.00±0.38^a	23.95±0.24^a	23.80±0.28^a	23.79±0.98^a	24.40±0.34^a
ω6/ω3 oranı	1.00±0.01^c	1.39±0.00^b	1.39±0.03^b	1.45±0.01^{ab}	1.41±0.01^{ab}	1.45±0.06^{ab}	1.53±0.04^a

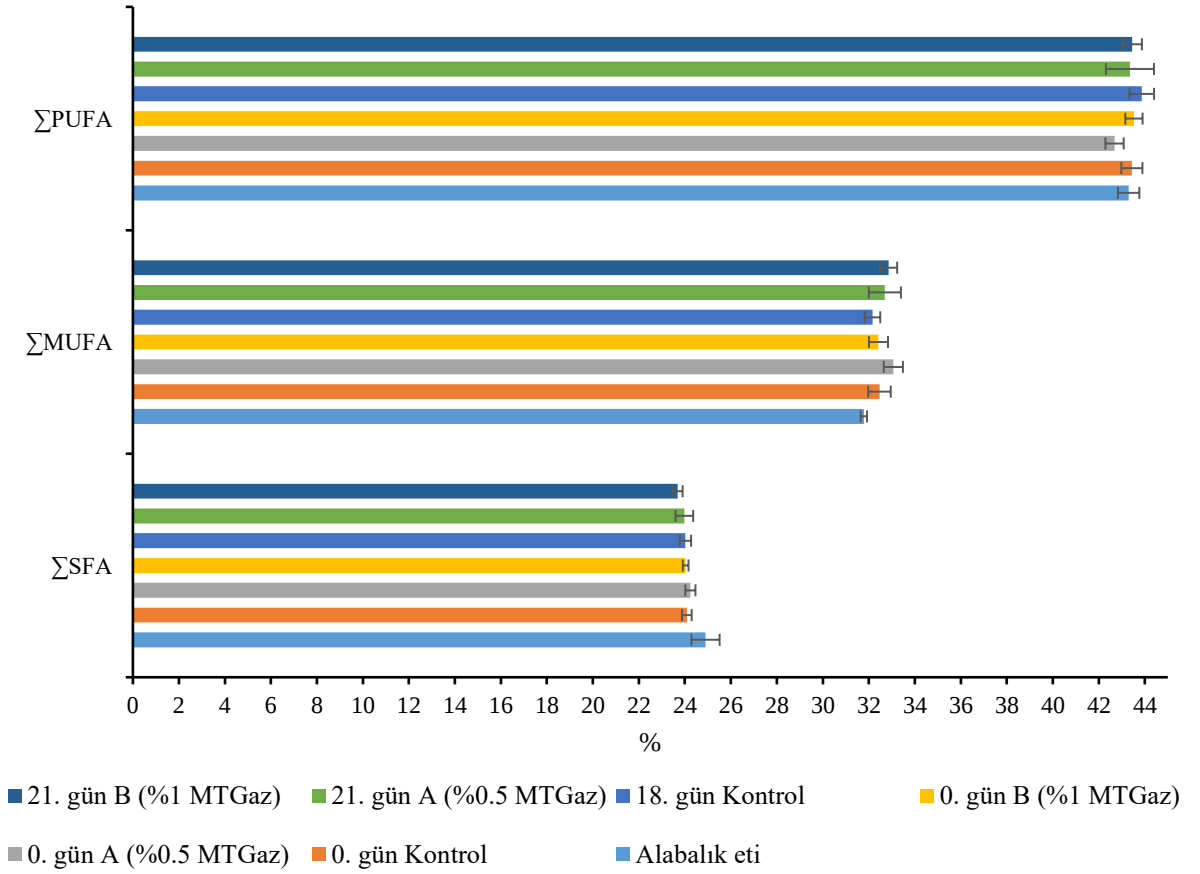
Ort. (n=6) ± st. hata

a, b, c ...g (→) : Farklı harf taşıyan gruplar veya günler arasındaki fark önemlidir (p ≤ 0.05)

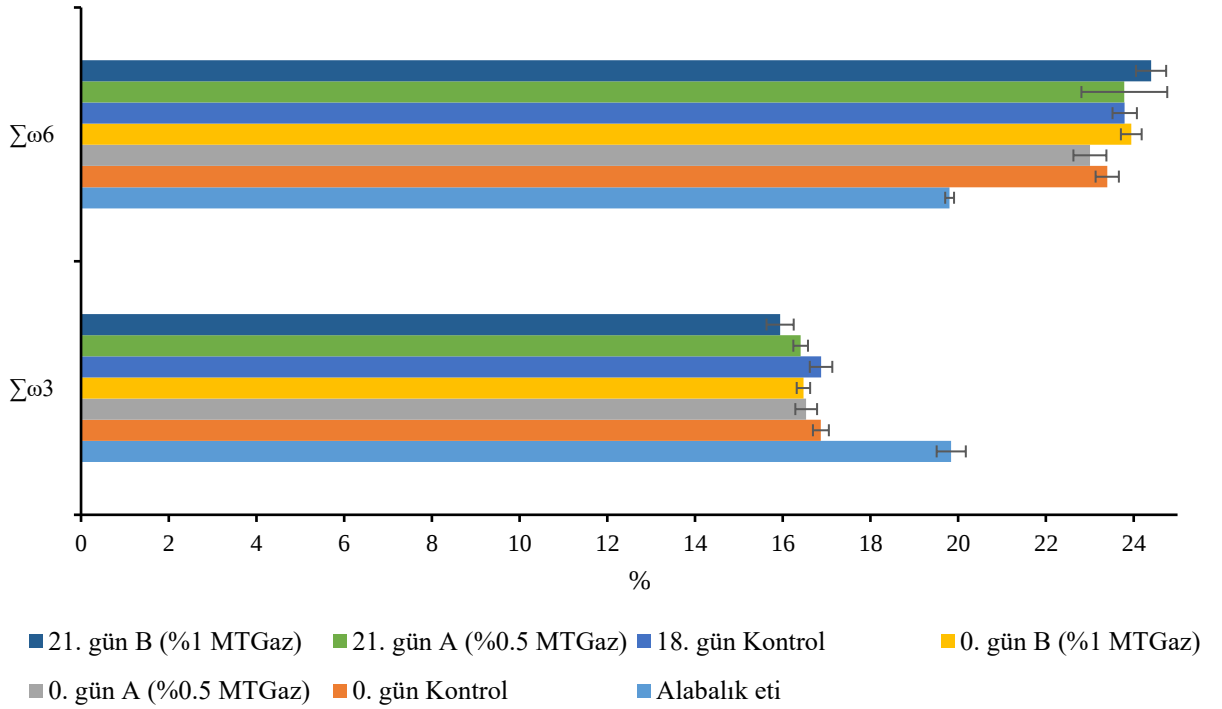
STT: Kontrol grubu için 18. gün, A ve B grupları için 21. gündür.



Şekil 4.8. Gökkuşağı alabalığının ve köftelerin 0. gün ile son tüketim tarihlerindeki yağ asitleri kompozisyonu



Şekil 4.9. Gökkuşuğu alabalığının ve köftelerin 0. gün ile son tüketim tarihlerinde toplam MUFA, PUFA ve SFA değerleri



Şekil 4.10. Gökkuşuğu alabalığının ve köftelerin 0. gün ile son tüketim tarihlerinde toplam $\omega 3$ ve $\omega 6$ değerleri

Taze alabalığın Σ SFA, Σ MUFA, Σ PUFA içeriği sırasıyla; %24.90, %31.78 ve %43.30 olarak tespit edilmiştir (Tablo 4.5, Şekil 4.9). Tablo 4.5 ve Şekil 4.8’de araştırmada kullanılan alabalığın doymuş yağ asitlerinden palmitik, stearik ve miristik asit bakımından; tekli doymamış yağ asitlerinden oleik asit, elaidik asit ve erusik asit bakımından ve çoklu doymamış yağ asitlerinden ise linoleik asit, DHA, α -linolenik asit ve EPA bakımından zengin olduğu görülmektedir. Balık yağları genellikle %20-30 oranında doymuş yağ asitlerini, %70-80 oranında doymamış yağ asitlerini içerir. Balık yağlarındaki Σ PUFA miktarı %25-30 olup PUFA’lar genel olarak ω 3 ve ω 6 şeklindedir (Gökoğlu, 2002; Çaklı, 2007). Unusan (2007), Gökkuşluğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) etinde Σ SFA, Σ MUFA ve Σ PUFA oranlarını sırasıyla 38.75, 34.82 ve 26.44 olarak bildirmiştir. Taşbozan ve ark. (2016), Gökkuşluğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) filetolarında Σ SFA, Σ MUFA, Σ PUFA ve ω 6/ ω 3 oranlarını sırasıyla 31.30, 35.81, 26.51 ve 0.75 olarak tespit etmişlerdir. Fallah ve ark. (2011), alabalık (*Oncorhynchus mykiss*) etinde Σ SFA, Σ MUFA, Σ PUFA ve ω 3/ ω 6 oranlarını sırasıyla 26.50, 34.30, 43.70 ve 1.72 olarak bildirmişlerdir. Volpe ve ark. (2015), alabalık (*Oncorhynchus mykiss*) filetolarında Σ SFA, Σ MUFA, Σ PUFA, ω 3/ ω 6 ve ω 6/ ω 3 oranlarını sırasıyla 18.84, 31.72, 44.26, 0.56 ve 1.80 olarak bulmuşlardır. Volpe ve ark. (2015), aynı türdeki balıkların beslenme ve sıcaklık parametrelerindeki farklılıktan dolayı yağ asitleri kompozisyonlarında farklılık görülebileceğini bildirmiştir. Bu çalışmada taze alabalıkta tespit edilen yağ asitleri içeriklerinin literatürlerle benzerlik gösterdiği söylenebilir.

Tablo 4.5 incelendiğinde taze balığa eklenen katkılarla üretilen köftelerin hem 0. günde hem de STT’lerinde Σ SFA, Σ MUFA ve Σ PUFA içeriğinde istatistiksel açıdan bir farklılık göstermediği görülmektedir ($p>0.05$). Ayrıca modifiye atmosfer paketlenme ile birlikte enzimin olumlu etkisi depolamanın hem başında hem de sonunda görülebilmektedir. Pourashouri ve ark. (2014), morina (*Gadus morhua*) balığından elde ettikleri balık yağını MTGaz, jelatin, kitosan, maltodekstrin ve bunların çeşitli kombinasyonları ile enkapsüle etmişlerdir. Hem ω 3 bakımından hem de Σ EPA ve Σ DHA bakımından en yüksek oranlar ile en düşük oksidasyon MTGaz – maltodekstrin kombinasyonu ile elde edilmiştir ($p<0.05$). Bu kombinasyonu yalnızca MTGaz kullanılan grup izlemiştir.

Tablo 4.5’te sunulduğu gibi tüm grupların miristik asit içeriği karşılaştırıldığında, taze balığa kıyasla üretilen köftelerin miristik asit içeriğinin daha düşük ($p<0.05$) olduğu ve enzim ilavesinin ya da depolama süresinin önemli bir fark yaratmadığı belirlenmiştir ($p>0.05$).

Benzer şekilde katkı ilavesi pentadekanoik asit ve palmitik asit miktarında düşüşe sebep olmuştur ($p<0.05$).

Tekli doymamış yağ asitlerinden oleik asidi oldukça fazla miktarda içeren taze balık etine katkı ilavesi ile oleik asit içeriği artmıştır (Şekil 4.8). Bu artışın ise oleik asit açısından zengin olan ayçiçek yağı ilavesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Tablo 4.5'te görüldüğü gibi Kontrol, A ve B gruplarının oleik asit içeriğinde depolama süresince farklılık görülmemiştir ($p>0.05$). Stammen ve ark. (1990) su ürünlerinde paket içeriğinde problem teşkil eden O_2 varlığının, modifiye atmosfer paketlenme ile çoklu doymamış yağ asitlerindeki oksidasyonu azalttığını bildirmişlerdir. Araştırmamızda da benzer olarak MA paketlenmenin O_2 'siz ortam sağlamasından kaynaklı olarak çoklu doymamış yağ asitlerindeki kayıpları azalttığı gözlenmiştir. Ayrıca diğer tüm yağ asitlerinde de (SFA, MUFA ve PUFA) hem 0. günde hem de STT'lerinde önemli bir fark oluşmamasının ($p>0.05$) en önemli sebebinin MA paketlenme olduğu düşünülmektedir.

Tablo 4.5 ve Şekil 4.8'de sunulduğu gibi taze balığın linoleik asit içeriği %14.31 olarak tespit edilmiş olup, hazırlanan köftelerde linoleik asit miktarı ise linoleik asitçe zengin olan ayçiçek yağı ilavesi nedeniyle artış göstermiştir ($p<0.05$). Bununla birlikte hem enzim miktarı hem de depolama süresi linoleik asit miktarını önemli derecede etkilememiştir ($p>0.05$). Birçok yağ asidi insan vücudunda sentezlenirken esansiyel yağ asitleri sentezlenememektedir. İnsan vücudu için gerekli olan esansiyel yağ asitleri ω -3, PUFA, α -linolenik asit, ω -6 ve linoleik asittir (Lunn ve Theobald, 2006). Bu bakımdan değerlendirildiğinde, köftelerin $\sum\omega 3$ ve $\sum\omega 6$ açısından oldukça zengin (Şekil 4.10), besleyici ürünler olduğu söylenebilir.

Kalp ve beyin sağlığı ile yaşlılıktaki bazı semptomlar açısından oldukça fazla önem arz eden PUFA, EPA ve DHA (Swanson ve ark., 2012) miktarları, hazırlanan köftelerde katkı maddeleri girişi ile birlikte taze alabalığa kıyasla daha düşük tespit edilmiştir ($p<0.05$). Ancak enzim ilavesinin 0. günde EPA ve DHA içeriklerinde azalmaya neden olmadığı da görülmüştür ($p>0.05$). Bununla birlikte depolama süresi bitiminde tüm gruplarda EPA ve DHA miktarlarında gözlenen değişimler önemsiz ($p>0.05$) bulunmuştur (Tablo 4.5).

Grupların ω -6/ ω -3 oranları kıyaslandığında en düşük (1.00) taze alabalıkta, en yüksek (1.53) ise %1 enzim ilaveli grubun (B grubu) STT'nde tespit edilmiştir (Tablo 4.5). Depolama süresinin ve kullanılan MTGaz enzim içeriğindeki artışın $\omega 6/\omega 3$ oranını arttırdığı

belirlenmiştir (Tablo 4.5). Dünya Sağlık Örgütü (WHO) bir insanın günlük beslenmesinde tavsiye edilen ω -6/ ω -3 oranının 5:1'den düşük olması gerektiğini rapor etmiştir (Vujkovic ve ark.,1999). Volpe ve ark. (2015), buzdolabı koşullarında depoladıkları Gökkuşığı alabalığının (*Oncorhynchus mykiss*) son analiz gününde (15. günde) ω -6/ ω -3 oranını, oksidasyona karşı korumak amacıyla aktif karagenan kaplama yaparak oluşturduğu grupta 1.79 ± 1.1 olarak tespit etmişlerdir. Tablo 4.5'te sunulduğu gibi köfteye ilave edilen katkılara rağmen n-6/n-3 içeriğinin STT'lerinde bile 1.50 civarında tespit edilmesi, ürünün kalp ve beyin sağlığı açısından oldukça değerli bir ürün olduğunun göstergesidir. Artan hızlı beslenme alışkanlığı ve tüketimi, gıdalarla ω 6 alımını artırmakta ve bu da sağlıksız nesillerin yetişmesine sebep olmaktadır. Alternatif bir ürün olarak üretilen MTGaz katkılı köftelerin ω 6/ ω 3 dengesi açısından da güvenle tüketilebileceğini söylemek mümkündür.

4.2.3. Amino Asit Analizi Bulguları

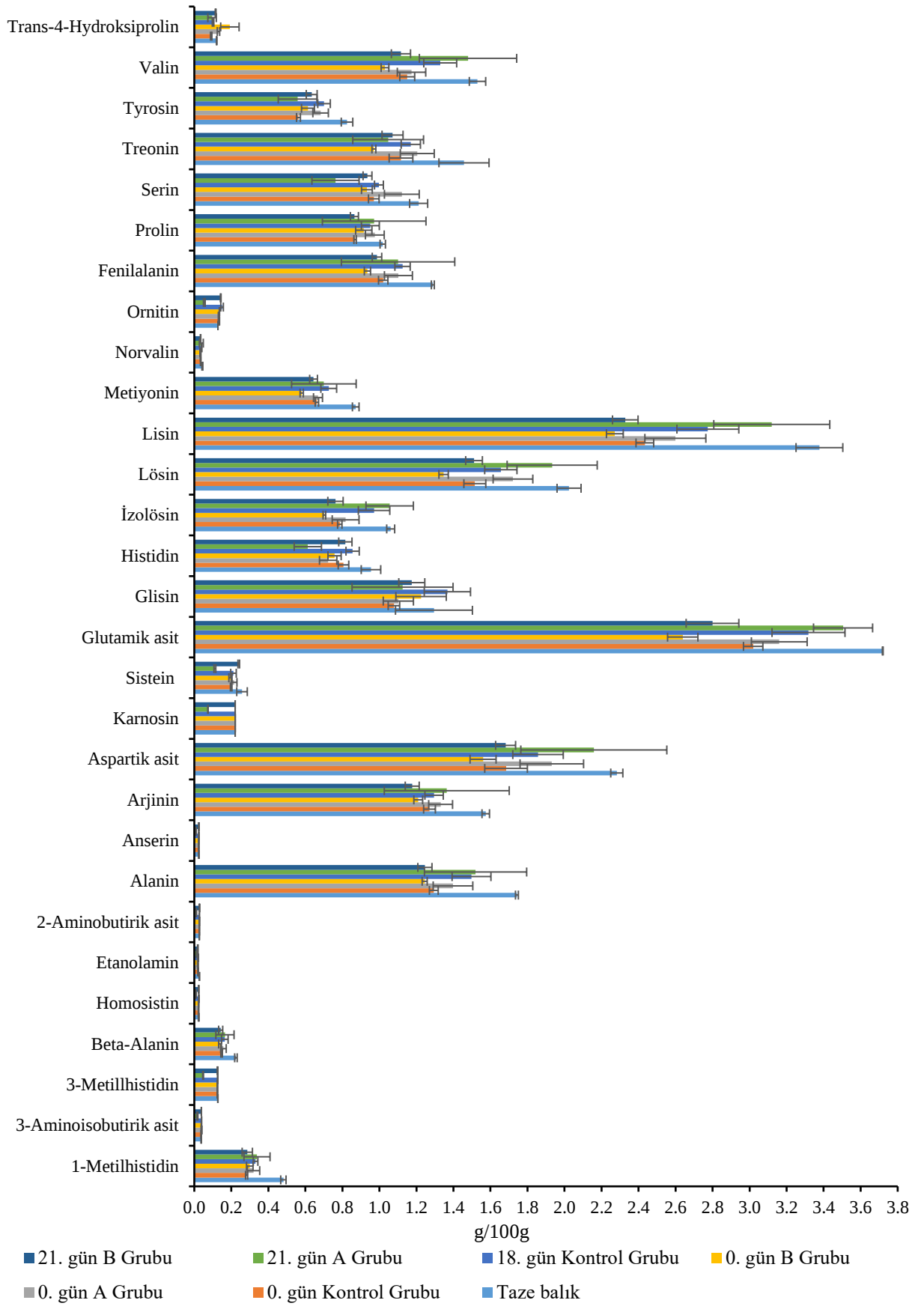
Araştırmada kullanılan taze alabalığın ve köftelerin 0. gün ile STT'lerindeki amino asit ve türevlerine ait sonuçlar Tablo 4.6 ve Şekil 4.11'de sunulmuştur.

Tablo 4.6. Taze balık ve köftelerin 0. günleri ile son tüketim tarihlerindeki amino asit ve türevleri (g/100g)

	Taze Balık	0. gün Kontrol	0. gün A (%0.5 MTGaz)	0. gün B (%1 MTGaz)	18. gün Kontrol	21. gün A (%0.5 MTGaz)	21. gün B (%1 MTGaz)
Esansiyel amino asitler							
Histidin	0.95±0.05 ^a	0.81±0.03 ^{ab}	0.69±0.05 ^b	0.75±0.04 ^{ab}	0.79±0.04 ^{ab}	0.64±0.07 ^b	0.76±0.04 ^{ab}
İzölösün	1.06±0.02 ^a	0.72±0.01 ^b	0.69±0.02 ^b	0.69±0.01 ^b	0.73±0.08 ^b	0.73±0.23 ^b	0.71±0.04 ^b
Lösün	2.02±0.06 ^a	1.50±0.05 ^b	1.53±0.18 ^b	1.32±0.01 ^b	1.52±0.03 ^b	1.39±0.08 ^b	1.47±0.08 ^b
Lizin	3.38±0.13 ^a	2.41±0.17 ^b	2.92±0.17 ^{ab}	2.80±0.08 ^{ab}	2.49±0.03 ^b	2.81±0.38 ^{ab}	2.83±0.07 ^{ab}
Metiyonin	0.87±0.02 ^a	0.65±0.03 ^b	0.63±0.02 ^{bc}	0.59±0.01 ^{bc}	0.66±0.01 ^b	0.54±0.10 ^c	0.63±0.02 ^{bc}
Arjinin	1.57±0.02 ^a	1.24±0.04 ^b	1.22±0.06 ^{bc}	1.24±0.02 ^b	1.22±0.05 ^{bc}	1.13±0.34 ^{bc}	1.10±0.04 ^c
Fenilalanin	1.29±0.01 ^a	1.03±0.06 ^b	0.98±0.04 ^b	0.94±0.02 ^b	1.06±0.05 ^b	0.90±0.17 ^b	0.96±0.03 ^b
Treonin	1.46±0.14 ^a	1.17±0.02 ^{ab}	1.07±0.04 ^{ab}	0.97±0.03 ^b	1.08±0.01 ^{ab}	0.86±0.23 ^b	1.00±0.02 ^{ab}
Valin	1.53±0.04 ^a	1.19±0.05 ^b	1.04±0.03 ^{bc}	1.01±0.06 ^c	1.18±0.14 ^{bc}	1.11±0.13 ^{bc}	1.12±0.06 ^{bc}
ΣEAA	14.13±0.15^a	10.72±0.33^b	10.77±0.24^b	10.31±0.34^b	10.73±0.31^b	10.11±1.79^b	10.58±0.53^b
Esansiyel olmayan amino asitler							
Aspartik asit	2.28±0.03 ^a	1.53±0.12 ^b	1.65±0.17 ^{ab}	1.63±0.11 ^{ab}	1.80±0.14 ^{ab}	1.67±0.49 ^{ab}	1.60±0.05 ^{ab}
Glutamik asit	3.72±0.00 ^a	2.83±0.05 ^b	3.08±0.12 ^{ab}	3.19±0.03 ^{ab}	2.90±0.05 ^b	3.05±0.18 ^{ab}	3.11±0.14 ^{ab}
Serin	1.21±0.05 ^a	0.99±0.02 ^b	0.96±0.05 ^b	0.97±0.06 ^b	0.98±0.03 ^b	0.83±0.23 ^b	0.97±0.00 ^b
Prolin	1.02±0.01 ^a	0.87±0.04 ^b	0.89±0.08 ^b	0.89±0.15 ^b	0.87±0.01 ^b	0.89±0.04 ^b	0.84±0.08 ^b
Glisin	1.30±0.28 ^a	1.08±0.03 ^a	1.10±0.17 ^a	1.20±0.19 ^a	1.20±0.17 ^a	1.06±0.39 ^a	1.18±0.07 ^a
Alanin	1.74±0.01 ^a	1.26±0.02 ^b	1.21±0.11 ^{bc}	1.25±0.01 ^b	1.32±0.10 ^b	1.15±0.48 ^c	1.21±0.04 ^{bc}
Tyrosin	0.83±0.03 ^a	0.58±0.01 ^b	0.62±0.03 ^{ab}	0.60±0.07 ^{ab}	0.65±0.04 ^{ab}	0.61±0.27 ^{ab}	0.60±0.01 ^{ab}
Sistein	0.26±0.03 ^a	0.15±0.01 ^b	0.23±0.02 ^a	0.18±0.01 ^{ab}	0.19±0.01 ^{ab}	0.17±0.03 ^{ab}	0.24±0.00 ^a
ΣNEAA	12.36±0.38^a	9.29±0.22^b	9.74±0.31^b	9.91±0.27^b	9.90±0.26^b	9.43±1.08^b	9.75±0.19^b
EAA/NEAA	1.14	1.15	1.11	1.04	1.08	1.07	1.09
Diğer							
1-Metilhistidin	0.48±0.01 ^a	0.28±0.01 ^{cd}	0.29±0.03 ^{bc}	0.28±0.02 ^{cd}	0.33±0.01 ^b	0.28±0.07 ^{cd}	0.26±0.03 ^d
3-Aminoisobutirik asit	0.04±0.00 ^a	0.04±0.00 ^a	0.04±0.00 ^a	0.04±0.00 ^a	0.04±0.00 ^a	0.04±0.02 ^a	0.04±0.00 ^a
3-Metilhistidin	0.13±0.00 ^a	0.13±0.00 ^a	0.12±0.00 ^a	0.12±0.00 ^a	0.13±0.00 ^a	0.05±0.00 ^b	0.13±0.00 ^a
β-Alanin	0.22±0.01 ^a	0.15±0.00 ^b	0.14±0.02 ^b	0.14±0.01 ^b	0.14±0.02 ^b	0.13±0.05 ^b	0.13±0.01 ^b
Homosistin	0.02±0.00 ^a	0.02±0.00 ^a	0.02±0.00 ^a	0.02±0.00 ^a	0.02±0.00 ^a	0.01±0.00 ^b	0.02±0.00 ^a
Etanolamin	0.03±0.00 ^a	0.02±0.00 ^{ab}	0.02±0.00 ^{ab}	0.02±0.00 ^{ab}	0.02±0.00 ^{ab}	0.01±0.00 ^b	0.02±0.00 ^{ab}
2-Aminobutirik asit	0.03±0.00 ^a	0.03±0.00 ^a	0.03±0.00 ^a	0.03±0.00 ^a	0.03±0.00 ^a	0.02±0.01 ^a	0.03±0.00 ^a
Anserin	0.02±0.00 ^a	0.02±0.00 ^a	0.02±0.00 ^a	0.02±0.00 ^a	0.02±0.00 ^a	0.02±0.01 ^a	0.02±0.00 ^a
Karnosin	0.22±0.00 ^a	0.22±0.00 ^a	0.22±0.00 ^a	0.22±0.00 ^a	0.22±0.00 ^a	0.08±0.00 ^b	0.22±0.00 ^a
Norvalin	0.04±0.00 ^a	0.03±0.00 ^a	0.03±0.00 ^a	0.03±0.00 ^a	0.04±0.00 ^a	0.04±0.01 ^a	0.03±0.00 ^a
Ornitin	0.13±0.00 ^b	0.13±0.00 ^{ab}	0.13±0.00 ^{ab}	0.14±0.00 ^{ab}	0.14±0.01 ^{ab}	0.05±0.00 ^c	0.14±0.00 ^a
Trans-4-Hidroksiprolin	0.12±0.00 ^b	0.10±0.00 ^c	0.12±0.01 ^b	0.26±0.07 ^a	0.09±0.01 ^c	0.08±0.01 ^d	0.12±0.00 ^b

Ort. (n=6) ± st. hata; a, b, c ...g (→) : Farklı harf taşıyan gruplar ve günler arasındaki fark önemlidir (p ≤ 0.05).

STT: Kontrol grubu için 18. gün, A ve B grupları için 21. gündür



Şekil 4.11. Gökkuşığı alabalığının ve köftelerin 0. gün ile son tüketim tarihlerindeki amino asit ve türevleri

Taze balık eti, Kontrol, A ve B gruplarının 0. günlerinde ve STT'lerinde; histidin, treonin, arginin, valin, methionin, fenilalanin, izölösün, lösün ve lizin olmak üzere 9 esansiyel amino asit, 8 non-esansiyel amino asit ve 12 amino asit türevi tespit edilmiştir. Taze alabalık etinde baskın olarak bulunan amino asitler (Şekil 4.11); glutamik asit> lizin> aspartik asit> lösün> alanin> arjinin> valin> treonin olarak tespit edilmiştir.

Taze balık etinde belirlenen esansiyel amino asitleri hem 0. gün hem de 18. gün Kontrol grubu ile kıyaslamak gerekirse, histidin ve treonin bakımından çok önemli bir farklılık oluşmadığını ($p>0.05$), izölösün, lösün, lizin, metiyonin, arjinin, fenilalanin ve valin miktarı bakımından ise düşüş gerçekleştiğini söylemek mümkündür (Tablo 4.6) ($p<0.05$). Buna benzer olarak %0.5 oranında enzim ilaveli A grubu (0. günde) ile 0. ve 18. günlerdeki Kontrol grupları lizin haricinde benzerlik göstermektedir ($p>0.05$). %1 enzim ilaveli B grubunda (0. günde) ise A grubuna göre histidin miktarında artış tespit edilirken ($p<0.05$), Kontrol grubuna göre valin miktarında düşüş ve lizin miktarında artış gerçekleşmiştir ($p<0.05$). B grubu 21. günde ise 0. gündeki A grubuyla benzerlik göstermektedir. Tüm gruplardaki ve bu grupların farklı analiz günlerindeki esansiyel amino asit sonuçları birlikte değerlendirildiğinde, taze balık etine katkı maddelerinin girişiyle birlikte köftelerde toplam protein oranının (enzimli gruplarda daha düşük düzeyde) azaldığını ve bu azalmaya paralel olarak lizin (Kontrol grubu hariç), histidin ve treonin miktarındaki değişimlerin minimumda olmak üzere diğer tüm esansiyel amino asit içeriğinde düşüş gerçekleştiği tespit edilmiştir. De Jong ve Koppelman (2002)'a göre, MTGaz enziminin açıl transfer reaksiyonunu katalizlemesiyle birlikte lizin miktarındaki artış besinsel değeri de artırmaktadır.

Esansiyel amino asitlerin gruplara göre değişimi incelendiğinde, tüm grupların ve bu grupların depolama sürelerine göre değişimlerinin de birbirlerine oldukça benzer olduğu görülmektedir. Bu durum enzim kullanımının esansiyel amino asitler üzerinde çok fazla bir etkisinin bulunmadığı şeklinde açıklanabilir. Fang ve ark. (2019), gümüş sazanından (*Hypophthalmichthys molitrix*) ürettikleri surimlerde MTGaz enziminin amino asit profili üzerine etkilerini araştırmışlar ve MTGaz kullanımının önemli bir etkisi ile karşılaşmamışlardır. Bununla birlikte, enzim kullanılan gruplarda lizin ve glutamik asit düzeylerinin Kontrol grubundan bir miktar daha yüksek tespit edildiğini de bildirmişlerdir. Araştırmacıların bulguları sonuçlarımızla benzerlik göstermektedir.

Aspartik asit ve tyrosin içeriği en yüksek taze alabalık etinde sırasıyla 2.28g/100g ve 0.83g/100g ($p<0.05$); en düşük ise 0. gün Kontrol grubunda sırasıyla 1.53g/100g ve

0.58g/100g olarak tespit edilmiştir. 0. gün A ve B grupları ile STT'lerindeki tüm gruplar (Kontrol, A ve B) hem taze balık etine hem de 0. gündeki Kontrol grubuna benzer tespit edilmiştir ($p>0.05$). Serin ve prolin miktarları tüm gruplarda ve depolama günlerinde taze balık etine göre düşüş göstermiş ($p<0.05$) ancak gruplar ve bunların depolama günlerine göre fark gözlenmemiştir ($p>0.05$). Glisin miktarı herhangi bir grupta ya da günde değişim göstermemiş ve taze balık eti ile benzer tespit edilmiştir ($p>0.05$). Alanin miktarı en düşük 21. günde A grubunda tespit edilmiştir. Sistein içeriği ise en yüksek taze balık etinde tespit edilmiş, 0. gün A grubu ve 21. gün B grubu sonuçları taze balık eti ile benzer bulunmuştur ($p>0.05$). Toplam esansiyel olmayan amino asit miktarı tüm gruplarda ve günlerde taze balık etine göre düşüş göstermiş ($p<0.05$) ancak gruplar ve günler arasında çok önemli bir fark gözlenmemiştir.

Analiz sonuçları bakımından 3-aminoisobutirik asit, 2-aminobutirik asit, norvalin ve anserin miktarları bakımından taze balık etine, gruplara ya da günlere göre herhangi bir fark tespit edilmemiştir ($p>0.05$). 3-Metilhistidin, homosistin ve karnosin bakımından 21. gün A grubu hariç tüm gruplar ve günler taze balık eti ile benzer tespit edilmiştir ($p>0.05$). Etanolamin miktarı taze balık etine göre tüm gruplarda düşüş göstermekle birlikte en fazla düşüşün 21. günde A grubunda gerçekleştiği görülmektedir ($p<0.05$).

Ornitin miktarı en yüksek 21. günde B grubunda, en düşük 21. günde A grubunda tespit edilmiştir. Trans-4-hidroksiprolin miktarı en yüksek 0. günde B grubunda, en düşük 21. günde A grubunda gözlenmiştir.

Taze balıkta 0.22g/100g olan β -alanin içeriği köfte üretiminde kullanılan katkıları sonrasında tüm gruplarda düşüş göstermiş ($p<0.05$) ve enzim ilavesi ya da depolama süresi ile değişikliğe uğramamıştır.

Tüm enzim ihtiva eden gruplarda maksimum düzeyde bulunan amino asit glutamik asittir (Şekil 4.11). Tablo 4.6'da sunulduğu gibi en düşük glutamik asit içeriği Kontrol grubunda saptanmış ve depolama süresinin glutamik asit içeriğinde değişikliğe sebep olmadığı belirlenmiştir ($p>0.05$). Bununla birlikte glutamik asit miktarı bakımından taze balık etine en yakın tespit edilen enzim ilaveli A ve B gruplarında ise artan enzim konsantrasyonunun ve depolama süresinin etkili olmadığı görülmektedir ($p>0.05$).

Glutamat, glutamik asitin serbest amino asit formudur (Chaudhari ve ark., 2009) ve umami olarak adlandırılan 5. tat ile ilişkilendirilmektedir. Bazı gıdaların glutamik asit içeriği

fazladır ve bunlar daha aromatik gıdalar olarak adlandırılırlar. Bazı gıdaların serbest glutamik asit içerikleri; deniz tarağında 140 mg/100g, mavi yengeçte 43 mg/100g, japon balık soslarında ise 1383 mg/100 g olarak bildirilmiştir (Yamaguchi ve Ninomiya, 2000). Araştırmamızda enzim kullanımının umami etkisini artırdığı ancak yüksek konsantrasyonda kullanımın önemli bir avantaj sağlamadığı söylenebilir.

Berik ve ark. (2011), Gökkuşluğu alabalığından (*Oncorhynchus mykiss*) elde ettikleri kroket hamurunun aspartik asit, arjinin, histidin, lizin, lösin, valin, metiyonin, fenilalanin, izolösin, treonin, triptofan ve glutamik asit miktarlarını sırasıyla 1.32, 0.74, 0.27, 1.01, 1.15, 0.70, 0.43, 0.70, 0.59, 0.58, 0.02 ve 2.88 g/100g olarak tespit etmişlerdir. Ayrıca kroket hamurunda taze alabalık etine göre glutamik asit ve triptofan dışındaki tüm amino asitlerde düşüş tespit etmişlerdir ($p<0.05$). Araştırmamızda da benzer şekilde, genel olarak tüm gruplarda katkı maddeleri ilavesi nedeniyle taze balık etine göre toplam amino asit miktarında bir miktar düşüş gözlemlenmiştir. Al-Hassan ve Norziah (2017), balık atıklarını MTGaz enzimi (1, 5 ve 10 mg/g) ile değerlendirerek elde ettikleri jelatinlerde enzim konsantrasyonunun artması ve buna bağlı olarak üründe çapraz bağlanmanın artması ile birlikte tüm amino asit gruplarında azalma olduğunu tespit etmişlerdir. Yerlikaya ve ark. (2017), MTGaz ile muamele ederek 10 gün boyunca depoladıkları Gökkuşluğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) kıymasında serbest glutamik asit miktarını araştırmışlar ve enzim kullanımının glutamik asit miktarını azalttığını, enzim konsantrasyonu arttıkça serbest glutamik asit miktarındaki azalışın arttığını ($p<0.05$) tespit etmişlerdir. Bununla birlikte depolama süresi boyunca hafif dalgalanmalar olduğunu tespit etmişlerdir. Idowu ve Benjakul (2019), gıdalara ilave edilerek besleyici özelliklerini artırmak amacıyla ürettikleri balık protein hidrolizatında MTGaz enzimi kullanımının glutamik ve aspartik asit miktarlarında artışa neden olduğunu tespit etmişler ve umami aromasının arttığını bildirmişlerdir.

Yukarıda görüldüğü gibi araştırmamızdaki bulgularımızdan farklı sonuçlara rastlandığı gibi benzer bulgular da bulunmaktadır. Amino asit miktarlarındaki bu değişimler ya da dalgalanmalar MTGaz enziminin Glutamin (Glu)- γ -karboksiamid grubu ile lizinin izopeptid bağı oluşumunu katalizlemesi kaynaklıdır ve ortama glutamik asit kalıntıları deamine edilmektedir. Ayrıca ortamda enzim faaliyetlerini inhibe edici ya da katalizleyici maddelerin varlığı da bu tür değişikliklere neden olabilmektedir. Oluşan bu bağ (ϵ -(γ -Glu)-Lys) ayrıca gastrotestinal proteolitik enzimlere karşı daha dayanıklı olmaktadır (Motoki ve Seguro, 1998; Diaz-López ve García-Carreño, 2000; Chambi ve Grosso, 2006; Sikorski,

2007; Kieliszek ve Misiewicz, 2014; Zilda, 2014; Grossmann ve ark., 2017; Fang ve ark., 2019).

Esansiyel amino asitlerin (EAA) esansiyel olmayan amino asitlere (NEAA) oranı en yüksek 0. günde Kontrol grubunda (1.15) tespit edilmiş ve taze balığa en yakın oran (1.14) olarak belirlenmiştir (Tablo 4.6).

Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO, 2007) "İnsan Beslenmesinde Protein ve Amino Asit Gereksinimleri" raporunda bir yetişkinin günlük protein alımı için kabul edilen değer 0.83 g/kg olup, esansiyel amino asitlerden lösin 59 mg/g, lizin 45 mg/g, valin 39 mg/g, izolösin 30 mg/g, treonin 23 mg/g ve metiyonin 16 mg/g olarak bildirilmiştir. Araştırmada kullanılan taze alabalık izolösin ve lösin ihtiyacının yaklaşık 1/3'ünü, lizin, metiyonin, treonin ve valin ihtiyaçlarının ise yarısından fazlasını karşılamaktadır (Şekil 4.11). Kontrol, A ve B gruplarının genel amino asit kompozisyonu göz önünde tutulduğunda, enzim içeren gruplarda bazı amino asitlerin (lizin, glutamik asit, tyrosin vb) bir miktar daha yüksek olması ile birlikte her üç grubun da yüksek oranda esansiyel amino asit ihtiva ettiği ve besleyicilik olarak taze balık etine oldukça yakın olduğu görülmektedir. Bununla birlikte enzim içeren gruplar; lizin ihtiyacının yaklaşık %64'ünü, treonin ihtiyacının %47'sini, metiyonin ihtiyacının ise %40'ını tek başına karşılamaktadır.

4.2.4. Mineral Madde Analizi Bulguları

Araştırmada kullanılan alabalık eti ve köfte formuna getirilen diğer gruplara ait mineral madde ve ağır metal içeriği Tablo 4.7'de görülmektedir. Ayrıca Şekil 4.12, 4.13 ve 4.14'te alabalık eti ile Kontrol, A ve B gruplarında çeşitli miktarlarda tespit edilen mineral maddelere ait grafikler sunulmuştur.

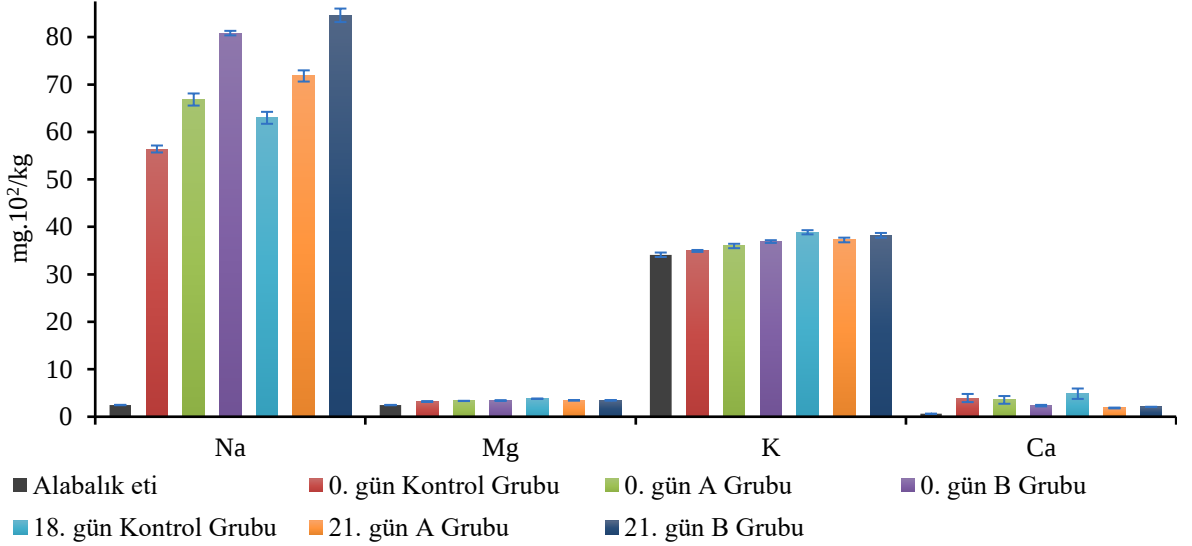
Tablo 4.7. Taze balık ve köftelerin 0. gün ile son tüketim tarihlerindeki mineral madde kompozisyonu (mg/kg)

Mineral (mg/kg)	Taze balık	0. Gün			18. gün Kontrol	21. gün A (%0.5 MTGaz)	21. gün B (%1 MTGaz)
		Kontrol	A (%0.5 MTGaz)	B (%1 MTGaz)			
Sodyum (Na)	246.59±4.23 ^s	5641.03±73.33 ^f	6683.50±127.76 ^d	8082.92±47.31 ^b	6298.09±125.95 ^e	7179.94±118.02 ^c	8457.61±142.28 ^a
Magnezyum (Mg)	245.82±3.70 ^d	320.31±3.78 ^c	333.60±2.70 ^{bc}	340.90±3.31 ^b	379.48±4.66 ^a	345.69±4.81 ^b	345.84±1.99 ^b
Potasyum (K)	3412.82±46.75 ^d	3492.96±20.61 ^d	3597.64±46.24 ^{cd}	3691.12±28.94 ^{bc}	3886.63±44.08 ^a	3724.08±49.02 ^{ab}	3822.38±49.83 ^{ab}
Kalsiyum (Ca)	61.92±2.43 ^c	394.34±86.11 ^a	354.76±81.46 ^a	233.64±15.90 ^b	485.05±109.57 ^a	184.27±8.87 ^b	207.97±2.34 ^b
Demir (Fe)	5.75±0.04 ^d	12.91±1.27 ^c	19.45±1.61 ^b	21.66±2.62 ^a	28.53±3.92 ^a	12.19±0.11 ^c	12.97±0.88 ^c
Rubidyum (Rb)	3.44±0.03 ^a	2.68±0.02 ^b	2.69±0.03 ^b	2.70±0.01 ^b	2.88±0.06 ^b	2.37±0.16 ^c	2.68±0.03 ^b
Lityum (Li)	0.02±0.01 ^c	0.09±0.01 ^b	0.11±0.01 ^{ab}	0.12±0.01 ^{ab}	0.15±0.01 ^a	0.12±0.01 ^a	0.13±0.01 ^{ab}
Berilyum (Be)	0.02±0.00 ^c	0.03±0.00 ^{bc}	0.03±0.00 ^a	0.03±0.00 ^{abc}	0.03±0.00 ^{ab}	0.03±0.00 ^{ab}	0.03±0.00 ^{ab}
Vanadyum (V)	0.02±0.00 ^b	0.03±0.00 ^{ab}	0.04±0.00 ^a	0.03±0.00 ^{ab}	0.04±0.01 ^a	0.03±0.00 ^{ab}	0.03±0.00 ^{ab}
Krom (Cr)	0.04±0.00 ^b	0.08±0.01 ^{ab}	0.13±0.02 ^{ab}	0.12±0.01 ^{ab}	0.16±0.04 ^a	0.06±0.00 ^b	0.08±0.00 ^{ab}
Mangan (Mn)	0.14±0.01 ^c	1.40±0.05 ^{ab}	1.35±0.06 ^b	1.52±0.02 ^{ab}	1.90±0.27 ^a	1.02±0.01 ^b	1.04±0.05 ^b
Nikel (Ni)	0.15±0.00 ^{bc}	0.21±0.03 ^{ab}	0.17±0.01 ^{bc}	0.26±0.01 ^a	0.16±0.02 ^{bc}	0.13±0.01 ^c	0.17±0.00 ^{bc}
Galyum (Ga)	0.02±0.00 ^a	0.02±0.00 ^a	0.02±0.00 ^a	0.02±0.00 ^a	0.02±0.00 ^a	0.02±0.00 ^a	0.02±0.00 ^a
Selenyum (Se)	0.19±0.00 ^a	0.20±0.01 ^a	0.19±0.01 ^a	0.21±0.01 ^a	0.22±0.01 ^a	0.19±0.02 ^a	0.22±0.01 ^a
Stronsiyum (Sr)	0.13±0.00 ^c	1.28±0.20 ^{ab}	1.20±0.19 ^{ab}	0.89±0.01 ^{abc}	1.49±0.26 ^a	0.69±0.04 ^{bc}	0.84±0.01 ^{abc}
Sezyum (Cs)	0.05±0.00 ^a	0.04±0.00 ^{bc}	0.05±0.00 ^{bc}	0.05±0.00 ^{bc}	0.05±0.00 ^b	0.04±0.00 ^c	0.05±0.00 ^{bc}
Baryum (Ba)	0.07±0.00 ^c	0.27±0.01 ^b	0.27±0.01 ^b	0.31±0.02 ^{ab}	0.40±0.06 ^a	0.20±0.02 ^{bc}	0.27±0.00 ^b
Talyum (Tl)	0.02±0.00 ^a	0.02±0.00 ^b	0.01±0.00 ^c	0.01±0.00 ^d	0.01±0.00 ^d	0.01±0.00 ^d	0.01±0.00 ^d
Çinko (Zn)	3.24±0.06 ^c	4.81±0.07 ^a	4.12±0.12 ^b	4.16±0.09 ^{bc}	5.15±0.37 ^a	3.72±0.08 ^c	4.15±0.07 ^{bc}
Alüminyum (Al)	1.20±0.04 ^b	8.85±0.52 ^a	12.37±1.93 ^a	9.14±0.29 ^a	11.47±1.20 ^a	9.25±0.10 ^a	9.15±0.47 ^a
Bakır (Cu)	0.42±0.00 ^c	0.94±0.13 ^a	0.70±0.03 ^{bc}	0.66±0.01 ^{bc}	0.73±0.03 ^a	0.62±0.01 ^{bc}	0.62±0.01 ^{bc}
Arsenik (As)	0.41±0.00 ^a	0.36±0.01 ^b	0.34±0.01 ^b	0.34±0.01 ^b	0.42±0.02 ^a	0.34±0.01 ^b	0.34±0.01 ^b
Kobalt (Co)	0.02±0.00 ^c	0.03±0.00 ^{bc}	0.03±0.00 ^{bc}	0.03±0.00 ^{bc}	0.04±0.00 ^a	0.03±0.00 ^{bc}	0.03±0.00 ^b
Kurşun (Pb)	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Kadmiyum (Cd)	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Cıva (Hg)	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

Ort. (n=6) ± st. Hata; a, b, c ...g (→) : Farklı harf taşıyan gruplar veya günler arasındaki fark önemlidir (p ≤ 0.05)

STT: Kontrol grubu için 18. gün, A ve B grupları için 21. gündür

Analiz sonuçlarına göre taze balık eti, makro elementlerden K^+ , Na^+ , Mg^{+2} ve Ca^{+2} 'u (Şekil 4.12), mikro elementlerden ise Fe^{+2} , Rb^+ , Zn^{+2} ve Al^{+3} 'u yüksek (Şekil 4.13) oranda içermektedir. Tüm gruplarda tespit edilebilen diğer elementler; Li^+ , Be^{+2} , V^{+5} , Cr^{+6} , Mn^{+4} , Co^{+3} , Ni^{+2} , Ga^{+3} , As^{+3} , Se^{-2} , Sr^{+2} , Cs^+ , Ba^{+2} , Tl^{+3} ve Cu^{+2} 'dir (Şekil 4.14).

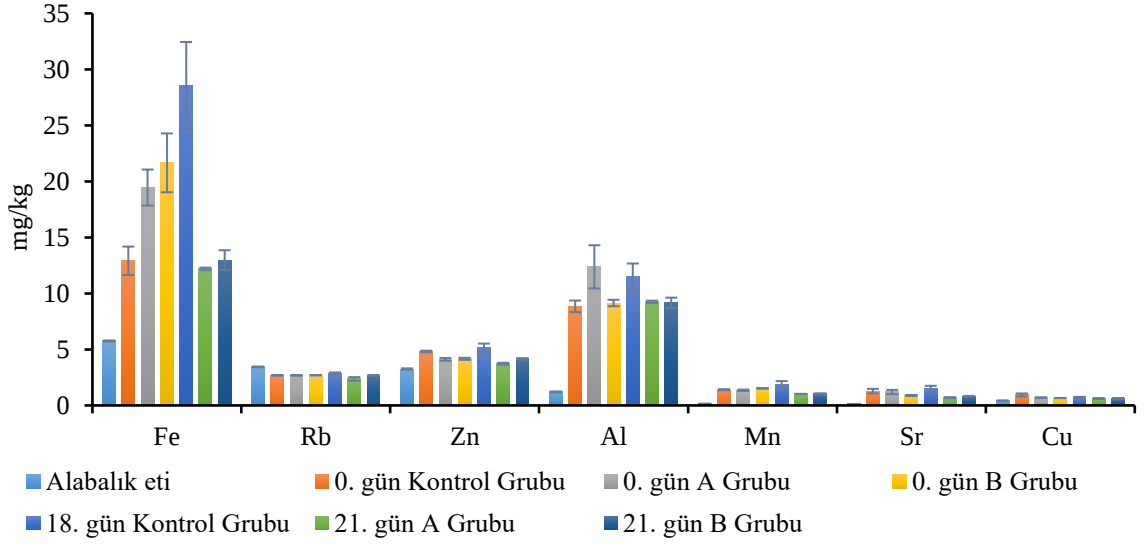


Şekil 4.12. Alabalık etinin ve köftelerin mineral madde kompozisyonu (50 – 8600 mg/kg)

Taze alabalık etinin K^+ , Na^+ , Mg^{+2} ve Ca^{+2} içeriği sırasıyla 3412.82, 246.59, 245.82 ve 61.92 mg/kg'dır (Tablo 4.7). Köfte yapımında kullanılan katkıların ilavesi ile bu değerlerde artış gözlenmiştir ($p<0.05$). Fallah ve ark. (2011), Gökkuşacağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) filetolarında makro elementlerden Ca^{+2} , Mg^{+2} , P^{+5} , K^+ ve Na^{+2} miktarlarını sırasıyla 0.36 ± 0.02 , 0.32 ± 0.02 , 2.45 ± 0.16 , 4.27 ± 0.12 , 0.36 ± 0.01 mg/g olarak, eser elementlerden Cr^{+6} , Co^{+3} , Cu^{+2} , Fe^{+2} , Mn^{+4} , Ni^{+2} , Se^{-2} ve Zn^{+2} miktarlarını sırasıyla 0.15 ± 0.03 , 0.09 ± 0.02 , 1.07 ± 0.18 , 3.31 ± 0.21 , 0.99 ± 0.18 , 0.09 ± 0.01 , 0.13 ± 0.04 , 7.68 ± 0.59 µg/g olarak ve toksik eser elementlerden As^{+3} , Cd^{+2} , Pb^{+2} ve Hg^{+} miktarlarını sırasıyla 0.05 ± 0.02 , 0.01 ± 0.00 , 0.75 ± 0.09 , 0.03 ± 0.01 µg/g olarak tespit etmişlerdir. Gökoğlu ve ark. (2004), Gökkuşacağı alabalığının (*Oncorhynchus mykiss*) mineral içeriğini araştırdıkları çalışmalarında, Na^{+2} , K^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} , P^+ , Fe^{+2} , Zn^{+2} , Mn^{+4} ve Cu^{+2} içeriklerini sırasıyla 455 ± 24.50 , 3060 ± 56.80 , 632 ± 136.00 , 409 ± 13.20 , 3378.78 ± 117.31 , 2.10 ± 0.58 , 9.68 ± 0.22 , 0.78 ± 0.05 ve 0.33 ± 0.10 mg/kg olarak tespit etmişlerdir. Çelik ve ark. (2008), Gökkuşacağı alabalığının (*Oncorhynchus mykiss*) mineral içeriği (%) bakımından Ca^{+2} , Na^{+2} , K^+ , P^+ , Mg^{+2} içeriklerini sırasıyla 12.67 ± 0.08 , 25.49 ± 0.21 , 412.10 ± 19.43 , 19.83 ± 0.71 , 33.97 ± 0.10 ; iz elementler bakımından ise Mn^{+4} , Zn^{+2} , Fe^{+2} , Pb^{+2} , Hg^{+} , As^{+3} , Cd^{+2} , Cu^{+2} , Ni^{+2} ve Co^{+3} içeriklerini sırasıyla 1.91 ± 0.13 , 5.45 ± 0.16 ,

4.15±0.49, 0.65±0.06, 0.02±0.00, 0.05±0.00, 0.01±0.00, 8.19±0.49, 0.12±0.02 ve 20.82±0.35 µg/g olarak tespit etmişlerdir.

Tablo 4.7’de sunulduğu gibi taze alabalığın Ca^{+2} içeriği köfte yapımında kullanılan katkıların ilavesi ile tüm gruplarda artmıştır ($p<0.05$). 0. günde köftelere ilave edilen enzim ile B grubunun Ca^{+2} miktarı A ve Kontrol gruplarından daha düşük tespit edilmiştir ($p<0.05$).

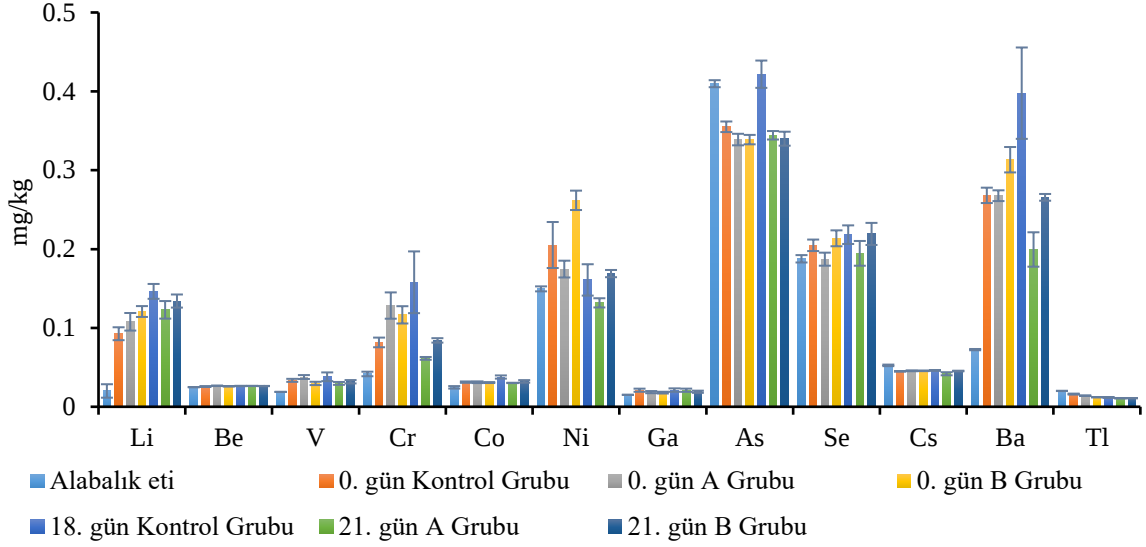


Şekil 4.13. Alabalık etinin ve köftelerin mineral madde kompozisyonu (0 – 35 mg/kg)

Transglutaminaz enzimi memelilerden ya da balıklardan izole edildiğinde, eklendiği ortamda aktivasyon ve çapraz bağlama reaksiyonlarını gerçekleştirebilmesi tamamen Ca^{+2} ’a bağlıdır. Ortamdaki Ca^{+2} miktarı azlığında ya da Ca^{+2} iyonlarının ürün kalitesi için gerekli olduğu durumlarda (özellikle süt ürünlerinde) büyük problem oluşturmaktadır (Ashie ve Lanier, 2000). Bununla birlikte, *Streptovorticillium mobaraense*, *Corynebacterium glutamicum* ve bunların suşlarından oluşan bakterilerin DNA modifikasyonu ile elde edilen MTGaz[®] (Ajinomoto Firması) enzimi, Ca^{+2} varlığından tamamen bağımsız çalışmaktadır (Ashie ve Lanier, 2000). Ancak, MTGaz enziminin çalışma prensibinin Ca^{+2} iyonlarından tamamen bağımsız olmasına rağmen plazmadan proteolitik ayrışmalar esnasında çok düşük miktarlarda da olsa Ca^{+2} ’da azalış gözlemlenebilmektedir. Fakat bu azalma önemsiz düzeyde olmaktadır (Ashie ve Lanier, 2000; Gaspar ve Goes-Favoni, 2015). Araştırmamızda özellikle yüksek miktarda enzim ilaveli B grubunun Ca^{+2} miktarının hem 0. günde hem de STT gününde Kontrol grubuna göre daha düşük tespit edilmesinin ($p<0.05$) bu nedenden kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

MTGaz enziminin aktivitesi Co^{+3} , Ba^{+2} ve K^{+} varlığında artarken, aktif merkezdeki sistein, tiyol grubuna bağlanan Zn^{+2} , Cu^{+2} , Hg^{+} ve Pb^{+2} iyonları tarafından ise inhibe edilmektedir. (Motoki ve Seguro 1998; Ando ve ark., 1989a; Kieliszek ve Misiewicz, 2014). Zn^{+2} içeriği bakımından B grubunun hem 0. gününde hem de STT gününde birbirine benzer olduğu ($p>0.05$), ayrıca Kontrol grubunun her iki tarihteki değerlerinden düşük olduğu ($p<0.05$) gözlemlenmiştir. Zn^{+2} miktarı hem 0. günde hem de STT gününde her iki enzimli grupta da Kontrol grubuna göre daha düşük miktarda tespit edilmiştir ($p<0.05$). Cu^{+2} miktarı değerlendirildiğinde, hem 0. günde hem de STT gününde enzim ilaveli gruplar Kontrol grubuna göre daha düşük ($p<0.05$) bulunmuştur. Bununla birlikte, enzim ilaveli gruplar arasında hem 0. günde hem de STT gününde Cu^{+2} miktarı açısından önemli bir fark tespit edilmemiştir ($p>0.05$).

0. gün grupların Na^{+2} içerikleri incelendiğinde MTGaz enzimi kullanımı ile Na^{+2} içeriğinin arttığı görülmüştür ($p<0.05$). Maksimum Na^{+2} miktarı STT gününde %1 MTGaz içeren B grubunda bulunmuş olup, depolama süresinin Na^{+2} miktarını etkilediği görülmüştür. Benzer şekilde taze balığın Mg^{+2} içeriği minimum iken ($p<0.05$), katkı ve enzim ilavesi ile artmıştır. Ancak %0.5 ve %1 MTGaz enzimi kullanımının köftenin Mg^{+2} düzeyinde bir fark oluşturmadığı tespit edilmiştir ($p>0.05$). Depolama süresinin ise Kontrol grubunun Mg^{+2} içeriği üzerine istatistiksel açıdan etkisi olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$). Tüm grupların 0. güne göre STT günlerindeki mineral madde içeriğinin arttığı görülmekte olup, bu durumun su kaybı ile ilgili olduğu söylenebilir. Et ürünlerinde tuz ile kürleme uzun yıllardır kullanılan bir muhafaza şeklidir. Tuz, su bağlama özelliğinden ötürü gıda ürünlerinde randımanı olumlu yönde etkileyen su bağlayıcı bir ajandır (Pietrasik ve Chan, 2001). Yüksek su içeriğine sahip balık etlerinde tuz, su bağlayıcı ajan olarak kullanılmakta ancak son ürünün tuz/ Na^{+2} içeriği yüksek olmaktadır. Transglutaminaz enzimi gıdalarda tuz ve fosfat seviyesinin azaltılmasında kullanılmaktadır (Pietrasik ve Chan, 2002). Tablo 4.7’de görüldüğü gibi araştırmamızda, artan enzim içeriği ile birlikte köftelerin Na^{+2} içeriği artmıştır. Bundan sonraki araştırmalarda ürünün başlangıç tuz içeriği azaltılarak daha düşük tuz konsantrasyonlu ve enzimli kombinasyonlar oluşturularak (Pietrasik ve Chan, 2002; Cando ve ark., 2016; Martelo-Vidal ve ark., 2016a; Martelo-Vidal ve ark., 2016b) sodyum diyetine daha uygun araştırmalar yapılması düşünülmektedir.



Şekil 4.14. Alabalık etinin ve köftelerin mineral madde kompozisyonu (0 – 0.5 mg/kg)

Tablo 4.7 incelendiğinde köfte yapımında kullanılan katkı maddelerinin hammaddenin K^+ içeriği üzerine herhangi bir etkisinin olmadığı 0. günde Kontrol grubunun K^+ içeriğinden anlaşılmaktadır ($p>0.05$). Benzer şekilde enzim oranlarındaki artışın da köftelerin K^+ düzeyi üzerine etkisinin olmadığı tespit edilmiştir ($p>0.05$). Bununla birlikte, tüm gruplarda (Kontrol, A ve B) K^+ içeriklerinin STT günlerinde 0. güne göre arttığı tespit edilmiştir ($p<0.05$). Demirci (2003); günlük alınması gereken tahmini minimum ihtiyaç düzeyini Na^{+2} , Mg^{+2} , Ca^{+2} ve K^+ için sırasıyla; 5, 0.35, 0.9 ve 2 mg/kg olarak bildirmektedir. Araştırmada hazırlanan balık köfteleri günlük diyetle alınması gereken Na^{+2} ve K^+ ihtiyacının tamamını; Mg^{+2} ihtiyacının yaklaşık %91'ini ve Ca^{+2} ihtiyacının ise yaklaşık %44'ünü karşılamaktadır.

Köfte yapımında kullanılan katkıları Kontrol grubunun Al^{+3} , Li^+ , Mn^{+4} , Sr^{+2} ve Ba^{+2} içeriğinde artışa sebep olmuştur ($p<0.05$). Brumbaugh ve Kane (1985), tatlısuda yetiştiriciliği yapılan küçükağzı levrek (*Micropterus dolomieu*) balığında en yüksek Al^{+3} değerini 13.80 mg/kg olarak tespit etmişlerdir. Başlangıçta düşük tespit edilen taze balıktaki Al^{+3} miktarı (1.20 ± 0.04 mg/kg), katkı maddeleri ilavesi ile birlikte tüm gruplarda önemli ölçüde artış göstermiş ve en yüksek 0. günde A grubunda (12.37 ± 1.93 mg/kg) tespit edilmiştir. Dünya Sağlık Örgütü (Anonim, 2020), yetişkin bireylerin vücutlarına günde en fazla 60 mg Al^+ almalarını önermektedir. Türk Gıda Kodeksi'nin 2002/63 numaralı tebliği (Anonim, 2002) uyarınca gıda maddelerinde bulunabilecek maksimum Al^{+3} miktarı 15 mg/kg olarak belirlenmiştir ancak yenilenen 2008/26 numaralı güncel tebliğinde (Anonim, 2008) Al sınırlaması kaldırılmıştır. Köftelerin 0. gündeki Al^+ değerleri ile STT günlerindeki Al^{+3} değerleri arasında fark tespit

edilmemiştir ($p>0.05$). Ayrıca enzim miktarındaki artış da Al^{+3} değerini etkilememiştir ($p<0.05$).

Taze alabalığın Se^{-2} içeriği 0.19 mg/kg olup bu değerin diğer tüm gruplarda benzer olduğu tespit edilmiştir ($p>0.05$). Çaklı (2007) günlük diyetle alınması gereken Se^{-2} içeriğini 0.03-0.07 mg/kg olarak bildirmektedir. Taze alabalığın ve diğer tüm grupların Se^{-2} içeriği bu değerin üzerindedir.

Mineral maddelerin birçoğu insanlar için esansiyeldir. Ancak Cu^{+2} ve Zn^{+2} gibi mikro elementler ve Hg^{+} , Cd^{+2} ve Pb^{+2} gibi ağır metaller, belli limitlerin üzerinde vücuda alındığında sağlık sorunlarına yol açmaktadır. Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği'ne göre 1 kg yaş balık etindeki Hg^{+} , Cd^{+2} ve Pb^{+2} için kabul edilebilir sınır değerler sırasıyla; 0.5, 0.05, 0.3mg'dır (Anonim, 2019a). Tablo 4.7'de sunulduğu gibi taze alabalık eti ile Kontrol, A ve B gruplarının ilk günkü ve depolama sonunda yaş üründe yapılan ağır metal analizlerinde Hg^{+} , Cd^{+2} ve Pb^{+2} içeriği tespit edilebilir değerlerin (<0.01 mg/kg) altında bulunmuştur.

4.2.5. pH Analizi Bulguları

Araştırmada kullanılan taze alabalık eti ile Kontrol, A ve B gruplarındaki köftelerin depolama süresince belirlenen pH değerleri Tablo 4.8'de ve Şekil 4.15'te sunulmuştur.

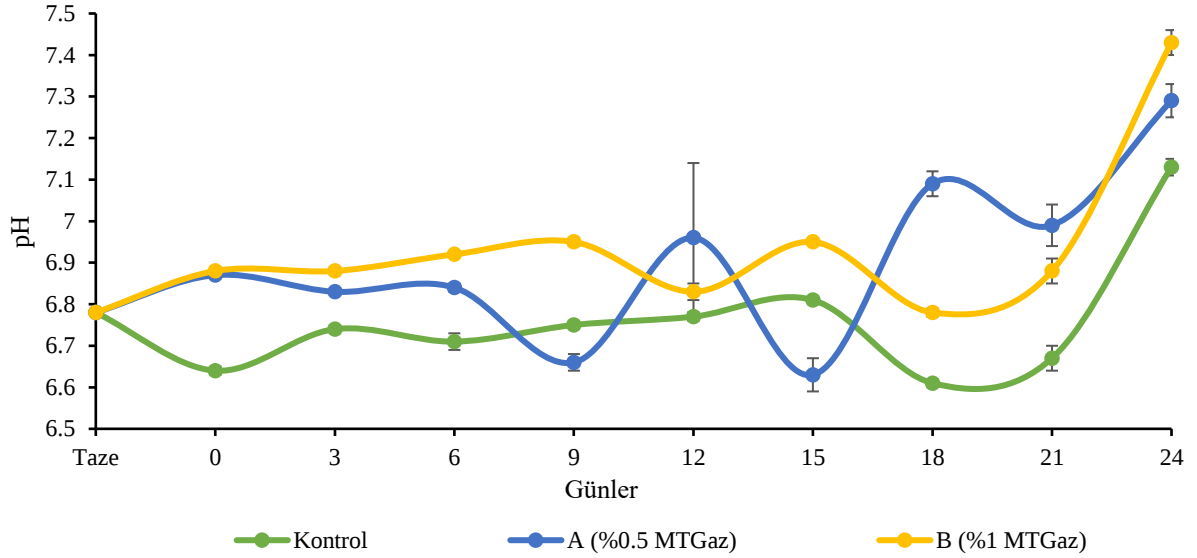
Tablo 4.8. Taze balık eti ve köftelerin depolama süresince pH değerleri

Depolama Süresi (Gün)	Kontrol	A (%0.5 MTGaz)	B (%1 MTGaz)
Taze balık	6.78±0.00 ^{Abc}	6.78±0.00 ^{Abcd}	6.78±0.00 ^{Ade}
0	6.64±0.01 ^{Bef}	6.87±0.00 ^{Abcd}	6.88±0.01 ^{Abcde}
3	6.74±0.01 ^{Cbcde}	6.83±0.00 ^{Bbcd}	6.88±0.01 ^{Abcde}
6	6.71±0.02 ^{Ccde}	6.84±0.01 ^{Bbcd}	6.92±0.00 ^{Abc}
9	6.75±0.01 ^{Bbcd}	6.66±0.02 ^{Ccd}	6.95±0.01 ^{Ab}
12	6.77±0.01 ^{Abc}	6.96±0.18 ^{Abc}	6.83±0.02 ^{Acde}
15	6.81±0.01 ^{Bb}	6.63±0.04 ^{Cd}	6.95±0.00 ^{Ab}
18	6.61±0.01 ^{Cf}	7.09±0.03 ^{Ab}	6.78±0.01 ^{Be}
21	6.67±0.03 ^{Bdef}	6.99±0.05 ^{Ab}	6.88±0.03 ^{Abcd}
24	7.13±0.02 ^{Ca}	7.29±0.04 ^{Ba}	7.43±0.03 ^{Aa}

Ort. (n=6) ± st. hata

A, B, C (→): Farklı harf taşıyan gruplar arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0.05$)

a, b, c ...g (↓): Farklı harf taşıyan günler arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0.05$)



Şekil 4.15. Köftelerin depolama süresince pH değerleri

Tablo 4.8’de sunulduğu gibi çalışmada kullanılan taze ham materyalin pH değeri 6.78 ± 0.00 olarak tespit edilmiştir. Arashisar ve ark. (2004), taze Gökkuşığı alabalığında (*Oncorhynchus mykiss*) pH değerini 6.30; Berik ve ark. (2011), 6.77; İnanlı ve ark. (2011), 6.81; Oğuzhan ve Angiş (2012), 6.31; Kocatepe ve ark. (2016), 6.20; Yerlikaya ve ark. (2017), 6.52; Çorapçı (2017) ise 6.40 olarak tespit etmişlerdir. Bilindiği gibi, pH değeri üzerinde farklılıklara neden olabilecek pek çok etmen bulunmaktadır. Kullandığımız materyale ait pH değeri, literatür ile karşılaştırıldığında nispeten bir miktar daha yüksek tespit edilmekle beraber, sonuçlarımıza benzer bulguların da mevcut olduğu gözlemlenmiştir. Bunun nedeninin ise taze balığın ölümünden hemen sonra, henüz laktik asit oluşumu başlamadan ölçümlerin yapılmış olması gösterilebilir. pH değişiminin tek başına kalite kriteri olarak yeterli olmaması ile birlikte, genel olarak taze balıktaki pH değerlerindeki farklılıkların mevsime, türe, beslenme tarzına, yakalanma esnasındaki stres durumuna ve cinsiyete göre değiştiği bilinmektedir (Ocaño-Higuera ve ark., 2011). Çeşitli araştırmacılar (Varlık ve ark., 1993; Bilgin ve ark., 2007) pH’nın taze balıkta nötr olduğunu, ölümden sonra laktik asit oluşumu ile düşüş gösterdiğini ve bozulmanın başlaması ile yeniden yükseldiğini bildirmektedirler. Tablo 4.8 ve Şekil 4.15’teki analiz sonuçları incelendiğinde, depolama süresi boyunca tüm gruplarda değişimler olduğu görülmektedir. Tüm gruplarda mevcut depolama süresi ve sıcaklığında (24. gün, $2 \pm 2^\circ\text{C}$) otolitik enzim yıkımları ve mikrobiyolojik parçalanmanın etkisi ile pH değerlerinde artış meydana gelmiştir ($p > 0.05$). Depolama süresi sonunda enzim ihtiva eden A ve B gruplarında pH seviyeleri Kontrol grubuna göre yüksek tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Depolama süresi sonunda en yüksek pH B grubunda (7.43), en düşük ise Kontrol grubunda (7.13) tespit

edilmiştir. Depolama süresine göre pH değişimine ait regresyon denklemleri ile korelasyon katsayıları Kontrol, A ve B gruplarında sırasıyla, $y = 0.0184x + 6.66$, ($r = 0.39$); $y = 0.0388x + 6.6807$, ($r = 0.59$) ve $y = 0.0322x + 6.7507$, ($r = 0.52$) olarak tespit edilmiştir. Her üç grubun korelasyon katsayılarından da anlaşıldığı üzere, depolama süresi ile pH artışı arasında zayıf bir ilişki görülmektedir (Şekil 4.15). Tablo 4.8’de görüldüğü gibi enzim kullanılmayan Kontrol grubunda köfte üretildikten hemen sonra (4 saat sonra) yapılan 0. gün analizinde pH değeri 6.64 ± 0.01 ’e düşmüştür ($p < 0.05$). 0. günde pH değerindeki bu düşüşün nedeninin ise balık ölümünü takiben ilk birkaç saat içerisinde glikojen yıkımının ve anaerobik laktik asit oluşumunun etkisinden gerçekleşebileceği bildirilmiştir. (Şengör ve ark., 2000; Chomnawang ve ark., 2007).

pH değerindeki artış, bozulmanın başlamasından itibaren proteinlerin parçalanarak amonyak ve uçucu bazların oluştuğunu işaret etmektedir (Connell, 1980). Ancak, bazı araştırmacıların da bildirdiği üzere (Yüksel ve Erdem, 2007; Gaspar ve Goes-Favoni, 2015) özellikle enzim ilaveli gruplardaki pH seviyesinin daha yüksek tespit edilmesinin nedeninin izoelektrik noktası yüksek olan MTGaz’ın pH üzerinde yükseltici etkisinden kaynaklandığı söylenebilir. Zira MTGaz enzimi 38 kDa ağırlığında, 331 amino asit dizisi ile bağımsız polipeptid yapıdan oluşmaktadır ve ortalama izoelektrik noktası 8.90 pH dolaylarındadır (Ando ve ark., 1989a; Abd-Rabo ve ark., 2010). Başaran ve ark. (2010), Atlantik somonu (*Salmo salar*) ile yapmış oldukları çalışmada tek enzim ilaveli (%0.5) grubun tüm frekanslarda (433, 915 ve 1800 mHz) ve tüm sıcaklıklarda (20, 40, 60, 80, 100, 121 ve 130°C) kontrol grubuna göre dielektrik katsayısını ve dielektrik kayıp faktörünü daha yüksek tespit etmişlerdir ($p < 0.05$).

Karina ve Setiadi (2020), tombak balığı (*Scomberomorus commersoni*) filetolarına MTGaz enzimi (%1 ve %1.5) kaplaması uygulayarak 15 gün boyunca buzdolabı koşullarında depoladıkları araştırmada; balık etine MTGaz enzimi eklemenin pH’yı doğrudan sert bir şekilde yükselttiğini bildirmişler ve peynir altı suyu ile muamele edilen kontrol grubuna göre önemli ölçüde yüksek tespit etmişlerdir ($p < 0.05$). Araştırmacılar ayrıca depolama süresi boyunca enzimli gruplarda diğer gruplara göre daha çok değişim bildirmişlerdir. Araştırmacıların bulguları bu çalışmanın sonuçları ile örtüşmektedir.

4.2.6. Su aktivitesi (a_w) Analizi Bulguları

Araştırmada kullanılan taze alabalık ile Kontrol, A ve B gruplarındaki alabalık köftelerin a_w analizi sonuçları Tablo 4.9’da ve Şekil 4.16’da sunulmuştur.

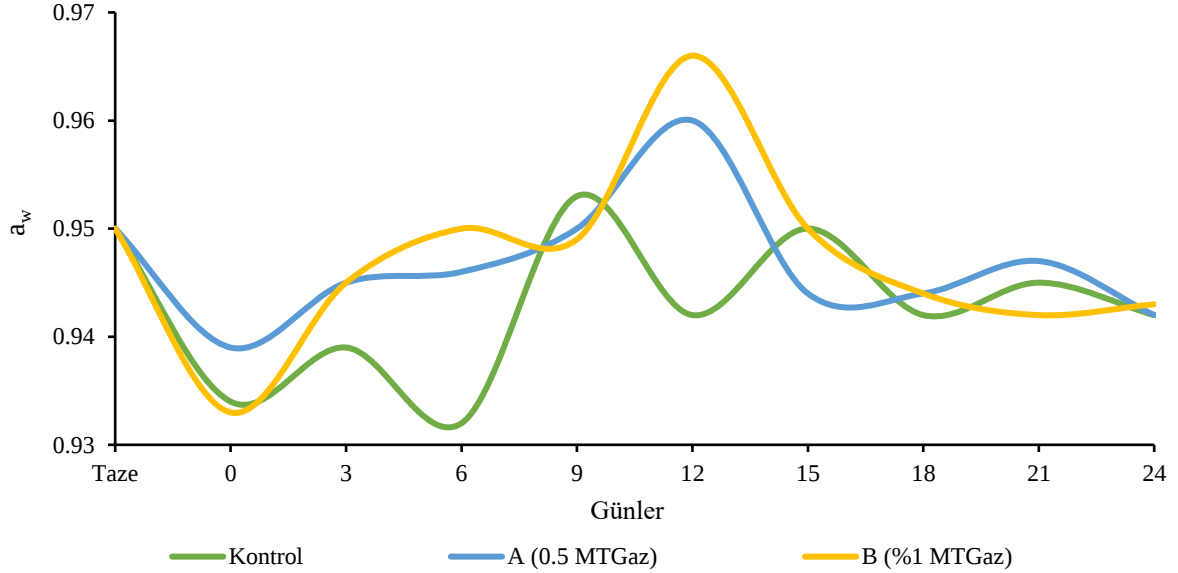
Tablo 4.9. Taze balık ve köftelerin depolama süresince a_w değerleri

Depolama Süresi (Gün)	Kontrol	A (%0.5 MTGaz)	B (%1 MTGaz)
Taze Balık	0.95±0.00 ^{Aabcd}	0.95±0.00 ^{Abc}	0.95±0.00 ^{Abc}
0	0.93±0.00 ^{Afg}	0.94±0.00 ^{Ae}	0.93±0.00 ^{Ae}
3	0.94±0.00 ^{Befg}	0.95±0.00 ^{Abcde}	0.94±0.00 ^{Acde}
6	0.93±0.00 ^{Bg}	0.95±0.00 ^{Abcde}	0.95±0.00 ^{Abcd}
9	0.95±0.00 ^{Aabcd}	0.95±0.00 ^{Ab}	0.95±0.00 ^{Bb}
12	0.94±0.00 ^{Cbcdef}	0.96±0.00 ^{Ba}	0.97±0.00 ^{Aa}
15	0.95±0.00 ^{Aa}	0.94±0.00 ^{Bcde}	0.95±0.00 ^{Abc}
18	0.94±0.00 ^{Adef}	0.94±0.00 ^{Acde}	0.95±0.00 ^{Acde}
21	0.94±0.00 ^{Aabcde}	0.94±0.00 ^{Abcd}	0.94±0.00 ^{Ad}
24	0.94±0.00 ^{Acdef}	0.94±0.00 ^{Ade}	0.94±0.00 ^{Ad}

Ort. (n=6) ± st. hata

A, B, C (→): Farklı harf taşıyan gruplar arasındaki fark önemlidir ($P \leq 0.05$)

a, b, c ...g (↓): Farklı harf taşıyan günler arasındaki fark önemlidir ($P \leq 0.05$)



Şekil 4.16. Köftelerin depolama süresince a_w değerleri

Su aktivitesi (a_w), gıdadaki suyun buhar basıncının aynı sıcaklıktaki saf suyun buhar basıncına oranı olarak tanımlanır. Su aktivitesi gıdada bulunan serbest su miktarının bir ölçütüdür ve suyun gıda ürünlerinde yapısal ve kimyasal olarak ne kadar sıkı bağlandığını gösterir. Özellikle mikrobiyolojik faaliyetler için gıdalardaki suyun kullanılabilme durumunu ve derecesini belirler. Gıdalardaki biyolojik ve kimyasal değişimlerden kaynaklanan bozulmalar,

yapılarında var olan bu su nedeniyle ortaya çıkar. Serbest su miktarındaki değişim su aktivitesinin de değişmesine neden olur. Genel olarak besinlerin a_w değeri 0.10 ile 0.99 aralığında değişim gösterir. Gıdaların çok büyük bir bölümü ile içeceklerin a_w değeri 0.99 dolayındadır (Erkmen, 2010).

Şengör ve ark. (2004) Akdeniz midyesinde (*Mytilus galloprovincialis*) a_w değerini 0.97; Patır ve Duman (2006) sazan balığında (*Cyprinus carpio*) 0.95; Diler ve ark. (2008) sudak balığında (*Stizostedion lucioperca*) 0.97; Patır ve ark. ise (2009) karideste 0.95 olarak tespit etmişlerdir. Kocatepe ve ark. (2016) ile Çorapçı (2017) taze Gökkuşluğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) kıymasında su aktivitesi değerlerini sırasıyla 0.97 ve 0.96 olarak tespit etmişlerdir. Tablo 4.9'da sunulduğu gibi çalışmamızdaki taze alabalık kıymasının su aktivitesi değeri (0.95 ± 0.00), hem diğer su ürünlerine hem de taze alabalık ürünlerine yakın tespit edilmiştir. Depolama süresine göre a_w değişimine ait regresyon denklemleri ile korelasyon katsayıları Kontrol, A ve B gruplarında sırasıyla, $y = 0.0004x + 0.9408$, ($r = 0.17$); $y = -0.0001x + 0.9473$, ($r = 0.05$) ve $y = 7E-05x + 0.9468$, ($r = 0.03$) olarak tespit edilmiştir. Korelasyon katsayılarından da anlaşıldığı üzere, depolama süresine bağlı olarak gruplarda a_w değeri neredeyse hiç değişim göstermemiştir. Tablo 4.9 ve Şekil 4.16'da görüldüğü gibi üretilen alabalık köftelerinin su aktivitelerinde depolama süresi boyunca değişimler görülmekle birlikte, depolama süresi sonunda taze ürüne kıyasla düşüş gözlenmiştir. Depolamanın ilk gününde (0. günde) gruplar arası farklılık istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p > 0.05$). Martelo-Vidal ve ark. (2016a), beyaz ton balığından (*Thunnus alalunga*) MTGaz enzimi ilavesiyle (300 U/kg) elde ettikleri yeniden yapılandırılmış düşük tuzlu (15g/kg) üründe, su aktivitesi (a_w) değerlerinde MTGaz enziminin düşürücü etkiye sahip olduğunu ($p < 0.05$) tespit etmişler ve su aktivitesinin düşmesi ile birlikte kimyasal, enzimatik ve mikrobiyolojik faaliyetlerin yavaşlaması bakımından olumlu olduğunu bildirmişlerdir. Martelo-Vidal ve ark. (2016b), berlam balığından (*Merluccius merluccius*) düşük tuzlu fonksiyonel yeniden yapılandırılmış ürün elde ederek farklı oranlarda MTGaz kullanımının (150, 300, 600 ve 900 U/kg) su aktivitesi üzerinde etkisini araştırdıkları çalışmalarında farklı oranlarda MTGaz kullanımının su aktivitesi (a_w) üzerinde Kontrol grubuna göre herhangi bir fark oluşturmadığını belirlemişlerdir. Araştırmamızın 6. gününe kadar enzim kullanılan gruplarda daha yüksek a_w değeri gözlenmiş, 18. günden çalışma tamamlanana kadarki geçen depo ömründe (Tablo 4.9) tüm grupların su aktivitesi değerlerinin birbiriyle benzer olduğu ($p > 0.05$) tespit edilmiştir. Dolayısıyla depolama süresi sonundaki su aktivitelerinin de birbiriyle benzer olduğu görülmektedir. Her 3 grupta da birbirine benzer a_w değerlerinin tespit edilmesi, uygulanan

işleme yönteminin a_w değerlerini çok fazla etkilememesinden kaynaklı olabilir. Zira enzim uygulaması da proteinlerin çapraz bağlantılar oluşturarak jel oluşturma kapasitesini artırıp aynı zamanda su tutma kapasitesini de artırmakta ve bu da ürünün su miktarında dolayısıyla a_w değerinde çok önemli değişimlere neden olmamaktadır. Araştırma sonuçlarımızı literatür ile karşılaştırdığımızda, bulgularımızın Martelo-Vidal ve ark. (2016a)'nın sonuçlarından farklı, Martelo-Vidal ve ark. (2016b)'nin sonuçları ile benzerlik gösterdiği söylenebilir. Bu tür farklılıkların balık türlerinden, katkı maddelerinden, işleme yönteminden ve bunun gibi pek çok farklı etmenden kaynaklandığı söylenebilir. Buna ilave olarak MTGaz enzimi ile muamele edilen her balık türünde etkiler benzer olmayabilir zira aktivasyonun gerçekleşmesi – çapraz bağ oluşum süreci, balıkta bulunan protein, serbest amino asit, Ca^{+2} varlığı ya da Cu^{+2} , Zn^{+2} , ve Pb^{+2} vb. elementlerin/ağır metallerin inhibisyonu gibi faktörlere de bağlıdır (Ashie ve Lanier, 2000).

4.2.7. Renk Analizi Bulguları

Araştırmada kullanılan taze balık, Kontrol, A ve B gruplarının L^* (Tablo 4.10, Şekil 4.17), a^* (Tablo 4.11 ve Şekil 4.18) ve b^* (Tablo 4.12 ve Şekil 4.19) değeri sonuçları aşağıda görülmektedir. Ayrıca Kontrol, A ve B gruplarının regresyon denklemleri ve korelasyon katsayıları Tablo 4.13'te yer almaktadır.

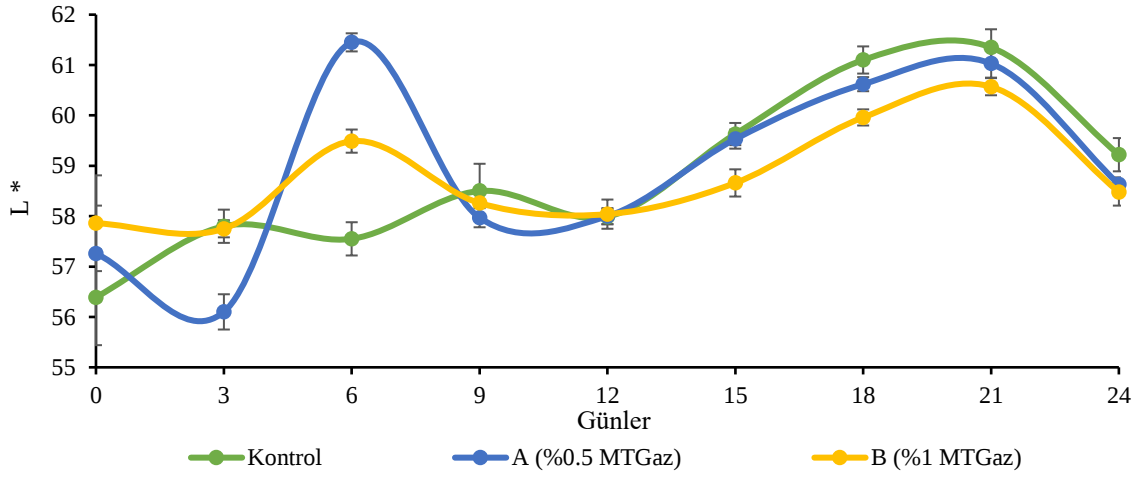
Tablo 4.10. Taze balık ve köftelerin depolama süresine göre L^* değerleri

Depolama Süresi (Gün)	Kontrol	A (%0.5 MTGaz)	B (%1 MTGaz)
Taze Balık	58.23±0.95 ^{Acde}	58.23±0.95 ^{Acde}	58.23±0.95 ^{Abc}
0	56.39±0.33 ^{Be}	57.26±0.35 ^{ABde}	57.86±0.17 ^{Abc}
3	57.80±0.33 ^{Acde}	56.10±0.18 ^{Be}	57.75±0.23 ^{Ac}
6	57.55±0.54 ^{Cde}	61.45±0.19 ^{Aa}	59.49±0.24 ^{Babc}
9	58.50±0.15 ^{Acde}	57.97±0.16 ^{Acde}	58.26±0.29 ^{Abc}
12	57.99±0.22 ^{Acde}	58.00±0.19 ^{Acde}	58.04±0.27 ^{Abc}
15	59.63±0.27 ^{Aabc}	59.53±0.14 ^{Abc}	58.66±0.16 ^{Babc}
18	61.10±0.36 ^{Aab}	60.62±0.28 ^{ABab}	59.96±0.17 ^{Bab}
21	61.35±0.33 ^{Aa}	61.03±0.14 ^{Aab}	60.57±0.27 ^{Aa}
24	59.22±0.43 ^{Abcd}	58.63±0.30 ^{Acde}	58.48±0.62 ^{Abc}

Ort. (n=6) ± st. Hata

A, B, C (→): Farklı harf taşıyan gruplar arasındaki fark önemlidir ($P \leq 0.05$)

a, b, c ...g (↓): Farklı harf taşıyan günler arasındaki fark önemlidir ($P \leq 0.05$)



Şekil 4.17. Köftelerin depolama süresince L* değeri

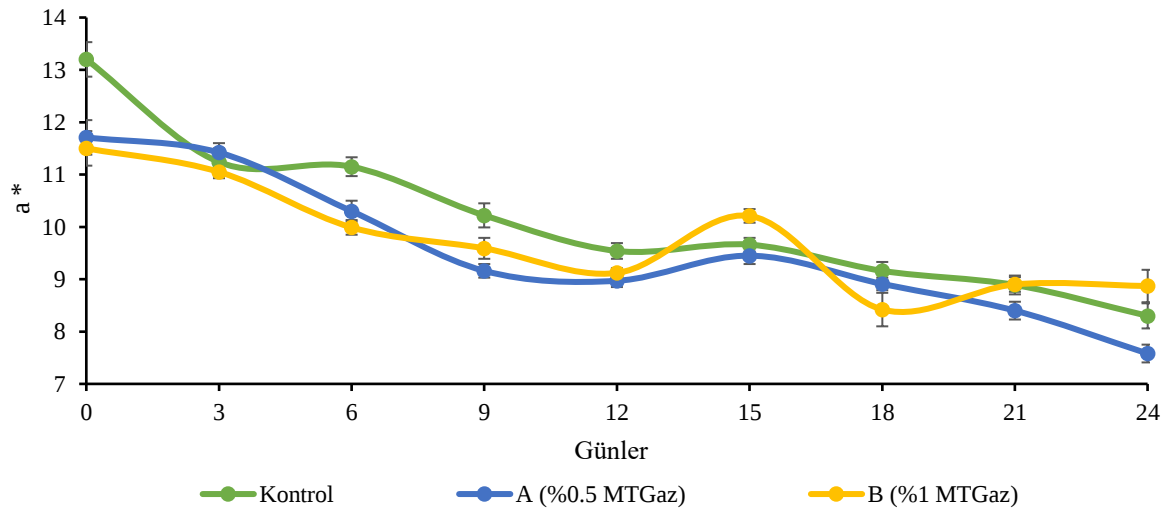
Tablo 4.11. Taze balık ve köftelerin depolama süresine göre a* değerleri

Depolama Süresi (Gün)	Kontrol	A (%0.5 MTGaz)	B (%1 MTGaz)
Taze Balık	1.35±0.33 ^{Ag}	1.35±0.33 ^{Af}	1.35±0.33 ^{Ag}
0	13.20±0.26 ^{Aa}	11.71±0.18 ^{Ba}	11.50±0.12 ^{Ba}
3	11.24±0.18 ^{Ab}	11.42±0.20 ^{Aa}	11.05±0.14 ^{Aab}
6	11.15±0.23 ^{Abc}	10.30±0.13 ^{Bb}	9.99±0.20 ^{Bbcd}
9	10.22±0.15 ^{Acd}	9.16±0.12 ^{Ccd}	9.59±0.09 ^{Bcde}
12	9.54±0.13 ^{Ade}	8.97±0.16 ^{Bcd}	9.12±0.13 ^{ABcdef}
15	9.66±0.17 ^{ABde}	9.45±0.12 ^{Bc}	10.21±0.32 ^{Aabc}
18	9.16±0.18 ^{Aef}	8.91±0.17 ^{ABcd}	8.42±0.14 ^{Bf}
21	8.89±0.24 ^{Aef}	8.40±0.17 ^{Ad}	8.90±0.31 ^{Adef}
24	8.30±0.24 ^{ABf}	7.58±0.09 ^{Be}	8.87±0.35 ^{Aef}

Ort. (n=6) ± st. hata

A, B, C (→): Farklı harf taşıyan gruplar arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0.05$)

a, b, c ...g (↓): Farklı harf taşıyan günler arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0.05$)



Şekil 4.18. Köftelerin depolama süresince a* değeri

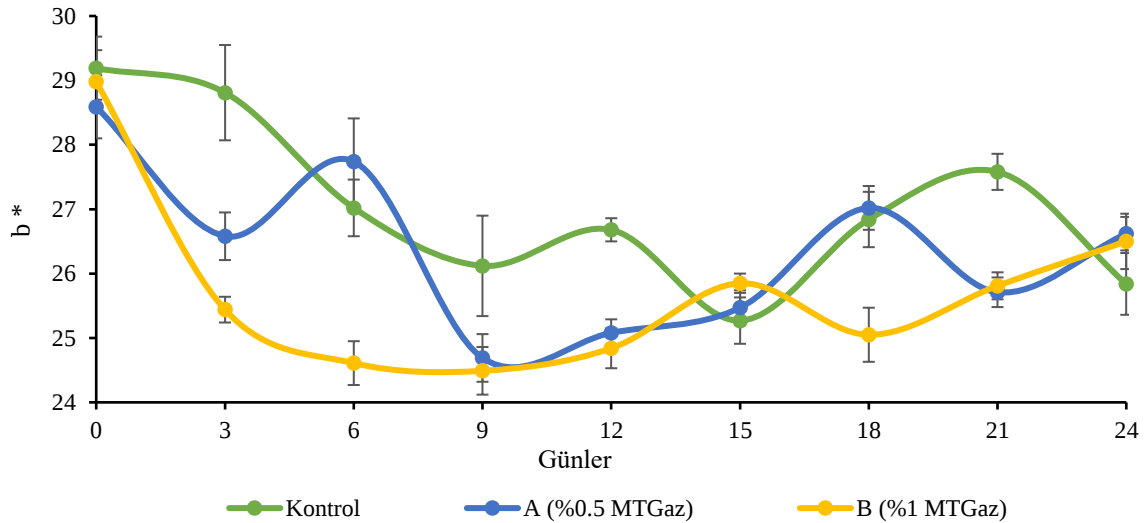
Tablo 4.12. Taze balık ve köftelerin depolama süresine göre b* değerleri

Depolama Süresi (Gün)	Kontrol	A (%0.5 MTGaz)	B (%1 MTGaz)
Taze Balık	4.13±0.49 ^{Ae}	4.13±0.49 ^{Ae}	4.13±0.49 ^{Ad}
0	29.19±0.74 ^{Aab}	28.59±0.37 ^{Aa}	28.98±0.20 ^{Aa}
3	28.81±0.44 ^{Aa}	26.58±0.67 ^{Babcd}	25.44±0.34 ^{Bbc}
6	27.02±0.78 ^{Aabcd}	27.74±0.37 ^{Aa}	24.61±0.37 ^{Bc}
9	26.12±0.18 ^{Ac}	24.69±0.21 ^{Bd}	24.49±0.31 ^{Bc}
12	26.68±0.36 ^{Abcd}	25.08±0.27 ^{Bcd}	24.84±0.15 ^{Bbc}
15	25.27±0.43 ^{Ad}	25.47±0.34 ^{Abcd}	25.85±0.42 ^{Abc}
18	26.84±0.28 ^{Aabcd}	27.02±0.32 ^{Aab}	25.05±0.21 ^{Bbc}
21	27.58±0.48 ^{Aabc}	25.71±0.26 ^{Bbcd}	25.81±0.43 ^{Bbc}
24	25.84±0.35 ^{Ac}	26.62±0.61 ^{Abc}	26.50±0.50 ^{Ab}

Ort. (n=6) ± st. hata

A, B, C (→): Farklı harf taşıyan gruplar arasındaki fark önemlidir (p ≤ 0.05)

a, b, c ...g (↓): Farklı harf taşıyan günler arasındaki fark önemlidir (p ≤ 0.05)



Şekil 4.19. Köftelerin depolama süresince b* değeri

Tablo 4.13. Köftelerin renk analizine ait regresyon denklemleri ve korelasyon katsayıları

	Kontrol	A (%0.5 MTGaz)	B (%1 MTGaz)
L*	y= 0.5033x + 56.32 r= 0.84	y= 0.3362x + 57.274 r= 0.50	y= 0.2047x + 57.762 r= 0.56
a*	y= -0.5198x + 12.75 r= 0.95	y= -0.4678x + 11.884 r= 0.94	y= -0.3248x + 11.363 r= 0.85
b*	y= -0,305x + 28,564 r= 0.64	y= -0,1858x + 27,318 r= 0.40	y= -0,1095x + 26,278 r= 0.22

Ural (1983), tüketici tercihini etkileyen en önemli kriterlerden birisi olan görünüşün değerlendirilmesinde, renk faktörünün önemli bir etken olduğunu belirtmiştir. Ürünü satın alma konusunda tüketicileri de etkileyen başlıca faktör gıdanın rengidir (Gambaro ve ark., 2001; Macdougall, 2002; Kocatepe ve Çorapçı, 2019). Bununla birlikte çeşitli araştırmacılar

da renk ölçümünün muhafaza süresince kaliteyi gösteren önemli bir gösterge olduğuna vurgu yapmaktadır (Zhao ve ark., 2017; Kocatepe ve Çorapçı, 2019). Kişiden kişiye değişebilen renk algısını, enstrümental cihazlar ile belirlemek önemlidir. Nitekim renk duyuşsal analiz formları ile de ölçülebilir olmasına karşın enstrümental cihazlar ile yapılacak ölçüm daha kesin sonuçlar verebilmektedir (Kocatepe ve Çorapçı, 2019).

Kılınç ve ark. (2009) taze alabalık kıymasında L^* değerini 60.32; Kocatepe ve ark. (2016), 55.88 ve Çorapçı (2017), 57.16 olarak tespit etmiştir. Denizlerde, göllerde ya da akarsularda doğal yollardan beslenen balıkların rengi, besin habitatını oluşturan planktonik organizma veya krustase gibi besin döngüsündeki av-avcı ilişkisinden etkilenmektedir. Kültür balıklarında ise, dokuda oluşan renklenme, yemlere ilave edilen doğal ya da sentetik renk maddeleri ile elde edilebilmektedir (Bird ve Savage, 1990; Choubert ve Blanc, 1985; Emir Çoban ve Tuna Keleştemur, 2011). Bundan dolayı doğal ortamdan elde edilen balıklar ile kültür balıklarının L^* , a^* ve b^* değerlerinde değişik bulgular gözlemlenebilmektedir.

Tablo 4.10'da sunulduğu gibi depolama süresince grupların L^* (parlaklık) değerinin 9., 12., 21. ve 24. günlerde benzer olduğu tespit edilmiştir ($p>0.05$). Allen ve ark. (1997), pH ile L^* değeri arasında ters bir ilişki olduğunu, pH'nın hızlı artışlarıyla birlikte L^* değerinde de aynı şekilde düşüş oluştuğunu bildirmişlerdir. Bulgularımızda da benzer etki görülmektedir zira her üç grupta pH'nın hızlı olarak artış gösterdiği 21. ila 24. günler arasında L^* değerleri de hızlı bir düşüş göstermiştir. Şekil 4.17'de diğer günlerde gruplar arası farklılıklar olduğu daha net görülmektedir. $+a^*$ değeri kırmızımsı rengi ifade ederken $+b^*$ rengi sarı rengi ifade etmektedir. Taze balıkta tespit edilen 1.35 a^* değeri kıymaya ilave edilen çeşitli katkı maddeleri nedeniyle Kontrol grubunda daha yüksek olmak üzere her 3 grupta da 10 katını aşan bir artış göstermiştir. Tablo 4.11'de görüldüğü gibi a^* değeri tüm gruplarda depolama süresine bağlı olarak 0. güne kıyasla düşüş göstermiştir ($p<0.05$). Tablo 4.11 ve Şekil 4.18 incelendiğinde, depolama süresi sonunda en düşük ve en yüksek a^* değerlerinin sırasıyla A ve B gruplarında tespit edildiği, Kontrol grubunun ise hem A hem de B grubuna benzer bulunduğu görülmektedir ($p>0.05$). Renk ölçümünde sarı ve mavi renkleri ifade eden b^* değeri de taze balık etinde 4.13 iken, köfte haline getirilen üründe Kontrol, A ve B gruplarında sırasıyla 29.19, 28.59 ve 28.98 olarak ölçülmüştür ve depolama süresince değişim göstermiştir (Şekil 4.19). Bununla birlikte Tablo 4.12'de görüldüğü gibi b^* değeri, depolamanın son gününde 0. güne kıyasla daha düşük tespit edilmiştir ($p<0.05$). Buna karşın b^* değeri ise depolama süresi sonunda her üç grupta da benzer tespit edilmiştir ($p>0.05$). Tablo 4.13'de sunulan korelasyon katsayılarına göre depolama süresi ile L^* , a^* ve b^* değerleri arasındaki

ilişki en yüksek Kontrol grubunda bulunmuştur. Renk değerlerindeki değişimlerin (özellikle a* ve b*) balık etine ilave edilen ve formülasyonda bulunan baharatlar ile diğer katkılardan ve depolama süresinden dolayı olduğu düşünülmektedir.

Ramírez ve ark. (2007), has kefal den (*Mugil cephalus*) oluşturdıkları yeniden yapılandırılmış ürünlerde farklı tuz oranları (10g/kg ve 20g/kg) ile %0.3 oranında MTGaz enzimi kullanmışlardır. Buna göre düşük oranda (10g/kg) tuz kullanımında L* değerlerinde MTGaz enzimi kullanımı açısından hiçbir grup arasında fark gözlenmemiştir (p<0.05) ancak normal tuz oranında (20g/kg) enzim kullanılan grupta L* değeri daha düşük tespit edilmiştir (p<0.05). Düşük tuz oranı ile MTGaz enzimi kullanımının b* değerinde yükselmeye, normal tuz oranında ise a* değerinde yükselmeye neden olduğunu tespit etmişlerdir (p<0.05). Karayannakidis ve ark. (2008), altın şeritli sardalyadan (*Sardinella gibbosa*) elde ettikleri kamabokoda MTGaz enzimi kullanımının L* değerinde artışa neden olduğunu tespit etmişlerdir (p<0.05). Zad Bagher Seighalani ve ark. (2017), 0.10 ila 0.50 U/g arasında MTGaz enzimi kullanıp kırmızı tilapyadan elde ettikleri surimide, L* (parlaklık/beyazlık) değerini araştırmışlar ve enzim kullanılan gruplarda L* değerinde artış tespit etmişlerdir (p<0.05). Araştırmacılar ayrıca enzim oranı attıkça L* değerinin de yükseldiğini (p<0.05) ancak 0.30 U/g üzerinde enzim kullanımının L* değişiminde önemli bir etkisi olmadığını belirlemişlerdir (p>0.05). Kunnath ve ark. (2015), çizgili kedi balığından (*Pangasianodon hypophthalmus*) elde edilen ve buzdolabında saklanan kıymada (r=50 mm, h=17 mm) tuz, MTGaz, sodyum kazeinat ve yumurta akının etkisini incelemişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre, tuz dâhil hiçbir katkı maddesi kullanılmayan kontrol grubu L*, a* ve b* parametreleri bakımından hem 1. hem de 11. günlerde diğer gruplara göre en yüksek değerlere sahip bulunmuştur (p<0.05). Tuz içeriğinin tüm renk parametrelerini (L*, a*, b*) azaltıcı etkiye sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Bununla birlikte 1. güne kıyasla 11. günde tüm gruplarda L* değerinde artış tespit edilmiştir (p<0.05). Yumurta akı miktarının artışı ile L* değerindeki artış daha belirgin hale gelmiştir. Tüm gruplarda b* değerinde depolama başında ve sonunda önemli bir değişim gözlenmemiştir. Enzim ilaveli gruplarda a* değeri diğer gruplara göre daha yüksek tespit edilmiştir. Cavenaghi-Altemio ve ark. (2018), yayınbalığı türlerinden hibritlenerek (*Pseudoplatystoma reticulatum* x *Pseudoplatystoma corruscans*) ticari olarak satılan bir balıkta farklı oranlarda MTGaz enzimi (%0.3 ve %0.6) kullanmışlardır. Araştırmacılar, L* parametresini en yüksek %0.6 oranında MTGaz enzimi kullanılan grupta 51.90±0.14 olarak; a* ve b* parametrelerini ise en yüksek %0.3 MTGaz enzimi kullanılan grupta sırasıyla 21.79±0.08 ve 17.74±0.08 olarak tespit etmişlerdir.

Seighalani ve ark. (2017), Nil tilapyasından (*Oreochromis niloticus*) çeşitli oranlarda MTGaz (0.1, 0.2, 0.3, 0.4 ve 0.5 U/g) enzimi kullanarak ürettikleri surimilerde kalite bakımından önemli bir ölçüt olan parlaklık/beyazlık parametresinde MTGaz kullanımının parlaklık/beyazlık miktarını artırdığını ve en düşük su kaybı gösteren grubun (0.3 U/g) en parlak/beyaz olduğunu tespit etmişlerdir. Araştırmamızda da bu bulguya benzer şekilde 0. günde MTGaz kullanımının L* değerini artırdığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte pek çok araştırmada L* değerlerinde depolama süresince değişimler takip edilmediğinden dolayı zamana bağlı gerçekleşen değişimleri kıyaslamak mümkün olmamaktadır.

Chanarat ve Benjakul (2013), Hint uskumrusundan (*Rastrelliger kanagurta*) çeşitli oranlarda (0.2, 0.4 ve 0.6 U/g) MTGaz ilavesiyle ürettikleri surimilerde MTGaz kullanımının parlaklık ve su kaybı üzerinde önemli bir etkisini saptamamışlardır.

Chareonthaikij ve ark. (2018), çizgili kedi balığından (*Pangasius hypophthalmus*) çeşitli oranlarda (%0.3 ve %0.6) TGaz enzimi kullanarak balık köftesi üretmişlerdir. Araştırmacılar MTGaz kullanımının L* değeri üzerinde herhangi bir etkisini saptayamazken, yalnızca %0.3 oranında TGaz kullanımının a* değerini hafif bir miktar azalttığını b* değerinde ise önemli bir değişikliğe neden olmadığını bildirmişlerdir.

Tüm renk parametreleri genel olarak değerlendirildiğinde, köfte formunda iken tespit edilen değerler depolama süresince ortaya çıkan fiziksel ve kimyasal değişimlerden dolayı değişebilmekte ve orijinal renk kaybolabilmektedir.

4.3. Kimyasal Analiz Bulguları

4.3.1. TVB-N Analizi Bulguları

Araştırmada kullanılan taze alabalık Kontrol, A ve B gruplarının TVB-N analizi sonuçları Tablo 4.14’de ve Şekil 4.20’de sunulmaktadır.

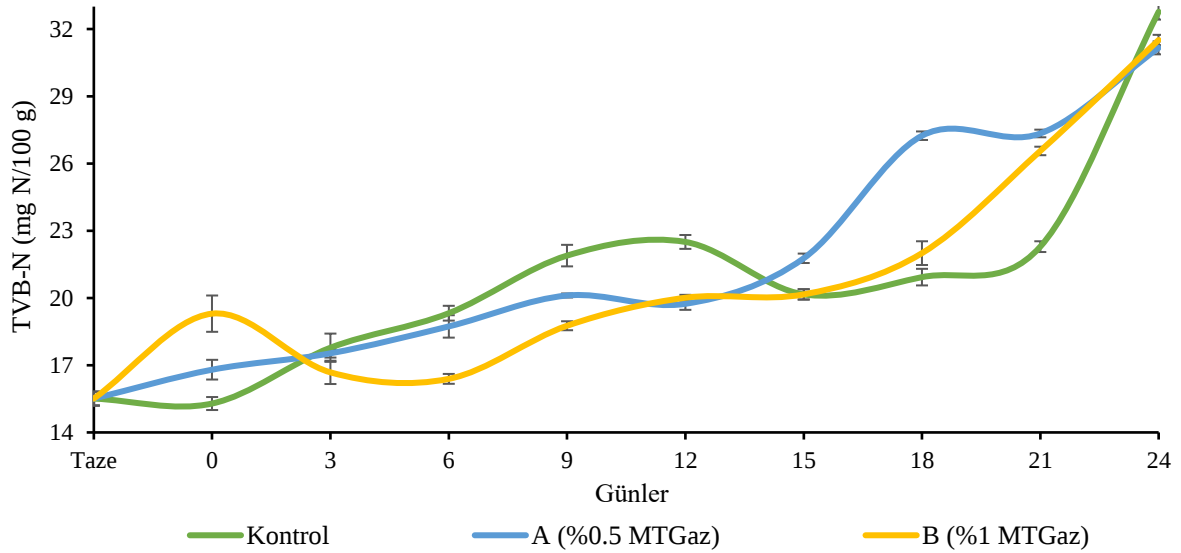
Tablo 4.14. Taze balık ve köftelerin depolama süresine göre TVB-N değerleri (mg N/100 g)

Depolama Süresi (Gün)	Kontrol	A (%0.5 MTGaz)	B (%1 MTGaz)
Taze Balık	15.51±0.31 ^{Ae}	15.51±0.31 ^{Ah}	15.51±0.31 ^{Ae}
0	15.29±0.29 ^{Be}	16.80±0.44 ^{Bgh}	19.30±0.81 ^{Ad}
3	17.78±0.63 ^{Ad}	17.53±0.19 ^{Afg}	16.68±0.52 ^{Ae}
6	19.32±0.33 ^{Ac^d}	18.73±0.50 ^{Aef}	16.39±0.22 ^{Be}
9	21.89±0.48 ^{Ab}	20.11±0.09 ^{Bd}	18.76±0.20 ^{Bd}
12	22.50±0.31 ^{Ab}	19.74±0.27 ^{Bde}	20.01±0.13 ^{Bd}
15	20.16±0.23 ^{Bc}	21.77±0.21 ^{Ac}	20.16±0.23 ^{Bd}
18	20.93±0.37 ^{Bbc}	27.24±0.19 ^{Ab}	22.00±0.53 ^{Bc}
21	22.29±0.24 ^{Cb}	27.34±0.17 ^{Ab}	26.56±0.19 ^{Bb}
24	32.77±0.35 ^{Aa}	31.16±0.29 ^{Ba}	31.51±0.23 ^{Ba}

Ort. (n=6) ± st. hata

A, B, C (→): Farklı harf taşıyan gruplar arasındaki fark önemlidir (p ≤ 0.05)

a, b, c ...g (↓): Farklı harf taşıyan günler arasındaki fark önemlidir (p ≤ 0.05)



Şekil 4.20. Köftelerin depolama süresince TVB-N miktarlarındaki değişim

TVB-N analizi, su ürünlerine dair kalitenin belirlenmesinde çok yaygın kullanılmaktadır ve mikrobiyolojik olaylar ile endojen enzimlerin aktivitesi ile ilgili çok önemli bir ölçüt olduğu bilinmektedir (Gökoğlu, 2002; Ruiz-Capillas ve Moral, 2005; Etyemez, 2011).

Tablo 4.14 incelendiğinde muhafaza süresi boyunca (24 gün) tüm grupların tüketilebilir sınır içerisinde (35mg/100g) kaldığı söylenebilir (Ludorf ve Meyer, 1973). Zamana bağlı TVB-N değişimine ait regresyon denklemleri ve korelasyon katsayıları; Kontrol, A ve B gruplarında sırasıyla, $y = 1.3528x + 13.403$, ($r = 0.83$); $y = 1.4817x + 13.728$, ($r = 0.95$) ve $y = 1.4181x + 12.889$, ($r = 0.87$) olarak tespit edilmiştir. Tablo 4.14 ve Şekil 4.20’de görüldüğü gibi ürünün üretilip pakatlendikten 6 saat sonra (0. gün) elde edilen TVB-N sonuçlarında; enzim ilavesinin miktarı arttıkça TVB-N miktarının arttığı gözlemlenmiştir. Bunun nedeninin proteinlerin artan

enzim faaliyetine bağılı çapraz bağı doku oluřturması esnasında ortaya çıkan azot bazlı bileřikler olduđu dűřünűlmektedir. Bununla birlikte grupların zamana bağılı deęiřimi bir bűtűn olarak incelendięinde, MTGaz ilaveli gruplarda TVB-N artıřının daha yavař gerçekteřtięi ve enzim konsantasyonundaki artıřın TVB-N űzerinde daha baskılayıcı etki gűsterdięini sűylemek műmkűndűr ($p < 0.05$) (Tablo 4.14). Aref ve ark. (2018), karabalıktan (*Clarias gariepinus*) MTGaz enzimi, biberiye ekstraktı, kitosan ve bunların çeeřitli kombinasyonlarını kullanarak elde ettięi tűketime hazır parmak balık űrűnlerinde MTGaz enzimi ilavesinin TVB-N miktarını azalttıęını ($p < 0.05$), dięer katkılarla kombine edildięinde ise TVB-N bakımından daha olumlu sonuçlar verdięini ($p < 0.05$) bildirmiřlerdir. Yerlikaya ve ark. (2015), uskumru (*Scomber scombrus*) balıęından elde ettikleri kıymaya 2, 5 ve 10 g/kg oranlarında MTGaz enzimi ilave etmiřler, 8 gűnlűk buzdolabı kořullarındaki depolama sonunda MTGaz enziminin TVB-N űzerinde olumlu etkisi olduęunu ($P < 0.01$) ve enzim konsantrasyonu arttıka olumlu etkinin arttıęını bildirmiřlerdir. Yerlikaya ve ark. (2017), Gűkkuřaęı alabalıęından (*Oncorhynchus mykiss*) elde ettikleri kıymada farklı oranlarda (%0.2, %0.5 ve %1) MTGaz enzimi kullanmıřlar, 10 gűnlűk muhafaza sűresi sonunda ise enzim kullanılan tűm gruplardaki TVB-N miktarının Kontrol grubuna gűre dűřűk olduęunu tespit etmiřlerdir ($p < 0.01$). Bu sonuçlar MTGaz enziminin TVB-N artıřı űzerinde sınırlayıcı etkide olduęunu gűstermektedir. Çalıřmamızda elde ettięimiz bulguların literatűrle benzerlik gűsterdięini sűyleyebiliriz. Bununla birlikte, enzimin TVB-N űzerindeki sınırlayıcı etkisi depolamanın ilk periyodunda daha belirginken, depolama sűresinin ilerlemesiyle bu sınırlayıcı etkinin azaldıęı da gűrűlmektedir. Bunun nedeninin ise, zaten depolamanın bařından beri çeeřitli nedenlerden dolayı (balık, baharatlar vb.) yűksek olan pH'nın űzellikle enzim kullanılan gruplarda bir miktar daha yűksek seyretmesi (enzimin Na^{+2} , Ca^{+2} vb. elementlerle oluřturduđu kovalent baęlar ile izoelektrik noktası deęiřkenlięi gibi) olabilir. Karina ve Setiadi (2020), balık etine MTGaz enzimi eklemenin űzellikle fiziksel, mikrobiyolojik ve fizikokimyasal parametrelerdeki deęiřimlere bağılı olarak olduka olumlu etkilerin gűzlenebilmesine raęmen, çapraz baęlama reaksiyonlarının oluřumu esnasında ortaya çıkan amonyak bazlı uęucu bileřiklerin hem pH'yı yűkselttięini hem de űnemli bir tazelik indikatűrű olan TVB-N analizinde titrasyonda kullanılan HCl ile reaksiyona girerek TVB-N deęerlerinin daha yűksek tespit edilmesine neden olduęunu bildirmiřlerdir. Lantto (2007), MTGaz enzimi ile gerçekteřen her çapraz baęlama reaksiyonunun sonunda bir amonyak molekűlűnűn ortaya çıktıęını bildirmiřtir. Ayrıca enzim miktarının artıřına bağılı olarak daha fazla oranda gerçekteřen çapraz baęlanma reaksiyonlarından ortaya çıkan amonyak benzeri bileřiklerin artıřına bağılı olarak TVB-N deęerlerinin daha yűksek olabileceęi vurgulanmıřtır. Bir dięer

neden olarak, depolamanın ikinci yarısından itibaren yüksek pH'dan ötürü enzimli gruplarda otolitik – endojen faaliyetlerin artışına bağlı azotlu bileşiklerin oluşumunun hız kazanmış olabileceği ifade edilmiştir. Tokay (2015), uskumru (*Scomber scombrus*) filetolarında sprey ile MTGaz enzimi uygulamasının depolama süresince ($4\pm 2^{\circ}\text{C}$) TVB-N miktarındaki artışı yavaşlattığını tespit etmiştir ($p<0.01$). Bununla birlikte, diğer enzimli gruplara göre en iyi TVB-N inhibisyonunun $7\ \mu\text{g}$ enzim kullanımı ile olduğunu belirlemişler, bunun nedenini ise optimum enzim/pH dengesine bağlamışlardır.

4.3.2. TBARs Analizi Bulguları

Araştırmada kullanılan taze balık ile Kontrol, A ve B gruplarının TBARs analizi sonuçları Tablo 4.15’de ve Şekil 4.21’de görülmektedir.

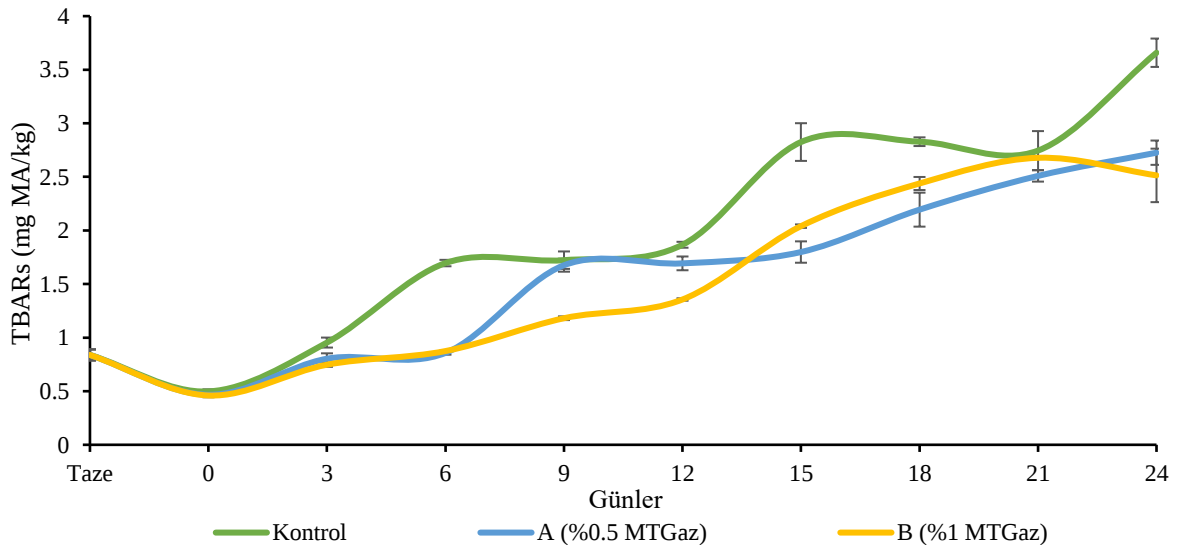
Tablo 4.15. Taze balık ve köftelerin TBARs miktarları (mg MA/kg)

Depolama Süresi (Gün)	Kontrol	A (%0.5 MTGaz)	B (%1 MTGaz)
Taze Balık	$0.84\pm 0.05^{\text{Ad}}$	$0.84\pm 0.05^{\text{Ad}}$	$0.84\pm 0.05^{\text{Ade}}$
0	$0.50\pm 0.02^{\text{Ad}}$	$0.47\pm 0.02^{\text{Ad}}$	$0.46\pm 0.02^{\text{Ae}}$
3	$0.95\pm 0.05^{\text{Ad}}$	$0.80\pm 0.05^{\text{ABd}}$	$0.75\pm 0.02^{\text{Be}}$
6	$1.70\pm 0.03^{\text{Ac}}$	$0.86\pm 0.02^{\text{Bd}}$	$0.87\pm 0.01^{\text{Bde}}$
9	$1.72\pm 0.08^{\text{Ac}}$	$1.68\pm 0.06^{\text{Ac}}$	$1.18\pm 0.02^{\text{Bcd}}$
12	$1.87\pm 0.03^{\text{Ac}}$	$1.69\pm 0.06^{\text{Bc}}$	$1.36\pm 0.01^{\text{Cc}}$
15	$2.82\pm 0.18^{\text{Ab}}$	$1.80\pm 0.10^{\text{Bc}}$	$2.04\pm 0.02^{\text{Bb}}$
18	$2.83\pm 0.04^{\text{Ab}}$	$2.19\pm 0.16^{\text{Bb}}$	$2.44\pm 0.06^{\text{Bab}}$
21	$2.75\pm 0.18^{\text{Ab}}$	$2.51\pm 0.05^{\text{Aab}}$	$2.68\pm 0.01^{\text{Aa}}$
24	$3.66\pm 0.13^{\text{Aa}}$	$2.73\pm 0.11^{\text{Ba}}$	$2.51\pm 0.25^{\text{Ba}}$

Ort. ($n=6$) $\pm$ st. hata

A, B, C ($\rightarrow$): Farklı harf taşıyan gruplar arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0.05$)

a, b, c ...g ($\downarrow$): Farklı harf taşıyan günler arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0.05$)



Şekil 4.21. Köftelerin depolama süresince TBARs miktarlarındaki değişim

Balık etindeki oksidasyonu ifade eden TBARs değerinin 3 mg/kg'ın altında tespit edilmesi; ürün kalitesinin oldukça iyi düzeyde olduğunun göstergesidir (Varlık ve ark. 1993). Tablo 4.15'de görüldüğü gibi, çalışmada kullanılan taze balığın TBARs değeri oldukça düşüktür. Tablo 4.15 ve Şekil 4.21'deki TBARs bulguları incelendiğinde, muhafaza süresi boyunca tüm grupların çok iyi kalitede olduğu söylenebilir. Depolama süresine göre TBARs değişimine ait regresyon denklemleri ve korelasyon katsayıları Kontrol, A ve B gruplarında sırasıyla, $y = 0.3273x + 0.1629$, ($r = 0.97$); $y = 0.2489x + 0.187$, ($r = 0.96$) ve $y = 0.259x + 0.0886$, ($r = 0.94$) olarak tespit edilmiştir. Paketlemede MA gazı (60/40:CO₂/N₂) bulunması ve dolayısıyla ortamda O₂ yokluğunun bir sonucu olarak TBARs değerlerindeki artışının çok yavaş gerçekleştiği söylenebilir. Şekil 4.21 incelendiğinde, tüm gruplardaki TBARs artışlarının düzenli bir şekilde gerçekleştiği görülmektedir. 24. günün sonunda Kontrol grubuna ait TBARs değeri 3.66±0.13 mg/kg olarak tespit edilirken ($p < 0.05$), A ve B gruplarında ise sırasıyla 2.73±0.11 mg/kg ve 2.51±0.25 mg/kg olarak tespit edilmiştir ($p > 0.05$). Enzim ilaveli grupların (A ve B) TBARs değerleri özellikle 12. gün ve sonrasında Kontrol grubuna göre düşük tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Dolayısıyla enzim ilaveli gruplarda oksidatif bozulma hızının Kontrol grubuna göre daha yavaş seyrettiği söylenebilir. Sonuç olarak MTGaz enziminin balık köftesindeki yağ oksidasyonunu yavaşlattığını ve MA paketleme ile birlikte oksidatif bozulmayı geciktirdiğini söylemek mümkündür. Kocatepe (2010), levrek filetolarını MA paketleyerek buzdolabı koşullarında depoladığı araştırmasında, oksijen içermeyen gaz karışımı ile paketlenen balıkların (%75 CO₂ + %25 N₂); (%60 CO₂ + %40 N₂) TBARs değerlerini daha düşük tespit etmiştir ($p < 0.05$). Chatli ve ark. (2012), sazan balığı (*Cyprinus carpio*) kıymasını buzdolabı koşullarında MA paketleyerek (70% N₂ + 30% CO₂) 17 gün boyunca depolamışlardır. Araştırmacılar MA paketli grubun TBARs değerlerini 9. günden itibaren depolama süresinin sonuna kadar atmosferik paketlemeye göre düşük tespit etmişlerdir ($p < 0.05$). Rodriguez-Turienzo ve ark. (2013), alabalık (*Salmo salar*) filetolarında MTGaz enzimi kullanımının TBARs artışını yavaşlattığını bildirmişlerdir. Tokay (2015), uskumru (*Scomber scombrus*) filetolarına sprey şeklinde uyguladığı MTGaz enziminin konsantrasyonu arttıkça oksidasyonun da azaldığını bildirmiştir ($p < 0.05$). Aref ve ark. (2018), karabalıktan (*Clarias gariepinus*) MTGaz enzimi, biberiye ekstraktı, kitosan ve bunların çeşitli kombinasyonlarını kullanarak elde ettiği tüketime hazır parmak balık ürünlerinde MTGaz enzimi ilavesinin TBARs artışını yavaşlattığı ($p < 0.05$), hem biberiye ekstraktı ile hem de kitosan ile ayrı ayrı kombine olarak kullanıldığında ise daha iyi sonuçlar elde edildiğini ($p < 0.05$) bildirmişlerdir. Lim ve ark. (2015), MGTaz enziminin lipidlerin metallerle

bağlanmasını yavaşlatarak fiziksel koruma sağladığını bildirmişlerdir. Gómez-Guillén ve ark. (2005), istavrit (*Trachurus spp.*) balığı kas dokularının yüksek basınç altında jel tutma kapasitelerini araştırdığı çalışmalarında, MTGaz enzimi ilaveli (yüksek basınç sonrası) hem olgunlaştırılmış hem de olgunlaştırılmamış gruplardaki TBARs miktarlarının, kontrol grubuna göre daha düşük olduğunu tespit etmişlerdir ($p<0.05$). Pek çok araştırmacı MTGaz enziminin oksidasyon üzerinde baskılayıcı etkisi olduğunu bildirmektedir. Bu doğrultuda araştırmamızın sonuçlarının literatür ile benzerlik gösterdiği söylenebilir.

4.4. Mikrobiyolojik Analiz Bulguları

Araştırmada kullanılan taze balıktan elde edilen kıymada toplam mezofilik aerob bakteri (TMAB), toplam maya – küf (TMK), *Pseudomonas spp.*, *Brochothrix thermosphacta* (BrT), *Staphylococcus aureus*, toplam koliform (TK), toplam anaerob bakteri (TANB), hidrojen sülfür (H_2S) üreten bakteriler (*Shewanella putrefaciens* dâhil), laktik asit bakteri (LAB) ve toplam psikrofil bakteri (TPAB) sayıları sırasıyla; 2.26, 2.61, 1.96, 1.96, <1.00, <1.00, <1.00, <1.00, <1.00 ve <1.00 logkob/g olarak tespit edilmiştir. Araştırmada kullanılan alabalığın TMAB, TPAB ve TK yükü farklı araştırmacılar tarafından bulunan başlangıç bakteri yüküne göre oldukça düşük ve iyi düzeydedir (Gonzalez-Fandos ve ark. 2004; Baygar ve ark. 2008; Yılmaz ve ark. 2009; Oraei ve ark. 2011; Kocatepe ve ark. 2016; Rezaeifar ve ark. 2020). Yeni avlanan alabalıkların oldukça kısa sürede ve buz içerisinde laboratuvara getirilmiş olmasından dolayı mikrobiyolojik yükün düşük olduğunu söylemek mümkündür.

Kontrol, A ve B gruplarının 24 günlük depolama süresince TMAB, TMK, TPAB, H_2S , *Pseudomonas spp.*, BrT, LAB, *S. aureus*, TK ve TANB yükleri Tablo 4.16’da sunulmaktadır. Ayrıca grupların mikrobiyolojik analizlere ait korelasyon katsayıları ile regresyon denklemleri Tablo 4.17’te yer almaktadır.

Tablo 4.16. Kontrol, A ve B gruplarının mikrobiyolojik analiz sonuçları (logkob/g)

	Gruplar	0.Gün	3.Gün	6.Gün	9.Gün	12.Gün	15.Gün	18.Gün	21.Gün	24.Gün
TMAB	Kontrol	3.04±0.00 ^{A1}	4.13±0.00 ^{Ah}	4.46±0.02 ^{Ag}	4.77±0.00 ^{Ae}	5.32±0.03 ^{Ae}	5.96±0.00 ^{Ad}	6.74±0.00 ^{Ac}	7.51±0.00 ^{Ab}	8.23±0.03 ^{Aa}
	A (%0.5 MTGaz)	3.17±0.17 ^{Ag}	4.10±0.00 ^{ABf}	3.81±0.15 ^{ABf}	4.64±0.05 ^{Ae}	5.05±0.01 ^{Ade}	5.16±0.00 ^{Bd}	5.69±0.10 ^{Bc}	6.56±0.02 ^{Bb}	8.04±0.00 ^{Aa}
	B (%1 MTGaz)	3.15±0.01 ^{Ae}	4.00±0.04 ^{Bde}	3.62±0.18 ^{Bd}	4.19±0.09 ^{Bd}	4.85±0.16 ^{Ac}	4.96±0.00 ^{Cc}	5.40±0.04 ^{Bbc}	5.65±0.21 ^{Cb}	7.37±0.05 ^{Ba}
TMK	Kontrol	3.22±0.15 ^{Ad}	4.25±0.17 ^{Ac}	3.26±0.00 ^{Ad}	3.36±0.00 ^{Ad}	4.40±0.05 ^{Ac}	4.71±0.15 ^{Ac}	5.44±0.00 ^{Ab}	5.57±0.01 ^{Ab}	6.55±0.11 ^{Aa}
	A (%0.5 MTGaz)	3.05±0.05 ^{Ae}	4.21±0.05 ^{AcD}	3.25±0.06 ^{Ae}	3.29±0.03 ^{Ae}	4.09±0.09 ^{ABd}	4.56±0.00 ^{Ac}	5.26±0.00 ^{Bb}	5.28±0.14 ^{ABb}	6.94±0.13 ^{ABa}
	B (%1 MTGaz)	3.15±0.01 ^{Ad}	4.02±0.02 ^{Ac}	2.94±0.02 ^{Bd}	2.61±0.05 ^{Be}	4.04±0.00 ^{Bc}	3.96±0.00 ^{Bc}	4.70±0.00 ^{Cb}	4.86±0.00 ^{Bb}	6.11±0.15 ^{Ba}
TPAB	Kontrol	2.56±0.00 ^{Ag}	3.41±0.15 ^{Af}	4.04±0.00 ^{Ae}	4.32±0.00 ^{Ae}	4.74±0.01 ^{Ad}	6.02±0.01 ^{Ac}	6.56±0.00 ^{Ab}	7.45±0.00 ^{Aa}	7.49±0.07 ^{Aa}
	A (%0.5 MTGaz)	2.26±0.00 ^{B1}	2.96±0.00 ^{Ah}	3.86±0.00 ^{Bg}	4.07±0.00 ^{Bf}	4.44±0.00 ^{ABe}	5.15±0.01 ^{Bd}	5.66±0.00 ^{Bc}	6.54±0.02 ^{ABb}	7.40±0.03 ^{Aa}
	B (%1 MTGaz)	2.35±0.09 ^{ABf}	3.11±0.15 ^{Ae}	3.91±0.05 ^{ABd}	4.00±0.04 ^{Bd}	4.26±0.13 ^{Bd}	4.55±0.11 ^{Cc}	5.07±0.03 ^{Cbc}	5.53±0.27 ^{Bb}	7.10±0.06 ^{Ba}
H ₂ S	Kontrol	<1.00 ^{Ae}	<1.00 ^{Ae}	2.70±0.04 ^{Ad}	3.13±0.00 ^{Ad}	3.86±0.05 ^{Ac}	4.11±0.15 ^{Abc}	4.41±0.15 ^{Ab}	4.11±0.15 ^{Abc}	5.35±0.09 ^{Aa}
	A (%0.5 MTGaz)	<1.00 ^{Ad}	<1.00 ^{Ad}	<0.30±0.00 ^{Bd}	2.46±0.20 ^{ABc}	3.86±0.00 ^{Ab}	3.96±0.00 ^{Ab}	3.96±0.00 ^{Ab}	3.96±0.00 ^{Ab}	5.26±0.00 ^{Aa}
	B (%1 MTGaz)	<1.00 ^{A1}	<1.00 ^{Ah}	<0.30±0.00 ^{Bg}	2.26±0.00 ^{Bf}	3.80±0.00 ^{Ae}	3.96±0.00 ^{Ad}	3.96±0.00 ^{Ac}	3.96±0.00 ^{Ab}	4.96±0.00 ^{Ba}
Pseudomonas spp.	Kontrol	2.26±0.00 ^{Ae}	2.96±0.00 ^{Ad}	2.26±0.00 ^{Ae}	3.09±0.09 ^{AcD}	3.44±0.00 ^{Abc}	3.76±0.20 ^{Aab}	3.96±0.04 ^{Aa}	3.66±0.00 ^{Aab}	3.35±0.09 ^{Abcd}
	A (%0.5 MTGaz)	1.96±0.00 ^{Bd}	2.96±0.00 ^{Ab}	2.26±0.00 ^{AcD}	2.77±0.03 ^{ABbc}	3.20±0.24 ^{Aab}	3.11±0.15 ^{Aab}	3.70±0.04 ^{ABa}	3.35±0.09 ^{Aab}	3.11±0.15 ^{Aab}
	B (%1 MTGaz)	1.96±0.00 ^{Be}	2.96±0.00 ^{Abc}	2.26±0.00 ^{Ade}	2.56±0.00 ^{Bcd}	3.11±0.15 ^{Ab}	3.55±0.11 ^{Aa}	3.35±0.09 ^{Bab}	3.35±0.09 ^{Aab}	2.96±0.00 ^{Abc}
BrT	Kontrol	2.55±0.11 ^{Ad}	3.71±0.15 ^{Ab}	3.07±0.03 ^{Ac}	2.66±0.00 ^{Ad}	3.86±0.00 ^{Ab}	3.80±0.00 ^{Ab}	3.96±0.04 ^{Ab}	4.89±0.03 ^{Aa}	4.91±0.05 ^{Aa}
	A (%0.5 MTGaz)	2.46±0.50 ^{Ae}	3.86±0.00 ^{ABcd}	2.96±0.00 ^{ABde}	2.26±0.00 ^{Be}	3.65±0.09 ^{AcD}	3.50±0.06 ^{Bcd}	4.02±0.02 ^{Aabc}	4.80±0.00 ^{ABab}	4.86±0.05 ^{Aa}
	B (%1 MTGaz)	2.87±0.21 ^{Ad}	3.46±0.20 ^{Ac}	2.86±0.00 ^{Bd}	2.26±0.00 ^{Be}	3.65±0.09 ^{Abc}	3.44±0.00 ^{Bc}	4.12±0.01 ^{Ab}	4.74±0.00 ^{Ba}	4.77±0.03 ^{Aa}
LAB	Kontrol	<1.00 ^{Ad}	<1.00 ^{Ad}	<1.00 ^{Ad}	3.00±0.00 ^{Ac}	3.26±0.00 ^{Ab}	3.44±0.00 ^{Aa}	3.26±0.00 ^{Ab}	3.35±0.09 ^{Aab}	2.96±0.00 ^{Bc}
	A (%0.5 MTGaz)	<1.00 ^{Ac}	<1.00 ^{Ac}	<1.00 ^{Ac}	2.44±0.00 ^{Bb}	2.96±0.00 ^{Aa}	2.96±0.00 ^{Ba}	2.96±0.00 ^{Ba}	2.96±0.00 ^{Ba}	3.11±0.15 ^{Aa}
	B (%1 MTGaz)	<1.00 ^{Ac}	<1.00 ^{Ac}	<1.00 ^{Ac}	2.26±0.00 ^{Cab}	3.31±0.35 ^{Aa}	2.96±0.00 ^{Ba}	2.96±0.00 ^{Ba}	2.96±0.00 ^{Ba}	1.96±0.00 ^{Cb}
S. aureus	Kontrol	2.61±0.05 ^{AcD}	<1.00 ^{Ae}	2.41±0.15 ^{Ad}	2.56±0.00 ^{AcD}	2.86±0.00 ^{Abc}	2.56±0.00 ^{AcD}	2.70±0.04 ^{AcD}	3.16±0.00 ^{Bb}	4.26±0.00 ^{Ba}
	A (%0.5 MTGaz)	2.26±0.00 ^{Bef}	<1.00 ^{Ag}	<1.00 ^{Bg}	1.96±0.00 ^{Bf}	2.66±0.00 ^{AcD}	2.50±0.06 ^{Ade}	2.89±0.15 ^{Ac}	3.32±0.00 ^{Ab}	4.37±0.00 ^{Aa}
	B (%1 MTGaz)	2.26±0.00 ^{Bd}	<1.00 ^{Af}	<1.00 ^{Bf}	1.96±0.00 ^{Be}	2.35±0.09 ^{Bcd}	2.44±0.00 ^{Ac}	2.44±0.00 ^{Ac}	2.91±0.00 ^{Cb}	3.86±0.00 ^{Ca}
TK	Kontrol	2.61±0.05 ^{Abc}	3.59±0.15 ^{Aa}	1.96±0.00 ^{Ad}	2.35±0.09 ^{AcD}	2.26±0.00 ^{AcD}	2.35±0.09 ^{AcD}	2.11±0.15 ^{AcD}	3.11±0.15 ^{Aab}	3.56±0.00 ^{Aa}
	A (%0.5 MTGaz)	2.11±0.15 ^{Ab}	2.96±0.00 ^{Ba}	1.96±0.00 ^{Ab}	2.26±0.00 ^{Ab}	1.96±0.00 ^{Bb}	2.20±0.24 ^{Ab}	2.11±0.15 ^{Ab}	2.96±0.00 ^{Aa}	3.11±0.15 ^{Aa}
	B (%1 MTGaz)	2.11±0.15 ^{Ab}	3.35±0.09 ^{ABa}	1.96±0.00 ^{Ab}	2.11±0.15 ^{Ab}	1.96±0.00 ^{Bb}	2.11±0.15 ^{Ab}	2.26±0.00 ^{Ab}	2.96±0.00 ^{Aa}	3.11±0.15 ^{Aa}
TANB	Kontrol	<1.00 ^{Ad}	<1.00 ^{Ad}	<1.00 ^{Ad}	<1.00 ^{Ad}	1.96±0.00 ^{Ac}	2.96±0.00 ^{Ab}	2.96±0.00 ^{Ab}	2.96±0.00 ^{Ab}	3.26±0.00 ^{Aa}
	A (%0.5 MTGaz)	<1.00 ^{Ac}	<1.00 ^{Ac}	<1.00 ^{Ac}	<1.00 ^{Ac}	<1.00 ^{Bc}	2.96±0.00 ^{Ab}	2.96±0.00 ^{Ab}	2.96±0.00 ^{Ab}	3.26±0.00 ^{Aa}
	B (%1 MTGaz)	<1.00 ^{Ab}	<1.00 ^{Ab}	<1.00 ^{Ab}	<1.00 ^{Ab}	<1.00 ^{Bb}	<1.00 ^{Bb}	<1.00 ^{Bb}	<1.00 ^{Bb}	3.11±0.15 ^{Aa}

TMAB: Toplam mezofil aerob bakteri, TMK: Toplam maya küf, TPAB: Toplam psikrofil aerob bakteri, H₂S: H₂S üreten bakteri (Shewanella putrefaciens dâhil), BrT: Brochothrix thermosphacta, LAB: Laktik asit bakterileri, TK: Toplam koliform bakteri, TANB: Toplam anaerob bakteri, S. aureus: Staphylococcus aureus

Ort. (n=6) ± st. hata

A, B, C (↓): Her mikroorganizma türü için ayrı olmak üzere farklı harf taşıyan gruplar arasındaki fark önemlidir (p ≤ 0.05)

a, b, c ..m (→): Her mikroorganizma türü için ayrı olmak üzere farklı harf taşıyan günler arasındaki fark önemlidir (p ≤ 0.05)

Tablo 4.17. Grupların mikrobiyolojik analizlerine ait regresyon denklemleri ve korelasyon katsayıları

Analizler/Gruplar	Kontrol	A (%0.5 MTGaz)	B (%1 MTGaz)
TMAB	$y = 0.6112x + 2.5185$ $r = 0.99$	$y = 0.519x + 2.5413$ $r = 0.94$	$y = 0.436x + 2.6178$ $r = 0.93$
TMK	$y = 0.383x + 2.6135$ $r = 0.90$	$y = 0.4008x + 2.4329$ $r = 0.86$	$y = 0.3209x + 2.438$ $r = 0.79$
TPAB	$y = 0.6431x + 1.9617$ $r = 0.99$	$y = 0.5994x + 1.7063$ $r = 0.98$	$y = 0.4858x + 2.0018$ $r = 0.96$
H₂S	$y = 0.6003x + 0.1392$ $r = 0.93$	$y = 0.6605x - 0.5964$ $r = 0.93$	$y = 0.6438x - 0.5747$ $r = 0.93$
<i>Pseudomonas spp.</i>	$y = 0.1751x + 2.3165$ $r = 0.79$	$y = 0.1497x + 2.1855$ $r = 0.75$	$y = 0.1388x + 2.2$ $r = 0.71$
BrT	$y = 0.265x + 2.3869$ $r = 0.85$	$y = 0.2631x + 2.2809$ $r = 0.78$	$y = 0.2525x + 2.3106$ $r = 0.79$
LAB	$y = 0.4805x - 0.2626$ $r = 0.82$	$y = 0.4175x - 0.0567$ $r = 0.86$	$y = 0.3439x + 0.2033$ $r = 0.73$
<i>S. aureus</i>	$y = 0.2777x + 1.1804$ $r = 0.69$	$y = 0.4122x + 0.1563$ $r = 0.78$	$y = 0.3166x + 0.5073$ $r = 0.74$
TK	$y = 0.0446x + 2.4312$ $r = 0.20$	$y = 0.0706x + 2.0489$ $r = 0.41$	$y = 0.0572x + 2.1493$ $r = 0.27$
TANB	$y = 0.4632x - 0.6165$ $r = 0.93$	$y = 0.4632x - 0.8008$ $r = 0.86$	$y = 0.1873x - 0.3242$ $r = 0.54$

TMAB: Toplam mezofil aerob bakteri, TMK: Toplam maya küf, TPAB: Toplam psikrofil aerob bakteri, H₂S: H₂S üreten bakteri (*Shewanella putrefaciens* dâhil), BrT: *Brochothrix thermosphacta*, LAB: Laktik asit bakterileri, TK: Toplam koliform bakteri, TANB: Toplam anaerob bakteri, *S. aureus*: *Staphylococcus aureus*

Tablo 4.16’da görüldüğü gibi denemenin 0. günü köftelerin TMAB, TMK, TPAB, *Pseudomonas spp.*, BrT, *S. aureus* ve TK içeriği artmıştır. Araştırmada kullanılan tüm malzemeler yeni tarihli, paketli ürünler olup, ürünlerin paketi ilk kez çalışma esnasında açılmıştır. Bununla birlikte çalışmada kullanılan kuter ve diğer ekipmanlar sabunlu sıcak su ile temizlenmiş, durulanmış ve ardından da %70’lik etil alkol ile dezenfekte edilmiştir. Hijyenik koşullar yaratılmakla birlikte artan mikrobiyolojik yükün sebebinin hava ve personel kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. Depolamanın 15, 18 ve 21. günlerinde tüm grupların TMAB yüklerinin birbirinden farklı olduğu tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Bununla birlikte depolama süresi sonunda Kontrol (8.23 logkob/g) ve A grupları (8.04 logkob/g) birbiri ile benzer bulunurken ($p > 0.05$), B grubu (7.37 logkob/g) ise diğer iki gruptan farklı bulunmuştur ($p < 0.05$). Tzikas ve ark. (2015), %1 oranında MTGaz enzimi ile sarıkuyruk istavrit (*Trachurus mediterraneus*) balığından yeniden yapılandırılmış ürün elde ettikleri çalışmada, buzdolabı koşullarındaki 8 günlük depolama süresi boyunca toplam mezofilik bakteri yükünü 0., 2., 4., 6. ve 8. günlerde sırasıyla 4.23, 4.67, 5.95, 7.64 ve 8.10 logkob/g olarak tespit etmişlerdir. Tablo 4.16’da yer aldığı gibi araştırmamızda 7 logkob/g seviyesine ancak 21. günden sonra erişilmiştir. Moreno ve ark. (2013), %1 oranında MTGaz kullanarak

yeniden yapılandırdıkları Güney Afrika berlam balıklarından (*Merluccius capensis*) modelleme yaptıkları araştırmada, 21 günlük buzdolabı koşullarında depolama süresi boyunca toplam mikrobiyal yükü Kontrol grubuna göre önemli ölçüde düşük tespit etmişlerdir ($p<0.05$). Volpe ve ark. (2015), 15 gün boyunca buzdolabı koşullarında depoladıkları Gökkuşluğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) filetolarında başlangıç (0. gün) toplam mezofilik aerob bakteri (TMAB) yükünü 4.02 ± 0.05 logkob/g olarak tespit etmişlerdir ve 6. günde filetolarda 7.53 ± 0.15 logkob/g değerine ulaşarak tüketilebilirlik sınırının aşıldığını belirlemişlerdir. Araştırmamızda ise 0. günde TMAB yükü tüm gruplarda daha düşük tespit edilmiştir ($p<0.05$) ve Kontrol grubunda dahi ancak 15. günden sonra 6 logkob/g sınırı aşılmıştır. Bunun en büyük nedeninin modifiye atmosfer paketlemeden kaynaklandığı söylenebilir. Zira pek çok araştırmacı, paket içerisinde artan CO₂ miktarının bakteri gelişimini inhibe ettiğini bildirmektedir (Randell ve ark., 1997; Masniyom ve ark., 2005; Del Nobile ve ark., 2009; Kocatepe ve ark. 2016). Kontrol, A ve B gruplarının toplam mezofil aerob bakteri sayıları sırasıyla; 18, 21 ve 24. günlerde 6 logkob/g limit değerini aşmıştır. 15. güne kadar Kontrol ve A grubunun TMAB yükü benzer tespit edilmiştir ($p>0.05$). Ancak, 24 günlük depolama süresince B grubunun TMAB yükünün diğer gruplardan daha düşük olduğu görülmektedir. Aref ve ark. (2018), karabalıktan (*Clarias gariepinus*) MTGaz enzimi, biberiye ekstraktı, kitosan ve bunların çeşitli kombinasyonlarını kullanarak elde ettiği tüketime hazır parmak balık ürünlerinde toplam mezofilik bakteri yükünü araştırmışlar ve MTGaz enzimi ilavesinin TMAB yükünü azalttığını, ayrıca diğer katkılarla kombine edildiğinde daha olumlu sonuçlar verdiğini ($p<0.05$) bildirmişlerdir. Tokay (2015), buzdolabı koşullarında farklı oranlarda MTGaz enzimi sprey kaplaması uygulayıp 8 gün boyunca depoladığı uskumru (*Scomber scombrus*) balığı filetolarında TMAB yükünü araştırmış ve enzimli grupların yükünü kontrol grubuna göre daha düşük tespit etmiştir ($p<0.01$). Ayrıca en yüksek inhibisyon etkisini 7 µ/g enzim uygulanan grupta belirlemiştir ($p<0.01$). Araştırmamızda kullanılan modifiye atmosfer paketleme yönteminin ve MTGaz enziminin TMAB üzerinde olumlu etkileri olduğu, enzim konsantrasyonu arttıkça mikrobiyal yükün daha da azaldığı söylenebilir.

Grupların TMK sayıları 24. günde maksimum 6.94 logkob/g'a ulaşmıştır. Depolamanın 3. gününden sonra tüm gruplarda maya küf gelişimi yavaşlamış 12. günden itibaren tekrar artmıştır. Ayrıca Tablo 4.17'de sunulduğu gibi TMK oranının zamana bağlı regresyon denklemlerinde Kontrol grubu en yüksek r değerine (0.90) sahiptir. Kontrol grubunu sırasıyla A grubu ($r= 0.86$) ve B grubu ($r= 0.79$) izlemektedir. Tokay (2015), uskumru

(*Scomber scombrus*) balığı filetolarına çeşitli oranlarda MTGaz sprey uygulaması yaparak buzdolabı koşullarında depoladığı araştırmada maya – küf yükü bakımından MTGaz enziminin inhibe edici etkide olduğunu ($p<0.01$) tespit etmiştir. Ayrıca artan enzim konsantrasyonun da daha etkili olduğunu, ancak 7 μ /g üzerindeki MTGaz enzimi kullanımının önemli bir fark oluşturmadığını belirtmiştir ($p>0.01$). Chatli ve ark. (2012), sazan (*Cyprinus carpio*) balığından elde ettikleri kıymayı %30/%70:CO₂/N₂ oranında gaz karışımı ile MA paketleyerek buzdolabı koşullarında depolamışlardır. Araştırmacılar, TMK bakımından MA paketlemenin atmosferik paketlemeye göre olumlu etkileri olduğunu ($p<0.05$) bildirmişlerdir. Bu bulgular, araştırmamızın bulguları ile benzerlik göstermektedir. Araştırmamızda kullanılan MTGaz enziminin genel anlamda toplam maya küf yükü bakımından olumlu etkileri görülmekle birlikte, özellikle yüksek konsantrasyonda kullanılmasının (B grubu) TMK üzerinde inhibisyon bakımından en uygun olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, su ürünlerinde MTGaz enzimi kullanılarak MA paketleme yapılan literatüre rastlanmadığı için TMK üzerinde sinerjik etkinin karşılaştırılması mümkün olmamıştır.

Tablo 4.16 incelendiğinde grupların maksimum toplam psikrofil bakteri yükü depolamanın son gününde Kontrol, A ve B gruplarında sırasıyla 7.49, 7.40 ve 7.10 logkob/g olarak tespit edilmiştir. Depolamanın ilk gününde A grubunun TPAB yükü minimumdur. 3. günde gruplar arası fark tespit edilememiştir ($p>0.05$). 15. günden itibaren A ve B grupları arasında TPAB yükü açısından fark daha belirgin olarak gözlenmiştir ($p<0.05$). Daha yüksek oranda MTGaz enzimi içeren B grubunun TPAB yükü daha düşüktür. Tokay (2015), uskumru (*Scomber scombrus*) filetolarına MTGaz sprey uygulayarak $4\pm2^{\circ}\text{C}$ 'de depoladığı araştırmada psikrofilik bakteri yükünün depolama süresi sonunda en düşük 7 μ /g MTGaz kullanılan grupta tespit edildiğini ($p<0.01$), Kontrol ve 4 μ /g MTGaz uygulanan grupta ise fark tespit edilmediğini ($p>0.01$) bildirmiştir. Yerlikaya ve ark. (2015), uskumru (*Scomber scombrus*) kıymasına ilave edilen MTGaz enziminin depolama süresince ($4\pm2^{\circ}\text{C}$ 'de) etkilerini incelemişler ve MTGaz enziminin psikrofilik bakteri yükü üzerinde inhibe edici özelliği olduğunu tespit etmişlerdir ($p<0.01$). Ayrıca artan enzim konsantrasyonun ise inhibe edici özelliği arttırdığını belirtmişlerdir ($p<0.01$). Chatli ve ark. (2012), sazan (*Cyprinus carpio*) balığı kıymasında ($4\pm1^{\circ}\text{C}$) modifiye atmosfer paketleme (%30/%70:CO₂/N₂) kullanımının TPAB gelişimini engellemesi bakımından 17 günlük depolama süresinin tamamında olumlu etki gösterdiğini ($p<0.05$) bildirmişlerdir. Nosedra ve ark. (2012), çizgili kedi balığı (*Pangasius hypophthalmus*) filetolarını buzdolabı koşullarında depolayarak

toplam psikrofilik bakteri yükünü araştırdıkları çalışmalarında, modifiye atmosfer paketlenmenin atmosferik paketlenme ve vakum paketlenmeden daha olumlu sonuçlar verdiğini ve MA gaz karışımlarında CO₂ konsantrasyonu arttıkça bakteriyel yükün düştüğünü tespit etmişlerdir (p<0.05). Araştırmamız literatür ile benzerlik göstermektedir. MTGaz enzimi kullanımının TPAB yükünü azalttığı ve enzim konsantrasyonu arttıkça bu olumlu etkinin belirginleştiğini söylemek mümkündür.

MA paketlenme uygulanarak soğukta muhafaza edilen balık türlerinde gözlemlenen spesifik bakteri türlerinden biri de H₂S üreten bakterilerdir (Koutsoumanis ve Nychas, 1999). *S. putrefaciens* gibi H₂S üreten bakteriler düşük oksijen düzeylerini çok iyi tolere edebilir (Guđjónsdóttir ve ark., 2008). Taze alabalık etinde H₂S üreten bakteri miktarı tespit edilebilir sınırın altında kalmıştır. Depolama sonunda H₂S üreten bakteri miktarı 5.35 logkob/g'ı geçmemiştir. Tablo 4.16 incelendiğinde depolamanın ilk 6 gününde Kontrol grubu hariç diğer gruplarda H₂S üreten bakteri gelişimi <1.00 logkob/g'ın altındadır. Depolama süresince en düşük H₂S bakteri yükü B grubunda tespit edilirken, 12, 15, 18 ve 21. günlerde Kontrol, A ve B grupları arasındaki fark önemsiz bulunmuştur (p>0.05). Bununla birlikte, depolamanın son gününde B grubunun H₂S yükü hem Kontrol hem de A grubundan daha düşük tespit edilmiştir (p<0.05). Ancak yine de MTGaz enziminin H₂S bakteri gelişimi üzerine çok önemli bir etkisi olmadığı söylenebilir. Pantazi ve ark. (2008) farklı MA koşullarında paketlenen kılıç balığı (*Xiphias gladius*) gruplarında H₂S üreten bakterilerin (*S. putrefaciens* dâhil) geliştiğini ancak 8.0 logkob/g'ı aşmadığını belirtmektedir. Volpe ve ark. (2015), buzdolabı koşullarında depoladıkları alabalık (*Oncorhynchus mykiss*) filetolarında 0. ve 15. günlerinde H₂S bakteri yüklerini sırasıyla 1.85 ve 4.79 logkob/g olarak belirlemişlerdir. Ayrıca araştırmacılar, limon yağı ile oluşturdukları yenilebilir aktif film kaplama ile 15. günde H₂S yükünü 2.29 logkob/g olarak tespit etmişlerdir. Tzikas ve ark. (2015), sarıkuyruk istavrit (*Trachurus mediterraneus*) balığından MTGaz enzimi kullanılarak üretilip buzdolabı koşullarında 8 gün depolanan yeniden yapılandırılmış üründe *Shewanella putrefaciens* yükünü 0., 2., 4., 6., ve 8. günlerde sırasıyla 2.77, 3.03, 4.87, 6.54, 6.88 logkob/g olarak tespit etmişlerdir. Aerobik koşullarda MTGaz enzimi kullanan araştırmacıların bulgularını çalışmamız ile karşılaştırmak gerekirse, modifiye atmosfer paketlenme kullanımının H₂S üreten bakterilerin artışını inhibe edici etkisi olduğunu söylemek mümkündür.

Tablo 4.16 incelendiğinde depolamanın başlangıcında köftelerin *Pseudomonas* spp. yükünün Kontrol grubunda enzimli gruplardan yüksek tespit edildiği anlaşılmaktadır

($p < 0.05$). 6., 12., 15., 21. ve 24. günlerde grupların *Pseudomonas* spp. yükü birbirinden farksızdır ($p > 0.05$). En yüksek *Pseudomonas* spp. yükü 18. günde Kontrol grubunda tespit edilmiştir. Aref ve ark. (2018), karabalıktan (*Clarias gariepinus*) MTGaz enzimi, biberiye ekstraktı, kitosan ve bunların çeşitli kombinasyonlarını kullanarak elde ettiği tüketime hazır parmak balık ürünlerinde *Pseudomonas* spp. yükünü araştırmışlar ve MTGaz enzimi ilavesinin *Pseudomonas* spp. yükünü azalttığını, diğer katkılarla kombine edildiğinde çok daha olumlu sonuçlar verdiğini ($p < 0.05$) bildirmişlerdir. Tzikas ve ark. (2015), %1 oranında MTGaz enzimi kullanarak 8 gün boyunca buzdolabı koşullarında depolayarak sarıkuyruk istavrit (*Trachurus mediterraneus*) balığından yeniden yapılandırılmış ürün elde ettikleri çalışmalarında *Pseudomonas* spp. yükünü 0., 2., 4., 6., ve 8. günlerde sırasıyla 3.71, 4.33, 5.86, 7.45 ve 7.93 logkob/g olarak tespit etmişlerdir. Atmosferik koşullarda paketlenen Tzikas ve ark. (2015)'nin sonuçlarını bulgularımız ile karşılaştırdığımızda, bahsi geçen araştırmadaki bulguların aksine, depolama süresi boyunca düzenli bir artış yerine çalışmamızın ilk 6 günü boyunca gruplar arasında düzenli ya da önemli bir artışa rastlanmamaktadır. Bununla birlikte 6. günden itibaren ise artışın başlaması ile birlikte enzimli grupların daha iyi sonuçlar verdiğini ve (küçük dalgalanmalar ile) enzim miktarı arttıkça *Pseudomonas* yükünün biraz daha iyi inhibe edildiğini söylemek mümkündür. Françoise (2010), su ürünlerinde CO₂ bakımından zengin MA paketlemenin gram negatif aerob bakterilerden olan *Pseudomonas* gelişimini inhibe ettiğini bildirmektedir.

BrT, MA paketli su ürünlerinde gözlenen bozulma bakterilerinden biridir. Çalışma başlangıcında taze alabalıkta BrT yükü 1.96 logkob/g olarak tespit edilmiş olup, bu değer katkı ilavesi ile birlikte köftelerin ilk gününde Kontrol grubunda 2.55 logkob/g olarak bulunmuştur. Diğer iki grupta önemli bir değişiklik saptanmamıştır. Tablo 4.16'da sunulduğu gibi depolama süresince grupların BrT sayısında düzensiz değişimler görülmüştür. 0., 3., 9., 12., 18. ve 24. günlerde gruplar arası farklılık tespit edilmemiştir ($p > 0.05$). 12. günden itibaren tüm grupların BrT yükü 3.50 logkob/g'ın üzerine çıkmış olup depolamanın son gününde yapılan analizde grupların BrT sayısı 4.77 ve üzerindedir. BrT, MTGaz enzimi ilaveli modifiye atmosfer paketlenmiş alabalık köftelerde bozulma sürecinde ortaya çıkan baskın bakteri türlerindendir. Stamatis ve Arkoudelos (2007), kolyoz (*Scomber colias japonicus*) balığı filetoalarını $3 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 'de 15 gün boyunca MAP (50% CO₂/50% N₂), hava ve vakum koşullarında paketlenmişler, *Brochothrix thermosphacta* yükünü en yüksek MAP ve vakum koşullarında tespit ederek 13. günde 6 logkob/g limitini aştığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar, bunun nedenini ise BrT gelişiminin CO₂'ye karşı toleranslı

olmasına bağlamışlardır. Benzer sonuçları çeşitli araştırmacılar da tespit etmişler ve BrT'nin CO₂ toleransına dikkat çekmişlerdir (Drosinos ve ark., 1997; Kakouri ve ark., 1997; Ordenez ve ark., 2000). Pournis ve ark. (2005), tekir (*Mullus surmuletus*) balığını buzdolabı koşullarında 3 farklı gaz oranında [(M₁; %10/%20/%70: O₂/CO₂/N₂), (M₂; %10/%40/%50 : O₂/CO₂/N₂), (M₃; %10/%60/%30 : O₂/CO₂/N₂)] MAP kullanarak 14 gün boyunca depolamışlar ve hava kullanılan Kontrol grubuna göre *Brochothrix thermosphacta* bakımından depolama süresince önemli bir fark tespit etmemişlerdir, ancak tüm gruplar 10. günden itibaren 6 logkob/g sınırını aşmıştır. Koutsoumanis ve ark. (2000), barbun (*Mullus barbatus*) balığının depolama esnasında bakteriyel mikroflorasını araştırmak ve bazı modelleme araştırmaları yapmak amacıyla farklı sıcaklıklarda ve farklı gaz oranlarında gruplar oluşturarak 320 saat boyunca depoladığı balıklarda; hava koşullarında, diğer tüm parametrelerin sabit kalarak yalnızca sıcaklığa bağlı *Brochothrix thermosphacta* yükünü 0°C>5°C=15°C=10°C olarak tespit etmişlerdir. Ayrıca farklı gaz oranlarında (20/80/0; 50/50/0; 40/30/30; CO₂/N₂/O₂) ve iki farklı sıcaklıkta (0 ve 3°C) ise depolama sürelerinin tamamı içerisinde hem sıcaklık bakımından hem de farklı gaz oranları bakımından herhangi bir fark tespit etmemişlerdir (p>0.05). Nosedá ve ark. (2012), çizgili kedi balığı (*Pangasius hypophthalmus*) filetolarını buzdolabı koşullarında iki farklı gaz oranı ile (%50 CO₂/%50 N₂ ; %50 CO₂/%50 O₂) 19 gün boyunca depoladıkları araştırmada; *Brochothrix thermosphacta* yükünü her iki MA paketli grupta da 14. günde 6 logkob/g'a ulaştığını tespit etmişlerdir. Aynı değere vakum paketleme 12. günde, hava ile paketlenen gruplar ise 10. günde ulaşmıştır. Bununla birlikte pek çok çalışma göstermektedir ki, *Brochothrix thermosphacta* yükü bakımından farklı gaz oranları ile alınan sonuçlar benzer ya da düşük miktarda farklılık göstermektedir. Araştırmamızda kullanılan gaz oranı 60/40:CO₂/N₂'dir. Araştırmamızın BrT bulgularını diğer araştırmacıların bulgularıyla kıyaslamak gerekirse tespit ettiğimiz BrT yükünün biraz daha düşük olduğu söylenebilir. Özdemir ve Şireli (2001)'ye göre bu durumun temel sebebinin gaz oranlarından ziyade üretim teknolojisi/farklılıkları ve/veya personel hijyeninden kaynaklanabileceğidir. MTGaz enzimi kullanılan gruplarda BrT'nin bir miktar daha düşük olduğu söylenebilir. Araştırmamızda tüm gruplarda aynı gaz oranında MA paketleme kullanıldığından dolayı enzim kullanımının inhibe edici etkisi görülmektedir.

Laktik asit bakterileri de BrT gibi MA paketli ve soğukta muhafaza edilen ürünlerde, bozulma anında gözlemlenen ekşi tattan sorumludur (Nollet ve Toldra 2010). Taze alabalığın LAB yükü <1 logkob/g olarak bulunmuştur. Tablo 4.16 incelendiğinde depolama süresince maksimum bakteri yükünün 15. günde Kontrol (3.44 logkob/g) grubunda tespit

edildiği görülmektedir. A grubunda 12. günden depolama sonuna kadar LAB sayısında istatistiksel olarak bir değişiklik saptanmamıştır ($p>0.05$). 24. günde en düşük LAB sayısı yüksek MTGaz ilaveli grupta (B Grubu) tespit edilmiştir. Bununla birlikte hafif dalgalanmalar dışında enzim ilaveli her iki grup da benzer sonuçlar göstermiştir. Pournis ve ark. (2005), tekir (*Mullus surmuletus*) balığını MA paketleyerek buzdolabı koşullarında depolamışlar ve gaz karışımlarında kullanılan CO₂ arttıkça laktik asit bakterileri üzerindeki inhibisyon etkisinin arttığını ($p<0.05$) tespit etmişlerdir. Volpe ve ark. (2015), 15 gün boyunca buzdolabı koşullarında depoladıkları alabalık (*Oncorhynchus mykiss*) filetolarında başlangıç (0. gün) toplam LAB yükünü 2.00 ± 0.02 logkob/g olarak tespit etmişlerdir ve 15. günde filetolarda 2.93 ± 0.10 logkob/g değerine ulaşmışlardır. Bununla birlikte limon yağından geliştirdikleri yenilebilir aktif film kaplama ile 15. günde LAB değerlerini 2.38 ± 0.01 logkob/g değerine kadar inhibe etmeyi başarmışlardır. Alak ve ark. (2010), $4\pm1^\circ\text{C}$ 'de palamut (*Sarda sarda*) filetolarını MA paketleme, kitosan, vakum ve atmosferik koşullarda depolamışlar ve 15 günlük depolama süresi boyunca LAB bakımından önemli bir farklılık tespit etmemişlerdir ($p>0.05$).

S. aureus (Koagülaz +) fakültatif anaerob şartlarda gelişen ve insan ağız, burun ve boğaz florasında bulunan, çevresel kontaminasyonun göstergesi sayılabilecek bir bakteri türüdür. Taze alabalıkta 1.96 logkob/g olarak bulunan *S. aureus* yükü, köfte karışımında bulunan katkıların ilavesi ile tüm gruplarda artış göstermiştir ($2.26\text{--}2.61$ logkob/g). 3. günde *S. aureus* yükü, uygulanan CO₂ bakımından zengin paketlemenin etkisi ile düşüş göstermiştir (Tablo 4.16). Yesudhasan ve ark. (2014), tombak (*Scomberomorus commerson*) balığı filetolarında MA paketlemenin atmosferik paketlemeye göre *S. aureus* yükünü arttırmadığını ($p>0.05$), hatta bazı durumlarda modifiye atmosfer paketleme ile daha olumlu sonuçlar alınabileceğini bildirmişlerdir. Benzer şekilde Soccol ve ark. (2005) da buzdolabı koşullarında (20 günlük depolama süresi) Nil tilapyası (*Oreochromis niloticus*) filetolarında MA paketlemenin kontrol grubuna göre herhangi bir farklılığını tespit etmemişlerdir ($p>0.05$). Tablo 4.17'de görüldüğü gibi araştırma sonuna kadar geçen sürede *S. aureus* yükünün zamana bağlı korelasyon katsayıları Kontrol, A ve B gruplarında sırasıyla 0,69, 0,78 ve 0,74 olarak tespit edilmiştir. Depolama sonuna kadar tüm gruplarda dalgalanma gözlenmiş olup 24. günde 4.37 logkob/g'ı geçmemiştir. Genel olarak gıdada $10^5\text{--}10^9$ adet/g *S. aureus* varlığı enterotoksin oluşumu için "toksik düzey" olarak kabul edilir (Halkman, 2005). Özellikle TMAB yükünün 6 logkob/g değerini geçtiği günlerde dahi grupların *S. aureus* yükü, belirtilen toksik düzeyin oldukça altında saptanmıştır. MTGaz enzimi ilavesinin *S. aureus*

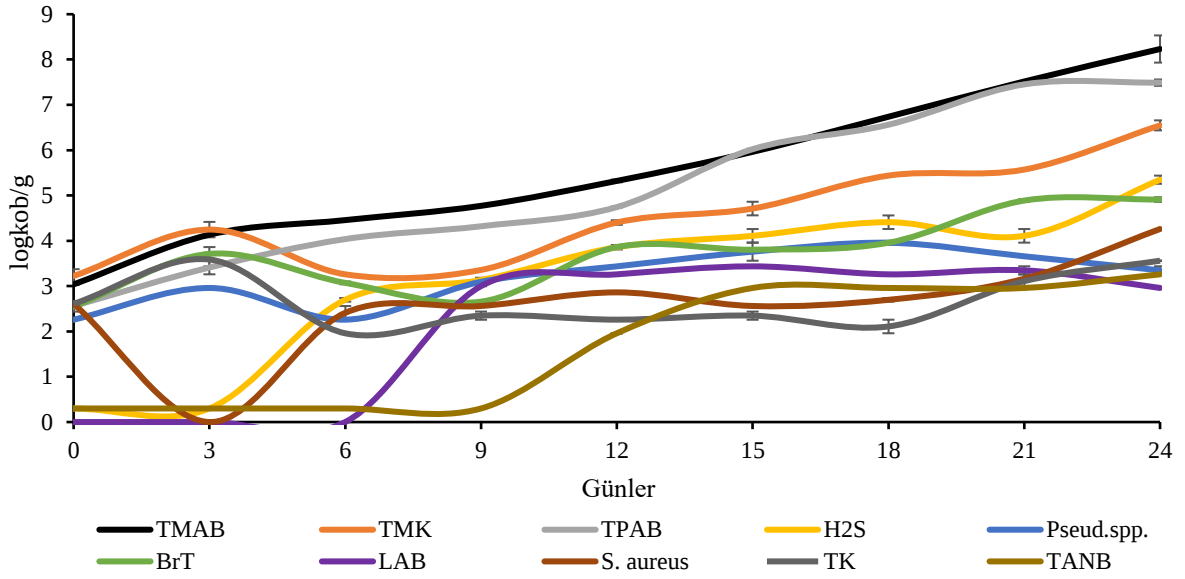
yükü üzerinde etkisi olmadığı ($p>0.05$) söylenebilir ancak her ne kadar istatistiksel fark bulunmasa da özellikle depolama süresinin son günlerinde yüksek oranda enzim kullanılan B grubunun (%1 MTGaz) sayısal olarak daha düşük değerlere sahip olduğu görülmektedir. Taze balık etinde toplam koliform bakteri yükü tespit edilebilir sınır değerinin altında (<1 logkob/g) bulunmuştur. Tablo 4.16'da görüldüğü gibi katkı ilavesi ve depolamanın başlaması ile birlikte TK bakteri yükü artmış, depolamanın 6. gününden itibaren ise paket içeriğindeki CO₂ etkisi ile tüm gruplarda azalmıştır. Toplam koliform yükü bakımından 6. günden 24. güne kadar gruplar arasında önemli bir fark gözlenmemiştir ($p>0.05$). Yerlikaya ve ark. (2015), MTGaz enzimi ilave edilerek depolanan ($4\pm2^{\circ}\text{C}$ 'de) uskumru (*Scomber scombrus*) kıymasında enzim kullanımının (5g/kg ve 10g/kg) koliform bakteri yükünü baskıladığını bildirmişlerdir ($p<0.01$). Bununla birlikte, Tablo 4.16 incelendiğinde görülmektedir ki; araştırmamızda toplam koliform bakımından MTGaz enziminin ve modifiye atmosfer paketlemenin etkileri depolamanın ilk yarısına kadar nispeten etkili olmakla birlikte müteakip günlerde istatistiksel bakımdan olumlu bir etkiye rastlanmamıştır. Buna karşın enzim kullanılan grupların Kontrol grubuna göre daha düşük TK yüküne sahip olduğu da gözlemlenmiştir. Ayrıca ilk günlerde pH daha düşük düzeylerde seyretmiştir. Patojenik bakteriler yüksek pH düzeylerinde çok daha aktif bulunmaktadır (Tokay, 2015). Araştırmamızda kullanılan balığın başlangıç pH'sının yüksekliği ve katılan diğer katkıların (baharat vs.) pH'yı yükselttiği söylenebilir. Bu nedenle literatürde taranan pek çok araştırmada hem başlangıç değerleri olarak hem de depolama süreleri boyunca pH düzeyleri çok daha düşük seviyelerde seyretmektedir. Tokay (2015), MTGaz enzimini sprey uygulayarak buzdolabı koşullarında depoladığı uskumru (*Scomber scombrus*) filetolarında koliform bakteri yükünü en yüksek Kontrol grubunda tespit etmiştir. Bununla birlikte, özellikle depolamanın ilk günlerinde daha belirgin olan enzim koruyuculuğunun ilerleyen depolama günlerinde pH'nın artışıyla birlikte azaldığını bildirmiştir.

Gıda mikrobiyolojisini ilgilendiren anaeroblardan kasıt *Clostridium* türleridir. Halkman (2005)'a göre başka anaerob ya da fakültatif anaerob bakteriler gıdalarda bulunsun da analizlerde belirlenenler en çok bu türlerden oluşmaktadır. Araştırmada, anaerob başlığı altında *Clostridium* türleri incelenmiştir. Taze balık ile Kontrol, A ve B gruplarında depolamanın ilk gününden 12. güne kadar TANB sayısı <1 logkob/g'ın altında tespit edilmiştir. 15. günden itibaren Kontrol ve A grubunda gözlemlenen artış 24. güne kadar istatistiksel açıdan farksızdır ($p>0.05$) ve daha yüksek oranda MTGaz enzimi içeren B grubunda 24. güne kadar TANB sayısı tespit edilebilir değerinin altında kalmıştır (1 logkob/g).

%1 oranında MTGaz enzimi kullanımının anaerob bakteri gelişimi durdurucu etki gösterdiği söylenebilir. Kimura ve ark. (1996), Japon istavritini (*Trachurus japonicus*) buzdolabı koşullarında depoladıkları araştırmalarında; Anaerob bakteri gelişimi bakımından en uygun yöntemin MA paketleme olduğunu ve ideal gaz oranının ise %40/%60:CO₂/N₂ olduğunu, buna ilave olarak en fazla üremenin kontrol grubunda (atmosfer) gerçekleştiğini tespit etmişlerdir (p<0.05).

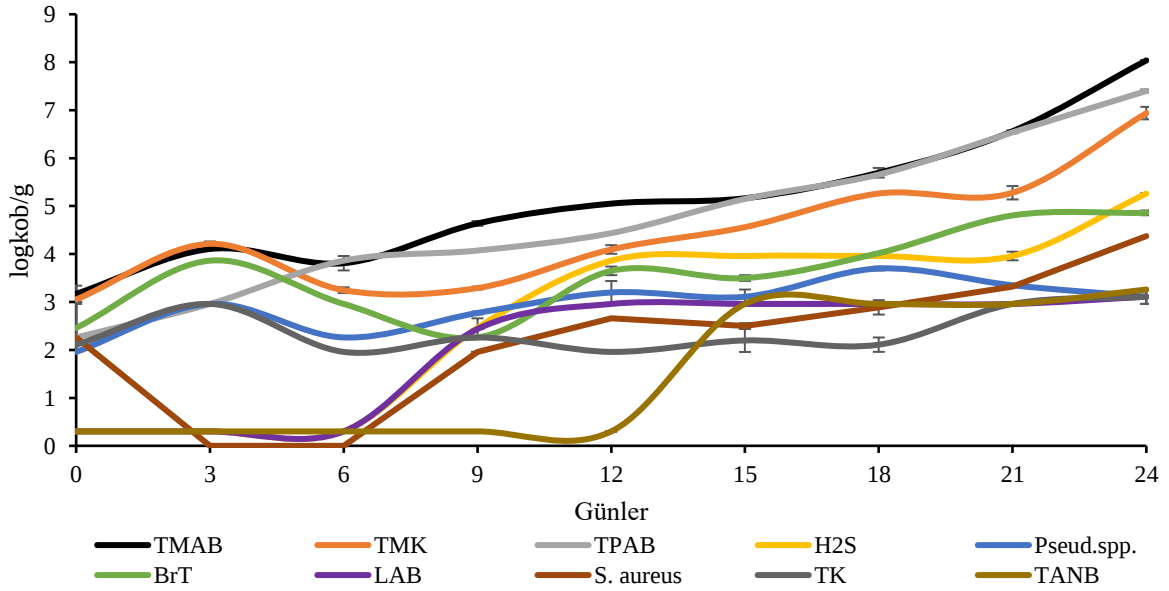
Tokay (2015), MTGaz enzimi ilaveli uskumru (*Scomber scombrus*) filetolarını buzdolabı koşullarında depolayarak; enzim miktarındaki artışın tüm mikrobiyal gelişmeyi yavaşlattığı sonucuna ulaşmıştır (p<0.01). Yine çalışmamıza benzer şekilde Yerlikaya ve ark. (2017) Gökkuşluğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) kıymasına ilave ettikleri MTGaz'ın toplam bakteri gelişimini yavaşlattığını bildirmişlerdir (p<0.01).

Canlı balık eti steril olmasına rağmen deri, mukoz, solungaç ve iç organlar farklı bakteri türlerini içermektedir. Bu bakteri tür ve miktarları; balık türü, sıcaklık, su, tuzluluk ve oksijen seviyesi, kirlilik derecesi, besleme, stres vb. gibi birçok faktöre bağlıdır (Françoise, 2010). Balığın iç organ ve kafa uzaklaştırma işleminden sonra filetosu çıkarılmış, kuterde kıyma haline getirilmiş ve steril paketli ürünler kullanılarak köfte hamuruna yine kuterde kıvam aldırılmıştır. Ardından köfte kalıplarına basılarak ürünler paketlenmiştir. Oluşan son üründe uygulanan işlemler ve katkılardan kaynaklı olarak mikrobiyal flora değişiklik göstermiştir. Taze balığın başlangıç mikroflorasında *Pseudomonas* spp., BrT, *S. aureus* baskın iken, H₂S üreten bakteriler (*S. putrefaciens* dahil), laktik asit bakterileri ve toplam koliform bakteri içeriği düşük seviyededir. Kontrol grubunda (Şekil 4.22), A ve B gruplarında (Şekil 4.23 ve 4.24) depolama süresince gözlemlenen mikrobiyolojik değişiklikler grafikler üzerinde verilmiştir.



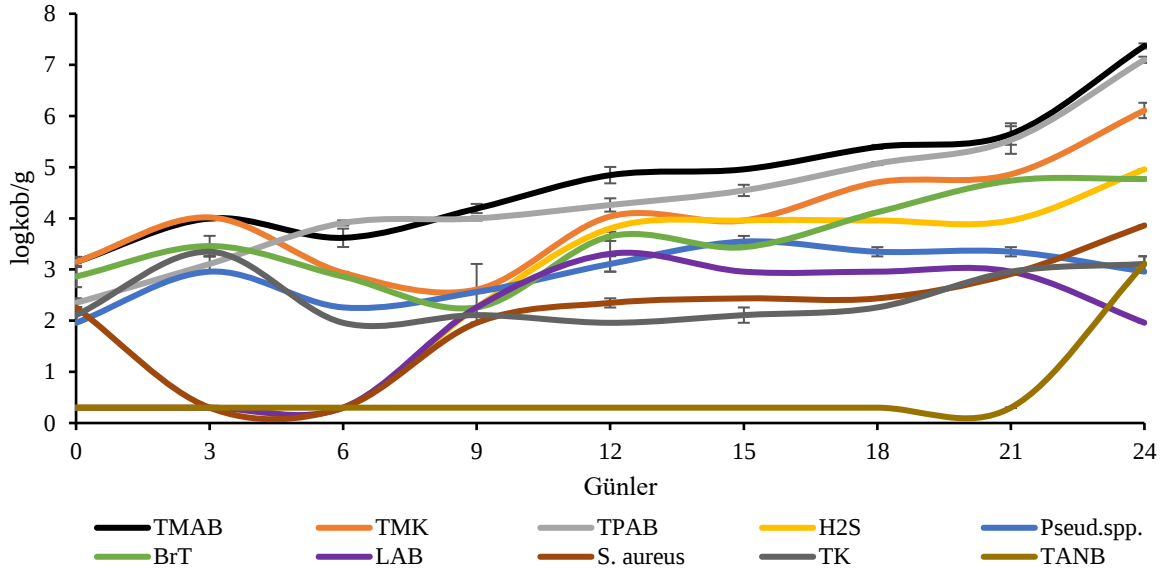
Şekil 4.22. Kontrol grubunda depolama süresince gözlemlenen mikrobiyolojik değişiklikler

Şekil 4.22 incelendiğinde, MTGaz enzimi içermeyen yalnızca modifiye atmosfer paketlenerek depolama günü sonuna kadar soğuk muhafaza edilen Kontrol grubunda baskın mikrofloranın sırasıyla H₂S üreten bakteriler>BrT>*Pseudomonas* spp.>LAB>*S. aureus*>TK'dan oluştuğu görülmektedir.



Şekil 4.23. A (%0.5 MTGaz) grubunda depolama süresince gözlemlenen mikrobiyolojik değişiklikler

Şekil 4.23'te de görüldüğü gibi, %0.5 MTGaz enzimi ilaveli A grubunun baskın mikroflorası sırasıyla, BrT>H₂S üreten bakteriler>*Pseudomonas* spp.>*S. aureus*>LAB>TK'dan oluşmaktadır.



Şekil 4.24. B (%1 MTGaz) grubunda depolama süresince gözlemlenen mikrobiyolojik değişiklikler

Şekil 4.24’de sunulduğu gibi %1 MTGaz enzimi ilaveli B grubunun baskın mikroflorası sırasıyla, BrT>H₂S üreten bakteriler>*Pseudomonas* spp.>LAB>*S. aureus* >TK’dan oluşmaktadır.

4.5. Mekanik Analiz Bulguları

4.5.1. TPA (Texture Profile Analysis) Bulguları

TPA bulguları çiğ ve pişmiş ürünler için ayrı olarak sunulmaktadır.

4.5.1.1. Çiğ Ürünlerde TPA Bulguları

Araştırma kapsamında Kontrol, A ve B gruplarındaki çiğ alabalık köftelerin depolama süresince TPA sonuçları Tablo 4.18’de sunulmuştur. Ayrıca TPA bileşenlerinden olan sertlik Şekil 4.25’te, adezif yapışkanlık Şekil 4.26’da, esneme direnci Şekil 4.27’de, elastikiyet Şekil 4.28’de, kohezif yapışkanlık Şekil 4.29’da, gamsılık Şekil 4.30’da ve çiğnenebilirlik durumları Şekil 4.31’de görülmektedir. Köftelerdeki TPA bileşenlerinin zamana göre değişimini gösteren regresyon denklemleri ile korelasyon katsayıları ise Tablo 4.19’da verilmiştir.

Tablo 4.18. Çiğ köftelerin depolama süresine göre TPA değerleri

<i>Analizler</i>	<i>Gruplar</i>	<i>0. Gün</i>	<i>3. Gün</i>	<i>6. Gün</i>	<i>9. Gün</i>	<i>12. Gün</i>	<i>15. Gün</i>	<i>18. Gün</i>	<i>21. Gün</i>	<i>24. Gün</i>
Sertlik (N)	Kontrol	2.03±0.07 ^{Ccd}	2.45±0.10 ^{Ba}	2.39±0.03 ^{Cab}	2.42±0.09 ^{Cab}	2.12±0.03 ^{Cbc}	1.73±0.07 ^{Cde}	1.44±0.07 ^{Ce}	1.60±0.07 ^{Ce}	1.60±0.03 ^{Ce}
	A (%0.5 MTGaz)	4.31±0.10 ^{Bd}	6.41±0.09 ^{Aab}	5.36±0.12 ^{Bc}	5.52±0.09 ^{Bc}	5.49±0.06 ^{Bc}	6.08±0.06 ^{Bab}	6.54±0.09 ^{Aa}	6.01±0.09 ^{Bb}	5.33±0.14 ^{Bc}
	B (%1 MTGaz)	5.49±0.11 ^{Ad}	6.67±0.20 ^{Ac}	8.99±0.07 ^{Aa}	9.12±0.11 ^{Aa}	8.20±0.21 ^{Ab}	9.28±0.18 ^{Aa}	6.21±0.09 ^{Ac}	6.67±0.06 ^{Ac}	8.24±0.15 ^{Ab}
Adezif Yapışkanlık (Yüzey Yapışkanlığı) (mJ)	Kontrol	0.23±0.03 ^{Ae}	0.23±0.03 ^{Ae}	0.33±0.03 ^{Ade}	0.37±0.03 ^{Ade}	0.50±0.06 ^{AcD}	0.53±0.03 ^{AcD}	0.67±0.07 ^{Ac}	0.97±0.03 ^{Ab}	1.23±0.09 ^{Aa}
	A (%0.5 MTGaz)	0.02±0.00 ^{Ba}	0.00±0.00 ^{Bab}	0.00±0.00 ^{Bb}	0.00±0.00 ^{Bab}	0.00±0.00 ^{Bab}	0.00±0.00 ^{Bab}	0.00±0.00 ^{Bb}	0.00±0.00 ^{Bab}	0.01±0.00 ^{Bab}
	B (%1 MTGaz)	0.01±0.00 ^{Ba}	0.00±0.00 ^{Bb}	0.00±0.00 ^{Bb}	0.00±0.00 ^{Bb}	0.01±0.00 ^{Bab}	0.01±0.00 ^{Bab}	0.00±0.00 ^{Bb}	0.00±0.00 ^{Bb}	0.00±0.00 ^{Bab}
Esneleme Direnci	Kontrol	0.06±0.01 ^{Ba}	0.06±0.01 ^{Ba}	0.06±0.01 ^{Ba}	0.05±0.00 ^{Ca}	0.07±0.01 ^{Ca}	0.05±0.01 ^{Ca}	0.05±0.01 ^{Ca}	0.04±0.00 ^{Ca}	0.04±0.01 ^{Ca}
	A (%0.5 MTGaz)	0.05±0.01 ^{Bd}	0.06±0.00 ^{Bd}	0.08±0.00 ^{Bd}	0.08±0.00 ^{Bd}	0.12±0.01 ^{Bc}	0.13±0.01 ^{Bc}	0.16±0.01 ^{Bb}	0.22±0.01 ^{Ba}	0.21±0.01 ^{Ba}
	B (%1 MTGaz)	0.11±0.00 ^{Ab}	0.25±0.01 ^{Aa}	0.24±0.01 ^{Aa}	0.25±0.01 ^{Aa}	0.25±0.02 ^{Aa}	0.25±0.01 ^{Aa}	0.27±0.01 ^{Aa}	0.25±0.01 ^{Aa}	0.27±0.01 ^{Aa}
Elastikiyet (mm)	Kontrol	6.70±0.18 ^{Ce}	7.39±0.12 ^{Ccd}	8.51±0.23 ^{Ba}	8.29±0.12 ^{Bab}	6.78±0.15 ^{Bde}	6.49±0.07 ^{Be}	7.42±0.13 ^{AcD}	7.41±0.12 ^{AcD}	7.60±0.03 ^{Abc}
	A (%0.5 MTGaz)	8.31±0.09 ^{Bb}	9.74±0.08 ^{Ba}	8.53±0.14 ^{Bb}	6.72±0.13 ^{Cd}	7.49±0.19 ^{Bc}	6.15±0.09 ^{Be}	7.67±0.10 ^{Ac}	7.47±0.05 ^{Ac}	7.63±0.05 ^{Ac}
	B (%1 MTGaz)	15.78±0.56 ^{Aa}	16.31±0.10 ^{Aa}	13.27±0.04 ^{Ab}	11.55±0.53 ^{Ac}	11.38±0.25 ^{Ac}	7.74±0.22 ^{Ad}	7.45±0.11 ^{Ad}	6.91±0.13 ^{Bd}	6.85±0.05 ^{Bd}
Kohezif Yapışkanlık (İç Yapışkanlık)	Kontrol	0.42±0.01 ^{Bb}	0.52±0.01 ^{Aa}	0.57±0.01 ^{Ba}	0.43±0.01 ^{Cb}	0.34±0.01 ^{Bb}	0.42±0.00 ^{Bcd}	0.38±0.02 ^{Bc}	0.31±0.01 ^{Cde}	0.26±0.01 ^{Ce}
	A (%0.5 MTGaz)	0.56±0.02 ^{Aa}	0.59±0.01 ^{Aa}	0.56±0.02 ^{Ba}	0.52±0.01 ^{Bab}	0.47±0.01 ^{Abc}	0.36±0.01 ^{Ad}	0.44±0.02 ^{ABc}	0.40±0.01 ^{Bcd}	0.37±0.02 ^{Bd}
	B (%1 MTGaz)	0.50±0.01 ^{AcD}	0.58±0.01 ^{Ab}	0.68±0.01 ^{Aa}	0.66±0.02 ^{Aa}	0.49±0.02 ^{AcD}	0.46±0.01 ^{Ad}	0.51±0.01 ^{AcD}	0.49±0.02 ^{AcD}	0.54±0.01 ^{Abc}
Gamsılık (Sakızumsılık) (N)	Kontrol	0.05±0.00 ^{Bc}	0.08±0.00 ^{Cbc}	0.12±0.01 ^{Ca}	0.10±0.01 ^{Cab}	0.09±0.01 ^{Bab}	0.07±0.01 ^{Bbc}	0.06±0.00 ^{Bc}	0.07±0.01 ^{Bbc}	0.07±0.01 ^{Cbc}
	A (%0.5 MTGaz)	0.33±0.00 ^{Ac}	0.54±0.01 ^{Aa}	0.45±0.02 ^{Ab}	0.46±0.01 ^{Ab}	0.36±0.01 ^{Ac}	0.24±0.00 ^{Ae}	0.26±0.02 ^{Ade}	0.30±0.01 ^{AcD}	0.32±0.01 ^{Ac}
	B (%1 MTGaz)	0.31±0.02 ^{Aabc}	0.36±0.01 ^{Ba}	0.25±0.01 ^{Bbcd}	0.37±0.01 ^{Ba}	0.36±0.01 ^{Aa}	0.22±0.01 ^{Ad}	0.23±0.01 ^{Ad}	0.31±0.02 ^{Aab}	0.25±0.02 ^{Bcd}
Çiğnenebilirlik (N.mm)	Kontrol	5.37±0.11 ^{Cd}	11.29±0.43 ^{Ca}	10.23±0.08 ^{Cb}	8.22±0.23 ^{Cc}	5.67±0.19 ^{Cd}	3.75±0.10 ^{Ce}	3.71±0.13 ^{Be}	3.21±0.20 ^{Cef}	3.07±0.09 ^{Cf}
	A (%0.5 MTGaz)	19.92±0.08 ^{Bcd}	36.59±0.67 ^{Ba}	25.72±0.33 ^{Bb}	19.15±0.22 ^{Bcd}	19.45±0.20 ^{Bcd}	13.47±0.42 ^{Bf}	22.12±1.55 ^{Ac}	18.14±0.89 ^{Bde}	14.89±0.51 ^{Bef}
	B (%1 MTGaz)	43.81±0.21 ^{Ad}	62.40±1.36 ^{Ac}	82.19±1.57 ^{Aa}	69.09±2.24 ^{Ab}	46.21±2.86 ^{Ad}	31.21±2.66 ^{Ae}	22.78±0.93 ^{Af}	21.59±0.47 ^{Af}	30.46±0.61 ^{Ae}

Ort. (n=12) ±st. hata

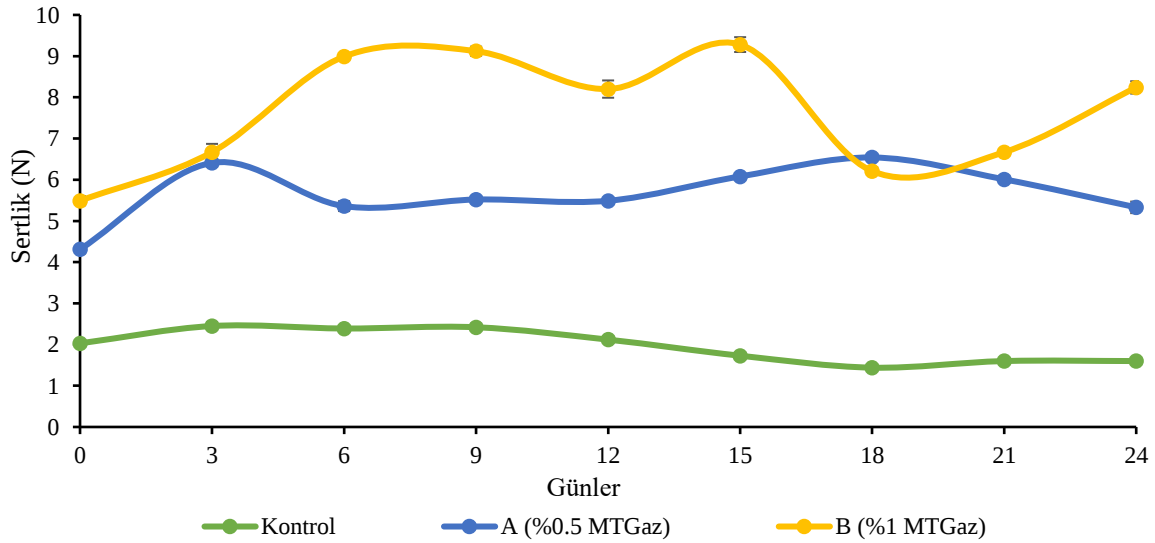
A, B, C (↓): Her özellik için ayrı olmak üzere farklı harf taşıyan gruplar arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0.05$).

a, b, c, ...h (→): Her özellik için ayrı olmak üzere farklı harf taşıyan günler arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0.05$).

Tablo 4.19. Kontrol A ve B gruplarının çiğ formunun TPA sonuçlarına ilişkin regresyon denklemleri ve korelasyon katsayıları

Analizler/Gruplar	Kontrol	A (%0.5 MTGaz)	B (%1 MTGaz)
Sertlik (N)	$y = -0.1143x + 2.5472$ $r = 0.80$	$y = 0.0967x + 5.1889$ $r = 0.39$	$y = 0.0933x + 7.1856$ $r = 0.18$
Adezif Yapışkanlık (mJ)	$y = 0.1177x + 0.0261$ $r = 0.94$	$y = -0.0007x + 0.0067$ $r = 0.26$	$y = -0.0005x + 0.0058$ $r = 0.27$
Esneme Direnci	$y = -0.0027x + 0.0667$ $r = 0.73$	$y = 0.0222x + 0.0125$ $r = 0.97$	$y = 0.0117x + 0.1794$ $r = 0.65$
Elastikiyet (mm)	$y = -0.0053x + 7.4256$ $r = 0.02$	$y = -0.197x + 8.7306$ $r = 0.51$	$y = -1.3228x + 17.419$ $r = 0.96$
Kohezif Yapışkanlık	$y = -0.0277x + 0.5439$ $r = 0.77$	$y = -0.0288x + 0.6186$ $r = 0.90$	$y = -0.0108x + 0.5997$ $r = 0.38$
Gamsılık (N)	$y = -0.0017x + 0.0872$ $r = 0.21$	$y = -0.0227x + 0.4756$ $r = 0.62$	$y = -0.0097x + 0.3439$ $r = 0.44$
Çiğnenebilirlik (N.mm)	$y = -0.8492x + 10.304$ $r = 0.75$	$y = -1.4725x + 28.413$ $r = 0.59$	$y = -5.5422x + 73.237$ $r = 0.71$

TPA bileşenlerinden olan sertlik değerlerinin zamana bağlı değişimi Şekil 4.25'te sunulmaktadır.



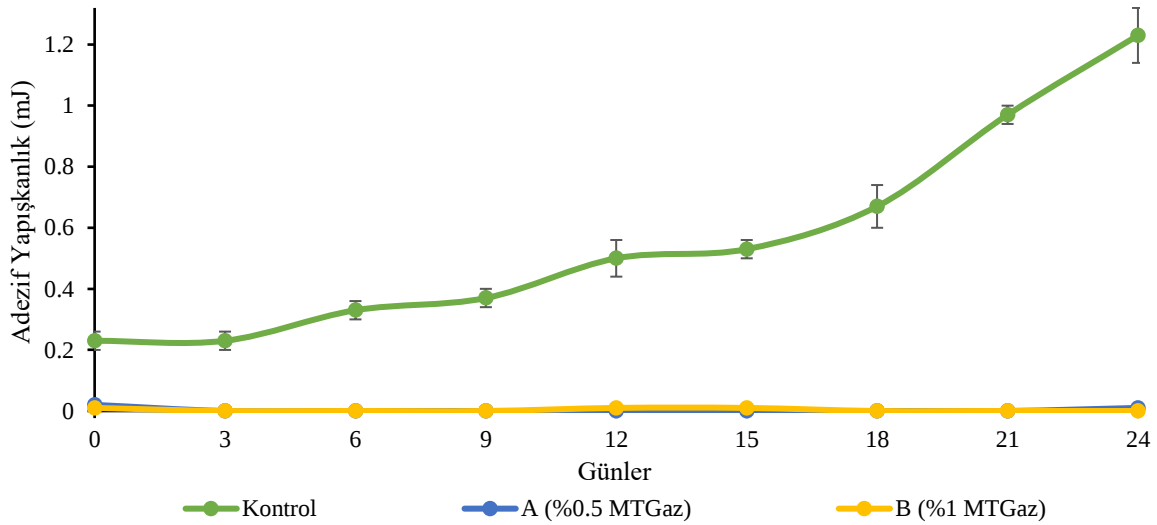
Şekil 4.25. Çiğ köftelerin sertlik değerlerinin depolama süresine göre değişimi

Sertlik (hardness) analizi bulguları (Tablo 4.18) depolamanın son gününde Kontrol, A ve B gruplarında sırasıyla 1.60, 5.33 ve 8.24 N olarak tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Tablo 4.18 ve Şekil 4.25'de sunulan değerler incelendiğinde, Kontrol grubunda en yüksek sertlik değeri 3. günden 12. güne kadar görülmüştür ($p > 0.05$). A grubunda 0. günden, 3. günün sonuna kadar nispeten hızlı bir yükseliş gözlemlenmiş ($p < 0.05$), 6. günden itibaren ise 12. gün sonuna kadar önemli değişim tespit edilmemiştir ($p > 0.05$). En yüksek sertlik değerinin görüldüğü (6.54 N) 18. günün ardından depolama sonuna kadar bir miktar düşüş yaşamıştır ($p < 0.05$).

B grubunun bulguları değerlendirildiğinde, Kontrol ve A gruplarına göre bir miktar daha fazla düzensiz değişimler gözlenmiştir. 3. günden itibaren başlayan yükseliş trendi 15. gün sonuna kadar sürmüş ve ardından depolama sonuna kadar düşüş göstermiştir (Şekil 4.25 ve Tablo 4.18). Enzim kullanılmayan Kontrol grubunun, tüm araştırma süresi boyunca enzim kullanılan gruplardan daha düşük sertlik değerine sahip olduğu ve artan enzim konsantrasyonunun sertlik değerini arttırdığı ortaya çıkmıştır ($p<0.05$). Moreno ve ark. (2010), Gökkuşluğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) ve berlam balığı (*Merluccius merluccius*) kıymalarında yeniden yapılandırma üzerine bir çalışma yürütmüşler ve enzimli alabalık grubunda (%1.5 NaCl + %1 sodyum kazeinat + %1 MTGaz) sertlik değerlerini ilk ve son gün (1. ve 6. günler) sırasıyla 2.18 ve 6.21 N olarak tespit etmişlerdir ($p<0.05$). Andres-Bello ve ark. (2011), çipura balığından (*Sparus aurata*) MTGaz enzimi ile yeniden yapılandırılarak oluşturulan üründe, hem %0.3 hem de %0.6 enzim kullanımının sertlik değerini (N) önemli miktarda artırdığını tespit etmişlerdir ($p<0.05$). Moreno ve ark. (2009b), Humboldt (jumbo) kalamarından (*Dosidicus gigas*) oluşturdukları ve tüm gruplarına %1.5 sodyum kazeinat ve %0.7 Ca(OH)₂ ilave ettikleri surimi çalışmalarında, çiğ üründe Kontrol grubu sertliğini 12.69 N, %0.5 ve %1 MTGaz enzimi ilaveli gruplardaki sertliği ise sırasıyla 22.70 N ve 26.31 N olarak tespit etmişlerdir. Araştırmamızda da benzer artışlar tespit edilmiştir. Lametta ve Lametta (2018), çizgili yılanbaşı balığında (*Channa striata*) MTGaz enziminin yeniden yapılandırmaya etkisini araştırdıkları 7 günlük çalışmada, enzim miktarının artışı ile sertliğin arttığını ($p<0.05$), ilk analiz günü (2. gün) ile son analiz günü (7. gün) arasında tüm gruplarda önemli düzeyde artış olduğunu tespit etmişlerdir ($p<0.05$). Çorapçı (2017), liyofilize edilmiş Gökkuşluğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) kıymasında rehidrasyon sonrası sertlik değerini 6.52 N olarak tespit etmiştir. Moreno ve ark. (2008), Güney Afrika berlam balığından (*Merluccius capensis*) yeniden yapılandırılmış balık ürünleri geliştirdikleri çalışmada, %1 MTGaz enzimi ilaveli grupta sertlik (N) değerlerini kontrol grubuna kıyasla önemli oranda yüksek tespit etmişlerdir ($p<0.05$). Aref ve ark. (2018), karabalıktan (*Clarias gariepinus*) MTGaz, biberiye ekstraktı, kitosan ve bunların çeşitli kombinasyonlarını kullanarak elde ettiği tüketime hazır parmak balık ürünlerinde MTGaz enzim ilavesinin sertlik değerini önemli ölçüde arttırdığını ve en yüksek değere sahip olduğunu ($p<0.05$), biberiye ekstraktı ve kitosan gibi katkılarla kombine edildiğinde de Kontrol grubundan yüksek sonuçlar elde edildiğini ($P<0.05$) bildirmişlerdir. Kunnath ve ark. (2015), çizgili kedi balığından (*Pangasianodon hypophthalmus*) %0.5 MTgaz ve %1 sodyum kazeinat ilaveli tüketime hazır kıyma ürün üretmişler ($r=50$ mm, $h=17$ mm) ve buzdolabı koşullarında raf ömrünü araştırmışlardır. Araştırma sonuçlarına göre, 1. ve 11.

günlerde Kontrol grubunda sertlik değerlerini sırasıyla 1.15 ve 0.97 kg, enzimli grupta ise 1.29 ve 2.02 kg olarak tespit etmişlerdir. Enzim ilavesinin sertlik değişimlerine etkisi literatürdeki çalışmalar ile benzerlik göstermektedir. Tzikas ve ark. (2015), sarıkuyruk istavrit (*Trachurus mediterraneus*) balığından farklı oranlarda MTGaz enzimi ilavesi (%0, %0.5 ve %1) ve farklı tuz konsantrasyonları (%0, %1 ve %2) ile yeniden yapılandırılmış ürün elde etmişlerdir. Buna göre araştırmacılar, sertlik (N) değeri bakımından en yüksek değeri %1 MTGaz ve %2 tuz kullanılan grupta tespit etmişlerdir ($p<0.05$). Bununla birlikte MTGaz enzimi kullanımının tuz kullanılmayan gruplarda Kontrol grubuna göre herhangi bir fark oluşturmadığını ($p>0.05$), bunun nedeninin ise transglutaminazların her ne kadar proteinleri çapraz bağlama yetenekleri olsa da tuz kullanılmadan oluşan çapraz bağların yetersiz olduğunu ve mekanik özelliklerin gelişebilmesi için en azından %1 oranında tuz kullanımının gerekli olduğunu bildirmişlerdir.

TPA bileşenlerinden adeziv yapışkanlığın depolama süresine göre değişimi Şekil 4.26'da sunulmaktadır.

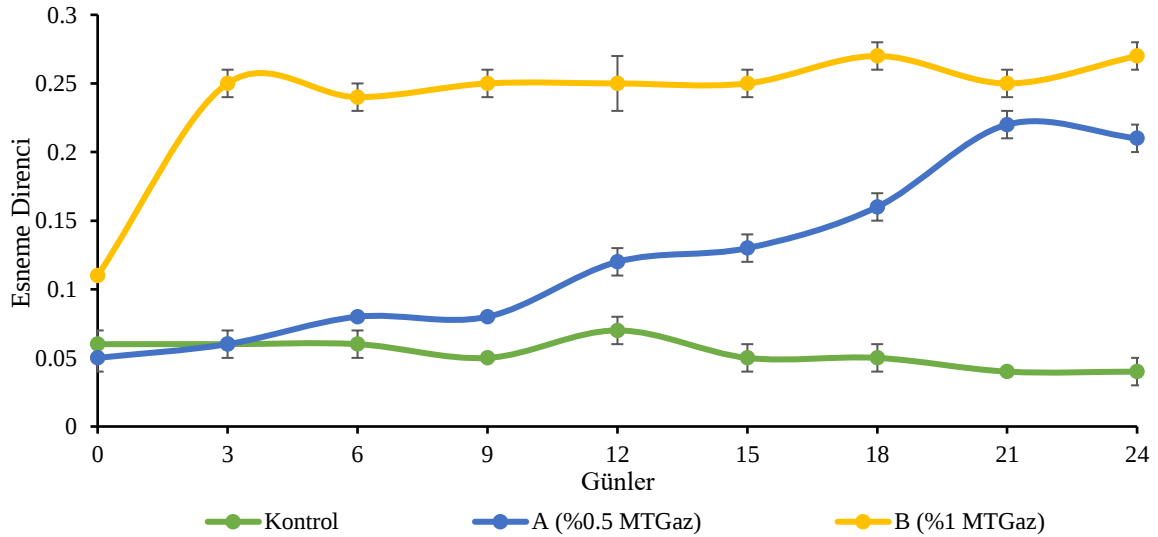


Şekil 4.26. Çiğ köftelerin adeziv yapışkanlık değerlerinin depolama süresine göre değişimi

Adezif yapışkanlık (mJ) (adhesiveness) değerleri incelendiğinde (Tablo 4.18 ve Şekil 4.26) çiğ alabalık köftelerinin, Kontrol grubunun depolama süresi sonunda (24. gün) (1.23 mJ) diğer gruplara göre önemli ölçüde yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Tablo 4.19'daki korelasyon katsayılarına bakıldığında depolama süresine bağlı en yüksek korelasyon Kontrol grubunda ($r= 0.94$) tespit edilmiştir. Tablo 4.18'de sunulduğu gibi A ve B gruplarının adeziv yapışkanlık değerleri depolama sonunda ise sırasıyla 0.01 mJ ve 0.00 mJ olarak tespit edilmiştir. Enzim ilaveli gruplarda sonuçlar benzer bulunurken ($p>0.05$),

Kontrol grubu ise diğer gruplara göre daha yüksek tespit edilmiştir ($p<0.05$). Bunun nedeninin ise enzim kullanılan gruplarda enzimin yüzey yapışkanlığını azaltmasından kaynaklandığı söylenebilir. Depolama süresince Kontrol grubunun adeziv yapışkanlık değeri hafif dalgalanmalarla birlikte düzenli bir şekilde artış gösterirken, enzim kullanılan her iki grupta da değişim gözlenmemiştir ($p<0.05$). Andres-Bello ve ark. (2011), çipuradan (*Sparus aurata*) MTGaz ile soğuk yeniden yapılandırılmış ürün geliştirmişler, yeniden yapı oluşan üründe hem %0.3'lük hem de %0.6'lık MTGaz ilaveli gruplarda adeziv yapışkanlık değerinde önemli bir azalma meydana geldiğini, enzim miktarı arttıkça azalmanın arttığını tespit etmişlerdir ($p<0.05$). Moreno ve ark. (2008), Güney Afrika berlam balığından (*Merluccius capensis*) yeniden yapılandırılmış balık ürünleri üzerine yaptıkları çalışmada, %1 enzim ilaveli grupta adeziv yapışkanlık değerlerini Kontrol grubuna kıyasla önemli oranda düşük bulmuşlardır ($p<0.05$). Literatürdeki çalışmalarda elde edilen bu sonuçlar ile çalışmamızda tespit edilen adeziv yapışkanlık sonuçları benzerlik göstermektedir. Buna ilave olarak enzim kullanımının adeziv yapışkanlık üzerine düşürücü etki yaptığını ancak enzim konsantrasyonunun önemli olmadığını söylemek mümkündür.

Esneleme direnci (resilience) bulguları Tablo 4.18 ve Şekil 4.27'de sunulmuştur.

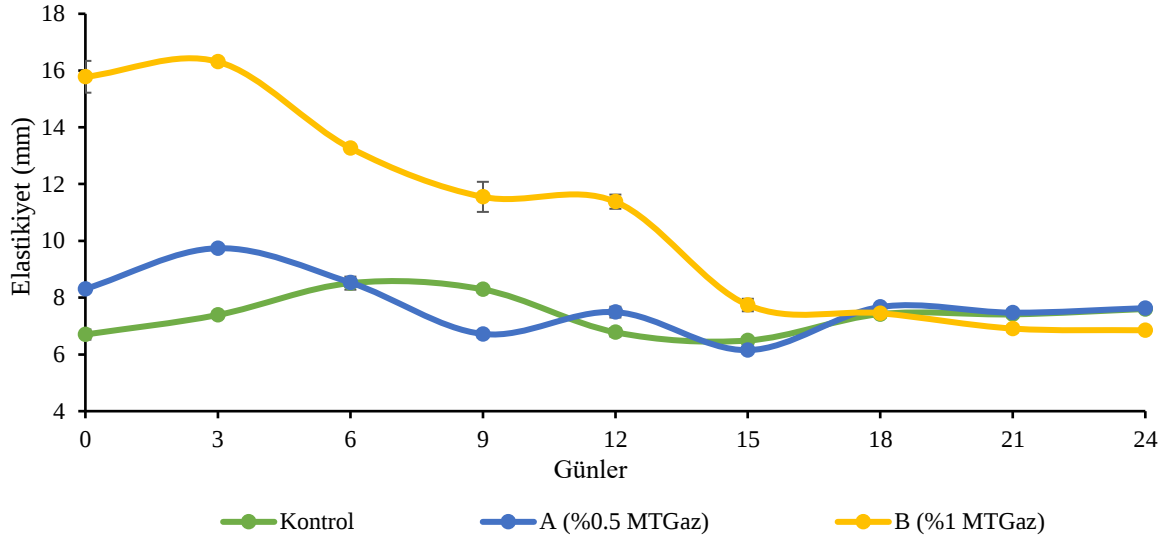


Şekil 4.27. Çiğ köftelerin esneleme direnci değerlerinin depolama süresine göre değişimi

0. günde Kontrol, A ve B gruplarının esneleme direnci değerleri sırasıyla 0.06, 0.05 ve 0.11 olarak ölçülürken, depolama süresi sonunda ise 0.04, 0.21 ve 0.27 olarak tespit edilmiştir ($p<0.05$). Kontrol grubunda çalışma başından sonuna kadar istatistiksel olarak önemli bir fark tespit edilmezken ($p>0.05$), A ve B gruplarında çalışmanın başından sonuna kadar geçen süre zarfında artış gözlemlenmiştir ($p<0.05$) ve burada artan enzim konsantrasyonunun etkili

olduğu görülmüştür. Bu da köftelerde enzim kullanımının esneme direncini artırdığını ortaya koymaktadır.

Elastikiyet (springiness) (mm) analizine ait değerler Tablo 4.18 ve Şekil 4.28’de sunulmuştur.

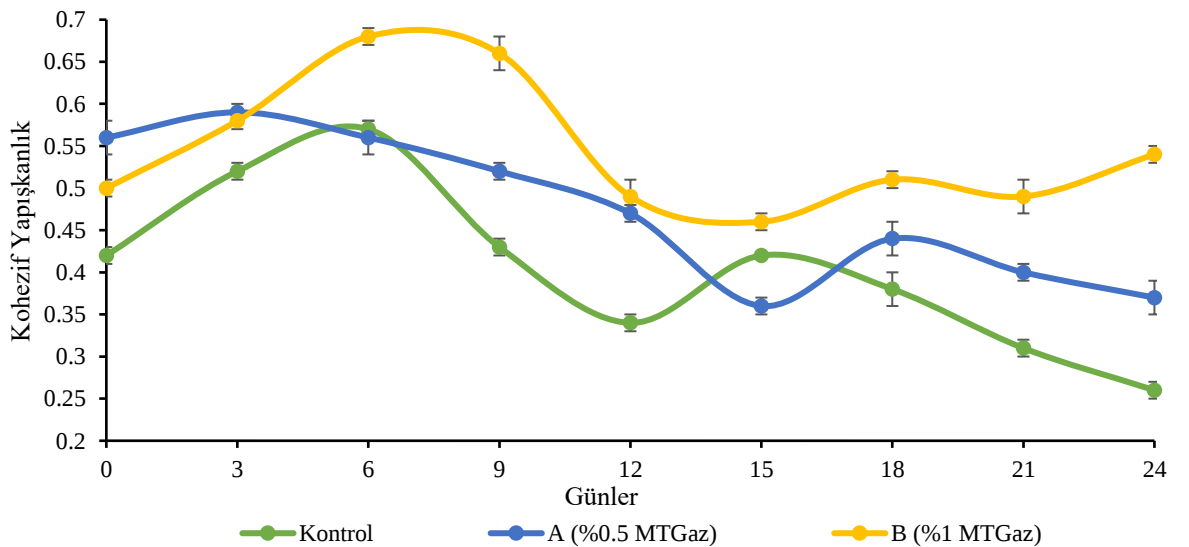


Şekil 4.28. Çiğ köftelerin elastikiyet değerlerinin depolama süresine göre değişimi

Elastikiyet değerleri 0. günde Kontrol, A ve B gruplarında sırasıyla 6.70 ± 0.18 , 8.31 ± 0.09 ve 15.78 ± 0.56 mm olarak tespit edilmiştir. Depolamanın 0. gününden 15. günün sonuna kadar B grubunun (%1 MTGaz) elastikiyet değeri Kontrol ve A grubundan (%0.5 MTGaz) yüksek tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Kontrol ve A grupları ise depolamanın 12. gününden itibaren araştırma sonuna kadar geçen sürede birbirleri ile benzer bulunmuştur ($p > 0.05$). Depolama süresince tüm gruplarda küçük dalgalanmalar gözlenmiştir. Yüksek oranda enzim (%1 MTGaz) içeren ve depolamanın başından 15. gün sonuna kadar en yüksek elastikiyet değerlerine sahip olan B grubunun elastikiyet değerleri araştırma süresi boyunca azalarak 18. günde Kontrol grubu ve düşük oranda enzim içeren A grubu ile benzer bulunmuştur ($p > 0.05$). 21. ve 24. günlerde de Kontrol ve A gruplarının elastikiyet değerleri birbirleri ile benzer ($p > 0.05$) ve yüksek oranda enzim içeren B grubundan yüksek tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Kunnath ve ark. (2015), çizgili kedi balığında (*Pangasianodon hypophthalmus*) elastikiyet değerlerini Kontrol grubu ve %0.5 MTGaz enzimi + %1 sodyum kazeinat ilaveli gruplarda 1. ve 11. günlerde sırasıyla 0.84, 0.87; 0.87 ve 0.95 olarak tespit etmişlerdir. Çalışmamızda tespit edilen bulgular Kunnath ve ark. (2015) tarafından elde edilen sonuçlar ile karşılaştırıldığında, yüksek oranda enzim kullanılan B grubuna göre farklılık göstermekle birlikte, Kontrol grubu ve düşük oranda enzim ihtiva eden A grubundaki değişimlerin daha

benzer olduğu görülmektedir. Tzikas ve ark. (2015), sarıkuyruk istavrit balığından MTGaz enzimi kullanarak düşük tuzlu yeniden yapılandırılmış ürün oluşturmuşlardır. Çiğ üründe elastikiyet (mm) bakımından %1 MTGaz enzimi + %2 NaCl ilaveli grup, Kontrol grubuna göre (%0 MTGaz + %1 NaCl) daha yüksek bulunmuştur ($p<0.05$). Moreno ve ark. (2009b)'nın yaptığı Humboldt (jumbo) kalamarından (*Dosidicus gigas*) ürettiği surimide, deformasyon noktalarında elastikiyet değerlerini Kontrol, A (%0.5 MTGaz) ve B (%1 MTGaz) gruplarında sırasıyla 4.42, 7.40 ve 8.20 mm olarak tespit etmişlerdir. Lametta ve Lametta (2018), çizgili yılanbaş (*Channa striata*) balığından üretilen yeniden yapılandırılmış ürünlerde elastikiyet değerlerini (%) çalışmanın başında en yüksek %0.5 MTGaz enzimi ilaveli grupta, en düşük ise Kontrol grubunda tespit etmişlerdir ancak analizin son gününde elastikiyet değerleri bakımından %1 enzim ilaveli grubun, %0.5 enzim ilaveli grubun önüne geçtiği bildirilmiştir. Andres-Bello ve ark. (2011), çipura balığından MTGaz enzimi ilavesi ile yeniden yapılandırılmış ürün üzerine yaptıkları çalışmada, %0.3'lük ve %0.6'lık MTGaz enzim ilaveli gruplarda elastikiyet değerlerinde artış meydana geldiğini, enzim miktarı arttıkça elastikiyetin de arttığını tespit etmişlerdir ($p<0.05$). Araştırmamızdaki başlangıç verileri Andres-Bello ve ark. (2011)'nin sonuçları ile benzerlik göstermektedir ancak araştırmacıların depolama süresi üzerine verileri bulunmadığından raf ömrü süresince karşılaştırma yapmak mümkün olmamıştır. Literatürler değerlendirildiğinde, araştırmamıza benzer bulgular olduğu gibi farklı bulgulara da rastlanmaktadır. Ancak elastikiyet değişimleri üzerine daha detaylı bir yorumda bulunabilmek için depolama süresi boyunca periyodik olarak gerçekleştirilen elastikiyet araştırmaları çok sınırlı bulunmaktadır.

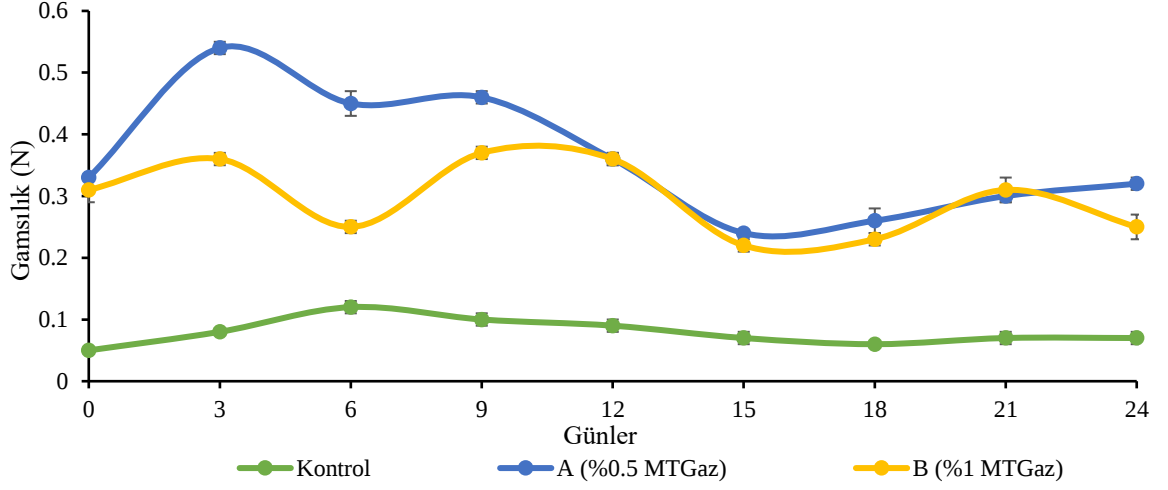
Kohezif yapışkanlık (cohesiveness) değerleri Tablo 4.18'de ve Şekil 4.29'da sunulmuştur.



Şekil 4.29. Çiğ köftelerin kohezif yapışkanlık değerlerinin depolama süresine göre değişimi

Araştırmanın başında kohezif yapışkanlık değerleri Kontrol, A ve B gruplarında sırasıyla 0.42, 0.56 ve 0.50 olarak tespit edilirken, depolama süresi sonunda ise sırasıyla 0.26, 0.37 ve 0.54 olarak tespit edilmiştir ($p<0.05$). Şekil 4.29 incelendiğinde, tüm gruplarda depolama süresi boyunca değişimler olduğu görülmektedir. Moreno ve ark. (2009b), Humboldt (jumbo) kalamar (*Dosidicus gigas*) surimi çalışmalarında kohezif yapışkanlık katsayı değerlerini Kontrol, A (%0.5 MTGaz enzimi) ve B (%1 MTGaz enzimi) gruplarında sırasıyla 0.61, 0.81 ve 0.86 olarak tespit etmişlerdir. Lametta ve Lametta (2018), çizgili yılanbaş (*Channa striata*) balığından MTGaz ilavesi ile üretilen yeniden yapılandırılmış ürünlerde başlangıçtaki kohezif yapışkanlık değerlerini en yüksek %0.5 oranında MTGaz kullanılan grupta (0.275) tespit ederken, bu grubu Kontrol grubu (0.205) ve %1 oranında MTGaz ilaveli grubun (0.178) izlediğini bildirmişlerdir. Araştırmanın son gününde (7. gün) ise en yüksek kohezif yapışkanlık değerini %1 MTGaz ilaveli grupta (0.354) tespit etmişlerdir. Tzikas ve ark. (2015), sarıkuyruk istavrit balığından (*Trachurus mediterraneus*) MTGaz enzimi kullanarak düşük tuzlu yeniden yapılandırılmış ürün oluşturdıkları çalışmada, %1 MTGaz + %2 NaCl ilaveli çiğ ürünün kohezif yapışkanlık bakımından Kontrol grubuna göre (%1 NaCl + %0 MTGaz) daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir ($p<0.05$). Moreno ve ark. (2008), Güney Afrika berlam balığından (*Merluccius capensis*) yeniden yapılandırılmış balık ürünleri üzerine yaptıkları çalışmada, %1 enzim ilaveli grupta kohezif yapışkanlık değerlerini Kontrol grubuna kıyasla önemli oranda yüksek bulmuşlardır ($p<0.05$). Kunnath ve ark. (2015), çizgili kedi balığından (*Pangasianodon hypophthalmus*) elde ettiği kıyma ürününde son günde Kontrol ve %0.5 MTGaz + %1 sodyum kazeinat ilaveli grup arasında istatistiksel fark tespit etmemişlerdir ($p>0.05$). Andres-Bello ve ark. (2011), çipura balığından (*Sparus aurata*) MTGaz enzimi ile yeniden yapılandırılmış ürün elde ettikleri araştırmalarında, yeniden yapılandırılmış üründe %0.3'lük ve %0.6'lık MTGaz ilaveli gruplarda Kontrol grubuna göre kohezif yapışkanlık miktarında artış meydana geldiğini ve enzim miktarının artışına bağlı olarak kohezif yapışkanlığın da yükseldiğini tespit etmişlerdir ($p<0.05$). Literatürde yer alan bu çalışmalar, araştırmamızın bulguları ile büyük oranda benzerlik göstermektedir.

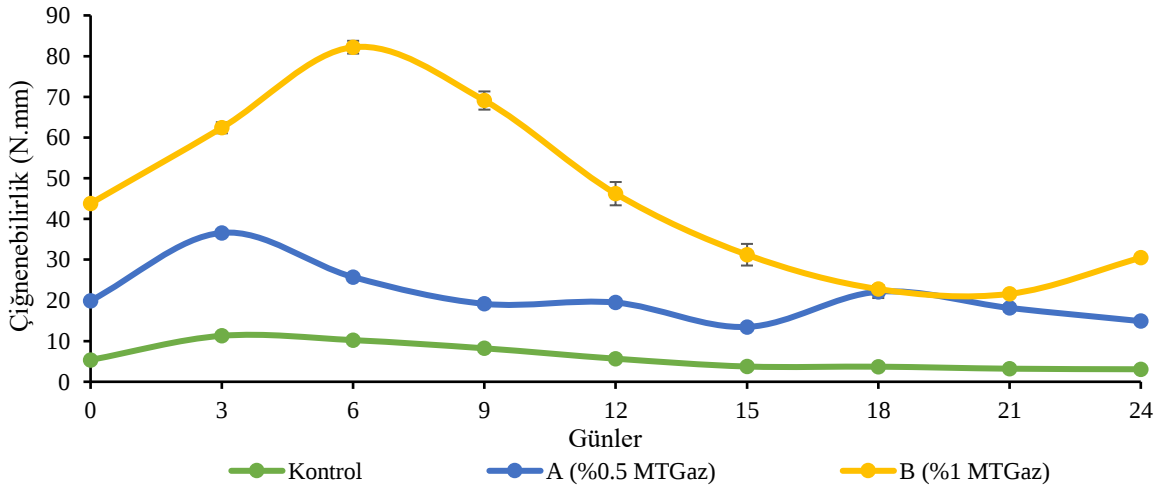
TPA analizinde katı veya yarı katı gıdaların çiğnenerek yutulmaya hazır hale getirilmesi için harcanan enerjinin hesaplanması amacıyla gerçekleştirilen Gamsılık (N) (Gumminess) analizi sonuçları Tablo 4.18 ve Şekil 4.30'da sunulmuştur.



Şekil 4.30. Çiğ köftelerin gamsılık değerlerinin depolama süresine göre değişimi

Kontrol, A ve B gruplarının 0. günlerindeki gamsılık değerleri sırasıyla 0.05, 0.33 ve 0.31 N olarak tespit edilmiştir. Analiz sonunda ise (24. günde) en yüksek gamsılık değeri A grubunda (0.32 N) tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Depolamanın başlangıcından itibaren gamsılık değeri Kontrol grubunda en düşük seviyede bulunmuştur ($p < 0.05$). Şekil 4.30’da sunulduğu gibi enzimli gruplarda daha fazla olmak üzere tüm gruplarda dalgalanmalar gözlemlenmiştir ve bu dalgalanmaların büyük bölümünün 0. günden 9. güne kadar olan kısımda yoğunlaştığı görülmektedir. Bulgular değerlendirildiğinde, MTGaz enzimi kullanımının gamsılığı artırıcı etkide olduğu ve yüksek oranda enzim kullanımının da benzer sonuçlar verdiği söylenebilir. Kunnath ve ark. (2015), çizgili kedi balığından (*Pangasianodon hypophthalmus*) elde ettiği kıymada %0.5 MTGaz + %1 sodyum kazeinat ilaveli grupta son günde gamsılık değerini Kontrol grubuna göre daha yüksek bulmuşlardır ($p < 0.05$). Literatürde gamsılık bakımından çiğ balık ürünlerine ait başka araştırmaya rastlanmamıştır.

Çiğnenebilirlik (N.mm) (chewiness) değerleri Tablo 4.18 ve Şekil 4.31’de sunulmuştur.



Şekil 4.31. Çiğ köftelerin çiğnenebilirlik değerlerinin depolama süresine göre değişimi

Araştırmanın başlangıç gününde çiğnenebilirlik değerleri Kontrol, A ve B gruplarında sırasıyla 5.37 ± 0.11 , 19.92 ± 0.08 ve 43.81 ± 0.21 N.mm olarak belirlenmiştir ($p < 0.05$). Çiğnenebilirlik değerleri depolamanın son gününde ise sırasıyla B grubu için 30.46 N.mm, A grubu için 14.89 N.mm ve Kontrol grubu için 3.07 N.mm olarak tespit edilmiştir. Şekil 4.31 incelendiğinde, çiğnenebilirlik değerlerinde son depolama gününe kadar geçen sürede tüm gruplarda azalma meydana gelmiştir ($p < 0.05$). Depolama süresi boyunca 18. gün hariç diğer tüm günlerde grupların birbiri arasında fark tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Kontrol ve A grubundaki değişim çok dikkat çekici olmamıştır. B grubunda ise çiğnenebilirlik değerleri depolamanın başından 6. gün sonuna kadar artış göstermiş, 6. günden 18. güne kadar ise düşmüştür. 18. günden depolamanın son gününe kadar da hafif bir artış gözlenmiştir. Kunnath ve ark. (2015), çizgili kedi balığından (*Pangasianodon hypophthalmus*) elde ettiği kıyma ürünüde %0.5 MTGaz + %1 sodyum kazeinat ilaveli grupta çiğnenebilirlik değerini Kontrol grubuna göre yüksek bulmuşlardır ($p < 0.05$). Andres-Bello ve ark. (2011), çipura balığından (*Sparus aurata*) MTGaz enzimi ile yeniden yapılandırılmış ürün elde etmeye yönelik çalışmalarında, %0.3'lük ve %0.6'lık MTGaz enzimi ilaveli gruplarda çiğnenebilirlik (N) miktarında artış meydana geldiğini ve enzim miktarının artışına bağlı olarak çiğnenebilirlik değerinin de yükseldiğini tespit etmişlerdir ($p < 0.05$). Literatürdeki bu bulgular, çalışmamızla benzerlik göstermektedir.

4.5.1.2. Pişmiş Ürünlerde TPA Bulguları

Kontrol, A ve B gruplarındaki pişmiş alabalık köftelerin depolama süresince TPA sonuçları Tablo 4.20'de sunulmuştur. Ayrıca TPA bileşenlerinden olan sertlik (Şekil 4.32), adeziv yapışkanlık (Şekil 4.33), esneme direnci (Şekil 4.34), elastikiyet (Şekil 4.35), kohezif yapışkanlık (Şekil 4.36), gamsılık (Şekil 4.37) ve çiğnenebilirlik (Şekil 4.38) durumlarının zamana göre değişimini gösteren regresyon denklemleri ile korelasyon katsayıları Tablo 4.21'de sunulmuştur.

Tablo 4.20. Depolama süresine göre pişmiş köftelerin TPA değerleri

Analizler	Gruplar	0. Gün	3. Gün	6. Gün	9. Gün	12. Gün	15. Gün	18. Gün	21. Gün	24. Gün
Sertlik (N)	Kontrol	25.07±0.56 ^{Ca}	24.25±0.57 ^{Ca}	23.18±0.43 ^{Ca}	21.15±0.12 ^{Cb}	19.19±0.35 ^{Cc}	15.36±0.28 ^{Cd}	13.14±0.32 ^{Cde}	14.45±0.24 ^{Ce}	8.66±0.40 ^{Cf}
	A (%0.5 MTGaz)	32.88±0.55 ^{Bd}	30.40±0.67 ^{Be}	28.28±0.23 ^{Bf}	31.32±0.21 ^{Bde}	31.68±0.35 ^{Bde}	38.38±0.32 ^{Bc}	40.57±0.47 ^{Bb}	41.84±0.48 ^{Bb}	45.04±0.32 ^{Ba}
	B (%1 MTGaz)	39.95±0.57 ^{Ad}	37.82±0.23 ^{Ae}	37.33±0.41 ^{Ae}	37.89±0.32 ^{Ae}	40.31±0.23 ^{Ac}	42.00±0.26 ^{Ac}	45.08±0.54 ^{Ab}	44.72±0.28 ^{Ab}	48.25±0.32 ^{Aa}
Adezif Yapışkanlık (Yüzey Yapışkanlığı) (mJ)	Kontrol	0.07±0.03 ^{Aa}	0.00±0.00 ^{Aa}	0.00±0.00 ^{Aa}	0.03±0.03 ^{Aa}	0.07±0.03 ^{Aa}	0.07±0.03 ^{Aa}	0.07±0.03 ^{Aa}	0.03±0.03 ^{Aa}	0.07±0.03 ^{Aa}
	A (%0.5 MTGaz)	0.00±0.00 ^{Ba}	0.00±0.00 ^{Aa}	0.00±0.00 ^{Aa}	0.00±0.00 ^{Ba}	0.00±0.00 ^{Ba}	0.00±0.00 ^{Ba}	0.00±0.00 ^{Ba}	0.00±0.00 ^{Ba}	0.00±0.00 ^{Ba}
	B (%1 MTGaz)	0.00±0.00 ^{Ba}	0.00±0.00 ^{Aa}	0.00±0.00 ^{Aa}	0.00±0.00 ^{Ba}	0.00±0.00 ^{Ba}	0.00±0.00 ^{Ba}	0.00±0.00 ^{Ba}	0.00±0.00 ^{Ba}	0.00±0.00 ^{Ba}
Esneleme Direnci	Kontrol	0.10±0.05 ^{Aa}	0.05±0.02 ^{Ba}	0.05±0.04 ^{Ba}	0.07±0.02 ^{Ca}	0.12±0.03 ^{Ba}	0.09±0.00 ^{Ca}	0.12±0.01 ^{Ba}	0.10±0.01 ^{Aa}	0.17±0.03 ^{Aa}
	A (%0.5 MTGaz)	0.16±0.11 ^{Accd}	0.21±0.11 ^{Aabc}	0.24±0.14 ^{Aa}	0.22±0.16 ^{Aab}	0.21±0.12 ^{Aabc}	0.18±0.16 ^{Abcd}	0.14±0.08 ^{Ade}	0.11±0.08 ^{Ae}	0.10±0.08 ^{ABe}
	B (%1 MTGaz)	0.20±0.01 ^{Aab}	0.23±0.00 ^{Aa}	0.20±0.01 ^{Abc}	0.17±0.01 ^{Bcd}	0.13±0.01 ^{ABde}	0.13±0.01 ^{Bde}	0.12±0.00 ^{Bef}	0.09±0.00 ^{Afg}	0.06±0.01 ^{Bg}
Elastikiyet (mm)	Kontrol	7.76±0.08 ^{Cbc}	8.33±0.19 ^{Cb}	9.49±0.06 ^{Ca}	7.63±0.20 ^{Cc}	6.97±0.10 ^{Cd}	5.21±0.10 ^{Ce}	6.41±0.12 ^{Cd}	6.69±0.15 ^{Cd}	6.57±0.13 ^{Cd}
	A (%0.5 MTGaz)	11.93±0.11 ^{Bd}	14.39±0.11 ^{Bb}	15.11±0.14 ^{Ba}	13.93±0.16 ^{Bbc}	13.35±0.12 ^{Bc}	11.73±0.16 ^{Bde}	11.19±0.08 ^{Be}	9.69±0.08 ^{Bf}	8.09±0.08 ^{Bg}
	B (%1 MTGaz)	15.22±0.02 ^{Ad}	17.32±0.06 ^{Aa}	16.66±0.15 ^{Ab}	16.46±0.14 ^{Abc}	16.44±0.12 ^{Abc}	16.18±0.02 ^{Ac}	16.32±0.05 ^{Abc}	14.68±0.04 ^{Ae}	14.28±0.05 ^{Ae}
Kohezif Yapışkanlık (İç Yapışkanlık)	Kontrol	0.35±0.01 ^{Cd}	0.46±0.01 ^{Cbc}	0.60±0.01 ^{Aa}	0.43±0.01 ^{Bc}	0.42±0.01 ^{Cc}	0.34±0.01 ^{Cd}	0.44±0.02 ^{Bbc}	0.46±0.02 ^{Abc}	0.51±0.02 ^{Ab}
	A (%0.5 MTGaz)	0.39±0.01 ^{Bc}	0.50±0.01 ^{Bb}	0.60±0.01 ^{Aa}	0.55±0.01 ^{Aa}	0.55±0.01 ^{Ba}	0.48±0.01 ^{Bb}	0.49±0.01 ^{ABb}	0.49±0.00 ^{Ab}	0.43±0.01 ^{Bc}
	B (%1 MTGaz)	0.57±0.01 ^{Ade}	0.64±0.01 ^{Aab}	0.66±0.01 ^{Ba}	0.60±0.01 ^{Ac}	0.61±0.01 ^{Abc}	0.54±0.01 ^{Aef}	0.52±0.01 ^{Af}	0.45±0.00 ^{Ag}	0.46±0.00 ^{ABg}
Gamsılık (N)	Kontrol	0.89±0.04 ^{Cc}	1.15±0.05 ^{Bb}	1.54±0.04 ^{Aa}	0.78±0.01 ^{Cc}	0.57±0.03 ^{Cd}	0.34±0.01 ^{Ce}	0.57±0.01 ^{Cd}	0.59±0.02 ^{Cd}	0.39±0.02 ^{Ce}
	A (%0.5 MTGaz)	1.36±0.03 ^{Be}	1.27±0.02 ^{Be}	1.10±0.04 ^{Bf}	1.31±0.03 ^{Be}	1.57±0.02 ^{Bd}	1.67±0.02 ^{Bd}	1.80±0.02 ^{Bc}	1.93±0.02 ^{Bb}	2.27±0.02 ^{Ba}
	B (%1 MTGaz)	1.67±0.01 ^{Af}	1.46±0.02 ^{Ag}	1.52±0.01 ^{Afg}	1.86±0.02 ^{Ae}	2.16±0.02 ^{Ad}	2.68±0.02 ^{Abc}	2.73±0.03 ^{Ab}	2.55±0.06 ^{Ac}	2.91±0.05 ^{Aa}
Çiğnenebilirlik (N.mm)	Kontrol	67.40±0.92 ^{Cc}	92.15±1.29 ^{Cb}	131.19±1.92 ^{Ca}	69.30±0.07 ^{Cc}	55.70±2.08 ^{Cd}	26.93±0.75 ^{Cg}	37.27±1.35 ^{Cf}	44.36±0.42 ^{Ce}	28.77±0.83 ^{Cg}
	A (%0.5 MTGaz)	152.89±3.53 ^{Be}	218.49±1.58 ^{Bbcd}	254.87±3.39 ^{Ba}	241.43±7.00 ^{Bab}	234.10±8.20 ^{Babc}	216.14±5.87 ^{Bcd}	220.86±4.41 ^{Bbcd}	197.31±3.00 ^{Bd}	155.42±4.78 ^{Be}
	B (%1 MTGaz)	344.34±4.09 ^{Ad}	416.92±2.36 ^{Aa}	408.17±1.46 ^{Aa}	372.03±4.04 ^{Abc}	406.37±0.80 ^{Aa}	369.19±3.56 ^{Ac}	384.98±2.86 ^{Ab}	297.50±1.18 ^{Af}	319.13±1.92 ^{Ae}

Ort. (n=12) ±st. hata

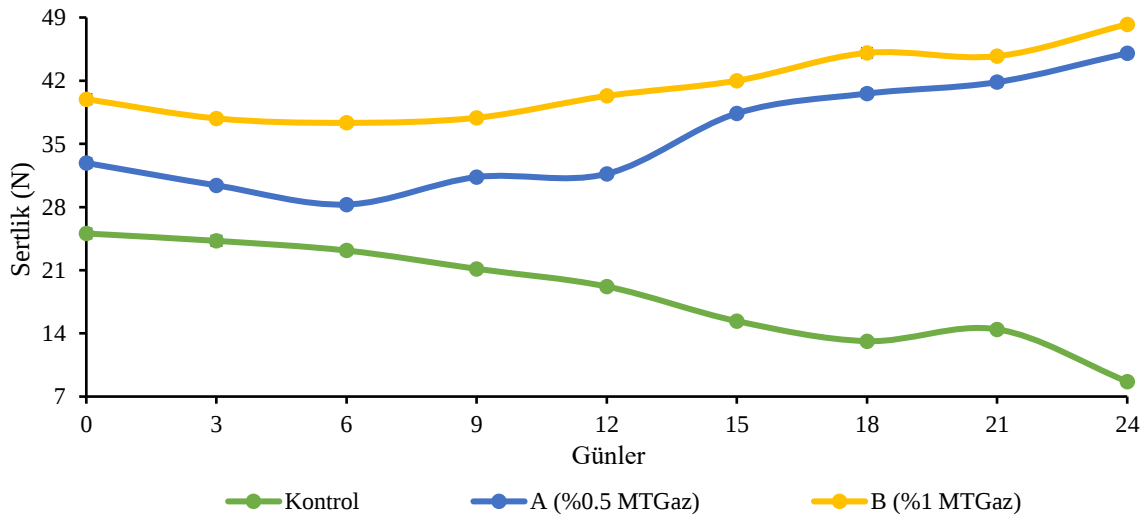
A, B, C (↓): Her özellik için ayrı olmak üzere farklı harf taşıyan gruplar arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0.05$).

a, b, c, ...h (→): Her özellik için ayrı olmak üzere farklı harf taşıyan günler arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0.05$).

Tablo 4.21. Kontrol, A ve B gruplarının pişmiş formunun TPA sonuçlarına ilişkin regresyon denklemleri ve korelasyon katsayıları

Parametre / Gruplar	Kontrol	A (%0.5 MTGaz)	B (%1 MTGaz)
Sertlik (N)	$y = -2.0152x + 28.348$ $r = 0.98$	$y = 1.91x + 26.049$ $r = 0.88$	$y = 1.2252x + 35.358$ $r = 0.89$
Adezif Yapışkanlık (mJ)	$y = 0.0045x + 0.0231$ $r = 0.40$		
Esneme Direnci	$y = 0.0098x + 0.0475$ $r = 0.71$	$y = -0.013x + 0.2394$ $r = 0.71$	$y = -0.0197x + 0.2461$ $r = 0.96$
Elastikiyet (mm)	$y = -0.3043x + 8.7506$ $r = 0.67$	$y = -0.6583x + 15.448$ $r = 0.79$	$y = -0.2107x + 17.004$ $r = 0.58$
Kohezif Yapışkanlık	$y = 0.0038x + 0.4264$ $r = 0.13$	$y = -0.0027x + 0.5111$ $r = 0.12$	$y = -0.0225x + 0.6736$ $r = 0.82$
Gamsılık (N)	$y = -0.101x + 1.2628$ $r = 0.71$	$y = 0.123x + 0.9717$ $r = 0.91$	$y = 0.1912x + 1.2153$ $r = 0.93$
Çiğnenebilirlik (N.mm)	$y = -8.7943x + 105.44$ $r = 0.72$	$y = -2.4455x + 222.4$ $r = 0.19$	$y = -8.472x + 411.1$ $r = 0.56$

TPA bileşenlerinden sertliğin pişmiş alabalıkta gruplara göre dağılımı Şekil 4.32’de sunulmaktadır.

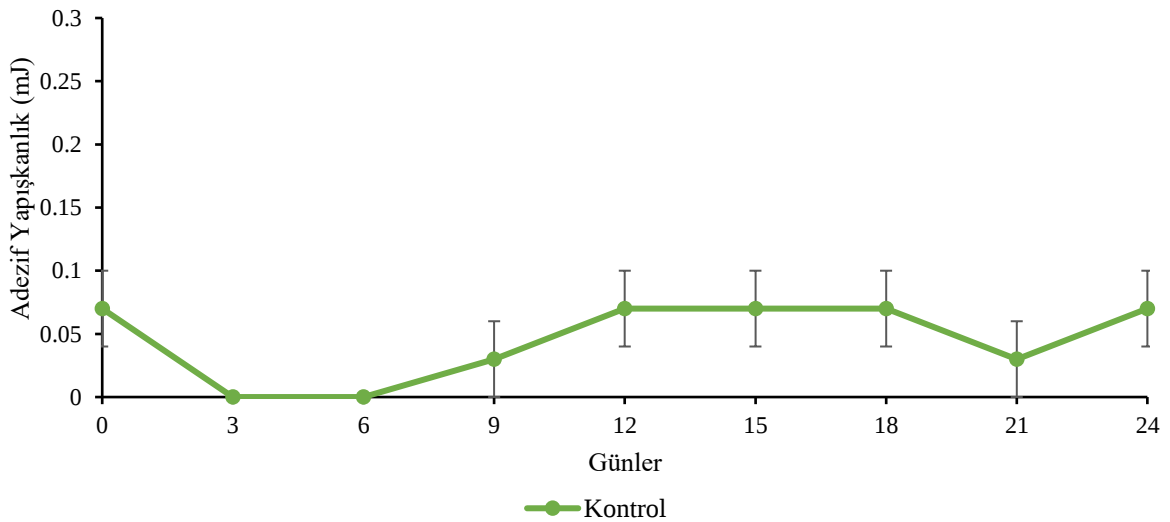


Şekil 4.32. Pişmiş köftelerin sertlik değerlerinin depolama süresine göre değişimi

Tablo 4.20’de sunulan pişmiş alabalık köftelerine ait bulgular incelendiğinde, sertlik (hardness) (N) değerleri grupların 0. günlerinde Kontrol, A ve B gruplarında sırasıyla 25.07, 32.88 ve 39.95 N olarak bulunurken, depolama süresi sonunda ise sırasıyla 8.66, 45.04 ve 48.25 olarak tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Depolama süresi boyunca en yüksek sertlik değerinin enzim oranı en yüksek olan B grubuna ait olduğu görülmektedir. Şekil 4.32 incelendiğinde ise depolama süresi boyunca her üç grupta da çok hafif değişiklikler görülmekle birlikte Kontrol grubunun sertlik değerinde düzenli bir azalma olduğu, enzim ilaveli A ve B

gruplarında ise artış olduğu görülmektedir. Tablo 4.21’de sunulan regresyon denklemleri ve korelasyon katsayıları incelendiğinde, Kontrol grubunun zamana bağlı korelasyon katsayısının diğer gruplardan daha yüksek olduğu, yani depolama süresine bağlı (negatif yönde) olarak sertlik değerindeki azalmanın daha hızlı gerçekleştiği belirlenmiştir. Bu durumun Kontrol grubunda enzim kullanılmaması ile olduğu düşünülmektedir. Tablo 4.20 ve Şekil 4.32 değerlendirildiğinde, enzim kullanılan A ve B gruplarında 0. günden sonra 6. güne kadar sertlik değerlerinin azaldığı ($p<0.05$), daha sonra ise araştırma bitimine kadar genel olarak arttığı görülmektedir. Tzikas ve ark. (2015) da su ürünlerinde enzim kullanımının sertlik değerini artırdığını bildirmişlerdir. Şimşek ve Kılıç (2013), buzdolabı koşullarında muhafaza ettiği ve herhangi bir katkı maddesi kullanmadığı alabalık dönerinde sertlik bakımından 1. ve 30. gün arasında fark tespit etmemiştir ($p>0.05$). Chanarat ve ark. (2012), Hint uskumrusundan (*Rastrelliger kanagurta*) ürettikleri surimide çeşitli oranlarda MTGaz enzimi (%0.2, 0.4 ve 0.6) kullanmışlar, sertlik ve jel deformasyon dayanımının enzim oranının artmasıyla daha yüksek değerlere çıktığını tespit etmişlerdir ($p<0.05$). Ramírez ve ark. (2007), MTGaz enzimi kullanımının balık ürünlerinde tekstürel pek çok özelliği geliştirdiğini ve endüstriyel alanda kullanımının uygun olduğunu bildirmişlerdir.

TPA bileşenlerinden adeziv yapışkanlığın Kontrol grubundaki pişmiş alabalıkta dağılımı Şekil 4.33’de sunulmaktadır.



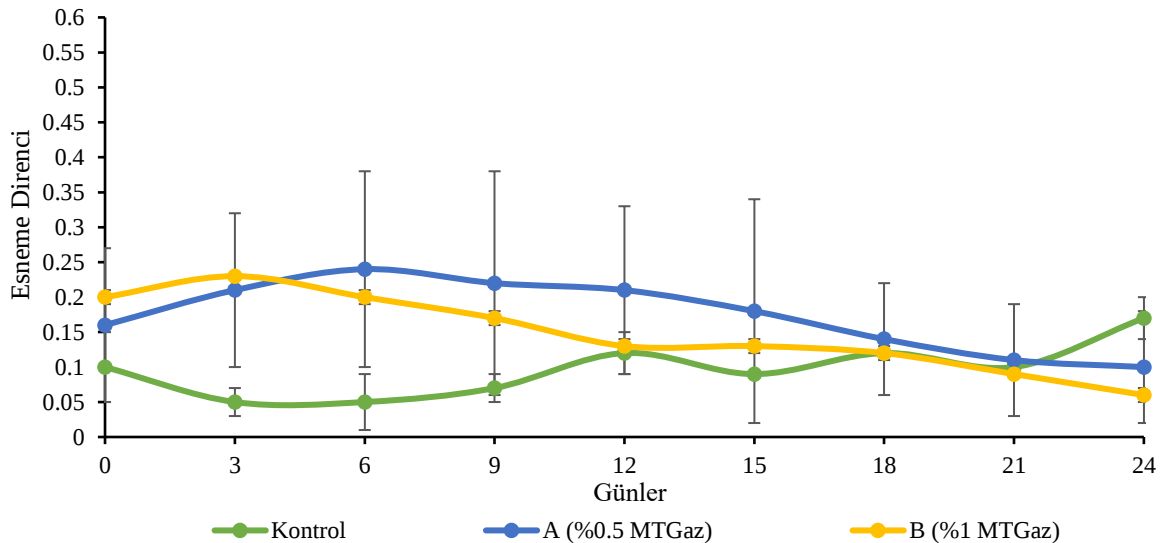
Şekil 4.33. Kontrol grubunun pişmiş formunun adeziv yapışkanlık değerinin depolama süresine göre değişimi

Tablo 4.20’de görüldüğü gibi pişmiş üründe adeziv yapışkanlık değeri yalnızca Kontrol grubunda tespit edilebilmiştir.

TPA analizi içerisinde yer alan adeziv yapışkanlık (mJ) parametresi, tekstür cihazının prob yüzeyi ile gıda arasındaki negatif çekim kuvvetini belirlemektedir. Ancak enzim ilaveli çiğ köftelerde dahi (A ve B grubu) düşük tespit edilen adeziv yapışkanlık değerlerinin (Tablo 4.18) pişirme işleminin ardından depolama süresi boyunca sıfıra düştüğü (Tablo 4.20), Kontrol grubunda ise pişirme işlemi ile adeziv yapışkanlığın önemli ölçüde azaldığı görülmektedir. Bunun temel nedenlerinden birisi, MTGaz kullanılarak yeniden yapılandırılmış ürün oluşumunda negatif penetrasyon geriliminin kısmen ya da tamamen kaybolmasıdır. Bir diğer etken ise Del Pulgar ve ark. (2012)'nın da bildirdiği üzere, pişirme işlemindeki sıcaklıktan dolayı ürünün neminin azalması, denatürasyonun oluşmaya başlaması ve buna bağlı olarak prob ve köfte arasında “yapışkan negatif alanın” çok düşük seviyelere gerilemesi ya da tamamen ortadan kalkmasıdır.

Araştırmanın başında ve sonunda Kontrol grubunda adeziv yapışkanlık değeri 0.07 mJ olarak tespit edilmiştir ($p>0.05$). Depolama süresinin son gününde (24. gün) de adeziv yapışkanlık değeri 0.07 mJ olarak tespit edilmiştir. Ancak Şekil 4.33 incelendiğinde, adeziv yapışkanlık değerinin 0. – 12. günleri ile 19. – 24. günleri arasında değişimler olduğu görülmektedir. Yapılan araştırmalarda pişmiş ürünlerde, özellikle tekstür iyileştirici maddeler kullanıldığında (enzim, tuz, sodyum kazeinat vs.), adeziv yapışkanlığın ya çok düşük değerlerde tespit edildiği ya da hiç tespit edilemediği görülmüştür. Bu nedenle pek çok araştırmacı, TPA analizlerinde adeziv yapışkanlığı gözardı etmişlerdir.

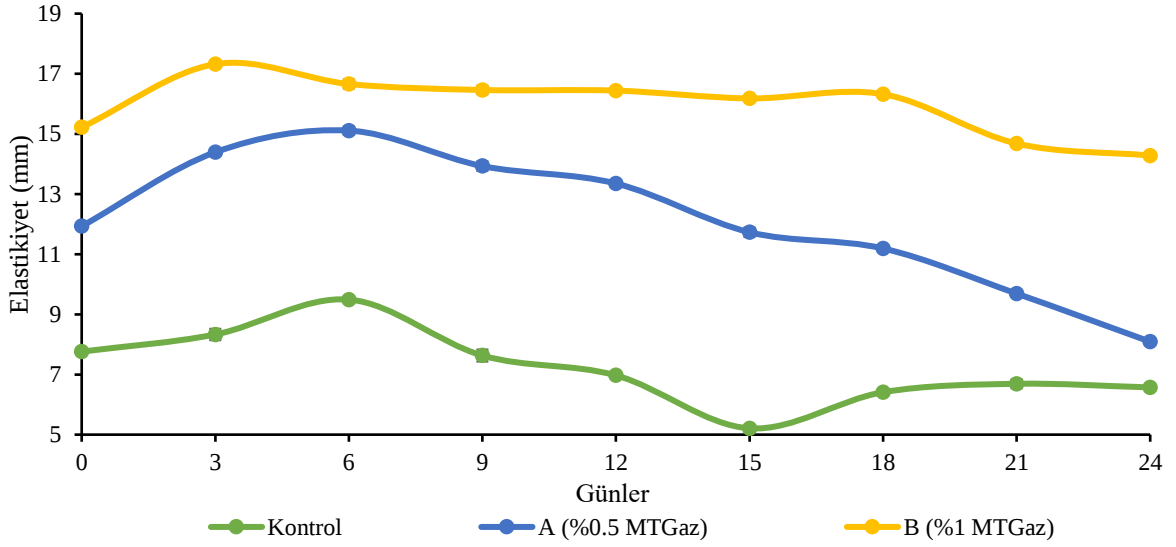
TPA bileşenlerinden esneme direncinin pişmiş alabalıkta gruplara göre dağılımı Şekil 4.34’de sunulmaktadır.



Şekil 4.34. Pişmiş köftelerin esneme direnci değerlerinin depolama süresine göre değişimi

Tablo 4.20’de görüldüğü gibi araştırma başında esneme direnci (resilience) bulguları üç grupta da benzer olarak belirlenmiştir ($p>0.05$). Depolama süresi sonundaki esneme direnci değerleri ise Kontrol, A ve B gruplarında sırasıyla 0.17, 0.10 ve 0.06 olarak tespit edilmiştir. Depolama süreci genel olarak değerlendirildiğinde, Kontrol grubu hafif dalgalanmalar göstermiş ve araştırma başlangıcına kıyasla artış göstermiştir ($p<0.05$). Enzim ilaveli A ve B gruplarında ise başlangıç değerlerine göre bir miktar düşüş gözlenmiştir ($p<0.05$). Analiz sonunda (24. gün) ise esneme direnci bulguları Kontrol ve A gruplarında birbirine benzer ve B grubundan yüksek tespit edilmiştir. Bununla birlikte, istatistiksel olarak fark gözlenmesine karşın esneme direnci bulgularının pratikte birbiri ile çok yakın olduğu da görülmektedir. Özellikle enzim içeren gruplar için belirlenen son tüketim tarihinde (21. gün) tüm gruplar birbiri ile benzer esneme direnci değerlerine sahiptir (Şekil 4.34) ($p>0.05$). Dinçer ve Çaklı (2010), Gökkuşluğu alabalığından (*Oncorhynchus mykiss*) elde ettikleri pişirilmiş taze sosisleri depolamışlar ve depolama süresi boyunca esneme direnci bakımından önemli bir fark tespit etmemişlerdir ($p>0.05$). Huang ve ark. (2017), iribaş sazanından (*Hypophthalmichthys nobilis*) %0.6 oranında MTGaz enzimi ile elde ettikleri yeniden yapılandırılmış üründe, pişirme işleminden sonra esneme direnci bulgularında kontrol grubuna göre önemli bir fark tespit etmemişlerdir ($p>0.05$). Huang ve ark. (2019), balık jelatininin tekstürel bakımdan pektin ve MTGaz ile etkileşimini araştırdıkları çalışmalarında, hem pektinin hem de MTGaz enziminin esneme direnci üzerinde kontrol grubuna göre önemli bir farkını tespit etmemişlerdir ($p>0.05$). Fang ve ark. (2019), gümüş sazanından (*Hypophthalmichthys molitrix*) 15 U/g oranında MTGaz kullanarak ürettikleri surimide MTGaz kullanımının esneme direncini bir miktar arttırdığını bildirmişlerdir ($p<0.05$). Çeşitli araştırmacılar tarafından elde edilen bulgular göstermektedir ki, özellikle ısıtıl işlem uygulanan ürünlerde MTGaz enziminin esneme direnci üzerine etkisi sınırlıdır. Bununla birlikte depolama süresine ya da raf ömrüne yönelik çalışmalar tespit edilemediğinden, esneme direncinin depolama süresine göre davranışlarını karşılaştırma imkânı bulunamamıştır.

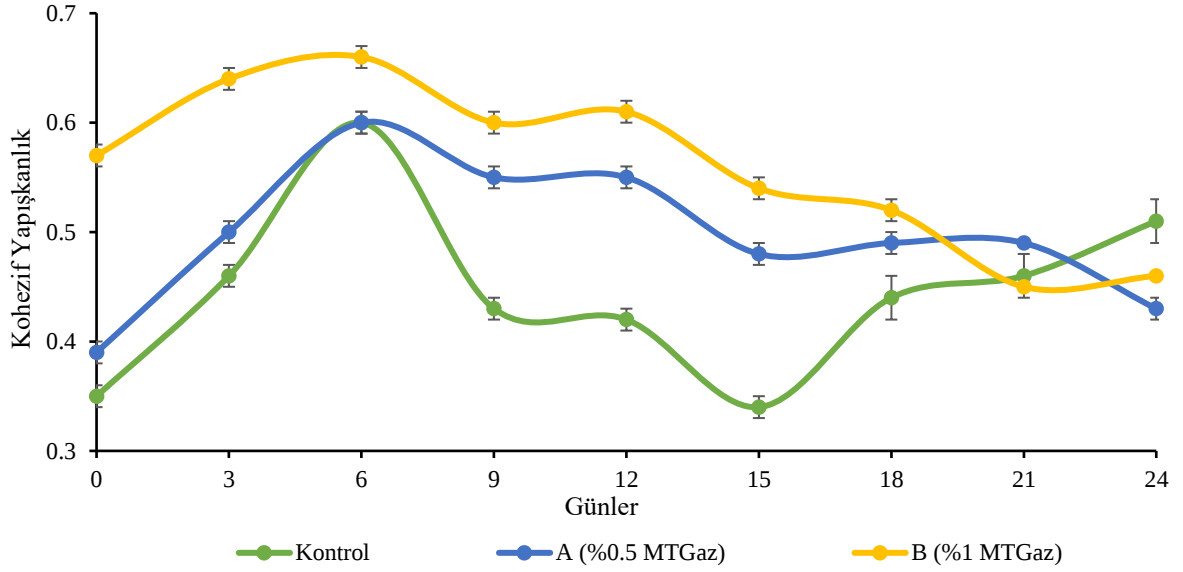
TPA bileşenlerinden elastikiyetin pişmiş alabalıkta gruplara göre dağılımı Şekil 4.35’te sunulmaktadır.



Şekil 4.35. Pişmiş köftelerin elastikiyet değerlerinin depolama süresine göre değişimi

Depolamanın ilk gününde elastikiyet değerleri Kontrol, A ve B gruplarında sırasıyla 7.76, 11.93 ve 15.22 mm olarak tespit edilmiştir (Tablo 4.20) ($p<0.05$). Araştırmanın sonunda her üç grupta da anlamlı düzeyde farklılık tespit edilmiş olup ($p<0.05$), sıralama ise $B>A>\text{Kontrol}$ şeklinde olmuştur ($p<0.05$). Şekil 4.35 incelendiğinde, A ve B gruplarında kullanılan enzimin elastikiyet üzerindeki arttırıcı etkisi net olarak görülmektedir ($p<0.05$). Ayrıca farklı oranlarda enzim içeriğine sahip her iki grupta da depolama süresince gözlenen değişimlerin benzer olduğunu söylemek mümkündür. Bununla birlikte, depolama süresi boyunca daha yüksek oranda enzim kullanılan B grubunun elastikiyet değişimlerinin Kontrol ve A gruplarından daha stabil olduğu, yani depolama süresi sonuna kadar da elastikiyet özelliğinin büyük bir kısmını halen muhafaza ettiği tespit edilmiştir. Depolama süresince elastikiyet bakımından en düzensiz değişimleri Kontrol grubu göstermiştir. Li ve ark. (2018), gümüş sazan (*Hypophthalmichthys molitrix*) balığından ürettikleri sosiste TGaz enzimi kullanmışlar ancak elastikiyet bakımından enzimli grupta kontrol grubuna göre azalma tespit etmişlerdir ($p<0.05$). Tellez-Luis ve ark. (2002), gümüş sazan (*Hypophthalmichthys molitrix*) balığı kıymasında bağlayıcı ajan olarak MTGaz enzimi kullanıp ısıl işlem uygulamışlar, kontrol grubuna göre hem %0.3 MTGaz ve %2 tuz, hem de %0.6 MTGaz ve %2 tuz içeren gruplarda elastikiyet değerini önemli ölçüde yüksek tespit etmişlerdir ($p<0.05$). Tzikas ve ark. (2015), tuz ve MTGaz enzimi kullanımının yeniden yapılandırılmış ürünlerde elastikiyeti attırdığını bildirmiştir.

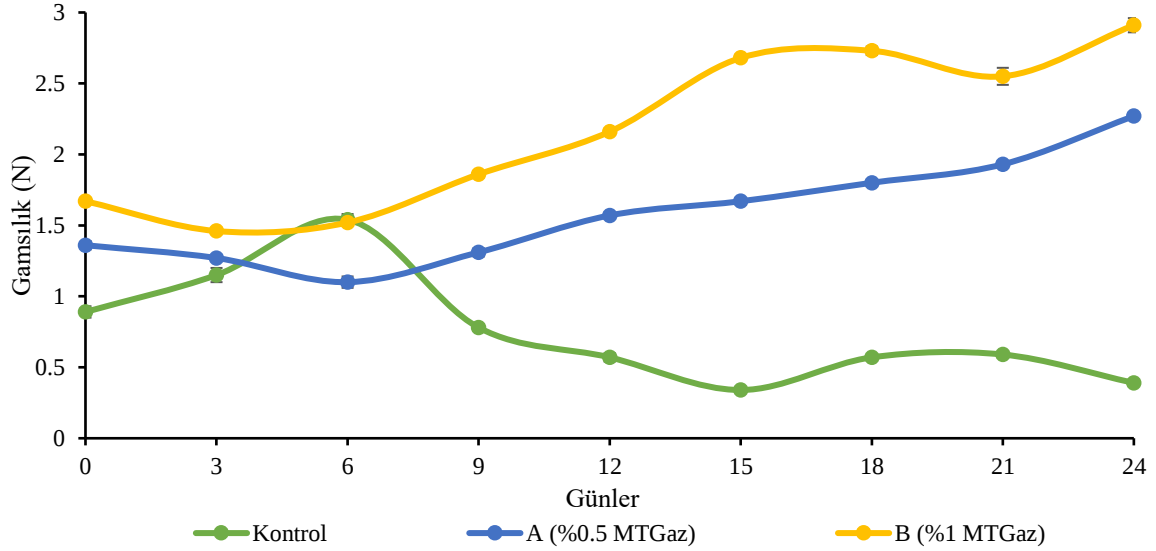
TPA bileşenlerinden kohezif yapışkanlığın pişmiş alabalıkta gruplara göre dağılımı Şekil 4.36'da sunulmaktadır.



Şekil 4.36. Pişmiş köftelerin kohezif yapışkanlık değerlerinin depolama süresine göre değişimi

Pişmiş ürüne ait kohezif yapışkanlık (cohesiveness) değerleri 0. günde Kontrol, A ve B gruplarında sırasıyla 0.35, 0.39 ve 0.57 olarak tespit edilmiştir ($p<0.05$) (Tablo 4.20, Şekil 4.36). Depolama süresi sonunda ise Kontrol, A ve B gruplarının kohezif yapışkanlık değerleri sırasıyla 0.51, 0.43 ve 0.46 olarak tespit edilmiştir. Depolama süresi boyunca enzim içeren A ve B gruplarının değişim hareketleri 18. güne kadar benzerlik göstermektedir. Tablo 4.21'deki korelasyon katsayıları incelendiğinde, zamana bağlı kohezif yapışkanlık değerine ait en yüksek korelasyonun B grubunda olduğu anlaşılmaktadır. Yani B grubunda zamana bağlı olarak daha doğrusal ve belirgin bir düşüş tespit edilmiştir. Depolama süresi boyunca Kontrol ve A gruplarında kohezif yapışkanlık bakımından artış görülürken, B grubunda ise düşüş tespit edilmiştir. Cardoso ve ark. (2009), morina (*Gadus morhua*) balığından üretilen pişirdikleri sosislerde bezelye proteini ilavesinin kohezif yapışkanlık düzeyini etkilemediğini bildirmişlerdir ($p>0.05$). Tellez-Luis ve ark. (2002), gümüş sazan (*Hypophthalmichthys molitrix*) balığından elde ettikleri kıymada MTGaz'ın bağlayıcılığı üzerine yaptıkları çalışmada Kontrol grubu ve tuzsuz olarak %0.3 MTGaz enzimi ilaveli grubun kohezif yapışkanlığını, %0.6 MTGaz enzimi ve %2 tuz içeren gruba göre önemli düzeyde düşük tespit etmişlerdir ($p<0.05$). Araştırmanın bu bulgusu, çalışmamızın ilk günleri ile tamamen benzerlik göstermektedir, ancak müteakip günlerdeki kohezif yapışkanlık verilerindeki değişimleri karşılaştırabilecek uzun depolama süreli çalışmalara rastlanmamıştır. Bununla birlikte, MTGaz kullanımının tuzun sinerjik etkisiyle birlikte kohezif yapışkanlığı arttırdığı bildirilmektedir (Tzikas ve ark. 2015).

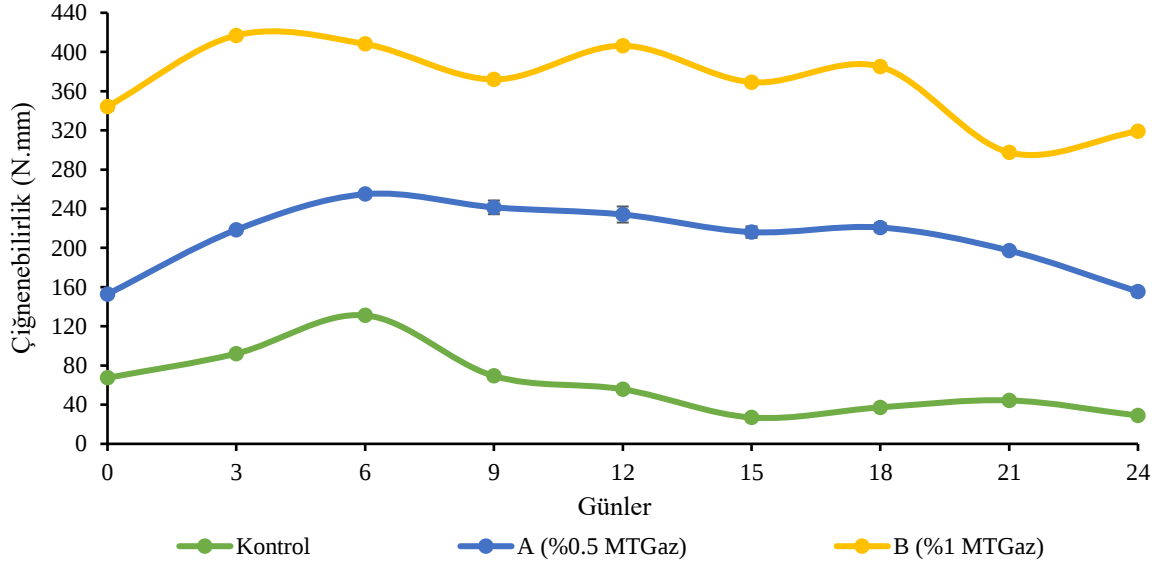
TPA bileşenlerinden gamsılığın pişmiş alabalıkta gruplara göre dağılımı Şekil 4.37’de sunulmaktadır.



Şekil 4.37. Pişmiş köftelerin gamsılık değerlerinin depolama süresine göre değişimi

Tablo 4.20 incelendiğinde, çalışmanın 0. gününde Kontrol, A ve B gruplarında gamsılık değerinin sırasıyla 0.89, 1.36 ve 1.67 N olarak tespit edildiği görülmektedir ($p<0.05$). Depolama süresi sonunda ise Kontrol grubunda gamsılık değeri 0.39 N olarak tespit edilirken, A ve B gruplarında ise sırasıyla 2.27 ve 2.91 N olmuştur. Elde edilen değerlerden de anlaşılabacağı üzere, enzim kullanılan gruplarda gamsılık değeri depolama süresi boyunca artış göstermiş ve bu artış yüksek oranda enzim kullanımı ile daha fazla olmuştur. Wongthahan ve Thawornchinsombut (2015), Nil tilapyasının (*Oreochromis niloticus*) kıymasından oluşturdukları ve pişirme uyguladıkları balık köftesinde gamsılık değerini Kontrol grubunda, MTGaz enzimi ihtiva eden gruba göre düşük tespit etmişlerdir ($p<0.05$). Bulgular, çalışmamızın hem başındaki hem de sonundaki gamsılık bulguları ile benzerlik göstermektedir.

TPA bileşenlerinden çiğnenebilirliğin pişmiş alabalıkta gruplara göre dağılımı Şekil 4.38’de sunulmaktadır.



Şekil 4.38. Pişmiş köftelerin çiğnenebilirlik değerlerinin depolama süresine göre değişimi

Pişmiş köftelerde çiğnenebilirlik değerleri araştırmanın 0. gününde Kontrol, A ve B gruplarında sırasıyla 67.40, 152.89 ve 344.43 N.mm ($p<0.05$); depolamanın son gününde ise sırasıyla 28.77, 155.42 ve 319.13 N.mm olarak tespit edilmiştir ($p<0.05$) (Tablo 4.20). Çiğnenebilirlik değerlerini depolama süresine bağlı olarak değerlendirmek gerekirse, A grubunda değişim tespit edilmezken, Kontrol ve B grubunda ise düşüş meydana gelmiştir ($p<0.05$). Çiftçi (2010), inci kefalinden (*Alburnus tarichi*) hazırladığı ve TGaz enzimi ilavesiyle yapılandığı pişmiş köftelerde, enzim ilavesinin çiğnenebilirlik değerini arttırdığı ($p<0.05$), enzim miktarı arttıkça çiğnenebilirlik düzeyinin de arttığını tespit etmiştir. Araştırmacıların bulguları, çalışmamızla benzerlik göstermektedir.

4.5.2. WBS (Warner – Bratzler Shear) Analizi Bulguları

Araştırmamızda WBS analizlerine ait bulgular çiğ ve pişmiş ürünler için ayrı olarak sunulmaktadır.

4.5.2.1. Çiğ Ürünlerde WBS Analiz Bulguları

Kontrol, A ve B gruplarındaki çiğ alabalık köftelerin depolama süresince WBS sonuçları kesme kuvveti (N) ve kesme işi (N.s) kapsamında değerlendirilmiştir. Çiğ ürünlerde WBS kesme kuvveti sonuçları Tablo 4.22’de ve Şekil 4.39’da sunulmuştur.

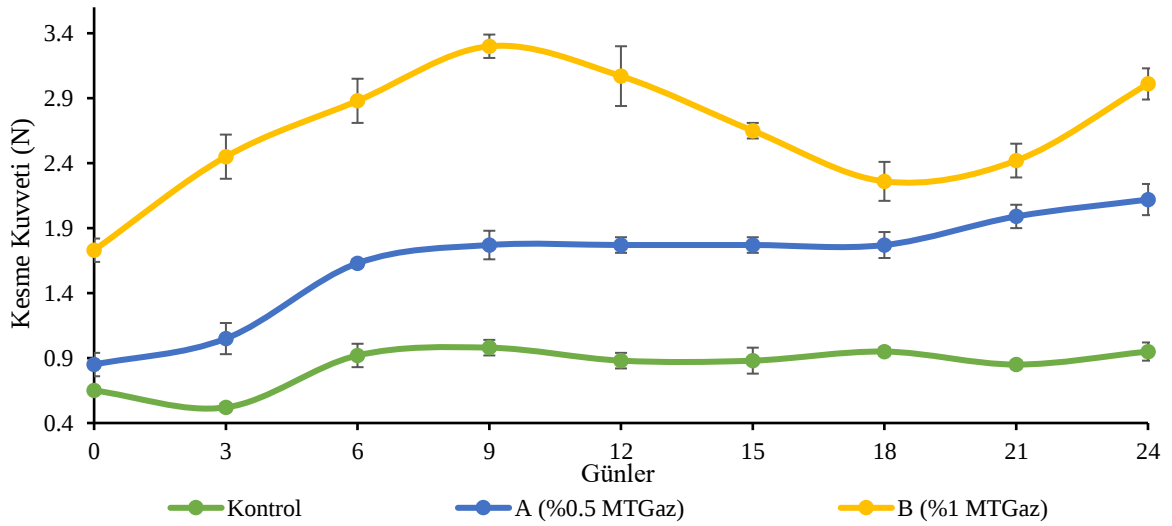
Tablo 4.22. Kontrol, A ve B gruplarının çiğ ürünlerde WBS kesme kuvveti değerleri (N)

Depolama Süresi (Gün)	Kesme Kuvveti (N)		
	Kontrol	A (%0.5 MTGaz)	B (%1 MTGaz)
0	0.65±0.03 ^{Bbc}	0.85±0.09 ^{Bc}	1.73±0.09 ^{Ad}
3	0.52±0.03 ^{Bc}	1.05±0.12 ^{Bc}	2.45±0.17 ^{Abc}
6	0.92±0.09 ^{Cab}	1.63±0.03 ^{Bb}	2.88±0.17 ^{Aabc}
9	0.98±0.06 ^{Ca}	1.77±0.11 ^{Bab}	3.30±0.09 ^{Aa}
12	0.88±0.06 ^{Cab}	1.77±0.06 ^{Bab}	3.07±0.23 ^{Aab}
15	0.88±0.10 ^{Cab}	1.77±0.06 ^{Bab}	2.65±0.06 ^{Aabc}
18	0.95±0.03 ^{Cab}	1.77±0.10 ^{Bab}	2.26±0.15 ^{Acd}
21	0.85±0.03 ^{Cab}	1.99±0.09 ^{Bab}	2.42±0.13 ^{Abc}
24	0.95±0.07 ^{Cab}	2.12±0.12 ^{Ba}	3.01±0.12 ^{Aab}

Ort. (n=6) ± st. hata

A, B, C (→): Farklı harf taşıyan gruplar arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0.05$)

a, b, c ...g (↓): Farklı harf taşıyan günler arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0.05$)



Şekil 4.39. Çiğ köftelerin depolama süresine göre WBS kesme kuvveti

Balık eti fileto haline getirildikten sonra WBS analizi ile kesme kuvveti (shear force) 35.35 ± 0.57 N olarak tespit edilmiştir. Tablo 4.22’de de görüldüğü üzere, daha sonra kıyma haline getirilip köfte formu verilen her 3 grupta elde edilen çiğ ürün WBS kesme kuvveti (N) değerleri, taze balık filetosunda elde edilen değerlere göre oldukça düşük bulunmuştur. Bununla birlikte kesme kuvveti (N) ilk (0. gün) ve son analiz gününde Kontrol A ve B gruplarında sırasıyla 0.65 ve 0.95, 0.85 ve 2.12, 1.73 ve 3.01 N’dur ($p < 0.05$). Şekil 4.39 ve Tablo 4.22 incelendiğinde depolama süresi boyunca tüm gruplarda kesme kuvveti değerlerinin arttığı görülmektedir ($p < 0.05$). Özellikle yüksek enzim konsantrasyonlu B grubunun başlangıç değeri A ve Kontrol grubuna göre önemli ölçüde yüksek bulunmuştur ($p < 0.05$) ve 9. günün sonuna kadar artış devam etmiştir. Depolama süresi boyunca Kontrol grubundaki artış çok düşük düzeyde seyrederken enzimli gruplarda ise artış miktarının ($B > A > \text{Kontrol}$) çok daha belirgin düzeyde olduğu görülmektedir (Şekil 4.39). Bunun

nedeninin ise enzim ilavesinin tekstürel yapıyı daha sıkı ve sert bir hale getirdiğinden dolayı olduğu bilinmektedir (Uran, 2013). Depolama süresince WBS kesme kuvveti değerleri incelendiğinde enzim konsantrasyonu arttıkça hem 0. gündeki değerlerin hem de depolama süresi sonundaki değerlerin arttığı dikkat çekmektedir. Enzim kullanımının sertlik ve elastikiyet değerlerinde artışa neden olduğu TPA analizlerinde ortaya çıkmıştır. Bu nedenle kesme kuvvetinin enzim kullanılan gruplarda artış göstermesi ve konsantrasyona bağlı olarak artması beklenen bir durumdur. Moreno ve ark. (2008), Güney Afrika berlam balığından (*Merluccius capensis*) yeniden yapılandırılmış balık ürünleri üzerine yaptıkları çalışmada, %1 MTGaz enzim ilaveli grupta kesme kuvveti (N) değerlerini kontrol grubuna kıyasla önemli oranda yüksek bulmuşlardır ($p < 0.05$).

WBS kesme kuvveti (N) ve kesme işi (N.s) değerlerinin Kontrol, A ve B gruplarına ait korelasyon ve regresyon değerleri Tablo 4.23'te sunulmaktadır.

Tablo 4.23. Çiğ ürünlerde WBS kesme kuvveti (N) ve kesme işi (N.s) değerlerinin Kontrol, A ve B gruplarına ait regresyon denklemleri ile korelasyon katsayıları

Gruplar/Analizler	Kontrol	A (%0.5 MTGaz)	B (%1 MTGaz)
Kesme Kuvveti (N)	$y = 0.0358x + 0.6631$ $r = 0.63$	$y = 0.1363x + 0.9539$ $r = 0.89$	$y = 0.0523x + 2.3794$ $r = 0.30$
Kesme İşi (N.s)	$y = 0.3392x + 8.0053$ $r = 0.49$	$y = 0.7802x + 12.474$ $r = 0.77$	$y = 0.191x + 23.935$ $r = 0.13$

Tablo 4.23 incelendiğinde kesme kuvvetinin (N) zamana bağlı değişiminde en düşük korelasyonun B grubunda tespit edildiği görülmektedir.

Çiğ ürünlerdeki WBS kesme işi sonuçları Tablo 4.24'de ve Şekil 4.40'ta sunulmuştur.

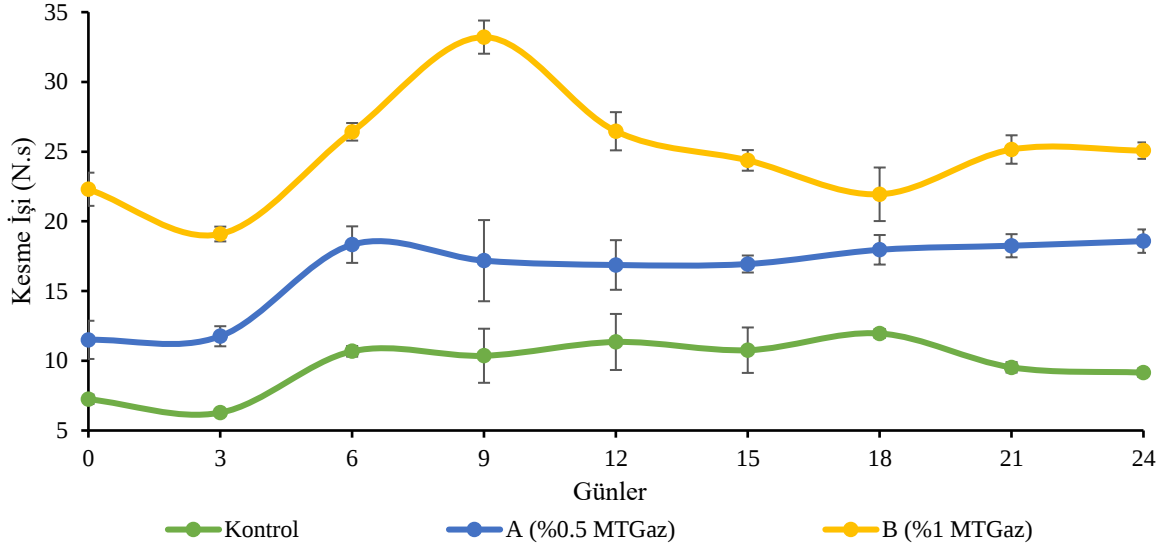
Tablo 4.24. Kontrol, A ve B gruplarının çiğ ürünlerde WBS kesme işi değerleri (N.s)

Depolama Süresi (Gün)	Kesme İş (N.s)		
	Kontrol	A (%0.5 MTGaz)	B (%1 MTGaz)
0	7.24±0.34 ^{Ba}	11.50±1.37 ^{Ba}	22.30±1.19 ^{Abc}
3	6.28±0.17 ^{Cb}	11.76±0.72 ^{Ba}	19.09±0.53 ^{Ac}
6	10.68±0.38 ^{Cab}	18.33±1.31 ^{Ba}	26.42±0.63 ^{Ab}
9	10.36±1.94 ^{Bab}	17.18±2.91 ^{Ba}	33.21±1.19 ^{Aa}
12	11.35±2.01 ^{Bab}	16.87±1.78 ^{Ba}	26.46±1.37 ^{Ab}
15	10.76±1.63 ^{Cab}	16.94±0.61 ^{Ba}	24.37±0.74 ^{Abc}
18	11.96±0.32 ^{Ba}	17.96±1.06 ^{Aa}	21.94±1.92 ^{Abc}
21	9.53±0.37 ^{Cab}	18.25±0.83 ^{Ba}	25.15±1.02 ^{Ab}
24	9.15±0.31 ^{Cab}	18.58±0.84 ^{Ba}	25.07±0.59 ^{Ab}

Ort. (n=6) ± st. hata

A, B, C (→): Farklı harf taşıyan gruplar arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0.05$)

a, b, c ...g (↓): Farklı harf taşıyan günler arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0.05$)



Şekil 4.40. Çiğ köftelerin depolama süresine göre WBS kesme işi

Taze balık filetosunda kesme işi 235.22 N.s olarak tespit edilmiştir. Çiğ köftelerin WBS kesme işi depolamanın 0. gününde Kontrol, A ve B grupları sırasıyla 7.24, 11.50 ve 22.30 N.s olarak tespit edilmiştir. Depolamanın sonunda ise Kontrol, A ve B gruplarının kesme işi değerleri sırasıyla 9.15, 18.58 ve 25.07 N.s olarak tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Tablo 4.24 ve Şekil 4.40'ta görüldüğü gibi, 0. gündeki kesme işi (N.s) (work of shear) değerlerinde Kontrol ve A gruplarının birbirine benzer ($p > 0.05$) ve B grubundan farklı olduğu tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Bu farklılık depolama süresi boyunca da aynı şekilde devam etmiştir. Tablo 4.23 incelendiğinde ise kesme işinin (N.s) zamana bağlı değişiminde en düşük korelasyonun B grubunda, en yüksek korelasyonun da A grubunda tespit edildiği görülmektedir. Genel olarak ifade etmek gerekirse depolama süresi boyunca %0.5 oranında enzim kullanılan A grubu Kontrol grubundan, %1 oranında enzim kullanılan B grubu ise hem Kontrol hem de A grubundan daha yüksek kesme işi değerlerine sahip olmuştur. Bu da enzim kullanımının ve konsantrasyonunun kesme işi üzerinde önemli ölçüde etkili olduğunu göstermektedir. Zira kullanılan enzim, dokulardaki bağlanmayı ve elastikiyeti artırmaktadır. Moreno ve ark. (2008), Güney Afrika berlam balığından (*Merluccius capensis*) yeniden yapılandırılmış balık ürünleri üzerine yaptıkları çalışmada, %1 enzim ilaveli grupta kesme işi (N.mm) değerlerini Kontrol grubuna kıyasla önemli oranda yüksek bulmuşlardır ($p < 0.05$).

4.5.2.2. Pişmiş Ürünlerde WBS Analiz Bulguları

Kontrol, A ve B gruplarındaki pişmiş alabalık köftelerin depolama süresince WBS sonuçları, kesme kuvveti (N) ve kesme işi (N.s) kapsamında analiz edilmiştir. Pişmiş ürünlerde WBS kesme kuvveti sonuçları Tablo 4.25’de ve Şekil 4.41’de sunulmuştur.

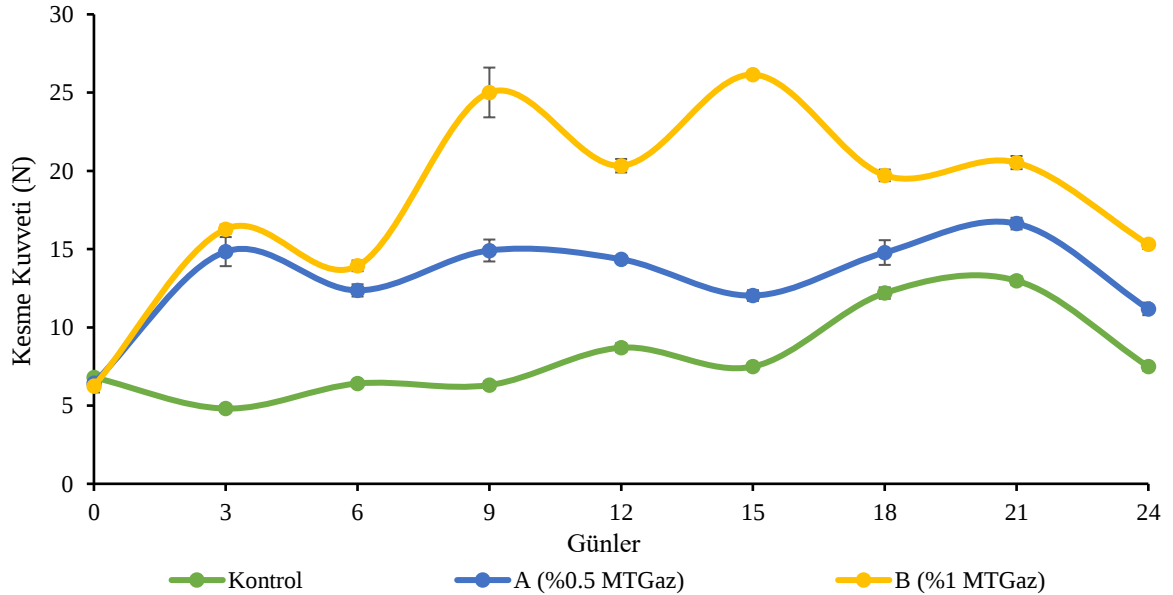
Tablo 4.25. Kontrol, A ve B gruplarının pişmiş ürünlerde WBS kesme kuvveti değerleri (N)

Depolama Süresi (Gün)	Kesme Kuvveti (N)		
	Kontrol	A (%0.5 MTGaz)	B (%1 MTGaz)
0	6.80±0.12 ^{Ad}	6.44±0.38 ^{Ad}	6.24±0.40 ^{Ad}
3	4.81±0.15 ^{Be}	14.84±0.93 ^{Aa}	16.28±0.28 ^{Ac}
6	6.41±0.12 ^{Ccd}	12.36±0.39 ^{Babc}	13.93±0.34 ^{Ac}
9	6.31±0.24 ^{Cd}	14.91±0.70 ^{Ba}	25.01±1.59 ^{Aa}
12	8.70±0.28 ^{Cb}	14.35±0.12 ^{Bab}	20.33±0.43 ^{Ab}
15	7.49±0.14 ^{Cc}	12.03±0.34 ^{Bbc}	26.15±0.09 ^{Aa}
18	12.19±0.36 ^{Ca}	14.78±0.79 ^{Ba}	19.71±0.37 ^{Ab}
21	12.98±0.28 ^{Ba}	13.63±0.37 ^{Babc}	20.53±0.42 ^{Ab}
24	7.49±0.26 ^{Cc}	11.18±0.40 ^{Bc}	15.30±0.29 ^{Ac}

Ort. (n=6) ± st. hata

A, B, C (→): Farklı harf taşıyan gruplar arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0.05$)

a, b, c ... g (↓): Farklı harf taşıyan günler arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0.05$)



Şekil 4.41. Pişmiş köftelerde depolama süresine göre WBS kesme kuvveti

Warner – Bratzler Shear Test sonuçlarına göre Tablo 4.25 ve Şekil 4.41 incelendiğinde, kesme kuvvetinin (N) 0. günde üç grupta da benzer olduğu görülmektedir ($p > 0.05$). Bunun nedeninin, 0. günde (üretimden sonra analiz öncesi geçen süre 4 saattir) henüz enzim aktivasyonunun yeterli çapraz bağ oluşturmaması olduğu tahmin edilmektedir. Zira 3.

günden itibaren enzim ilaveli gruplarda kesme kuvveti artışı göze çarpmaktadır ($p<0.05$). Depolama süresi bakımından kesme kuvveti değerleri genel olarak değerlendirildiğinde, enzimli gruplarda çok daha belirgin olmak üzere tüm gruplarda artış tespit edilmiştir ($p<0.05$). Depolamanın son gününde kesme kuvvetleri Kontrol, A ve B gruplarında sırasıyla 7.49, 11.18 ve 15.30 N olarak tespit edilmiştir ($p<0.05$). Dinçer ve Çaklı (2010), pişmiş Gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) sosislerinin 14 gün boyunca raf ömrünü inceledikleri araştırmalarında depolama süresi boyunca kesme kuvveti bakımından fark tespit etmemişlerdir ($p>0.05$). Çiftçi (2010), enzim ilaveli inci kefalı (*Alburnus tarichi*) köftesinde kesme kuvvetinin enzim miktarı arttıkça yükseldiğini tespit etmiştir. Tellez-Luis ve ark. (2002), gümüş sazan balığından (*Hypophthalmichthys molitrix*) elde ettikleri ve MTGaz enzimi kullandıkları kıymadan oluşan çalışmalarında Kontrol grubunun kesme kuvvetini, hem %0.3 hem de %0.6 MTGaz (enzimli gruplar %2 tuzlu) içeren gruba göre önemli düzeyde düşük olarak tespit etmişlerdir ($p<0.05$).

Pişmiş ürünlerde WBS kesme kuvveti (N) ve kesme işi (N.s) değerlerinin Kontrol, A ve B gruplarına ait korelasyon ve regresyon değerleri Tablo 4.26’da sunulmaktadır.

Tablo 4.26. Pişmiş ürünlerde WBS kesme kuvveti (N) ve kesme işi (N.s) değerlerine ait regresyon denklemleri ve korelasyon katsayıları

Gruplar/Analizler	Kontrol	A (%0.5 MTGaz)	B (%1 MTGaz)
Kesme Kuvveti (N)	$y = 0.6668x + 4.7969$ $r = 0.67$	$y = 0.4382x + 10.867$ $r = 0.40$	$y = 1.0282x + 13.024$ $r = 0.46$
Kesme İşi (N.s)	$y = 9.3427x + 47.099$ $r = 0.64$	$y = 4.6772x + 112.02$ $r = 0.48$	$y = 3.497x + 147.62$ $r = 0.17$

Tablo 4.26 incelendiğinde kesme kuvvetinin (N) zamana bağlı değişiminde en düşük korelasyonun A grubunda en yüksek korelasyonun ise Kontrol grubunda olduğu görülmektedir. Zira kesme kuvveti bakımından Kontrol grubunda 21. güne kadar doğrusal bir artış eğilimi varken, enzim içeren A ve B gruplarının depolama süresi boyunca daha değişken olduğunu söylemek mümkündür.

Pişmiş ürünlerdeki WBS kesme işi sonuçları Tablo 4.27’de ve Şekil 4.42’de sunulmuştur.

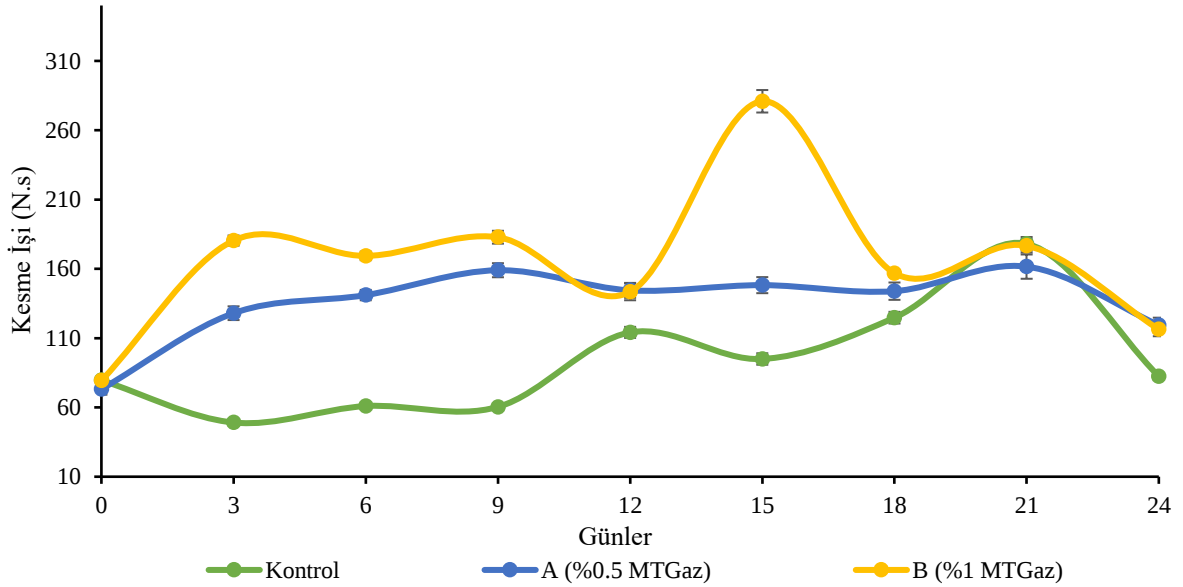
Tablo 4.27. Kontrol, A ve B gruplarının pişmiş ürünlerde WBS kesme işi sonuçları (N.s)

Kesme işi (N.s)			
Depolama Süresi (Gün)	Kontrol	A (%0.5 MTGaz)	B (%1 MTGaz)
0	79.58±3.57 ^{Ac}	73.16±3.99 ^{Ad}	79.33±2.43 ^{Af}
3	49.09±0.53 ^{Cd}	127.98±4.96 ^{Cbc}	180.40±3.63 ^{Abc}
6	60.95±1.92 ^{Ad}	141.04±3.73 ^{Babc}	169.33±3.10 ^{Cbc}
9	60.36±2.02 ^{Cd}	158.98±5.07 ^{Ba}	182.81±4.64 ^{Ab}
12	114.14±3.98 ^{Bb}	144.45±5.38 ^{Aabc}	143.38±6.08 ^{Ad}
15	94.94±4.13 ^{Cc}	148.22±5.79 ^{Bab}	280.89±8.11 ^{Aa}
18	124.74±4.22 ^{Bb}	143.87±6.25 ^{Aabc}	156.89±1.06 ^{Acd}
21	178.05±4.89 ^{Aa}	161.57±8.76 ^{Aa}	176.58±4.89 ^{Abc}
24	82.46±2.86 ^{Bc}	119.40±5.34 ^{Ac}	116.35±5.01 ^{Ae}

Ort. (n=6) ± st. hata

A, B, C (→): Farklı harf taşıyan gruplar arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0.05$)

a, b, c ...g (↓): Farklı harf taşıyan günler arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0.05$)



Şekil 4.42. Pişmiş köftelerde depolama süresine göre WBS kesme işi sonuçları

Tablo 4.27 ve Şekil 4.42’de de görüldüğü gibi başlangıçta pişmiş köftelerdeki kesme işi (N.s) değerleri benzer bulunmuştur ($p > 0.05$). Son depolama günündeki kesme işi değerleri ise Kontrol, A ve gruplarında sırasıyla 82.46, 119.40 ve 116.35 N.s olarak tespit edilmiştir. Kontrol grubunun kesme işi değerlerinin, A ve B grubundan daha düşük olduğu görülmektedir ($p < 0.05$). A ve B grubunun kesme işi değerleri ise depolama sonunda farklılık göstermemiştir ($p > 0.05$). Tablo 4.26 incelendiğinde kesme işinin (N.s) zamana bağlı değişiminde en düşük korelasyonun B grubunda, en yüksek korelasyonun ise Kontrol grubunda olduğu tespit edilmiştir. Bu da köfte yapısının enzimli gruplarda bir miktar daha stabil kaldığını göstermektedir. Dinçer ve Çaklı (2010) çalışmalarında taze Gökkuşağı alabalığından (*Oncorhynchus mykiss*) üretilen sosislerde kesme işi bakımından günler

arasında fark tespit etmemişlerdir ($p>0.05$). Çiftçi (2010), araştırmasında %1 MTGaz ve %5 galeta unu ilaveli inci kefalı (*Alburnus tarichi*) köftesinde en yüksek kesme işi değerini tespit etmiştir ($p<0.05$). Bulgularımız literatür ile benzerlik göstermektedir.

4.6. Duyusal Analiz Bulguları

Duyusal analiz sonuçları çiğ ve pişmiş ürünler için ayrı ayrı sunulmuştur.

4.6.1. Çiğ Ürünlerin Duyusal Analiz Bulguları

Kontrol, A ve B gruplarına ait çiğ alabalık köftelerin duyusal analizi görünüş, koku ve tekstür kriterlerine göre yapılmıştır. Ayrıca görünüş, koku ve tekstür kriterlerinin depolama süresine göre değişimine ait regresyon ve korelasyon değerleri Tablo 4.28’de sunulmuştur.

Tablo 4.28. Çiğ köftelerin duyusal özelliklerinin depolama süresine göre değişimine ait regresyon denklemleri ve korelasyon katsayıları

Gruplar/Kriterler	Kontrol	A (%0.5 MTGaz)	B (%1 MTGaz)
Görünüş	$y = -0.4878x + 5.5136$ $r = 0.99$	$y = -0.3905x + 5.5203$ $r = 0.95$	$y = -0.334x + 5.6111$ $r = 0.95$
Koku	$y = -0.486x + 5.5611$ $r = 0.98$	$y = -0.3797x + 5.5239$ $r = 0.95$	$y = -0.3132x + 5.5669$ $r = 0.91$
Tekstür	$y = -0.4488x + 5.2164$ $r = 0.98$	$y = -0.3637x + 5.305$ $r = 0.97$	$y = -0.3088x + 5.4564$ $r = 0.96$

Çiğ köftelerin depolama süresine göre belirlenen görünüş puanları Tablo 4.29 ve Şekil 4.43’te sunulmuştur.

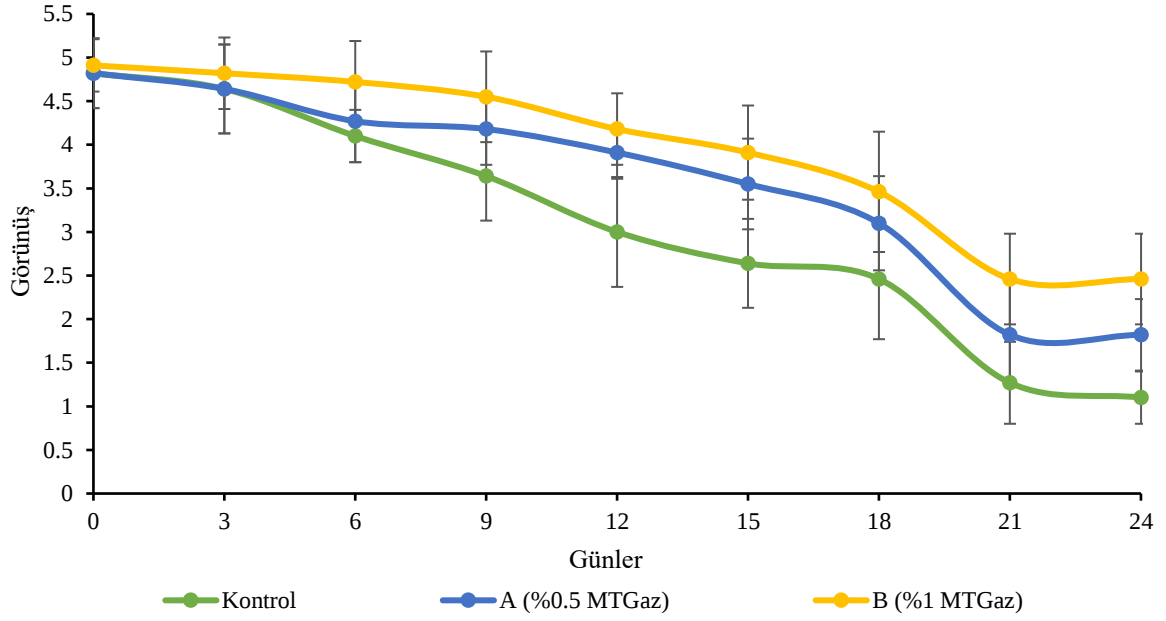
Tablo 4.29. Çiğ köftelerin depolama süresine göre görünüş puanları

Depolama Süresi (Gün)	Kontrol	A (%0.5 MTGaz)	B (%1 MTGaz)
0	4.82±0.40 ^{Aa}	4.82±0.40 ^{Aa}	4.91±0.30 ^{Aa}
3	4.64±0.51 ^{Aab}	4.64±0.51 ^{Aa}	4.82±0.41 ^{Aab}
6	4.10±0.30 ^{Abc}	4.27±0.47 ^{Bab}	4.72±0.47 ^{Bab}
9	3.64±0.51 ^{Bcd}	4.18±0.41 ^{Aabc}	4.55±0.52 ^{Aabc}
12	3.00±0.63 ^{Bde}	3.91±0.30 ^{Abc}	4.18±0.41 ^{Abc}
15	2.64±0.51 ^{Be}	3.55±0.52 ^{Acđ}	3.91±0.54 ^{Acđ}
18	2.46±0.69 ^{Be}	3.10±0.54 ^{Ad}	3.46±0.69 ^{Ad}
21	1.27±0.47 ^{Bf}	1.82±0.60 ^{Be}	2.46±0.52 ^{Ae}
24	1.10±0.30 ^{Cf}	1.82±0.41 ^{Be}	2.46±0.52 ^{Ae}

Ort. ($n=14$) ± st. hata

A, B, C (→): Farklı harf taşıyan gruplar arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0.05$)

a, b, c ...g (↓): Farklı harf taşıyan günler arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0.05$)



Şekil 4.43. Çiğ köftelerde depolama süresine göre görünüş puanlarının değişimi

Görünüş puanları bakımından Tablo 4.29 ve Şekil 4.43 değerlendirildiğinde, enzim ilavesiz Kontrol grubunun 12. günden sonra kabul edilebilir değer olan “3” ün altına düştüğü görülmektedir. A ve B gruplarında ise görünüş puanları ancak 18. günden 21. güne geçişte limit değerinin altına düşmüştür. Depolamanın ilk 3 gününde grupların görünüşlerinde istatistiksel açıdan farklılık saptanmamıştır ($p>0.05$). 6. ila 18. günler arasında A ve B gruplarının görünüş puanları Kontrol grubundan daha yüksek bulunmuştur ($p<0.05$) ve bu günlerde enzim ilaveli gruplar arasında fark anlamsız düzeydedir ($p>0.05$). Tablo 4.28 incelendiğinde görünüş puanlarının zamana bağlı değişiminde en yüksek korelasyonun Kontrol grubunda tespit edildiği anlaşılmaktadır. Bu da Kontrol grubunda depolama süresince daha hızlı bir düşüş gerçekleştiğini göstermektedir. Yüksek oranda enzimli B grubunun depolama süresi sonundaki görünüş puanı, düşük konsantrasyonda enzim ihtiva eden A grubundan daha yüksek tespit edilmiştir ($p<0.05$).

Çiğ köftelerin depolama süresince tespit edilen koku puanları Tablo 4.30 ve Şekil 4.44’te sunulmuştur.

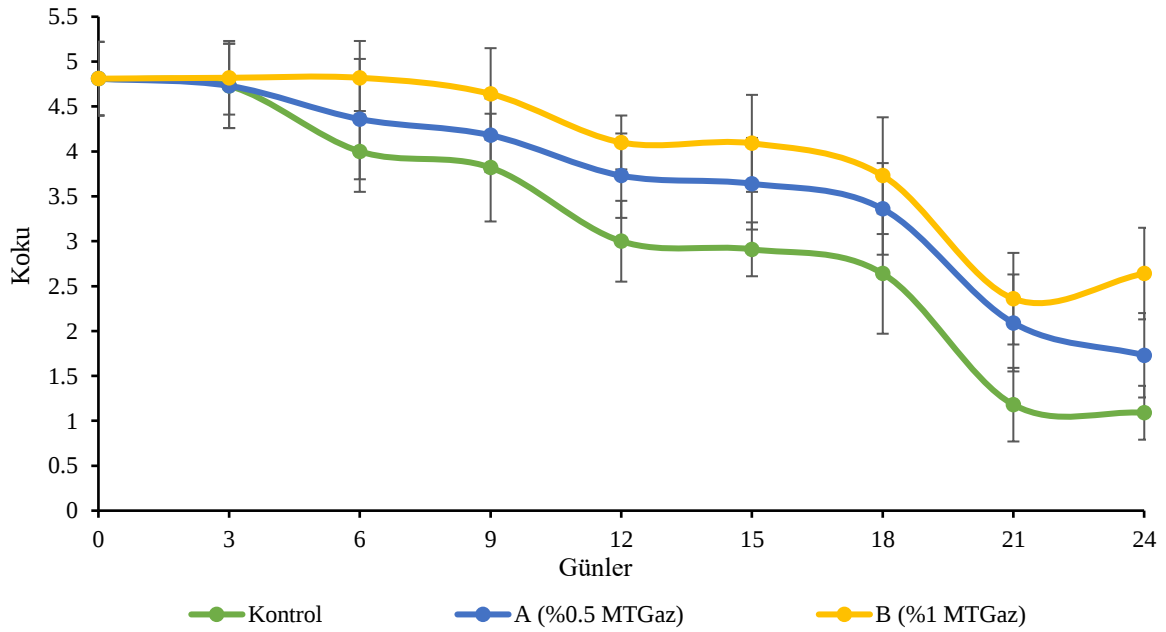
Tablo 4.30. Çiğ köftelerin depolama süresine göre koku puanları

Depolama Süresi (Gün)	Kontrol	A (%0.5 MTGaz)	B (%1 MTGaz)
0	4.81±0.41 ^{Aa}	4.81±0.41 ^{Aa}	4.81±0.41 ^{Aa}
3	4.73±0.47 ^{Aa}	4.73±0.47 ^{Aa}	4.82±0.41 ^{Aa}
6	4.00±0.45 ^{Bb}	4.36±0.67 ^{ABab}	4.82±0.41 ^{Aa}
9	3.82±0.60 ^{Bb}	4.18±0.41 ^{ABabc}	4.64±0.51 ^{Aab}
12	3.00±0.45 ^{Bc}	3.73±0.47 ^{Abcd}	4.10±0.30 ^{Abc}
15	2.91±0.30 ^{Bc}	3.64±0.51 ^{Acd}	4.09±0.54 ^{Abc}
18	2.64±0.67 ^{Bc}	3.36±0.51 ^{Ad}	3.73±0.65 ^{Ac}
21	1.18±0.41 ^{Bd}	2.09±0.54 ^{Ae}	2.36±0.51 ^{Ad}
24	1.09±0.30 ^{Cd}	1.73±0.47 ^{Be}	2.64±0.51 ^{Ad}

Ort. (n=14) ± st. hata

A, B, C (→): Farklı harf taşıyan gruplar arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0.05$)

a, b, c ...g (↓): Farklı harf taşıyan günler arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0.05$)



Şekil 4.44. Çiğ köftelerde depolama süresine göre koku değişimi

Tablo 4.30 ve Şekil 4.44'te sunulan çiğ balık köftelerine ait koku puanlarına göre depolamanın ilk 3 gününde hiçbir grupta koku bakımından önemli bir farklılık tespit edilmemiştir ($p>0.05$). Bununla birlikte 6. ve 9. günlerde A grubunun koku puanları Kontrol ve B grubuna benzemektedir ($p>0.05$). Kontrol grubu 12. günden itibaren kabul edilebilir değer olan "3" ün altına düşmüştür ve Kontrol grubunun kabul edilebilirlik değerinin altına düştüğü gün A ve B grupları benzer tespit edilmiştir ($p>0.05$). Tablo 4.28'de sunulan korelasyon değerine göre koku puanlarının zamana bağlı değişiminde en düşük korelasyon B grubunda tespit edilmiştir. A ve B gruplarının ikisinin de 18. günün sonundan itibaren kabul edilebilir değerin altına düştüğü belirlenmiştir. Ayrıca 12. günden 21. gün sonuna

kadar A ve B gruplarında önemli bir fark tespit edilmemiştir ($p < 0.05$). Depolamanın son gününde en yüksek koku puanı B grubunda tespit edilirken, Kontrol grubu ise en düşük koku puanına sahip olmuştur ($p < 0.05$).

Çiğ köftelerin tekstür puanlarına ait bulgular Tablo 4.31 ve Şekil 4.45'te sunulmuştur.

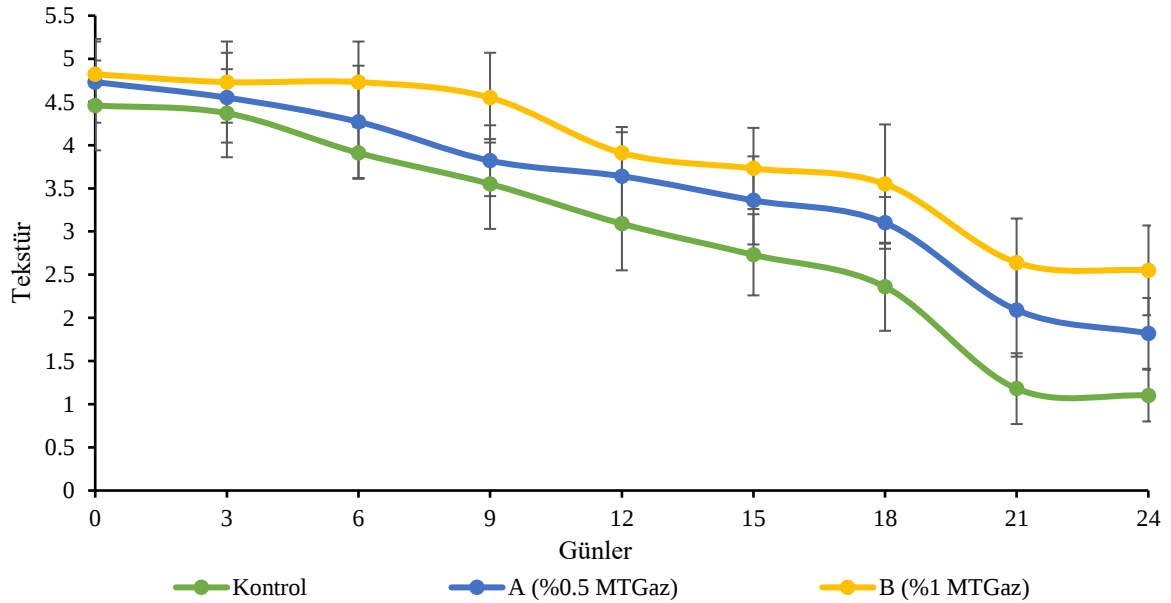
Tablo 4.31. Çiğ köftelerin depolama süresine göre tekstür puanları

Depolama Süresi (Gün)	Kontrol	A (%0.5 MTGaz)	B (%1 MTGaz)
0	4.46±0.52 ^{Aa}	4.73±0.47 ^{Aa}	4.82±0.41 ^{Aa}
3	4.37±0.51 ^{Aa}	4.55±0.52 ^{Aa}	4.73±0.47 ^{Aa}
6	3.91±0.30 ^{Bab}	4.27±0.65 ^{ABab}	4.73±0.47 ^{Aa}
9	3.55±0.52 ^{Bbc}	3.82±0.41 ^{Bbc}	4.55±0.52 ^{Aab}
12	3.09±0.54 ^{Bcd}	3.64±0.51 ^{Abcd}	3.91±0.30 ^{Abc}
15	2.73±0.47 ^{Bde}	3.36±0.51 ^{Ac}	3.73±0.47 ^{Ac}
18	2.36±0.51 ^{Be}	3.10±0.30 ^{Ad}	3.55±0.69 ^{Ac}
21	1.18±0.41 ^{Cf}	2.09±0.54 ^{Be}	2.64±0.51 ^{Ad}
24	1.10±0.30 ^{Cf}	1.82±0.41 ^{Be}	2.55±0.52 ^{Ad}

Ort. ($n=14$) ± st. hata

A, B, C (→): Farklı harf taşıyan gruplar arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0.05$)

a, b, c ...g (↓): Farklı harf taşıyan günler arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0.05$)



Şekil 4.45. Çiğ köftelerde depolama süresine göre tekstür puanlarının değişimi

Çiğ alabalık köftelerinin tekstür puanları 0. günden 3. gün sonuna kadar tüm gruplarda benzer bulunmuştur (Tablo 4.31) ($p > 0.05$). A grubu, 6. günde hem Kontrol hem de B grubu ile benzer tespit edilirken ($p > 0.05$), 9. günde ise Kontrol grubu ile benzer ($p > 0.05$) ve B grubundan düşük bulunmuştur ($p < 0.05$). Kontrol grubu 12. günden itibaren tekstür puanlamasında kabul edilebilir sınır olan “3” ün altına düşmüştür (Şekil 4.45). 12. günden

18. güne kadar enzimli gruplar birbirine benzer bir seyir göstermiştir ($p>0.05$). Ayrıca her iki grup da 18. günden itibaren kabul edilebilir değerin altına düşmüştür. Bununla birlikte depolamanın son gününde enzimli gruplar için tespit edilen en yüksek puanı B grubu (2.55 ± 0.52) almıştır. Tablo 4.28’de sunulan korelasyon değerlerine göre tekstür puanlarının zamana bağlı değişiminde en düşük korelasyon B grubunda görülmüştür ki bu da depolama süresine göre tekstürel yapıda en az değişimin B grubunda olduğunu göstermektedir.

Transglutaminaz enziminin balık ürünlerinde doku dayanıklılığını sağladığı farklı araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Aran, 2012; Tokay, 2015). Ramírez ve ark. (2007), MTGaz enziminin duyusal ve fonksiyonel özellikleri attırmada kullanılabileceğini ve endüstriyel / ticari ürün üretiminde kullanımının uygun olduğunu belirtmişlerdir. Yerlikaya ve ark. (2015), farklı oranlarda (2, 5 ve 10 g/kg) MTGaz enzimi ilave ederek buzdolabı koşullarında 8 gün boyunca depoladıkları uskumru (*Scomber scombrus*) kıymasının organoleptik özelliklerini araştırmışlar ve en yüksek koku, tekstür ve görünüş puanlarını 10 g/kg enzim ilaveli grupta tespit etmişlerdir ($p<0.05$). Yerlikaya ve ark. (2017), farklı oranlarda (%0.2, %0.5 ve %1) MTGaz enzimi ilave ederek buzdolabı koşullarında 10 gün boyunca depoladıkları Gökkuşaağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) kıymasının organoleptik özelliklerini araştırmışlar, koku, tekstür ve görünüş parametreleri ile tüketilebilirlik açısından en uygun olanların %0.5 ve %1 enzim ilaveli gruplar olduğunu tespit etmişlerdir. Tokay (2015), farklı oranlarda (1, 4, 7 ve 10 μ /g) MTGaz enzimi sprey uygulaması ile buzdolabı koşullarında depoladığı (8 gün) uskumru filetolarında (*Scomber scombrus*) koku, tekstür ve görünüş bakımından 7 μ /g enzim ilaveli grubun en beğenilen grup olduğunu bildirmiştir ($p<0.05$).

Runglerdkriangkrai ve ark. (2006), sakallı mercan balığından üretilen surimiden TGaz enzimi ilavesi ile ürettikleri balık macununu teneke kutularda depolayarak duyusal açıdan izlemişlerdir. Buna göre, TGaz ilaveli grupların özellikle lezzet ve tekstür bakımından daha yüksek puanlar aldığını, en yüksek koku puanının %0.6 oranında TGaz kullanımı ile elde edildiğini ancak %0.6’nın üzerinde TGaz ilavesinin hiçbir kriter bakımından etkili olmadığını bildirmişlerdir. Araştırmamızda görünüş, koku ve tekstür açısından enzim içeren gruplarda daha yüksek puanların tespit edilmesi ve enzim oranının artması ile daha yüksek puanların elde edilmesi, enzim kullanımının duyusal özellikleri iyileştirdiği sonucunu ortaya koymuştur.

4.6.2. Pişmiş Ürünlerin Duyusal Analiz Bulguları

Kontrol, A ve B gruplarının pişmiş formuna ait duyusal analiz lezzet, koku, tekstür ve genel değerlendirme kriterlerine göre yapılmıştır. Ayrıca lezzet, koku, tekstür ve genel değerlendirme kriterlerinin depolama süresi ile ilişkisi Tablo 4.32’de sunulmuştur.

Tablo 4.32. Kontrol, A ve B gruplarının pişmiş formunun lezzet, koku, tekstür ve genel değerlendirme kriterleri bakımından regresyon ve korelasyon değerleri

Gruplar/Kriterler	Kontrol	A (%0.5 MTGaz)	B (%1 MTGaz)
Lezzet	$y = -0.5133x + 5.7489$ $r = 0.98$	$y = -0.3988x + 5.7631$ $r = 0.96$	$y = -0.3073x + 5.6389$ $r = 0.95$
Koku	$y = -0.3595x + 4.7408$ $r = 0.86$	$y = -0.3118x + 4.9758$ $r = 0.93$	$y = -0.2757x + 5.2494$ $r = 0.94$
Tekstür	$y = -0.4385x + 5.1869$ $r = 0.96$	$y = -0.3518x + 5.2958$ $r = 0.96$	$y = -0.2918x + 5.4303$ $r = 0.94$
Genel Değerlendirme	$y = -0.4755x + 5.5008$ $r = 0.98$	$y = -0.3668x + 5.4408$ $r = 0.94$	$y = -0.3077x + 5.5394$ $r = 0.95$

Lezzet kriterine göre pişmiş köftelere ait bulgular Tablo 4.33 ve Şekil 4.46’da sunulmuştur.

Tablo 4.33. Pişmiş köftelerin depolama süresine göre lezzet puanları

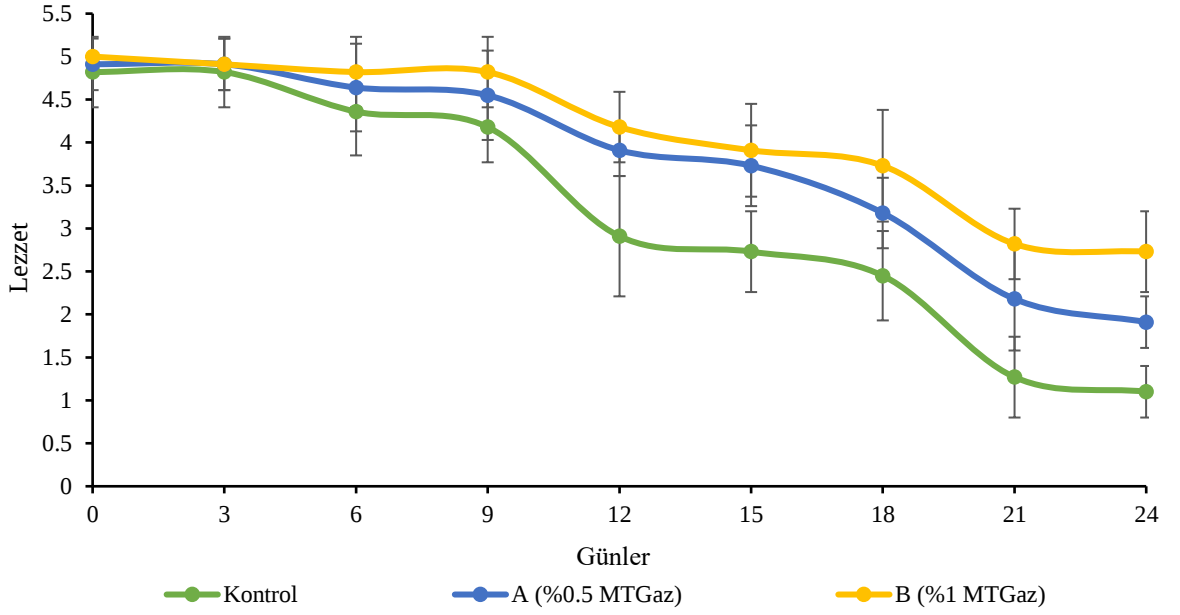
Depolama Süresi (Gün)	Kontrol	A (%0.5 MTGaz)	B (%1 MTGaz)
0	4.82±0.41 ^{Aa}	4.91±0.30 ^{Aa}	5.00±0.00 ^{Aa}
3	4.82±0.41 ^{Aa}	4.91±0.30 ^{Aa}	4.91±0.30 ^{Aa}
6	4.36±0.51 ^{Aa}	4.64±0.51 ^{Aa}	4.82±0.41 ^{Aa}
9	4.18±0.41 ^{Ba}	4.55±0.52 ^{Aba}	4.82±0.41 ^{Aa}
12	2.91±0.70 ^{Bb}	3.91±0.30 ^{Ab}	4.18±0.41 ^{Ab}
15	2.73±0.47 ^{Bb}	3.73±0.47 ^{Abc}	3.91±0.54 ^{Ab}
18	2.45±0.52 ^{Bb}	3.18±0.41 ^{Ac}	3.73±0.65 ^{Ab}
21	1.27±0.47 ^{Cc}	2.18±0.60 ^{Bd}	2.82±0.41 ^{Ac}
24	1.10±0.30 ^{Cc}	1.91±0.30 ^{Bd}	2.73±0.47 ^{Ac}

Ort. (n=14) ± st. hata

A, B, C (→): Farklı harf taşıyan gruplar arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0.05$)

a, b, c ...g (↓): Farklı harf taşıyan günler arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0.05$)

Tablo 4.33’te görüldüğü gibi depolama süresine bağlı olarak pişirilen köftelerde 6. güne kadar lezzet açısından bir fark yoktur ($p > 0.05$). 9. günden 12. güne kadar ise iki farklı oranda enzim kullanılan köfteler Kontrol grubuna göre daha lezzetli bulunmuştur ($p < 0.05$). 18. günden 24. güne kadar geçen süreçte ise %0.5 oranında enzimli A grubu Kontrol grubundan, %1 oranında enzimli olan B grubu ise hem Kontrol hem de A grubunda daha lezzetli bulunmuştur (Şekil 4.46) ($p < 0.05$).



Şekil 4.46. Pişmiş köftelerde depolama süresine göre lezzet puanlarının değişimi

Depolama süresi boyunca lezzet puanları tüm gruplarda yavaş yavaş azalmış ve gruplar arasındaki fark ilerleyen günlerde enzimli gruplar lehine daha fark edilir olmuştur.

Pişmiş köftelerin koku puanları Tablo 4.34 ve Şekil 4.47’de sunulmuştur.

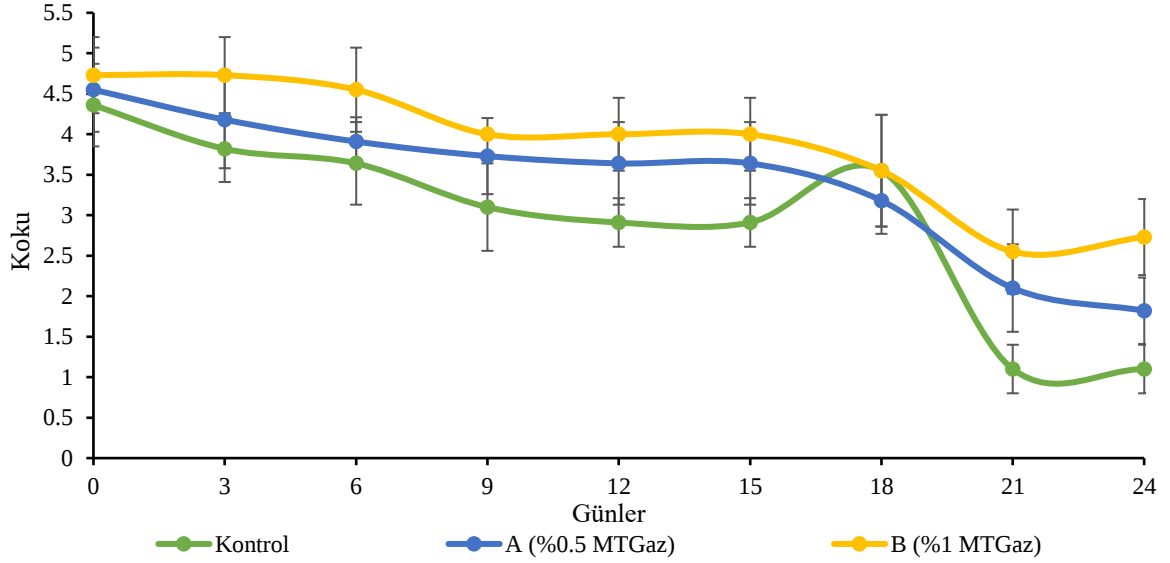
Tablo 4.34. Pişmiş köftelerin depolama süresine göre koku puanları

Depolama Süresi (Gün)	Kontrol	A (%0.5 MTGaz)	B (%1 MTGaz)
0	4.36±0.51 ^{Aa}	4.55±0.52 ^{Aa}	4.73±0.47 ^{Aa}
3	3.82±0.41 ^{Bab}	4.18±0.60 ^{Bab}	4.73±0.47 ^{Aa}
6	3.64±0.51 ^{Bbc}	3.91±0.30 ^{Bab}	4.55±0.52 ^{Aab}
9	3.10±0.54 ^{Bcd}	3.73±0.47 ^{Abc}	4.00±0.01 ^{Abc}
12	2.91±0.30 ^{Bd}	3.64±0.51 ^{Abc}	4.00±0.45 ^{Abc}
15	2.91±0.30 ^{Bd}	3.64±0.51 ^{Abc}	4.00±0.45 ^{Abc}
18	3.55±0.69 ^{Bd}	3.18±0.41 ^{ABc}	3.55±0.69 ^{Ac}
21	1.10±0.30 ^{Be}	2.10±0.54 ^{Ad}	2.55±0.52 ^{Ad}
24	1.10±0.30 ^{Ce}	1.82±0.41 ^{Bd}	2.73±0.47 ^{Ad}

Ort. (n=14) ± st. hata

A, B, C (→): Farklı harf taşıyan gruplar arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0.05$)

a, b, c ...g (↓): Farklı harf taşıyan günler arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0.05$)



Şekil 4.47. Pişmiş köftelerde depolama süresine göre koku puanlarının değişimi

Depolama süresi boyunca koku puanları tüm gruplarda 18. güne kadar yavaşça azalmış ve 18. günün ardından düşüş hızı artmıştır. Kontrol grubunda ise 18. günden depolama sonuna kadar geçen sürede gerçekleşen düşüş ivmesi, enzim içeren gruplara göre çok daha hızlı gerçekleşmiştir ($p < 0.05$). Depolama süresi sonunda koku kriteri bakımından en yüksek puanı %1 MTGaz ilaveli B grubu elde ederken, en düşük koku beğenisine ise Kontrol grubu sahip olmuştur. Enzim kullanılan gruplarda köfte kokusunun daha hoş bulunduğunu ($p < 0.05$) ve artan enzim konsantrasyonunun koku üzerinde daha olumlu bir etki oluşturduğunu söylemek mümkündür.

Pişmiş köftelerin tekstür puanları Tablo 4.35 ve Şekil 4.48’de sunulmuştur.

Tablo 4.35. Pişmiş köftelerin depolama süresine göre tekstür puanları

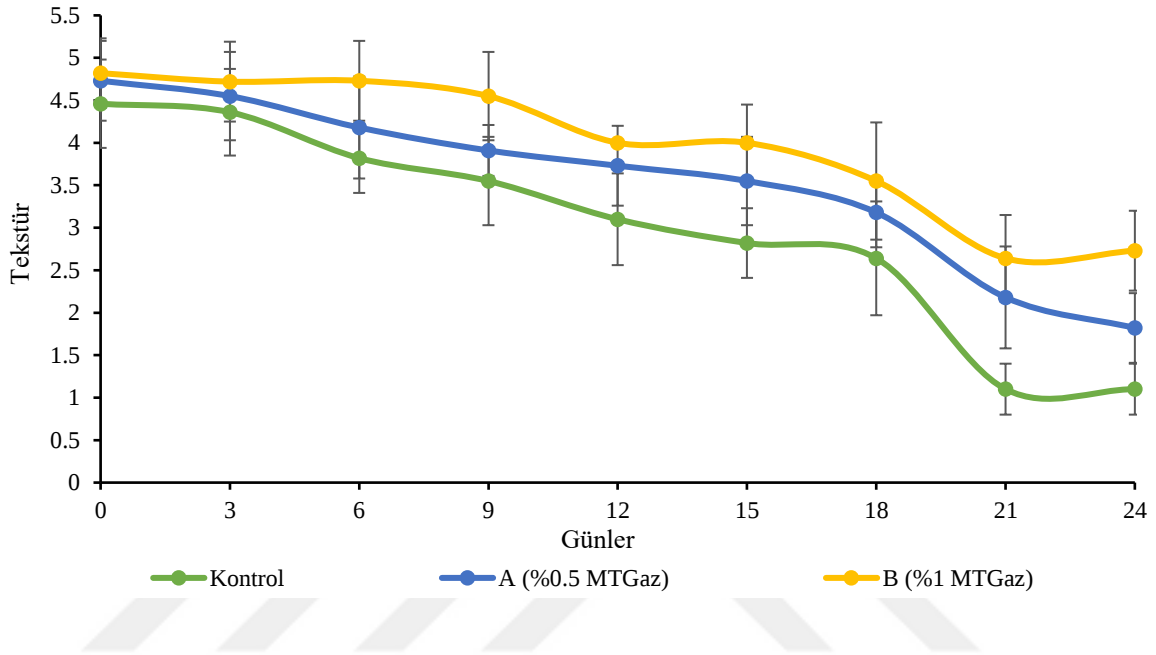
Depolama Süresi (Gün)	Kontrol	A (%0.5 MTGaz)	B (%1 MTGaz)
0	4.46±0.52 ^{Aa}	4.73±0.47 ^{Aa}	4.82±0.41 ^{Aa}
3	4.36±0.51 ^{Aa}	4.55±0.52 ^{Aab}	4.72±0.47 ^{Aa}
6	3.82±0.41 ^{Bab}	4.18±0.60 ^{Babc}	4.73±0.47 ^{Aa}
9	3.55±0.52 ^{Bbc}	3.91±0.30 ^{Bbc}	4.55±0.52 ^{Aab}
12	3.10±0.54 ^{Bcd}	3.73±0.47 ^{Ac}	4.00±0.00 ^{Bbc}
15	2.82±0.41 ^{Bd}	3.55±0.52 ^{Ac}	4.00±0.45 ^{Abc}
18	2.64±0.67 ^{Bd}	3.18±0.41 ^{ABd}	3.55±0.69 ^{Ac}
21	1.10±0.30 ^{Be}	2.18±0.60 ^{Ae}	2.64±0.51 ^{Ad}
24	1.10±0.30 ^{Ce}	1.82±0.41 ^{Be}	2.73±0.47 ^{Ad}

Ort. (n=14) ± st. hata

A, B, C (→): Farklı harf taşıyan gruplar arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0.05$)

a, b, c ...g (↓): Farklı harf taşıyan günler arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0.05$)

Depolama süresince tekstür puanlarının her üç grupta da yavaş yavaş azaldığı ($p<0.05$) ve bu azalışın Kontrol grubunda daha düşük puanlar şeklinde olduğu ($p<0.05$) Tablo 4.35’te görülmektedir. Özellikle 15. ila 21. günler arasında enzim içeren köfteler tekstür açısından daha iyi durumda bulunmuş olup ($p<0.05$), depolamanın sonunda ise daha yüksek oranda enzim kullanımının daha iyi yapıda bir ürün verdiği tespit edilmiştir ($p<0.05$).



Şekil 4.48. Pişmiş köftelerde depolama süresine göre tekstür puanlarının değişimi

Piştirilmiş köftelerin tüm duyuusal kriterlerinin birlikte değerlendirildiği Genel değerlendirme puanları Tablo 4.36 ve Şekil 4.49’da sunulmuştur.

Tablo 4.36. Pişmiş köftelerin depolama süresine göre genel değerlendirme puanları

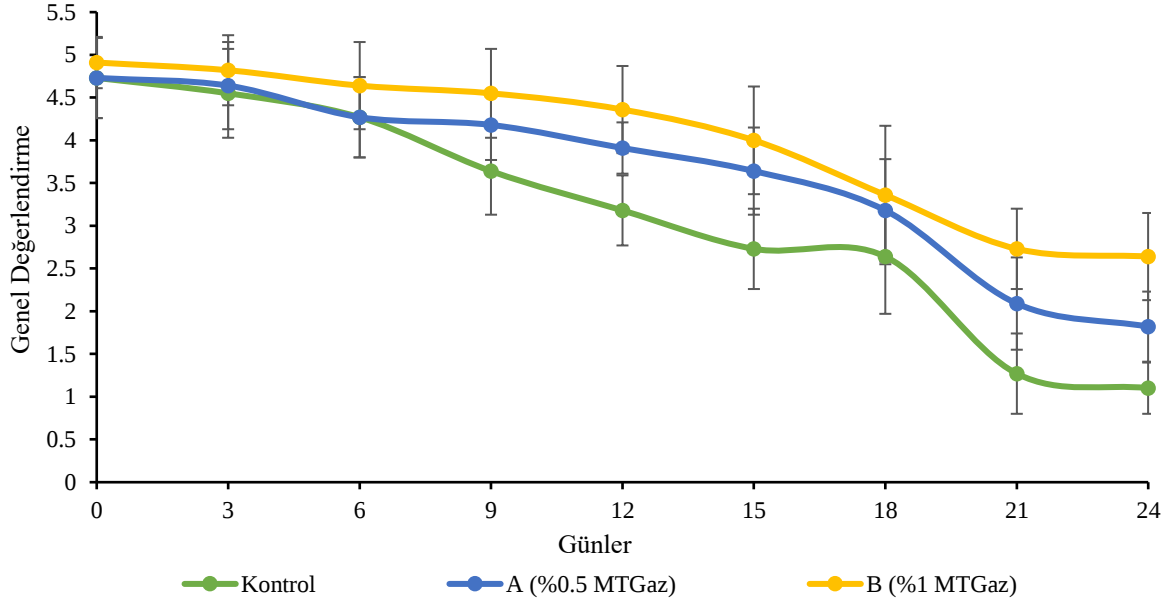
Depolama Süresi (Gün)	Kontrol	A (%0.5 MTGaz)	B (%1 MTGaz)
0	4.73±0.47 ^{Aa}	4.73±0.47 ^{Aa}	4.91±0.30 ^{Aa}
3	4.55±0.52 ^{Aa}	4.64±0.51 ^{Aa}	4.82±0.41 ^{Aa}
6	4.27±0.47 ^{Aab}	4.27±0.47 ^{Aab}	4.64±0.51 ^{Aab}
9	3.64±0.51 ^{Bbc}	4.18±0.41 ^{Aa}	4.55±0.52 ^{Aab}
12	3.18±0.41 ^{Ccd}	3.91±0.30 ^{Bb}	4.36±0.51 ^{Aab}
15	2.73±0.47 ^{Bd}	3.64±0.51 ^{Abc}	4.00±0.63 ^{Abc}
18	2.64±0.67 ^{Ad}	3.18±0.60 ^{Ac}	3.36±0.81 ^{Ac}
21	1.27±0.47 ^{Ce}	2.09±0.54 ^{Bd}	2.73±0.47 ^{Ade}
24	1.10±0.30 ^{Ce}	1.82±0.41 ^{Bd}	2.64±0.51 ^{Ae}

Ort. (n=14) ± st. hata

A, B, C (→): Farklı harf taşıyan gruplar arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0.05$)

a, b, c ...g (↓): Farklı harf taşıyan günler arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0.05$)

Duyusal analizlerde ele alınan kriterlerin tümünün birlikte değerlendirildiği genel değerlendirme sonuçlarına göre köftelerin ilk 6 gün birbirlerine benzer özellikte olduğu ($p>0.05$), depolamanın daha sonraki günlerinde ise genel olarak [B (%1 MTGaz) > A (%0.5 MTGaz) > Kontrol] enzim ihtiva eden grupların daha iyi bulunduğu ve %1 oranında enzim kullanımının duyuşal özellikler açısından daha etkili olduğu ($p<0.05$) tespit edilmiştir.



Şekil 4.49. Pişmiş köftelerde depolama süresine göre genel değerlendirme puanlarının değişimi

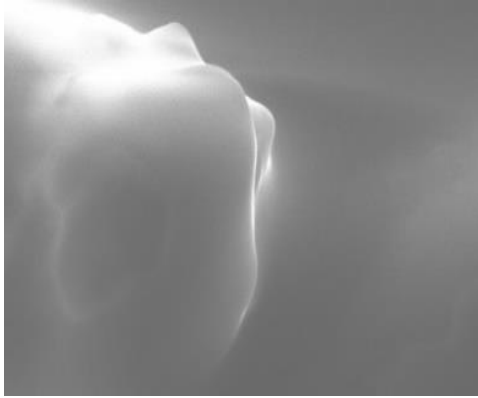
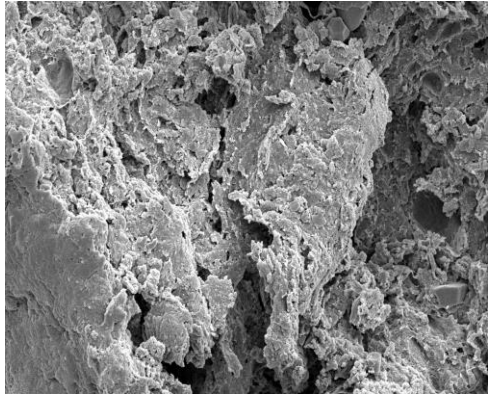
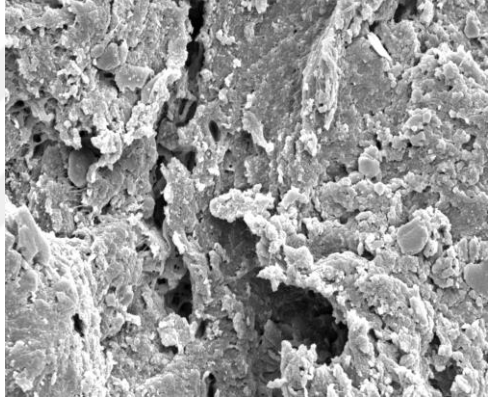
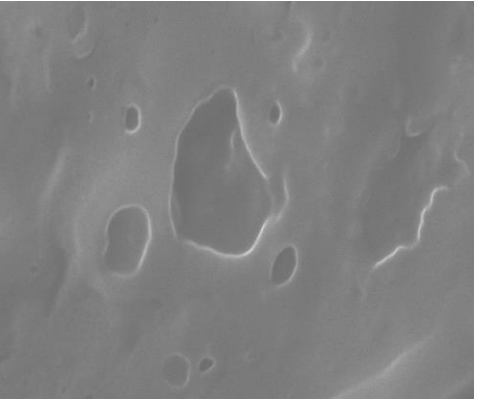
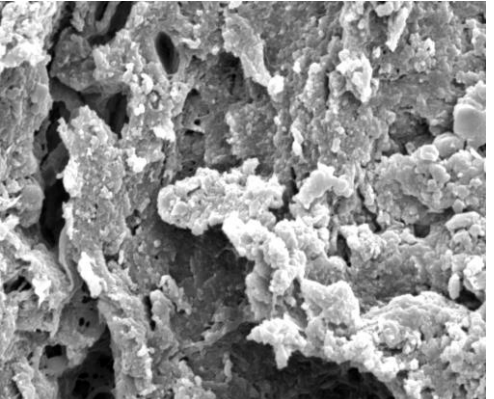
Tablo 4.33, 4.34, 4.35 ve 4.36’da sunulan pişmiş ürünlerin lezzet, koku, tekstür ve genel değerlendirme bulgularını çiğ ürünlerin bulguları ile karşılaştırarak sunmak daha kapsamlı değerlendirme yapmaya olanak sağlayacaktır. Pişirilerek duyuşal testleri yapılan köftelerin kokularının (Tablo 4.34, Şekil 4.47) pişirilmeden çiğ halde muhafaza edilen köftelerden (Tablo 4.30, Şekil 4.44) daha yüksek beğeniler elde ettiği, pişirmenin etkisi ile kokunun daha cazip hale geldiği söylenebilir. Kontrol grubu çiğ koku analizlerine göre 12. günde düşük puan almışken (Tablo 4.30, Şekil 4.44), pişmiş üründe ise ancak 18. günden sonra kabul sınırını olan “2” nin altına düşmüştür (Tablo 4.34). Benzer şekilde MTGaz enzimi ilaveli pişmiş A ve B grupları da 21. ($p<0.05$) ve 24. günde kabul edilebilir lezzet (Tablo 4.33 ve Şekil 4.46) ve koku puanlarına sahiptir. Daha yüksek oranda MTGaz enzimi içeren B grubunun lezzet (Şekil 4.46), koku (Şekil 4.47), tekstür (Şekil 4.48) ve genel değerlendirme puanı (Şekil 4.49), depolamanın 24. gününde dahi limit değerinin altına düşmemiştir ($p<0.05$). Aref ve ark. (2018), karabalıktan (*Clarias gariepinus*) MTGaz enzimi, biberiye ekstraktı, kitosan ve bunların çeşitli kombinasyonlarını kullanarak elde ettiği tüketime hazır parmak ürününün pişmiş formunun duyuşal özelliklerini araştırmışlar ve MTGaz enzimi ilavesinin

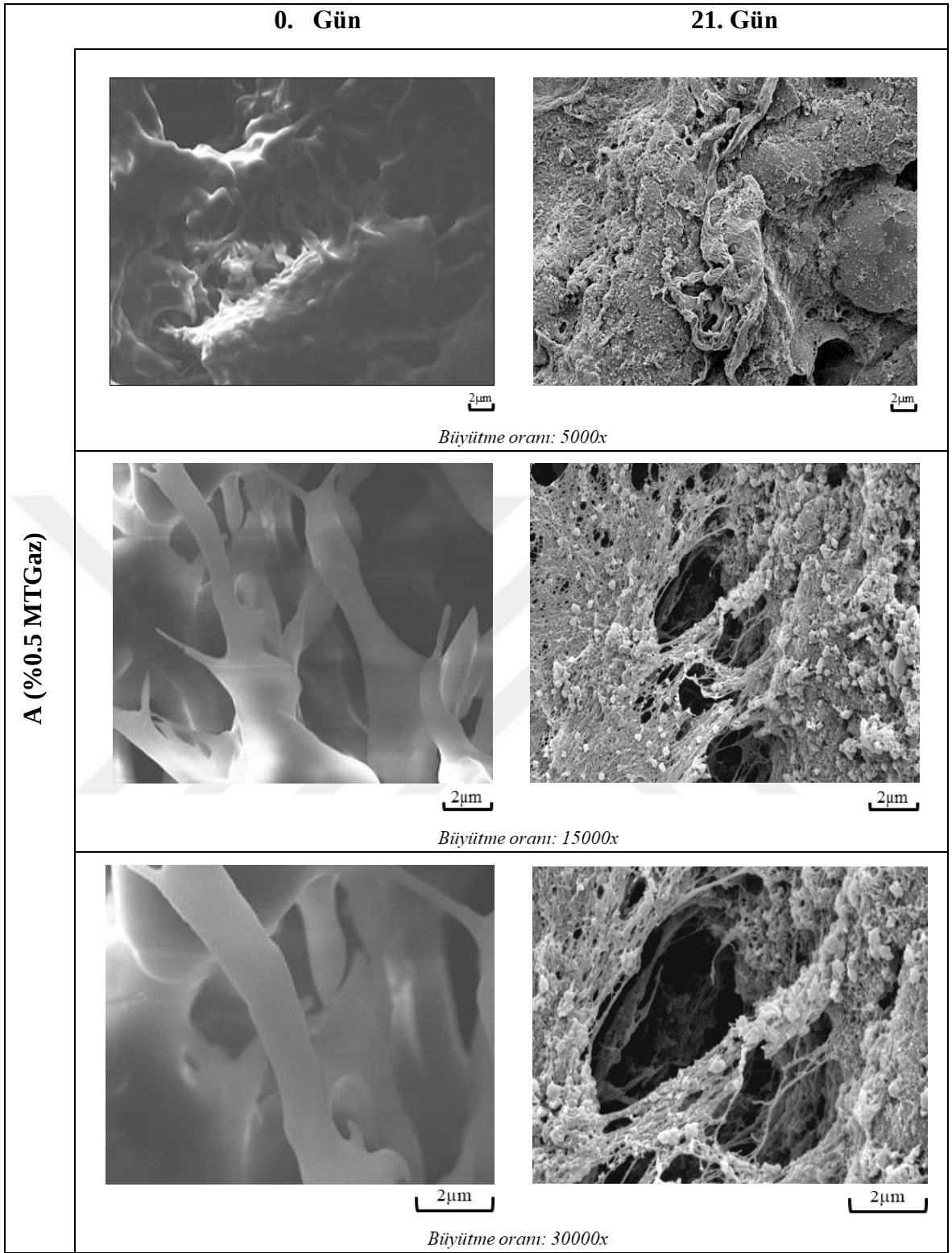
koku, lezzet, tekstür ve genel değerlendirme sonuçlarını olumlu yönde etkilediğini, özellikle 500 ppm biberiye ekstraktı ile kombine edildiğinde çok daha yüksek puanlar aldığını ($p<0.05$) bildirmişlerdir. Cavenaghi-Altemio ve ark. (2018), iki farklı yayın balığı alt türünden (yayıngiller) (*Pseudoplatystoma reticulatum* x *Pseudoplatystoma corruscans*) hibritlenip ticari olarak üretimi yapılan balık etinden MTGaz enzimi ilaveli sosis üretmişlerdir. Araştırmacılar elde ettikleri sosislerde koku ve renk bakımından kontrol grubuna göre fark tespit etmediklerini ($p>0.05$) bildirmişlerdir. Ancak tekstür ve tat bakımından enzim ilavesinin duyuşal puanları arttırdığı ve artan enzim konsantrasyonunun puanları daha da yükselttiğini ($p<0.05$) tespit etmişlerdir. Transglutaminazın tekstür üzerinde iyileştirici etkisi olduğu, çapraz bağ oluşumu ile ürünün jel yapısını ve elastikiyetini artırdığı bilinmektedir (Kuraishi ve ark., 2001; Tokay, 2015). Gonçaves ve Passos (2010), Güney Amerika granyöz balığından (*Micropogonias furnieri*) elde ettikleri yeniden yapılandırılmış ürünlerde; MTGaz enzimi ilaveli grupların MTGaz enzimi ilavesiz gruplara göre görünüş, lezzet, tekstür ve tat bakımından tüketicilerde daha fazla olumlu algı oluşturduğunu tespit etmişlerdir. Tzikas ve ark. (2015), sarıkuyruk istavrit balığından (*Trachurus mediterraneus*) yeniden yapılandırılmış ürün elde ettikleri araştırmalarında farklı oranlarda MTGaz enzimi (%0.5 ve %1) kullanmışlardır. Araştırmacılar, pişmiş üründe koku bakımından enzim kullanılan gruplarda önemli bir fark tespit etmemişlerdir ($p>0.05$) ancak lezzet bakımından enzim kullanılan grupların kontrol grubuna göre daha yüksek puan aldığı ($p<0.05$) ve yüksek enzim içeren grubun en beğenilen grup olduğu bildirilmiştir ($p<0.05$). Genel değerlendirme puanları açısından da yüksek oranda enzim içeren grup daha çok beğenilmiştir ($p<0.05$).

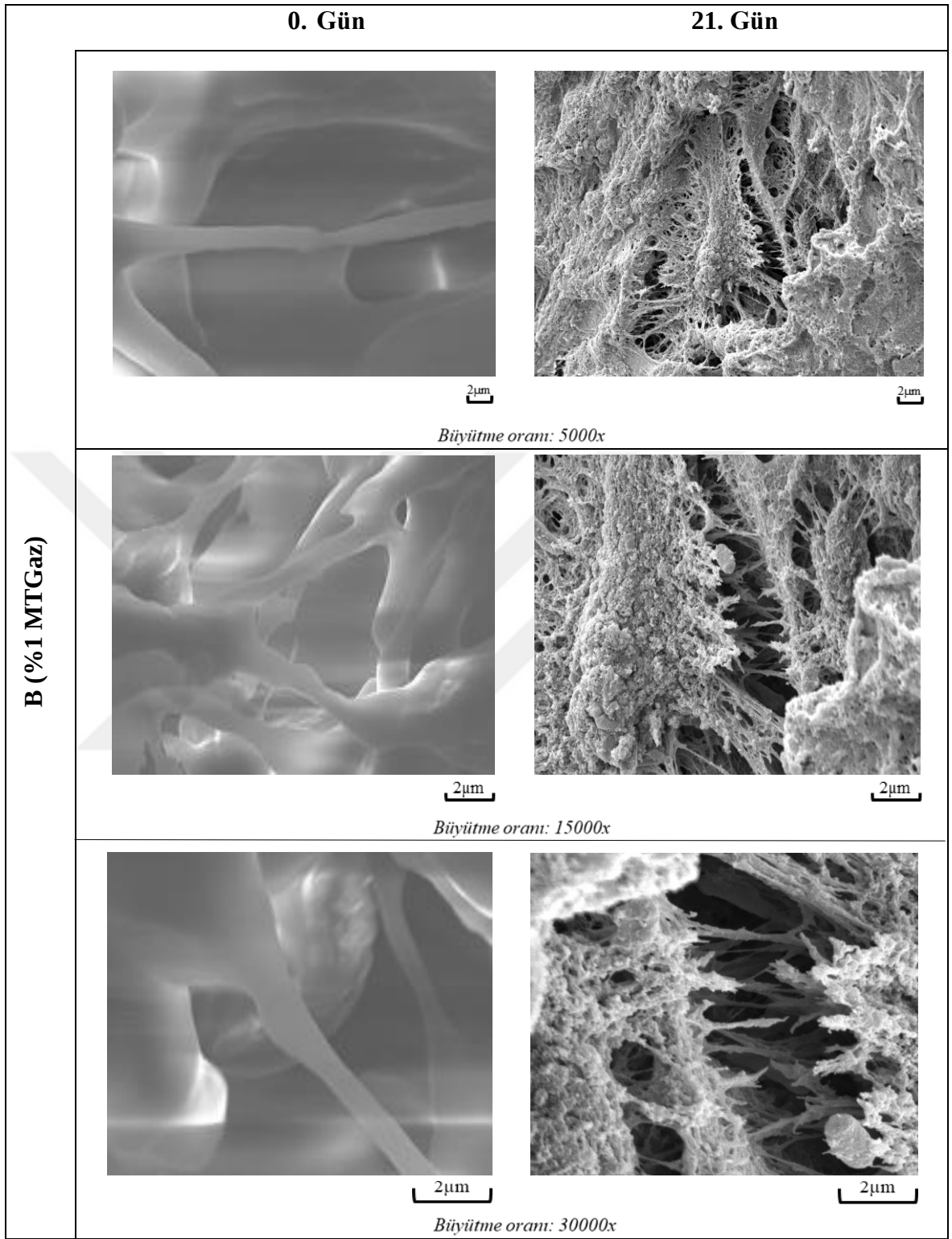
4.7. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Görüntülerine Ait Bulgular

Araştırma kapsamında Kontrol, A ve B gruplarının taramalı elektron mikroskobu görüntüleri Tablo 4.37’de sunulmuştur.

Tablo 4.37. Köftelerin SEM görüntüleri

	0. Gün	18. Gün
Kontrol	 2µm	 2µm
	Büyütme oranı: 5000x	
	 2µm	 2µm
	Büyütme oranı: 15000x	
	 2µm	 2µm
	Büyütme oranı: 30000x	



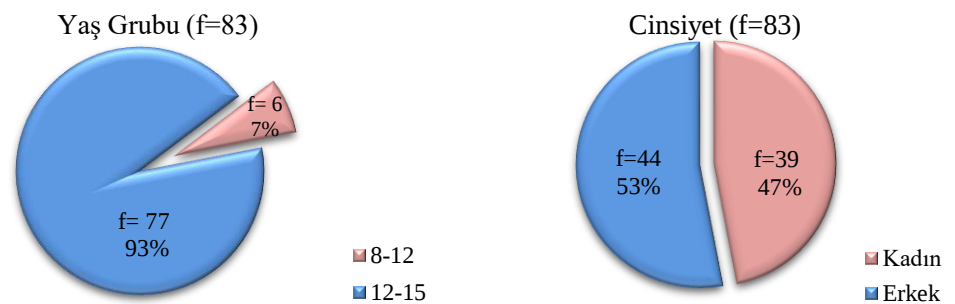


Tablo 4.37’de sunulan Kontrol, A ve B gruplarının çiğ formunun ilk ve son günündeki taramalı elektron mikroskobu görüntüleri incelendiğinde, Kontrol grubunun hem ilk hem de son görüntülerinde herhangi yapısal bağa rastlanmadığı söylenebilir. Bununla birlikte, %0.5 oranında enzim kullanılan A grubunun ilk ve son görüntülerinde ise bağ dokular rahatlıkla gözlenebilmektedir. %1 oranında enzim kullanılan B grubunda bağ dokular ve jel ağ yapı

formu ise hem ilk görüntülemelerde hem de son görüntülemelerde çok daha yoğun ve karmaşık bir yapı halinde tespit edilmiştir. Enzim ilaveli gruplarda gözlenen ve konsantrasyon artışına bağlı olarak artan bu bağ dokularının ve jel ağ yapılarının moleküller arası ϵ (γ -glutamil) - lizin çapraz bağlarının oluşumundan ileri geldiği düşünülmektedir. Zira Lorand ve Conrad (1984)'a göre et ürünlerinde kullanılan transglutaminaz enzimi yoğun bir şekilde moleküller arası ϵ (γ -glutamil) - lizin çapraz bağları oluşturmaktadır. Ahhmed ve ark. (2007), çeşitli türlerdeki etlerin miyozin B moleküllerinde, MTGaz ilavesinden sonra büyük oranda boyut artışı ile çok daha karmaşık yapıların gözlenebileceğini tespit etmişlerdir. Cardoso ve ark. (2010a), Güney Afrika berlam balığından (*Merluccius capensis*) yeniden yapılandırılmış ürün oluşturmada MTGaz ve diğer bağlayıcı ajanlardan oluşan çalışma gruplarında, en net ve en fazla çapraz bağ doku oluşumu ve jel ağ yapısını MTGaz kullandığı grupta tespit etmişlerdir. Cardoso ve ark. (2010b), levrek (*D. labrax*) balığında jel oluşturma kapasitesini araştırmışlar ve MTGaz kullanımının jel yapıyı güçlendirdiğini ve daha yoğun miktarda jel ağının oluşmasına yardımcı olduğunu bildirmişlerdir. Tammatinna ve ark. (2007), Pasifik karidesi (*Penaeus vannamei*) etinden oluşturdukları ürünlerde MTGaz kullanmanın daha düzenli ve daha sık bağ doku oluşturduğunu tespit etmişlerdir. Uran (2013), TGaz kullanarak ürettiği tavuk burgerlerde bağ doku oluşumunun arttığını ve enzim konsantrasyonu arttıkça oluşan G - L bağlantılarının yoğunluğunun attığını tespit etmiştir. Kaewudom ve ark. (2013), çatalkuyruk mercan (*Nemipterus bleekeri*) balığından ürettikleri surimide %0.1 ve üzeri konsantrasyonlarda MTGaz enzimi kullanımında oluşan jel ağının kontrol grubuna göre çok daha iyi ve yoğun olduğunu SEM görüntülerinden tespit etmişlerdir. Literatürdeki bu bulgular araştırmamızın bulguları ile benzerlik göstermektedir.

4.8. Çocukların ve Yetişkinlerin Ürün Değerlendirmelerine İlişkin Bulgular

Köfteleri deneyen çocukların cinsiyet ve yaş grubunun dağılımı Şekil 4.50'de yer almaktadır.



Şekil 4.50. Çocukların cinsiyet ve yaş grubuna göre dağılımı

Şekil 4.50’de sunulduğu gibi çocukların %93’ü (f=77) 12-15; %7’si (f=6) ise 8-12 yaş aralığındadır. Ayrıca %53’ü erkek (f=44), %47’si ise (f=39) kız öğrencilerdir.

Çocuklar ürünün lezzetine ve ürünü tüketmek isteme durumlarına dair değerlendirmelerini 5’li Likert ölçeğinde (Likert, 1932) form ile yapmışlardır. Ürünü lezzetli bularak tamamını bitirmek istemelerine (tüketmek isteme durumlarına) dair sonuçlar Tablo 4.38’de sunulmuştur.

Tablo 4.38. Çocukların ürünün lezzeti ve tüketmek isteme durumlarına ait sonuçlar

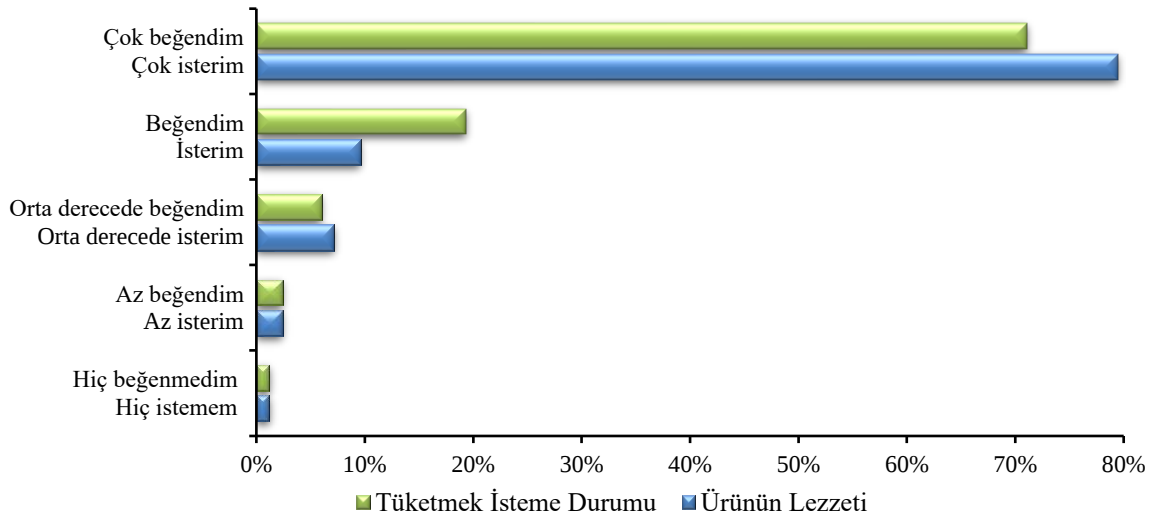
Değerlendirme Kriteri	Ortalama
Ürünün lezzeti	4.64±0.32
Tüketmek isteme durumu	4.57±0.31
Ort. (n=83) ± std. hata	

Tablo 4.38 incelendiğinde çocukların ürünün lezzeti (4.64±0.32) ve ürünü tüketmek isteyebilecekleri (4.57±0.31) yönünde oldukça olumlu görüşlere sahip oldukları tespit edilmiştir.

Ürünün lezzeti ve tüketmek isteme durumlarını daha detaylı gösteren yüzde ve frekans sonuçları Tablo 4.39 ve Şekil 4.51’de sunulmuştur.

Tablo 4.39. Çocukların ürünün lezzeti ve tüketmek isteme durumuna ait yüzde ve frekans değerleri (% , f)

Ürünün lezzeti	f	%	Tüketmek İsteme durumu	f	%
Hiç beğenmedim	1	1.2	Hiç istemem	1	1.2
Az beğendim	2	2.4	Az isterim	2	2.4
Orta derecede beğendim	6	7.2	Orta derecede isterim	5	6.0
Beğendim	8	9.6	İsterim	16	19.3
Çok beğendim	66	79.5	Çok isterim	59	71.1
Toplam	83	100	Toplam	83	100



Şekil 4.51. Çocukların ürünü değerlendirme durumuna ilişkin dağılım

Tablo 39 ve Şekil 4.51’de sunulan bulgular çocukların ürünün lezzetini çoğunlukla çok beğendiğini ($f=66$, %79.5) ve ürünü tüketmek/almak konusunda çok istekli olduklarını ($f=59$, %71.1) göstermektedir.

Çocukların dışında 20-50 yaş arasındaki 50 katılımcı köftenin lezzetini test etmiştir. Yetişkinlerin cinsiyet, yaş grubu, mesleği ve haftada kaç gün balık tükettiklerine ait değişkenlerin dağılımı Tablo 4.40’da yer almaktadır.

Tablo 4.40. Yetişkinlerin cinsiyet, yaş grubu, mesleği ve haftada kaç gün balık tükettiklerine ait yüzde ve frekans dağılımı (% , f)

Cinsiyet	f	%	Yaş Aralığı	f	%	Meslek	f	%	Haftalık balık tüketimi	f	%
Kadın	27	54	20-30	22	44	Öğrenci	22	44	Hiç	12	24
Erkek	23	46	30-40	15	30	Memur	5	10	1	32	64
			40-50	13	26	İşçi	4	8	2	4	8
						Öğretmen	14	28	2’den fazla	2	4
						Çalışmıyor	5	10			
Toplam										50	

Tablo 4.40’da sunulduğu gibi ankete katılan yetişkinlerin 27’si kadın, 23’ü erkek olup, yaş aralığı çoğunlukla 20–30 ($f=22$) ‘dur. Bunların %44’ü öğrenci ($f=22$), %28’i öğretmen ($f=14$), %10’u memur ($f=5$), %8’i işçi ($f=4$) iken %10’u ($f=5$) ise çalışmamaktadır. Katılımcı yetişkinlerin çoğu haftada bir ($f=32$) balık tüketmekteyken, bu grubu hiç tüketmeyenler takip etmektedir ($f=12$).

Yetişkinlerin 5’li Likert ölçeğinde (Likert, 1932) form ile yaptıkları ürünün lezzeti ve ürünü tüketmek isteme durumlarına ait sonuçlar Tablo 4.41’de sunulmuştur.

Tablo 4.41. Yetişkinlerin ürünün lezzeti ve tüketmek isteme durumlarına ait sonuçlar

Değerlendirme Kriteri	Ortalama
Ürünün lezzeti	4.38±0.56
Tüketmek isteme durumu	4.44±0.43

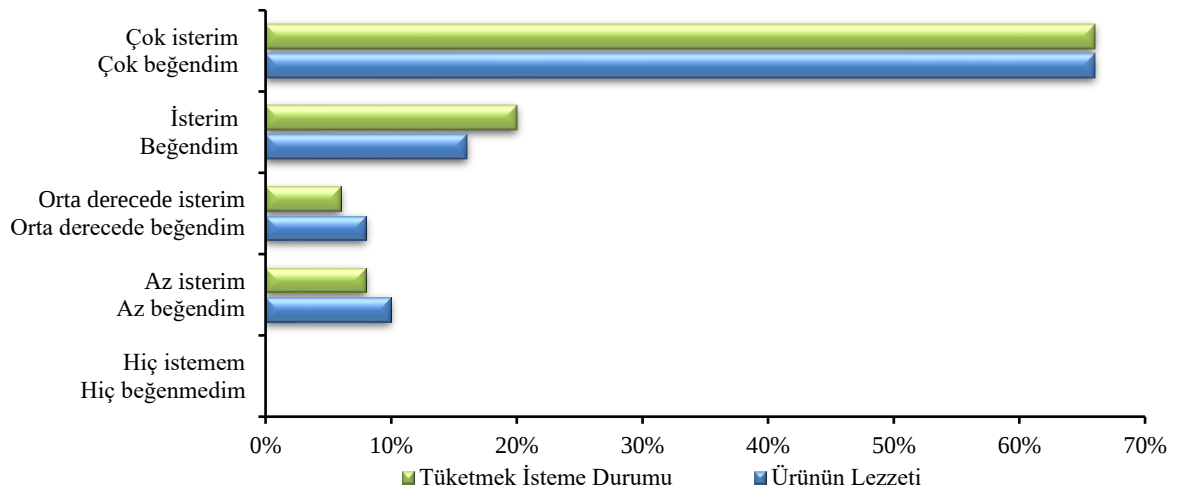
Ort. (n=50) ± std. hata

Tablo 4.41 incelendiğinde yetişkinlerin ürünün lezzeti (4.38±0.56) ve ürünü tüketmek isteyebilecekleri (4.44±0.43) yönünde oldukça olumlu görüşlere sahip oldukları anlaşılmaktadır.

Yetişkinlerin ürünün lezzeti ve tüketmek isteme durumuna göre yaptıkları değerlendirmelere ait yüzde ve frekans bulguları Tablo 4.42 ve Şekil 4.52’de sunulmuştur.

Tablo 4.42. Yetişkinlerin ürünün lezzeti ve tüketmek isteme durumuna ait yüzde ve frekans değerleri (% , f)

Ürünün lezzeti	f	%	Tüketmek İsteme durumu	f	%
Hiç beğenmedim	-	-	Hiç istemem	-	-
Az beğendim	5	10	Az isterim	4	8
Orta derecede beğendim	4	8	Orta derecede isterim	3	6
Beğendim	8	16	İsterim	10	20
Çok beğendim	33	66	Çok isterim	33	66
Toplam	50	100	Toplam	50	100



Şekil 4.52. Yetişkinlerin ürünü değerlendirme durumuna ilişkin dağılım

Tablo 4.42 ve Şekil 4.52 incelendiğinde yetişkinlerin de çoğunlukla ürünü lezzetli bulduğu ve çok beğendiği (f=33, %66) ve ürünü tüketmeyi çok istediklerini (f=33, %66) belirttikleri

tespit edilmiştir. Ürünü hiç beğenmeyen ya da tüketmek istemeyeceğini belirten yetişkin olmamıştır. Ürünün test edilme sürecindeki görsellerden birkaçı Şekil 4.53’de sunulmuştur.



Şekil 4.53. Ürünün çocuklar ve yetişkinler tarafından değerlendirilmesine ait görseller

Cavenaghi-Altemio ve ark. (2018), iki farklı yayın balığı alt türünden (yayıngiller) (*Pseudoplatystoma reticulatum* x *Pseudoplatystoma corruscans*) hibritlenip ticari olarak üretimi yapılan balık etinden MTGaz enzimi ilavesi (%0.3 ve %0.6) ile ürettikleri sosisleri “satın alma eğilim” ve “tüketmek isteme” kriterleri bakımından ankete tabi tutmuşlar (n=48) ve katılanların %66’sının “kesinlikle satın almak isterim” ve %23’ünün ise “muhtemelen almak isterim” yanıtını verdiklerini tespit etmişlerdir. Ayrıca yüksek enzim oranlı grubun daha yüksek beğeni aldığını da belirtmişlerdir. Ferreira ve ark. (2012), MTGaz enzimi katkısı ile sığır etinden ürettikleri burgerlerin kontrol grubuna göre daha yüksek beğeni aldığını bildirmişlerdir. Bulgularımız literatür ile benzerlik göstermektedir.

4.9. TOPSIS Analizi Bulguları

Köftelerin son tüketim tarihlerinde hangi grubun daha çok tercih edilebilir olduğunu belirlemek amacıyla yapılan TOPSIS analizi sonuçları Tablo 4.43’de verilmiştir.

Tablo 4.43. TOPSIS yöntemine göre grup sıralamalarına ait sonuçlar

Gruplar	d_i^+	d_i^-	C	Sıralama
Kontrol	0,08	0,06	0,42	3
A Grubu (%0.5 MTGaz)	0,04	0,06	0,60	1
B Grubu (%1 MTGaz)	0,06	0,08	0,57	2

Tablo 4.43’te görüldüğü gibi %0.5 MTGaz ilaveli grup diğer alternatifleri arasında en iyisidir. A grubunu %1 MTGaz içeren B grubu izlemiştir ancak ortaya çıkan fark çok düşük seviyede bulunmuştur. Enzim ilavesiz kontrol grubunun tercih edilebilirliği ise en düşüktür.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Araştırmada, Gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) kıymasından iki farklı oranda MTGaz enzimi (Kontrol, %0.5 ve %1) kullanılarak üretilen ve MA paketlenerek (CO₂/N₂:60/40) buzdolabı koşullarında (2±2°C) 24 gün depolanan köftelerin fiziksel, kimyasal, fizikokimyasal, duyusal, mikrobiyolojik ve reolojik özellikleri ile toplumsal beğeni parametreleri incelenmiştir.

Ürünün son tüketim tarihini (STT) belirleyebilmek için araştırma süresi boyunca gerçekleştirilen rutin ve en temel analizlerin bulguları aynı gün içerisinde ilgili literatürler ve kodeksler baz alınarak değerlendirilmiştir. Buna göre; toplam mezofilik ve psikrofilik aerob bakteri sonuçlarıyla duyusal parametreler bakımından Kontrol grubuna 18 gün, A ve B gruplarına ise 21 gün raf ömrü belirlenerek bu tarihlere son tüketim tarihi (STT) denilmiştir.

Araştırmada kullanılan Gökkuşuğu alabalığının protein içeriği %20.52±0.02, yağ içeriği %7.12±0.00, kül içeriği %1.84±0.02 ve enerji miktarı ise 149.28±0.15 kcal/100g'dır. Üretilen köfteye katkı maddeleri eklenmesi neticesinde taze balığa kıyasla besin bileşimi değişim göstermiştir. Ayrıca besin bileşimi hem depolama süresine hem de MTGaz konsantrasyonuna bağlı olarak değişim göstermekle birlikte, yüksek besleyicilik, kolay sindirilebilirlik ve uygun diyetetik değerler bakımından tüm gruplar uygun kalitede tespit edilmiştir.

MAP tekniğiyle paketlenen köftelerde paket içerisine CO₂ ve N₂ gaz oranı 60:40 olarak uygulanmıştır. Paketlemeden birkaç gün sonra önce azalan ardından artan CO₂ konsantrasyonu, paket içerisinde aerob – anaerob bakteri dengesine bağlı olarak zamanla daha stabil hale gelmiştir. Modifiye atmosfer paketlenen üründe meydana gelen gaz değişimleri diğer pek çok araştırmanın bulguları ile örtüşmektedir.

Araştırmanın başından sonuna kadar geçen sürede tüm gruplarda görülen su kaybının MTGaz enzimi kullanılan gruplarda önemli ölçüde daha az olduğu ve enzim konsantrasyonu arttıkça su kaybının da azaldığı tespit edilmiştir.

Enzim kullanımının depolama süresince pişirme kaybına doğrudan etkili olduğu ve enzim konsantrasyonu arttıkça pişirme kaybının da azaldığı tespit edilmiştir. Oluşturulan su kaybı

– pişirme regresyon eğrisinde en yüksek korelasyonun enzim kullanılmayan Kontrol grubunda ($r = 0.99$) olduğu ortaya çıkmıştır.

Taze balığa eklenen katkılarla üretilen köftelerin hem 0. günde hem de STT günlerinde Σ SFA, Σ MUFA ve Σ PUFA içeriğinde çok önemli bir farklılık gözlenmemiştir. Taze balığın linoleik asit içeriği %14.31 gibi yüksek miktarlarda tespit edilmiş olup, hazırlanan köftelerde ayçiçek yağı ilavesi ile birlikte linoleik asit miktarı bakımından artış tespit edilmiştir. Üretilen köftelerde EPA ve DHA gibi insan sağlığı açısından çok önemli yağ asitleri, ürün içeriğine eklenen malzemeler nedeniyle taze balık etine göre bir miktar düşüş göstermekle birlikte elde edilen ürün halen pek çok besin arasından sıyrarak önemli bir kaynak durumundadır. Köfteye ilave edilen malzemelere rağmen $\omega 6/\omega 3$ içeriğinin STT’nde bile 1.50 civarında tespit edilmesi, ürünün kalp ve beyin sağlığı açısından oldukça değerli bir ürün olduğunun göstergesidir. İnsan vücudu için gerekli olan esansiyel yağ asitleri $\omega 3$, PUFA, α -linolenik asit, $\omega 6$ ve linoleik asittir ve bu bakımdan değerlendirildiğinde, köftelerin $\omega 3$ ve $\omega 6$ açısından oldukça zengin, besleyici ürünler olduğu ve alternatif bir ürün olan MTGaz katkılı köftelerin güvenle tüketilebileceğini söylemek mümkündür.

Taze alabalık etinde en baskın amino asitler glutamik asit> lizin> aspartik asit> lösin> alanin> arjinin> valin> treonin olarak belirlenmiştir. Taze balık etinde belirlenen esansiyel amino asitleri Kontrol grubunun hem üretim hem de son tüketim tarihindeki amino asit sonuçları ile kıyaslamak gerekirse, histidin ve treonin bakımından çok önemli bir farklılık oluşmadığını ($p>0.05$), izölösün, lösin, lizin, metiyonin, arjinin, fenilalanin ve valin miktarı bakımından ise düşüş gerçekleştiğini söylemek mümkündür ($p<0.05$).

Taze balık etinde belirlenen esansiyel amino asitler ve esansiyel olmayan amino asitlerin miktarı köfte içerisine eklenen diğer malzemeler nedeniyle yaklaşık %25 oranında azalmıştır. Enzim kullanılmayan Kontrol grubu ile iki farklı oranda enzim kullanılan köftelerde amino asit kompozisyonu benzer olmuştur. Son tüketim tarihlerinde de amino asit kompozisyonu tüm gruplarda benzer olmuştur. Esansiyel amino asitlerin enzim kullanımına ve depolama süresine göre değişimi oldukça benzer bulunmuştur. Bu da enzim kullanımının esansiyel amino asitler üzerinde çok fazla bir etkisinin bulunmadığını göstermektedir. Tüm enzim ihtiva eden gruplarda maksimum düzeyde bulunan amino asit glutamik asittir ve bu amino asit umami tadının oluşmasından ve lezzetten büyük ölçüde sorumludur. En düşük glutamik asit içeriği Kontrol grubunda saptanmış ve depolama süresinin glutamik asit içeriğinde değişikliğe sebep olmadığı belirlenmiştir. Bununla birlikte literatür incelendiğinde, bazı araştırmacılar MTGaz kullanımı ile glutamik asit içeriğinde düşüş

yaşadığını bildirirken, bazı araştırmacılar ise bunun tam tersi bulgulara ulaştıklarını tespit etmişlerdir. Araştırmamızda ise MTGaz kullanımının glutamik asit seviyesinde artışa neden olduğu ancak enzim konsantrasyonunun önemsiz olduğu bulunmuştur. Genel olarak üretilen köftelerin amino asit kompozisyonu bakımından oldukça besleyici olduğu söylenebilir.

Taze balık eti, makro elementlerden K^+ , Na^+ , Mg^{+2} ve Ca^{+2} 'yi, mikro elementlerden ise Fe^{+2} , Rb^+ , Zn^{+2} ve Al^{+3} 'yi yüksek oranda içermektedir. Tespit edilebilen diğer elementler; Li^+ , Be^{+2} , V^{+5} , Cr^{+6} , Mn^{+4} , Co^{+3} , Ni^{+2} , Ga^{+3} , As^{+3} , Se^{-2} , Sr^{+2} , Cs^+ , Ba^{+2} , Tl^{+3} ve Cu^{+2} 'dir. Mikro elementlerin miktarı, köfte içeriğinde yer alan katkı maddeleri ile birlikte artış göstermiştir. Hem taze balıkta hem de tüm köfte gruplarında ağır metal miktarları Türk Gıda Kodeksi'nde belirlenen sınırlar altında tespit edilmiştir. Bununla birlikte, köfte üretiminde kullanılan tuzdan dolayı Na^{+2} artışı gerçekleşmiştir. Hem balık eti hem de köfteler mineral madde açısından zengin, ağır metaller bakımından da güvenli bulunmuştur.

pH değerleri otolitik enzim faaliyetleri ve mikrobiyolojik olayların etkisi ile dar aralıklarda değişmiştir. Depolama süresi sonunda enzim içeren A ve B gruplarında pH seviyeleri kontrol grubuna göre daha yüksek olmuştur.

Taze balık kıymasında su aktivitesi (a_w) değeri 0.95 ± 0.00 olarak belirlenmiştir. Üretilen alabalık köftelerinin su aktivitelerinde depolama süresi boyunca değişimler görülmekle birlikte dikkate değer değildir. Araştırmamızda, 18. günden itibaren tüm a_w değerleri benzer bulunmuştur.

TVB-N analiz sonuçları değerlendirildiğinde, tüm gruplar 24. gün sonuna kadar tüketilebilirlik sınırları içerisinde kalmıştır. Son tüketim tarihi olan 21. günde en düşük değer %1 enzimli B grubunda, daha sonra da %0.5 enzimli A grubunda tespit edilmiştir. Enzim ilavesinin TVB-N artışı üzerinde baskılayıcı etkisi olduğu ve enzim konsantrasyonu arttıkça bu baskılayıcı etkinin arttığı söylenebilir. Alabalık köftesinde depolama süresine bağlı olarak enzim kullanımının TVB-N artışının engellenmesinde olumlu etki gösterdiği gözlemlenmiştir.

TBARs sonuçları bakımından tüm gruplar 24. gün sonuna kadar tüketilebilirlik sınırları içerisinde kalmıştır. Son tüketim tarihi sonunda dahi tüm gruplar 3 mg/kg olan “çok iyi” sınırları altında kalmıştır. MA paketlemenin TBARs üzerinde olumlu etkileri bilinmektedir.

Bununla birlikte enzim kullanılan gruplarda TBARs miktarı daha düşük seyretmiştir ancak enzim konsantrasyonu artışına bağlı herhangi bir değişim olmadığını söylemek mümkündür.

Mikrobiyolojik analiz sonuçlarını değerlendirmek gerekirse, araştırmada kullanılan taze balıktan elde edilen kıymada TMAB, TMK, *Pseudomonas* spp., BrT, *S. aureus*, TK, TANB, H₂S üreten bakteriler (*S. putrefaciens* dâhil) ve laktik asit bakteri sayıları çok düşük seviyede bulunmuştur. Bunun en büyük sebebi, balıkların doğrudan alabalık çiftliğinden alınıp hasat edilmesi, yoğun buzla nakledilmesi ve toplam 3 saat içerisinde kıyma haline getirilmiş olmasıdır. Köftelerdeki TMAB yükü 7 logkob/g seviyesine ancak 21. günden sonra ulaşmıştır ve bu durum MA paketlemenin aerobik bakterileri inhibe edici etkisi ile yorumlanabilir. Köftelerin toplam mezofil aerob bakteri sayıları Kontrol, A ve B gruplarında sırasıyla; 18, 21 ve 24. günlerde 6 logkob/g limit değerini aşmıştır. MTGaz enziminin TMAB üzerinde inhibe edici etkisinin olduğu, enzim konsantrasyonunun artışının da daha düşük TMAB yüküne neden olduğu söylenebilir.

TMK yükü 24. günde 6 logkob/g’u aşmış olup. MTGaz enziminin toplam maya küf yükü üzerinde etkili olduğu, yüksek konsantrasyonda MTGaz kullanımının ise TMK yükünü inhibe etmede daha etkin olduğunu söylemek mümkündür.

Toplam psikrofil bakteri yükünde 24. günde 6 logkob/g’u aşmıştır. Her 3 grup da STT’lerinde 6 ila 7 logkob/g aralığında bulunmuştur. MTGaz enziminin TPAB yükünü azalttığı ve enzim konsantrasyonu artışının inhibisyon etkisini kuvvetlendirdiği gözlenmiştir.

H₂S üreten bakteri yükü, 24. gün sonunda 5.35 logkob/g’a ulaşmış olup, 12. güne kadar enzim kullanımının etkisi önemli olmuştur.

Pseudomonas spp. yükü bakımından depolama süresi sonuna kadar tüm gruplar limit sınırlar içerisinde kalmıştır. *Pseudomonas* spp. gelişimi üzerinde enzim kullanımının herhangi bir etkisi görülmemiştir.

Fakültatif anaerob bir tür olan *Brochothrix thermosphacta*, modifiye atmosfer paketli su ürünlerinde gözlenen bozulma bakterilerinden biridir. 24 günlük depolama süresi sonunda en yüksek 4.91 logkob/g olarak tespit edilen BrT yükünde enzim ilavesinin önemli bir etkisi olmamıştır. Bununla birlikte, tüm gruplarda son tüketim tarihlerinde dahi sınır değere (6 logkob/g) ulaşmamış olması MA paketlemenin olumlu etkisini göstermektedir.

Taze alabalığın LAB sayısı <1 logkob/g olarak bulunmuştur. 24. günde köftelerdeki en düşük LAB sayısı yüksek MTGaz ilaveli grupta (B Grubu) tespit edilmiştir. Genel olarak enzim ilaveli her iki grupta da bakteri yükü daha düşük bulunmuştur ve inhibisyon etkisi bakımından her iki grubun da benzer olduğunu söyleyebiliriz.

Taze alabalıktaki *S. aureus* yükü köfte yapıldıktan sonra artış göstermiştir. MTGaz enzimi ilavesinin *S. aureus* yükü üzerindeki etkisi 12. güne kadar dikkat çekici olmuştur.

Taze alabalık etinde toplam koliform bakteri yükü tespit edilebilir sınır değerin altında bulunmuştur. Köfte eldesinden sonra ise TK bakteri yükü artmıştır. Araştırmada toplam koliform üzerine MTGaz enziminin etkisi depolamanın ilk yarısına kadar nispeten daha bariz olmuştur.

Araştırmada, toplam anaerob bakteri (TANB) grubunda *Clostridium* türleri incelenmiştir. Taze balıkta TANB sayısı düşük (<1 logkob/g) bulunmuştur. Daha yüksek oranda MTGaz kullanılan B grubunda 21. güne kadar TANB sayısı tespit edilebilir değerin altında kalmıştır (1 logkob/g). Enzim kullanımının etkisi 12. günden sonra ortaya çıkmış olup, yüksek konsantrasyonda enzim kullanımı ise daha inhibe edici özellikte bulunmuştur.

Renk değişimleri bakımından L^* değerleri her üç grupta da depolama süresi boyunca küçük değişimler göstermiştir. Depolamanın 21. ile 24. günü (son günü) arasında her üç grupta benzer olarak gözlenen L^* değerindeki hızlı düşüşün aynı periyottaki pH yükselişine bağlı alkali hale gelen yüzey ile bağıntılı olduğu bazı araştırmacılar tarafından da bildirilmiştir. Bununla birlikte depolama süresi sonunda her üç grup da benzer tespit edilmiştir. Özellikle kırmızı renkli malzemelerin ilaveleri ile birlikte köftelerin a^* değeri tüm gruplarda önemli düzeyde artmış, ardından depolama süresi boyunca tüm gruplarda azalmıştır. Gıdalarda sarı rengi ifade eden b^* değeri köfte içindeki katkıları nedeniyle önemli ölçüde artmıştır ancak depolama süresi ilerledikçe düşüş göstermiştir. MTGaz enzimi kullanımının renk parametreleri üzerinde önemli bir etkisi olmamıştır. Ancak bazı araştırmacılar tarafından bildirilmektedir ki, MTGaz enziminin renk üzerindeki etkisi önemli ölçüde kullanılacak olan yüksek tuz konsantrasyonlarına bağlıdır ve sodyum diyetine uygun olarak üretilen ürünlerdeki renk değişimleri zamana bağlı olarak ya düşük düzeyde gerçekleşmekte ya da fark oluşmamaktadır. Zira MTGaz enziminin çalışma prensibinde tuz önemli bir ajan olarak görev almaktadır ve tuz miktarındaki artış enzimsel faaliyetlerin de artışını sağlamaktadır.

Dolayısıyla tuz miktarının artışı ile ürün dokusunda meydana gelen değişikliklerden kaynaklı renk parametrelerinde farklılıklar meydana gelebilmektedir.

MTGaz enzimi kullanımının tekstür üzerindeki olumlu etkileri daha önce pek çok araştırmacı tarafından bildirilmiştir. Araştırmamızda da çiğ üründe TPA bulguları değerlendirildiğinde, MTGaz enzimi kullanımının sertlik parametresi üzerinde arttırıcı etki gösterdiği ve bu etkinin artan enzim oranı ile artış gösterdiği tespit edilmiştir.

Adezif yapışkanlık (mJ) bakımından en yüksek değerlerin enzim kullanılmayan Kontrol grubunda görüldüğünü ve depolama süresi boyunca düzgün bir artış gösterdiğini söylemek mümkündür. Bununla birlikte enzim kullanılan A ve B gruplarının adezif yapışkanlık değerlerinin birbirine benzer olduğu ve depolama süresi boyunca neredeyse sifıra yakın olduğu görülmüştür. Bunun nedeni ise Kontrol grubunda görülen ve duyuşal olarak istenmeyen yüzey yapışkanlığının enzim ihtiva eden köftelerde tekstürel özelliklerin korunmasıdır.

En düşük esneme direnci (Resilience) enzim kullanılmayan grupta belirlenmiş ve zamana bağılı olarak değişim göstermemiştir. Enzim kullanımının esneme direncini artırdığı, yüksek enzim kullanımının ise esneme direnci üzerinde daha etkili olduğu saptanmıştır.

Çiğ köftelerin elastikiyeti (mm) (Springiness) incelendiğinde, başlangıçta yüksek oranda (%1) enzim ilaveli köfte diğerlerine göre daha elastik bir yapıdayken, ilerleyen zamanlarda elastikiyette azalma tespit edilmiştir.

Kohezif yapışkanlık (Cohesiveness) değerleri %1 enzimli çiğ köftelerde önemli bir değişime uğramamıştır. Bununla birlikte, depolama süresi sonunda Kontrol ve A (%0.5 MTGaz) gruplarında kohezif yapışkanlık bakımından hafif bir düşüş gözlenmiştir.

Gamsılık (N) (Gumminess) bakımından çiğ alabalık köfteleri incelendiğinde, MTGaz enzimi kullanımının gamsılık özelliğini artırıcı etkiye sahip olduğu, ancak yüksek oranda enzim kullanımının etkili olmadığı belirlenmiştir.

Çiğnenebilirlik (N.mm) (Chewiness) sonuçları bakımından depolama süresi sonunda tüm gruplar birbirinden farklı (B>A>Kontrol) bulunmuştur. Yüksek enzimli grupta özellikle 12. günden sonra sertlik ve elastikiyet değerlerindeki azalış çiğnenebilirliği etkilemiştir. Özellikle depolamanın ilk günlerinde enzim kullanılan grupların çiğnenebilirlik değerlerinin

arttığı ve enzim konsantrasyonu arttıkça çiğnenebilirlik değerinin de yükseldiğini söylemek mümkündür.

Pişmiş alabalık köftelerindeki sertlik (Hardness) (N) Kontrol grubunda depolama süresince azalmıştır. Bunun nedeninin ise (enzim kullanılmayan bu grupta) daha fazla gerçekleşen su kaybından dolayı olduğu düşünülmektedir. Pek çok araştırmacı su ve pişirme kaybının sertlikte azalma meydana getirdiğini bildirmişlerdir. Artan enzim konsantrasyonunun da yüksek oranda sertlik sağladığı görülmektedir.

Pişmiş üründe adezif yapışkanlık (mJ) sadece enzim kullanılmayan Kontrol grubunda tespit edilebilmiştir. Bu da enzim kullanımının tekstürü olumlu yönde etkilediğini göstermektedir. TPA analizinde ilk sıkıştırmanın ardından ürünün eski haline dönme çabasına olan direncini (tekstürel iç direnç) belirleyen esneme direnci (Resilience) pişmiş üründe her üç grupta da benzer bulunmuştur. MTGaz enziminin pişmiş ürünlerdeki etkisinin çiğ ürünlerde olduğu kadar belirgin olmadığı anlaşılmıştır.

Elastikiyet (mm) (Springiness) bakımından enzim kullanılan grupların daha elastik olduğu ve konsantrasyona bağlı olarak elastikiyetin arttığı söylenebilir.

Pişmiş ürüne ait kohezif yapışkanlık (Cohesiveness) değerleri enzimli gruplarda daha yüksek bulunmuştur, ancak enzim konsantrasyonunun fark yaratmadığı görülmüştür.

Gamsılık (N) (Gumminess) değerleri araştırmanın başında en düşük Kontrol grubunda, en yüksek B grubunda tespit edilmiştir. Enzim içeren her iki gruptaki köftelerde zamana göre artan gamsılık değerleri, enzim içermeyen Kontrol grubunda ise daha düşük olmuştur. STT'lerinde de en yüksek gamsılık değeri yüksek oranda enzim kullanılan köftelerde görülmüştür. Enzim ilavesinin gamsılık değerlerini arttırdığı ve bu artışın artan enzim oranı ile doğrusal olarak etkilendiği belirlenmiştir.

Gamsılık değerlerinde olduğu gibi çiğnenebilirlik (N.mm) (Chewiness) değerleri de çalışmanın başından STT'lerine kadar B grubunda (%1 MTGaz) daha yüksek olmuş ve B grubunu A grubu (%0.5 MTGaz) takip etmiştir. Enzim kullanımının artışıyla çiğnenebilirlik değeri de artmıştır.

Balık eti filetosunda tespit edilen kesme kuvveti, kıyma haline getirilip köfte formu verilen her üç grupta da oldukça düşük bulunmuştur. Kesme kuvveti değerleri depolama süresince

özellikle enzimli gruplarda önemli düzeyde artmıştır. Bunun nedeni ise enzim ilavesinin tekstürel yapıyı daha sıkı ve sert bir hale getirmesidir.

En yüksek kesme işi (N.s) (Work of Shear) değeri taze balık filetosunda tespit edilmiştir. Köfte haline getirilen ürünlerde ise kesme işi en yüksek B grubunda (%1 MTGaz) belirlenmiş ve bunu A grubu (%0.5 MTGaz) takip etmiştir. Yani enzim ilavesinin kesme işini arttırdığını ve enzim konsantrasyonu arttıkça kesme işi için de gereken kuvvetin arttığını söylemek mümkündür.

Pişmiş alabalık köftelerinde WBS kesme kuvveti (N) başlangıçta üç grupta da benzer tespit edilmiştir. Bunun nedeni ise pişirme işlemi esnasında su kaybı ve sıcaklık etkisiyle dokunun sıkılaşmasıdır. Bununla birlikte enzim aktivitesinin de etkisiyle 3. günden itibaren enzim ilaveli gruplarda kesme kuvveti artışı göze çarpmaktadır. En yüksek kesme kuvveti değerleri B grubunda tespit edilmiştir ve bunu A grubu takip etmiştir. Enzim ilavesinin pişmiş köfterde WBS kesme kuvvetini arttırdığını ve enzim konsantrasyonu artışıyla WBS kesme kuvvetinin de arttığı söylenebilir.

Pişmiş köftelerde kesme işi (N.s) (Work of Shear) değerleri incelendiğinde de başlangıçta tüm gruplardaki sonuçlar benzer bulunmuştur. Kesme işinin zamana bağlı değişiminde, enzim ilavesinin kesme işi değerlerini arttırdığını, artan konsantrasyonun ise önemli bir fark oluşturmadığını söylemek mümkündür.

Çiğ köftelerde yapılan duyuşsal analizler görünüş, koku ve tekstür kriterleri açısından değerlendirildiğinde, enzim ilavesiz Kontrol grubu değerleri 12. günden sonra, enzim ilaveli A ve B grubu değerleri ise 18. günden sonra kabul edilebilir değer olan “3” ün altına düşmüştür. Enzim ilavesinin çiğ köftelerin duyuşsal özellikleri üzerinde olumlu etkisinin olduğu ve artan enzim konsantrasyonunun da bu etkiyi artırdığını söylemek mümkündür.

Pişmiş köftelerin duyuşsal analizleri koku, lezzet, tekstür ve genel değerlendirme puanları bakımından birlikte değerlendirildiğinde, pişirmenin etkisi ile kokunun daha cazip hale geldiği, MTGaz ilaveli A ve B gruplarının 21. ve 24. günde kabul edilebilir lezzet ve koku puanlarına sahip olduğu, daha yüksek oranda MTGaz içeren B grubunun lezzet, koku, tekstür ve genel değerlendirme puanının, depolamanın 24. gününde dahi limit değerinin altına düşmediği ve artan oranda MA paketlenme ile birlikte MTGaz kullanımının köftelerin duyuşsal yapısını pozitif etkilediği belirlenmiştir.

Taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüleri incelendiğinde, MTGaz enzimi ihtiva eden A ve B gruplarında Kontrol grubuna göre proteinlerin jel oluşturma kapasitesinin artış gösterdiği ve bağ dokularda artışa neden olduğu görülmektedir. MTGaz konsantrasyonunun artışı ile çapraz bağ doku ve jel ağ yapı formunun belirgin bir şekilde arttığı da bulgular arasındadır. Kontrol, A ve B gruplarının 0. gün ile STT'deki görüntüleri karşılaştırıldığında, depolama süresine bağlı olarak gruplarda önemli bir değişim gözlenmemiştir. Bir başka ifadeyle, bağ doku ve jel ağ yapısı depolama süresi boyunca korunarak herhangi bir kayıp belirlenmemiştir.

Millî Eğitim Bakanlığı'na bağlı bir eğitim kurumunda yapılan anket ile okul çağındaki 83 katılımcı ile çeşitli mesleklerden 50 katılımcı A (%0.5 MTGaz ilaveli) grubu köftenin (TOPSİS analizi sonuçlarına göre A grubunun beğeni puanı dikkate alınarak) lezzetini test etmiştir. Buna göre, çocukların yaklaşık %80'i ve yetişkinlerin %66'sı ürünün lezzetini çok beğenmiştir ve yeniden tüketmek istediklerini belirtmişlerdir.

Yapılan değerlendirmede çocukların ürünü yetişkinlerden daha fazla beğendiği ortaya çıkmıştır. Köftelerin hamburger ekmeği içinde ve hamburger görünümünde sunulmasının da çocuklarda etkili olduğu düşünülebilir. Çocukların balık yerken kılçık temizleme zorluğu ya da balık kokusuna hassasiyet gibi nedenlerle balık tüketimine karşı olan ön yargıları azaltmak bu tür ürünlerle mümkün görünmektedir.

Tüketime yönelik ürünlerde ürün kalitesinin belirlenmesinde duyu analizlerle birlikte, gıda güvenliği açısından hem mikrobiyolojik hem de kalite analizleri ön plana çıkmaktadır. Çalışmamızda elde edilen köftelerin çeşitli kriterleri (duyu analiz sonuçları, toplam psikrofil aerob bakteri sayıları ve TVB-N miktarları) göz önünde tutularak yapılan değerlendirmede öncelikle %0.5 MTGaz kullanılan köfteler tercih edilmiştir. Bunu %1 MTGaz kullanılan köfteler izlemiş ve kontrol grubundaki köfteler en az tercih edilebilir olmuştur.

Bu araştırma ile MTGaz enzimi ve MA paketleme teknolojisi ile fiziksel özellikleri geliştirilmiş, lezzetli, sağlıklı ve daha uzun raf ömrüne sahip, aç / pişir ürün sektörüne alternatif bir ürün kazandırılmıştır. Bu ürünün raf ömrü ön pişirme yapılarak artırılabilceği gibi, yine dondurularak hali hazırda satışı yapılan et/tavuk köftelere/burgerlere alternatif bir ürün olarak geliştirilebilir. MTGaz aktivasyonunun büyük ölçüde sodyuma bağlı olduğu düşünüldüğünde, sodyum diyetine uygun (düşük tuzlu) ürünlerdeki etkisinin incelenmesi ve

ayrıca SDS-PAGE (Sodyum Dodesil Sülfat – Poliakrilamid Jel Elektroforez) analizi ile farklı oranlarda MTGaz kullanımının miyofibriler proteinlerde ve ağır miyozin zincirlerinde meydana getirdiği değişimlerin ve molekül ağırlıklarının ortaya koyulması önerilerimiz arasındandır. Araştırma kapsamında Karadeniz’de yetiştiriciliği yapılan büyük boy alabalıkların kullanılması ile önümüzdeki yıllarda yetiştiriciliği ve ihracatı yapılan bu türün değerlendirilebileceği yeni bir işlenmiş ürün pazarı oluşturulmasının mümkün olabileceği düşünülmektedir.

Bu çalışma ile elde edilen ürün için patent başvurusunda bulunulmuş olup, özellikle son yıllarda artan büyük alabalık üretimi ile elde edilen hammaddenin yeni bir ürüne dönüştürülerek katma değer sağlaması kaçınılmazdır. Ayrıca balığı çok fazla tüketmeyen çocuk ve genç gruba hitap edecek bir ürün ile su ürünleri tüketim miktarının artışına katkı sağlayacağı da öngörülmektedir.

KAYNAKÇA

- Abd-Rabo F. H. R., El-Dieb S. M., Abd-El-Fattah A. M., Sakr S. S. 2010. Natural state changes of cows' and buffaloes' milk proteins induced by microbial transglutaminase. *J. Am. Sci.*, 6 (9): 612–620.
- Ahhmed, A. M., Kuroda, R., Kawahara, S., Ohta, K., Nakade, K., Aoki, T., Muguruma, M. 2007. Dependence of microbial transglutaminase on meat type in myofibrillar proteins cross-linking. *Food Chemistry*, 112 (2): 354-361.
- Aksun, E. T. 2016. Emülsifiye su ürünleri. *Turkish Journal of Maritime and Marine Sciences*, 2 (2): 94-103.
- Alak, G., Aras Hisar, Ş., Hisar, O., Kaban, G., Kaya, M. 2010. Microbiological and chemical properties of bonito fish (*Sarda sarda*) fillets packaged with chitosan film, modified atmosphere and vacuum. *Kafkas Univ Vet Fak Derg.*, 16: 73-80.
- Al-Hassan, A. A., Norziah, M. H. 2017. Effect of transglutaminase induced crosslinking on the properties of starch/gelatin films. *Food Packaging and Shelf Life*, 13: 15-19.
- Allen, C. D., Russell, S. M., Fletcher, D. L. 1997. The relationship of broiler breast meat color and pH to shelf-life and odor development. *Poultry Science*, 76 (7): 1042-1046.
- Alp, H. 2006. Yağsız süt tozu ve soya ürünleri ile zenginleştirilmiş kek özelliklerine transglutaminaz enziminin etkisi üzerine bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 76 s.
- Ando, H., Adachi, M., Umeda, K., Matsuura, A., Nonaka, M., Uchio, R., Tanaka, H., Motoki, M. 1989a. Purification and characteristics of a novel transglutaminase derived from microorganisms. *Agric Biol Chem.*, 53: 2613–2617
- Ando, Y., Imamura, S., Owada, M. K., Kakunaga, T., Kannagi, R. 1989b. Cross-linking of lipocortin I and enhancement of its Ca²⁺ sensitivity by tissue transglutaminase. *Biochem Biophys Res Commun.*, 163 (2): 944–951.
- Andres-Bello, A., Garcia-Segovia, P., Ramirez, J. A., Martinez-Monzo, J. 2011. Production of cold-setting restructured fish products from gilthead sea bream (*Sparus aurata*) using microbial transglutaminase and regular and low-salt level. *Journal of Food*, 9 (2): 121-125.
- Anonim, 1994. Environmental Protection Agency (EPA). “EPA. Method 200.8, Revision 5.4: Determination of Trace Elements in Waters and Wastes by Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry”. <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015->

- 08/documents/method_200-8_rev_5-4_1994.pdf United States of America (USA).
Erişim tarihi: 12.01.2018.
- Anonim, 1998a. Environmental Protection Agency (EPA). “EPA Method 6020A (SW 846). Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry, Revision 1”. <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-07/documents/epa-6020a.pdf> United States of America (USA). Erişim tarihi: 08.07.2018.
- Anonim, 1998b. Amino acid analyzer LC 3000 operation manual (AAAOM) sample preparation for physiological fluids (Tissue Extract). In: Manual version 4.1. of Eppendorf Biotronik Co., pp 65-81. Erişim tarihi: 02.08.2018.
- Anonim, 2002. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2002/09/20020923.htm#5> Erişim tarihi: 01.06.2020.
- Anonim, 2008. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2008/05/20080517-7.htm> Erişim tarihi: 01.06.2020.
- Anonim, 2015. Türkiye’ye Özgü Besin ve Beslenme Rehberi (TOBR). Hacettepe Üniversitesi: Ankara. http://www.bdb.hacettepe.edu.tr/TOBR_kitap.pdf Erişim tarihi: 17.10.2018.
- Anonim, 2018a. <https://nfcgida.com/enzimler> Erişim tarihi: 29.10.2018.
- Anonim, 2018b. Brookfield CT3 texture analyser operating instructions. Manual no: M08-372-F1116. Ametek Instrumentation & Specialty Controls Division, MA, USA. <https://www.brookfieldengineering.com/-/media/ametekbrookfield/manuals/texture/ct3%20manual%20m08-372-f1116.pdf?la=enp64> Erişim tarihi: 27.12.2018.
- Anonim, 2019a. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2011/12/20111229M3-8-1.pdf>. Erişim tarihi: 27.03.2020.
- Anonim, 2019b. Tarım ve Orman Bakanlığı Su Ürünleri İstatistikleri, Ankara, Türkiye. <https://www.tarimorman.gov.tr/sgb/Belgeler/SagMenuVeriler/BSGM.pdf> Erişim tarihi: 03.05.2019.
- Anonim, 2020a. <https://www.aa.com.tr/tr/saglik/turkiyede-obez-bireylerin-orani-gecen-yil-yuzde-21-1-olarak-belirlendi/1865326> Erişim tarihi: 30.12.2020.
- Anonim, 2020b. <http://www.luontoportti.com/suomi/en/kalat/rainbow-trout> Erişim tarihi: 30.05.2020.
- Anonim, 2020c. <https://www.fishbase.se/summary/Oncorhynchus-mykiss.html> Erişim tarihi: 31.05.2020.

- Anonim, 2020d. <https://www.bilimvetekno.com/enzimlerin-endustriyel-kullanim-alanlari/>
Erişim tarihi: 18.11.2020.
- Anonim, 2020e. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/02/20170224-10.htm> Erişim tarihi: 30.12.2020.
- Anonim, 2020f. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv%3AOJ.L_.2008.354.01.0007.01.ENG&toc=OJ%3AL%3A2008%3A354%3ATOC Erişim tarihi: 30.12.2020.
- Anonim, 2020g. https://ec.europa.eu/food/sites/food/files/safety/docs/fs_food-improvement-agents_enzymes_register.pdf Erişim tarihi: 30.12.2020.
- Anonim, 2020h. <https://wayback.archive-it.org/7993/20170607004513/https://www.fda.gov/downloads/Food/IngredientsPackagingLabeling/GRAS/NoticeInventory/UCM267031.pdf> Erişim tarihi: 30.12.2020.
- Anonim, 2020ı. http://www.fao.org/tempref/codex/Meetings/CCFA/ccfa44/fa44_inf3e.pdf
Erişim tarihi: 30.12.2020.
- Anonim, 2020i. <http://www.fao.org/3/y0820e/y0820e0e.htm#bm14> Erişim tarihi: 30.12.2020.
- Anonim, 2020j. <https://www.transglutaminase.com/celiac-disease-tg/what-is-relationship-between-celiac-disease-and-ttg-and-mtg> Erişim tarihi: 30.12.2020.
- Anonim, 2020k. https://www.transglutaminase.com/sites/default/files/2016-03/Gorny%20Law%20Labeling%20of%20TG%20in%20final%20product%2014%20May%202014_en.pdf Erişim tarihi: 30.12.2020.
- Anonim, 2020l. https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/39252/WHO_TRS_776.pdf?sequence=1&isAllowed=y Erişim tarihi: 01.06.2020. Erişim tarihi: 30.12.2020.
- AOAC, 1995. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD, USA.
- AOAC, 2000. Official Methods of Analysis (17th Ed.). Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD, USA.
- AOAC, 2005. Official Methods of Analysis (18th Ed.). Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD, USA.
- Aran, N. 2012. Gıda Biyoteknolojisi (2. Baskı). Nobel Yayın, Ankara, 512 s.
- Arashisar, Ş., Hisar, O., Kayab, M., Yanik, T. 2004. Effects of modified atmosphere and vacuum packaging on microbiological and chemical properties of rainbow trout

- (*Oncorhynchus mykiss*) filets. International Journal of Food Microbiology, 97 (2): 209–214.
- Aref, S., Morsy, N., Habiba, R. A., Zayat, F. M. 2018. Effect of transglutaminase enzyme, chitosan and rosemary extract on some quality characteristics of ready to eat fish fingers made from catfish (*Clarias gariepinus*) during frozen storage. EC Nutrition, 13 (2018): 716-731.
- Arkoudelos, J., Stamatis, N., Samaras, F. 2007. Quality attributes of farmed eel (*Anguilla anguilla*) stored under air, vacuum and modified atmosphere packaging at 0°C. Food Microbiology, 24 (2007): 728–735.
- Arvanitoyannis, I. S., Bouletis, A. 2012. Materials (films), gases and machinery techniques for MAP. In Modified atmosphere and active packaging technologies. Arvanitoyannis, I. (Ed.). CRC Press. pp. 9-55.
- Ashie, I. N., Lanier, T. C. 2000. Transglutaminases in seafood processing in seafood enzymes. In: N.F. Haard and B.K. Simpson (Editors). Seafood Enzymes: Utilization and Influence on Postharvest Seafood Quality, Marcel Dekker Inc., New York, pp. 147–166.
- Aşkın, O. O. 2007. Tuz oranı düşürülmüş hindi döneri üretiminde transglutaminaz enziminin kullanım imkânlarının araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 53 s.
- Ayas, D. 2006. Gökkuşığı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*), hamsi (*Engraulis encrasicolus*) ve sardalya (*Sardina pilchardus*)'nın sıcak tütsülenmesi sonrasındaki kimyasal kompozisyon oranlarındaki değişimleri. Su Ürünleri Dergisi, 23(3): 343-346.
- Aydın, M., Karadurmuş, U. 2012. Consumer behaviours for seafood in Ordu province. Yunus Research Bulletin, 2012 (3), 18-23.
- Aydın, M., Karadurmuş, U. 2013. Trabzon ve Giresun bölgesindeki su ürünleri tüketim alışkanlıkları. Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi, 3 (9): 57-71.
- Babaoğlu, K., Hatun, Ş. 2002. Çocukluk çağında obezite. STED, 11 (5): 169-171.
- Baki, B., Kaya, D., Öztürk, R. 2013. Gökkuşığı alabalığında (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum, 1792) süreli açlığın biyokimyasal kompozisyonuna etkisi. Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi, 6 (1): 49-53.
- Barazi, A. Ö., Erkmen, O. 2011. Modifiye atmosfer yöntemleriyle gıdaların korunması. (Editör: O. Erkmen), Gıda Mikrobiyolojisi, Efil Yayınevi, Ankara, 261-282.
- Başaran, P., Başaran-Akgül, N., Rasco, B. A. 2010. Dielectric properties of chicken and fish muscle treated with microbial transglutaminase. Food chemistry, 120 (2): 361-370.

- Baygar, T., Erkan N., Mol, S., Özden, Ö., Üçok, D., Yıldırım, Y. 2008. Determination of the shelf-life of trout (*Oncorhynchus mykiss*) raw meatball that packed under modified atmosphere. Pakistan Journal of Nutrition, 7 (3): 412-417.
- Benjakul, S., Chantarasuwan, C., Visessanguan, W. 2003. Effect of medium temperature setting on gelling characteristics of surimi from some tropical fish. Food Chemistry, 82 (4): 567-574.
- Benjakul, S., Phatcharat, S., Tammatinna, A., Visessanguan, W., Kishimura, H. 2008. Improvement of gelling properties of lizardfish mince as influenced by microbial transglutaminase and fish freshness. Journal of Food Science, 73 (6): S239-S246.
- Berik, N., Çankırılıgil, C., Kahraman, D. 2011. Alabalık (*Oncorhynchus mykiss*) filetosundan kroket yapımı ve kalite niteliklerinin belirlenmesi. Kafkas Univ Vet Fak Derg., 17 (5): 735-740.
- Bilgin, Ş., Ertan, Ö. O., Günlü, A. 2007. Farklı tuzlama tekniklerinin (*Salmo trutta macrostigma* Dumeril, 1858)'nın kimyasal bileşimine etkileri. E.Ü Su Ürünleri Dergisi, 24 (3-4): 225-232.
- Binod, P., Palkhiwala, P., Gaikawai, R., Nampoothiri, K. M., Duggal, A., Dey, K., Pandey, A. 2013. Industrial Enzymes – Present status and future perspectives for India. Journal of Scientific and Industrial Research, 72: 271-286.
- Bird, J. N., Savage, G. P. 1990. Carotenoid pigmentation in aquaculture. Proceedings of the nutrition society of New Zealand, 15: 45-56.
- Blakistone, B. A. 1998. Introduction. In: B. A (Editor), Principles and Applications of Modified Atmosphere Packaging of Foods, Springer Science+ Business Media, New York, pp. 1-14.
- Blaufuss, P. C., Bledsoe, J. W., Gaylord, T. G., Sealey, W. M., Overturf, K. E., Powell, M. S. 2020. Selection on a plant – based diet reveals changes in oral tolerance, microbiota and growth in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) when fed a high soy diet. Aquaculture, 525 (2020): 735287
- Bratzler, L. J. 1932. Measuring the tenderness of meat by means of a mechanical shear. M. S. Thesis. Kansas State University, Manhattan. In: Wheeler, T. L., S. D. Shackelford, L. P. Johnson, M. F. Miller, R. K. Miller and Koohmaraie, M. 1997. A comparison of Warner- Bratzler shear force assessment within and among institutions. Journal of Animal Science 75: 2423-2432.
- Bratzler, L. J. 1949. Determining the tenderness of meat by use of the Warner-Bratzler method. Proc. Recip. Meat Conf. 2:117-121. In: Wheeler, T. L., S. D. Shackelford,

- L. P. Johnson, M. F. Miller, R. K. Miller and Koohmaraie, M. 1997. A comparison of Warner-Bratzler Shear Force assessment within and among institutions. *Journal of Animal Science* 75: 2423-2432.
- Bratzler, L. J. 1954. Using the Warner-Bratzler Shear. *Proc. Recip. Meat Conf.* 7:154- 160.
- In: Wheeler, T. L., S. D. Shackelford, L. P. Johnson, M. F. Miller, R. K. Miller and Koohmaraie, M. 1997. A comparison of Warner- Bratzler shear force assessment within and among institutions. *Journal of Animal Science* 75: 2423- 2432.
- Brown, V. I., Lowbury, E. J. L. 1965. Use of improved cetrinide agar medium ad other culture methods for *Pseudomonas aureginosa*. *Journal of Clinical Pathology*, 18: 752-756.
- Brumbaugh, W. G., Kane, D. A. 1985. Variability of aluminum concentrations in organs and whole bodies of smallmouth bass (*Micropterus dolomieu*). *Environmental Science & Technology*, 19 (9): 828-831.
- Büyüknisan, O. 2008. Adana ili kentsel alanda tavuk eti tüketim yapısı. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 65 s.
- Can, Ö. P. 2012. Eugenol katkılı aynalı sazan balığı köftelerinin raf ömrünün belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 16 (1): 6-12.
- Cando, D., Borderías, A. J., Moreno, H. M. 2016. Combined effect of aminoacids and microbial transglutaminase on gelation of low salt surimi content under high pressure processing. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 36: 10-17.
- Cardoso, C., Rogerio, M., Nunes, M. L. 2007. Effect of transglutaminase and carrageenan on restructured fish products containing dietary fibres. *International Journal of Food Science and Technology*, 42: 1257–1264.
- Cardoso, C. M., Mendes, R., Nunes, M. L. 2009. Instrumental texture and sensory characteristics of cod frankfurter sausages. *International Journal of Food Properties*, 12 (3): 625-643.
- Cardoso, C. L., Mendes, R. O., Saraiva, J. A., Vaz-Pires, P. R., Nunes, M. L. 2010a. Quality characteristics of high pressure – induced hake (*Merluccius capensis*) protein gels with and without MTGase. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 19 (3-4): 193-213.
- Cardoso, C., Mendes, R., Vaz-Pires, P., Nunes, M. L. 2010b. Effect of salt and MTGase on the production of high quality gels from farmed sea bass. *Journal of Food Engineering*, 101 (1): 98-105.

- Cardoso, C., Mendes, R., Vaz-Pires, P., Nunes, M. L. 2011a. Production of high quality gels from sea bass: Effect of MTGase and dietary fibre. *LWT-Food Science and Technology*, 44 (5): 1282-1290.
- Cardoso, C. L., Mendes, R. O., Vaz-Pires, P., Nunes, M. L. 2011b. Effect of MTGase, dietary fiber and UV irradiation upon heat-induced gilthead sea bream (*Sparus aurata*) gels. *Food Science And Technology International*, 17 (2): 155-165.
- Cavenaghi-Altemio, A. D., Hashinokuti, A. Á., Albuquerque, D. M., Fonseca, G. G. 2018. Transglutaminase addition increases quality and acceptance of sausages obtained from mechanically separated meat of hybrid sorubins. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 30 (11): 952-958.
- Chambi, H., Grosso, C. 2006. Edible films produced with gelatin and casein cross-linked with transglutaminase. *Food Research International*, 39 (4): 458-466.
- Chanarat, S., Benjakul, S., H-Kittikun, A. 2012. Comparative study on protein cross-linking and gel enhancing effect of microbial transglutaminase on surimi from different fish. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92 (4): 844–852.
- Chanarat, S., Benjakul, S. 2013. Impact of microbial transglutaminase on gelling properties of Indian mackerel fish protein isolates. *Food Chemistry*, 136 (2): 929-937.
- Chareonthaikij, P., Srilarp, J., Winnavoravej, N., Uan-On, T., Torrico, D. D., Phitchayaphon, C. 2018. Effects of transglutaminase and kappa-carrageenan on the physical and sensory qualities of fish (*Pangasianodon hypophthalmus*) patties. *Current Applied Science and Technology*, 18 (1): 12-23.
- Chatli, M. K., Genica, A. S., Biswas, A. K., Sahoo, J. 2012. Extension of shelf life of fish mince under modified atmosphere packaging at refrigeration temperature ($4\pm 1^{\circ}\text{C}$). *Journal of Veterinary Public Health*, 10 (2): 111-117.
- Chaudhari, N., Pereira, E., Roper, S. D. 2009. Taste receptors for umami: the case for multiple receptors. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 90 (3): 738-742.
- Chomnawang, C., Nantachai, K., Yongswatdigul, J., Thawornchinsombut, S., Tungkawachara, S. 2007. Chemical and biochemical changes of hybrid catfish fillet stored at 4°C and its gel properties. *Food Chem.*, 103: 420–427.
- Choubert, G., Blanc, J. M. 1985. Flesh colour of diploid and triploid Rainbow trout fed canthaxanthin. *Aquaculture*, 47: 299-304.
- Choubert, G., Brisbarre, F., Parfouru, D., Baccaunaud, M. 2008. Argon modified atmosphere packaging for fillets of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed astaxanthin or canthaxanthin. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 17 (2): 117-136.

- Church, N. 1994. Developments in modified-atmosphere packaging and related technologies. *Trends in Food Science & Technology*, 5 (11): 345-352.
- Church, I. J., Parsons, A. L. 1995. Modified atmosphere packaging technology: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 67 (2): 143-152.
- Connell, J. J., 1980. Marinades, In: J. J. Connell (Editor), *Control of Fish Quality*, Torry Research Station, Aberdeen, Scotland, pp. 102-105.
- Çaklı, Ş. 2007. Su Ürünleri İşleme Teknolojisi -1 (Su Ürünleri İşleme Teknolojisinde Temel Konular). Ege Üniversitesi Yayınları No:76. İzmir, 696 s.
- Çaklı, Ş., Kışla, D. 2003. Su ürünlerinde mikrobiyal kökenli bozulmalar ve önleme yöntemleri. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 20 (1-2): 239-245.
- Çaklı, Ş., Taşkaya, L., Kışla, D., Çelik, U., Ataman, C. A., Cadun, A., Kılınç, B., Maleki, R. H. 2005. Production and quality of fish fingers from different fish species. *European Food Research Technology*, 220: 526–530.
- Çelik, M., Gökçe, M. A., Başusta, N., Küçükgülmez, A., Taşbozan, O., Tabakoğlu, Ş. S. 2008. Nutritional quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) caught from the Atatürk Dam Lake in Turkey. *Journal of Muscle Foods*, 19 (1): 50-61.
- Çiftçi, G. 2010. Transglutaminaz enzimi ve galeta ununun inci kefalı (*Alburnus tarichi*) balığından yapılmış köftelerin çeşitli özellikleri üzerindeki etkilerinin yanıt yüzeyi yöntemi ile modellenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Van, 81 s.
- Çorapçı, B. 2017. Dondurarak kurutma teknolojisinin alabalık (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum 1792) kıymasına uygulanabilirliği ve kalite özellikleri üzerine etkisinin belirlenmesi. Doktora Tezi, Sinop Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sinop, 145 s.
- Davis, H. K. 1998. Fish and shellfish. In: B. A (Editor), *Principles and Applications of Modified Atmosphere Packaging of Foods*, Springer Science+ Business Media, New York, pp. 194-240.
- De Jong, G. A. H., Koppelman, S. J. 2002. Transglutaminase catalyzed reactions: impact on food applications. *Journal of Food Science*, 67 (8): 2798-2806.
- Demény, M. A., Korponay-Szabó, I, Fésüs, L. 2015. Structure of transglutaminases: unique features serve diverse functions. In: K. Hitomi, S. Kojima and L. Fesus (Editors), *Transglutaminases, Multiple Functional Modifiers and targets for New Drug Discovery*, Springer, Japan, pp. 1–42

- Demirci, M. 2003. Beslenme. Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Rebel Yayıncılık, Tekirdağ, 191 s.
- Demirci, M. 2012. Gıda Kimyası. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, İstanbul, 290 s.
- Del Nobile, M. A., Corbo, M. R., Speranza, B., Sinigaglia, M., Conte, A., Caroprese, M. 2009. Combined effect of MAP and active compounds on fresh blue fish burger. *International Journal of Food Microbiology*, 135 (3): 281-287.
- Del Pulgar, J. S., Gázquez, A., Ruiz-Carrascal, J. 2012. Physico-chemical, textural and structural characteristics of sous-vide cooked pork cheeks as affected by vacuum, cooking temperature, and cooking time. *Meat Science*, 90 (3): 828-835.
- Devlieghere, F., Gil, M. I., Debevere, J. 2002. Modified atmosphere packaging (MAP). *The nutrition handbook for food processors*, pp. 342-370.
- Diaz-López, M., García-Carreño, F. L. 2000. Applications of fish and shellfish enzymes in food and feed products. In N. F. Haard, B. K. Simpson (Editors), *Seafood Enzymes*, Marcel Dekker, New York, pp. 571-618.
- Diler, A., Güner, A., Altun, S., Ekici, S. 2008. Farklı sıcaklık ve hava akım hızında kurutmanın sudak balığı (*Stizostedion lucioperca*) filetolarının kalite niteliklerine etkisi. *Vet. Bil. Derg.*, 24 (1): 77-86.
- Dinçer, T., Çaklı, S. 2010. Textural and sensory properties of fish sausage from rainbow trout. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 19 (3-4): 238-248.
- Dodds, K. L. 1995. Introductions. In: J. M. Farber, K. L. Dodds (Editors), *Principles of modified atmosphere and sous vide product packaging*, Technomic Publishing Company, Pennsylvania, pp. 1-12.
- Drosinos, E. H., Lambropoulou, K., Mitre, E., Nychas, G. J. E. 1997. Attributes of fresh gilt-head sea bream (*Sparus aurata*) fillets treated with potassium sorbate, sodium gluconate and stored under a modified atmosphere at 0±1°C. *Journal of Applied Bacteriology*, 62: 403-412.
- Duangmal, K., Taluengphol, A. 2010. Effect of protein additives, sodium ascorbate, and microbial transglutaminase on the texture and colour of red tilapia surimi gel. *International Journal of Food Science and Technology*, 45 (1): 48-55.
- Dumanoglu, S., Ergül, N. 2010. İMKB’de işlem gören teknoloji şirketlerinin mali performans ölçümü. *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, 48: 101-111.
- Emblem, A. 2000. Predicting packaging characteristics to improve shelf-life. In: D. Kilcast, P. Subramaniam (Editors), *The Stability and Shelf-life of Food*, Woodhead and CRC Press LLC, Cambridge, UK, pp. 145-169.

- Emir Çoban, Ö., Tuna Keleştemur, G. 2011. Farklı oranlardaki sentetik β -karotenin alabalık (*Oncorhynchus mykiss*, W. 1792) filetolarında kas karotenoid stabilitesi ve lipid peroksidasyon düzeyine etkileri. F.Ü. Sağ. Bil. Vet. Derg., 25 (1): 17–21.
- Erdal, G., Esengün, K. 2008. Tokat ilinde balık tüketimini etkileyen faktörlerin logit model ile analizi. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi, 25 (3): 203-209.
- Erdem, N. 2014. Tüketicilerin hazır ve yarı hazır gıdalarda kullanılan gıda katkı maddelerine yönelik görüşlerinin incelenmesi (Konya ili örneği). Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya, 115 s.
- Erdoğan, E. G. 2016. Lise öğrencilerinde beden kütle indeksi durumunun sosyodemografik ve beslenme özellikleri ile ilişkisi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Konya, 62 s.
- Erginkaya, Z., Kabak, B. 2011. Biyoteknolojik işlemlerle elde edilen ürünler. (Editör: O. Erkmen), Gıda Mikrobiyolojisi, Efil Yayınevi, Ankara, s. 449-459.
- Erkan, N., Metin, S., Varlık, C., Baygar, T., Özden, Ö. 2000. Modifiye atmosferle paketlenmenin (MAP) paneli alabalık marinatlarının raf ömrü üzerine etkisi. Turk. J. Vet. Anim. Sci., 24 (2000): 585-591.
- Erkan, N., Özden, Ö., İnuğur, M. 2007. The effects of modified atmosphere and vacuum packaging on quality of chub mackerel. International Journal of Food Science and Technology, 42: 1297-1304.
- Erkan, N., Üretener, G., Alpas, H., Selcuk, A., Özden, Ö., Buzrul, S. 2011. Effect of high hydrostatic pressure (HHP) treatment on physicochemical properties of horse mackerel (*Trachurus trachurus*). Food and Bioprocess Technology, 4 (7): 1322-1329.
- Erkmen, O. 2010. Gıda Mikrobiyolojisi. Efil Yayınevi, Ankara, 552 s.
- Ersoy, B., 2001. Karabalık (*Ctarias gariepinus* Burchell, 1822) ve Sarıbenli (*Barbus luteus* Heckel, 1843) köftelerinin dondurularak muhafazası sürecinde oluşan duyuşal, fiziksel ve kimyasal değişikliklerinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Antakya, 59 s.
- Etyemez, M. 2011. Farklı dozlarda gama ışınlamanın soğukta depolanan (2°C) kurbağa bacaklarının (*Rana esculenta*) duyuşal, kimyasal ve mikrobiyolojik kalitesi üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 66 s.
- Fadıloğlu, S., Erkmen, O. 2004. Gıda sanayinde enzimlerin önemi. Gıda, 29 (5): 393-400.

- Falch, E., Overrien, I., Solberg, C., Slizyte, R. 2010. Nutritional quality-composition and calories. In: L. M. L. Nollet, F. Toldra (Editors), *Seafood and Seafood Product Analysis*, CRC Press, Boca Raton, pp. 257-288.
- Fallah, A. A., Siavash Saei-Dehkordi, S., Nematollahi, A. 2011. Comparative assessment of proximate composition, physicochemical parameters, fatty acid profile and mineral content in farmed and wild rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *International Journal of Food Science & Technology*, 46 (4): 767-773.
- Fang, M., Xiong, S., Hu, Y., Yin, T., You, J. 2019. In vitro pepsin digestion of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) surimi gels after cross-linking by Microbial Transglutaminase (MTGase). *Food Hydrocolloids*, (95): 152-160.
- Farber, J. M. 1991. Microbiological aspects of modified-atmosphere packaging technology-a review. *Journal of Food Protection*, 54 (1): 58-70.
- Ferreira, M. S., Mársico, E. T., Medeiros, R. J., Pombo, C. R., Freitas, M. Q., São Clemente, S. C., Conte Jr., C. A. 2012. Comparison of physicochemical and sensorial characteristics of beef hamburgers elaborated with sodium chloride, polyphosphate and transglutaminase. *Rev. Bras. Med. Vet.*, 34: 52-60.
- Fletcher, G. C., Summers, G., Corrigan, V., Cumarasamy, S., Dufour, J. P. 2002. Spoilage of king salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) fillets stored under different atmospheres. *Journal of Food Science*, 67 (6): 2362-2374.
- Fonseca, S. C., Oliveira, F. A. R., Lino, I. B. M., Brecht, J. K., Chau, K. V. 2000. Modeling O₂ and CO₂ exchange for development of perforation-mediated modified atmosphere packaging. *J. Food Eng.*, 43 (1): 9-15.
- FAO, 2018. Food and Agricultural Organisation / FAOSTAT. Food and agricultural organisation statistics. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO, 2019. Food and Agricultural Organisation. Food safety and nutritional status in the world. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Françoise, L. 2010. Occurrence and role of lactic acid bacteria in seafood products. *Food Microbiology*, 27 (6): 698-709.
- Gambaro, A., Gimenez, A., Burgueño, J. 2001. Sensory and instrumental evaluation of strawberry yogurt color. *Journal of Sensory Studies*, 16 (1): 11-22.
- Gaspar, A. L., Goes-Favoni, S. P. 2015. Action of microbial transglutaminase (MTGase) in the modification of food proteins: a review. *Food Chemistry*, 171 (2015): 315-322.
- Gerrard, J. A. 2002. Protein-protein crosslinking in food: methods, consequences, applications. *Trends in Food Science & Technology*, 13 (12): 391-399.

- Gessesse, A. 1998. Purification and properties of two thermostable alkaline xylanases from an alkaliphilic *Bacillus spp.*, Applied and Environmental Microbiology, 64 (9): 3533-3535.
- Giménez, B., Sánchez-Escalante, A., Torrescano, G., Roncalés, P., Beltrán, J. A. 2002. Different packaging conditions to improve shelf life of filleted gilt-head sea bream (*Sparus aurata*). Journal of Aquatic Food Product Technology, 11 (3-4): 275-286.
- Godfrey, T., West, S. 1996. Introduction to industrial enzymology. In: T. Godfrey and S. West. (Editors), Industrial Enzymology, Macmillan Press, London, UK, pp. 1–8.
- Gómez-Guillén, M. C., Montero, P., Solas, M. T., Pérez-Mateos, 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 (1): 103-110.
- Gonçalves, A. A., Passos M. G. 2010. Restructured fish product from white croaker (*Micropogonias furnieri*) mince using microbial transglutaminase. Braz. Arch. Biol. Technol., 53: 987–995.
- Gonzalez-Fandos, E., Garcia-Linares, M. C., Villarino-Rodriguez, A., Garcia-Arias, M. T., Garcia-Fernandez, M. C. 2004. Evaluation of the microbiological safety and sensory quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) processed by the sous vide method. Food Microbiology, 21 (2): 193-201.
- Goulas, A. E., Kontominas, M. G. 2007. Combined effect of light salting, modified atmosphere packaging and oregano essential oil on the shelf-life of sea bream (*Sparus aurata*): biochemical and sensory attributes. Food Chemistry, 100 (2007): 287–296.
- Gökoğlu, N. 1994. Balık köftesinin soğukta depolanması. Gıda, 19 (3): 217-220.
- Gökoğlu, N. 2002. Su Ürünleri İşleme Teknolojisi. Su Vakfı Yayınları, İstanbul, 157 s.
- Gökoğlu, N., Yerlikaya, P., Cengiz, E. 2004. Effects of cooking methods on the proximate composition and mineral contents of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Food Chemistry, 84 (1): 19-22.
- Gram, L., Dalgaard, P. 2002. Fish spoilage bacteria-problems and solutions. Current Opinion in Biotechnology, 13: 262–266.
- Grossmann, L., Wefers, D., Bunzel, M., Weiss, J., Zeeb, B. 2017. Accessibility of transglutaminase to induce protein crosslinking in gelled food matrices – Influence of network structure. LWT, 75: 271-278.

- Guðjónsdóttir, M., Magnússon, H., Sveinsdóttir, K., Margeirsson, B., Lauzon, H. L., Reynisson, E., Martinsdóttir, E. 2008. Effect of modified atmosphere packaging (MAP) and superchilling on the shelf life of fresh cod (*Gadus morhua*) loins of different degrees of freshness at packaging. Matis Food Research, Innovation & Safety- Report, 1-37 pp.
- Gürel İnanlı, A., Emir Çoban, Ö., Özpolat, E., Dartay, M. 2006. Bıyıklı balıktan (*Barbus esocinus*, Heckel, 1843) yapılan balık kroketlerinin raf ömrünün belirlenmesi. Su Ürünleri Mühendisleri Derneği Dergisi, 25-26 Nisan: 40-44.
- Güven, G., Aysel, İ. 2016. Food footprint in daily life: opinions about the consumption of convenience food. Journal of Theory and Practice in Education, 12 (2): 403-426.
- Halkman, A. K. 2005. Gıda Mikrobiyolojisi ve Uygulamaları. Başak Matbaacılık Ltd. Şti. Ankara, 358 s.
- Han, M., Zhang, Y., Fei, Y., Xu, X., Zhou, G. 2009. Effect of microbial transglutaminase on NMR relaxometry and microstructure of pork myofibrillar protein gel. Eur. Food. Res. Technol. 228: 665–670.
- Hasan, F., Shah, A. A., Hameed, A. 2006. Industrial applications of microbial lipases. Enzyme and Microbial Technology, 39 (2): 235-251.
- Hemung, B. O., Chin, K. B. 2013. Effects of fish sarcoplasmic proteins on the properties of myofibrillar protein gels mediated by microbial transglutaminase. LWT-Food Science and Technology, 53(1): 184-190.
- Hemung, B. O., Chin, K. B. 2014. Evaluation of pH-treated fish sarcoplasmic proteins on rheological properties of fish myofibrillar protein mediated by microbial transglutaminase. International Journal of Food Science & Technology, 49 (10): 2331-2337.
- Herranz, B., Tocar, C. A., Borderias, A. J., Moreno, H. M. 2013. Effect of high-pressure and/or microbial transglutaminase on physicochemical, rheological and microstructural properties of flying fish surimi. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 20: 24–33.
- Hintlian, C. B., Hotchkiss, J. H. 1986. The safety of modified atmosphere packaging: A review. Food Technol., 40: 70-76.
- Hitomi, K., Tatsukawa, H. 2015. Preferred substrate structure of transglutaminases. In K. Hitomi, Kojima, S., Fesus, L. (Editors), Transglutaminases, Multiple Functional Modifiers and Targets for New Drug Discovery. Springer, Tokyo, pp. 63-83.

- Honório, R. F., Costa, M. H. M. C. 2013. Factors associated with obesity in Brazilian children enrolled in the School Health Program: a case-control study. *Nutr. Hosp.*, 30 (3): 526-534.
- Hoseini, S. M., Mirghaed, A. T., Ghelichpour, M., Pagheh, E., Iri, Y., Kor, A. 2020. Effects of dietary tryptophan supplementation and stocking density on growth performance and stress responses in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 519 (2020): 734908.
- Huang, T., Tu, Z. C., Wang, H., Shanguan, X., Zhang, L., Zhang, N. H., Bansal, N. 2017. Pectin and enzyme complex modified fish scales gelatin: Rheological behavior, gel properties and nanostructure. *Carbohydrate Polymers*, 156, 294-302.
- Huang, T., Zhao, H., Fang, Y., Lu, J., Yang, W., Qiao, Z., Zhang, J. 2019. Comparison of gelling properties and flow behaviors of microbial transglutaminase (MTGase) and pectin modified fish gelatin. *Journal of Texture Studies*, 50(5), 400-409.
- Idowu, A. T., Benjakul, S. 2019. Bitterness of fish protein hydrolysate and its debittering prospects. *Journal of Food Biochemistry*, 2019 (43): e12978.
- IUPAC, 1979. Standart Methods for Analysis of Oils, Fats and Derivatives 6th Edition (Fifty Edition Method II.D.19), Pergamon Pres, Oxford.
- İnanlı, A. G., Özpolat, E., Çoban, Ö. E., Karaton, N. 2011. Alabalık keki yapımı ve ürünün duyusal, kimyasal kalitesi. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, 4 (1): 149-153.
- Jiang, S. T., Hsieh, J. F., Ho, M. L., Chung, Y. C. 2000. Combination effects of microbial transglutaminase, reducing agent, and protease inhibitor on the quality of hairtail surimi. *Journal of Food Science*, 65 (2): 241 – 245
- Jiang, S. T., Yin, L. J. 2001. Application of transglutaminase in seafood and meat processing. *Journal of Fisheries Science Taiwan*, 28 (3): 151-162.
- Jiménez-Colmenero, F. 2007. Healthier lipid formulation approaches in eat-based functional foods. Technological options for replacement of meat fats by nonmeat fats. *Trends in Food Science & Technology*, 18 (11): 567-578.
- Kaewudom, P., Benjakul, S., Kijroongrojana, K. 2013. Properties of surimi gelatin influenced by fish gelatin and microbial transglutaminase. *Food Bioscience*, 1: 39-47.
- Kakouri, A., Drosinos, E. H., Nychas, G. J. E. 1997. Storage of Mediterranean fresh fish (*Boops boops* and *Sparus aurata*) under modified atmospheres or vacuum at 3 and 10°C. In J. B. Luten, T. Borresen, J. Oehlenschläger (Editors.), *Seafood from Producer to Consumer, Integrated Approach to Quality* (pp. 171–178). Amsterdam: Elsevier

- Karayannakidis P. D., Zotos A., Petridis D., Taylor K. D. A. 2008. The effect of washing, microbial transglutaminase, salts and starch addition on the functional properties of sardine (*Sardina Pilchardus*) kamaboko gels. Food Science and Technology International, 14: 167–177.
- Karina, S., Setiadi, S. 2020. Influence of transglutaminase enzyme incorporated into protein based edible coating for preservation of spanish mackerel fish (*Scomberomorus commersoni*). In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 722, No. 1, p. 012081 IOP Publishing.)
- Kasapis, S. 2009. Developing minced fish products of improved eating quality: an interplay of instrumental and sensory texture. International Journal of Food Properties, 12: 11–26.
- Kashiwagi, T., Yokoyama, K. I., Ishikawa, K., Ono, K., Ejima, D., Matsui, H., Suzuki, E. I. 2002. Crystal structure of microbial transglutaminase from *Streptoverticillium mobaraense*. J Biol Chem., 277 (46): 44252–44260.
- Kaufmann, A., Köppel, R., Widmer, M. 2012. Determination of microbial transglutaminase in meat and meat products. Food Additives and Contaminants – Part A Chemistry, Analysis, Control, Exposure and Risk Assessment, 29 (9): 1364–1373.
- Kılınç, B., Çaklı, Ş. 2004. Su ürünlerinin modifiye atmosferde paketlenmesi. Su Ürünleri Dergisi, 21 (3).
- Kılınç, B., Çaklı, Ş., Dinçer, T., Tolasa, S. 2009. Microbiological, chemical, sensory, color, and textural changes of rainbow trout fillets treated with sodium acetate, sodium lactate, sodium citrate, and stored at 4°C. Journal of Aquatic Food Product Technology, 18 (1-2): 3-17
- Kılınççeker, O. 2015. Some quality characteristics of fish meatballs manufactured with different vegetable-based flours. The Journal of Food, 40 (2): 1-7.
- Kıran, Ö. E., Çömlekçioğlu, U. 2003. Zeytinli ılıcası (Kahramanmaraş)’ndan termofil alkalifilik amilolitik *bacillus sp.* suşlarının izolasyonu ve amilaz üretme yetenekleri üzerine azot kaynaklarının etkisi. K.S.Ü. Fen ve Mühendislik Dergisi, 6 (2): 41-48.
- Kieliszek, M., Misiewicz, A. 2014. Microbial transglutaminase and its application in the food industry. A review. Folia Microbiol, 59: 241–250.
- Kim, S. K., Jeon, Y. J., Byun, H. G., Kim, Y. T., Lee, C. K. 1997. Enzymatic recovery of cod frame proteins with crude proteinase from tuna pyloric caeca. Fisheries Science, 63: 421-427.

- Kirk, O., Borchert, T. V., Fuglsang, C. C. 2002. Industrial enzyme applications. *Current Opinion in Biotechnology*, 13 (4): 345-351.
- Kimura, B., Kuroda, S., Murakami, M., Fujii, T. 1996. Growth of *Clostridium perfringens* in fish fillets packaged with a controlled carbon dioxide atmosphere at abuse temperatures. *Journal of Food Protection*, 59 (7): 704-710.
- Kocatepe, D. 2010. Farklı modifiye atmosfer koşullarında paketlenen ve buzdolabı sıcaklığında depolanan levrek balığının (*Dicentrarchus labrax*, Linnaeus 1758) fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik yönden incelenmesi. Doktora Tezi, Sinop Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sinop, 165 s.
- Kocatepe, D., Çorapçı, B. 2019. Renk ölçüm yöntemleri ve su ürünleri işleme teknolojisinde kullanımı. In: F. Irmak Yılmaz (Editor), *Academic Studies Agriculture Science*, IVPE Print, Cetinje, Montenegro, pp. 73-93.
- Kocatepe, D., Turan H., Altan C. O., Keskin İ., Ceylan A. 2016. Effect of modified atmosphere packaging on the shelf life of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum 1792) mince. *Food Science and Technology International*, 22 (4): 343-352.
- Korkmaz, Z. 2011. Quark peyniri üretiminde bazı aromatik bitki yağlarının kullanımı üzerine bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Afyon, 105 s.
- Kostaki, M., Giatakou, V., Savvaidis, I. N., Kontominas, M. G. 2009. Combined effect of MAP and thyme essential oil on the microbiological, chemical and sensory attributes of organically aquacultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fillets. *Food Microbiology*, 26 (5): 475-482.
- Koutsoumanis, K., Nychas, G. J. E. 1999. Chemical and sensory changes associated with microbial flora of Mediterranean boque (*Boops boops*) stored aerobically at 0, 3, 7 and 10°C. *Applied and Environmental Microbiology*, 65: 698.
- Koutsoumanis, K. P., Taoukis, P. S., Drosinos, E. H., Nychas, G. J. E. 2000. Applicability of an Arrhenius model for the combined effect of temperature and CO₂ packaging on the spoilage microflora of fish. *Appl. Environ. Microbiol.*, 66 (8): 3528-3534.
- Kunnath, S., Lekshmi, M., Chouksey, M. K., Kannuchamy, N., Gudipati, V. 2015. Textural quality and oxidative stability of restructured pangasius mince: effect of protein substrates mediated by transglutaminase. *Journal of Food Science and Technology*, 52 (1): 351-358.
- Kuraishi, C., Katsutoshi, Y., Susa, Y. 2001. Transglutaminase: Its utilization in the food industry. *Food Reviews International*, 17 (2): 221-246.

- Kurt, Ş., Zorba, Ö. 2004. Transglutaminaz ve proteinlerin modifikasyonunda kullanımı. *Gıda*, 29 (5): 357-364.
- Lai, Y. J., Liu, T. Y., Hwang, C. L. 1994. "Topsis for MODM". *European Journal of Operational Research*, 76 (3): 486-500.
- Lametta, S. ve Lametta, S. 2018. Characteristics and effectiveness identification of restructured product of snakehead fish (*Channa striata*) with transglutaminase enzyme addition. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 105 (1): 1-7.
- Lampila, L. E. 1991. Modified atmosphere packaging. In *Microbiology of marine food products*. Springer, Boston, MA. pp. 373-393.
- Lantto, R. 2007. Protein cross-linking with oxidative enzymes and transglutaminase: effects in meat protein systems. *VTT Publications*, Finland, pp. 118.
- Lee, H. G., Lanier, T. C., Hamann, D. D., Knopp, J. A. 1997. Transglutaminase effects on low temperature gelation of fish protein sols. *Journal of Food Science*, 62 (1): 20-24.
- Lerner, A., Matthias, T. 2020. Processed food additive microbial transglutaminase and its cross-linked gliadin complexes are potential public health concerns in celiac disease. *International Journal of Molecular Sciences*, 21 (3): 1127.
- Li, Q., Gui, P., Huang, Z., Feng, L., & Luo, Y. 2018. Effect of transglutaminase on quality and gel properties of pork and fish mince mixtures. *Journal of Texture Studies*, 49 (1): 56-64.
- Likert, R. 1932. A technique for the measurement of attitudes. *Archives of Psychology*, 22 140, 55.
- Lim, S. H., Kim, H. R., Choi, S. J., Moon, T. W. 2015. Lipid oxidation of sodium caseinate-stabilized emulsion-gels prepared using microbial transglutaminase. *Food Science and Biotechnology*, 24 (6): 2023-2026.
- Lorand, L., Conrad, S. M. 1984. Transglutaminases. In: V. A. Najjar ve L. Lorand (Editors), *Transglutaminase*, Martinus Nijhoff Publishers, Boston, pp. 9-35.
- Ludorf, W., V. Meyer. 1973. *Fische und fischerzeugnisse*. Verlag Paul Parey, Printed in Germany bei A. W. Hayn's Erben.
- Lunn, J., Theobald, H. E. 2006. The health effects of dietary unsaturated fatty acids. *Nutrition Bulletin*, 31 (3): 178-224.
- Lyhs, U., Lahtinen, J., Fredriksson-Ahomaa, M., Hyytiä-Trees, E., Elfing, K., Korkeala, H. 2001. Microbiological quality and shelf life of vacuum-packaged 'gravad' rainbow trout stored at 3 and 8°C. *Int. Journal of Food Microbiology*, 70: 221-230.

- Lyhs, U., Lahtinen, J., Schelvis-Smit, R. 2007. Microbiological quality of maatjes herring stored in air and under modified atmosphere at 4 and 10°C. *Food Microbiology*, 24 (5): 508–516.
- Mahmoudzadeh, M., Motallebi, A., Hosseini, H., Khaksar, R., Ahmadi, H., Jenab, E., Shahraz1, F., Karman, M. 2010. Quality changes of fish burgers prepared from deep flounder (*Pseudorhombus elevatus*, Ogilby, 1912) with and without coating during frozen storage (-18 °C). *International Journal of Food Science & Technology*, 45 (2): 374-379.
- Manthey, M., Karnop, G., 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.
- Mariniello, L., Porta, R. 2005. Transglutaminases as biotechnological tools. In: K. Mehta, R. Eckert (Editors), *Transglutaminases Family of Enzymes with Diverse Functions*, Karger, Switzerland, pp. 174-192.
- Martelo-Vidal, M. J., Fernández-No, I. C., Guerra-Rodríguez, E., Vázquez, M. 2016a. Obtaining reduced-salt restructured white tuna (*Thunnus alalunga*) mediated by microbial transglutaminase. *LWT-Food Science and Technology*, 65: 341-348.
- Martelo-Vidal, M. J., Guerra-Rodríguez, E., Pita-Calvo, C., Vázquez, M. 2016b. Reduced-salt restructured European hake (*Merluccius merluccius*) obtained using microbial transglutaminase. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 38: 182-188.
- Masniyom, P., Benjakul, S., Visessanguan, W. 2005. Combination effect of phosphate and modified atmosphere on quality and shelf-life extension of refrigerated seabass slices. *LWT-Food Science and Technology*, 38 (7): 745-756.
- Macdougall, D. B. 2002. *Colour in Food: Improving Quality*. Woodhead Publishing, Cambridge, U.K, 392 p.
- Melendo, J. A., Beltrán, J. A., Roncalés, P. 1997. Tenderization of squid (*Loligo vulgaris* and *Illex coindetii*) with bromelain and a bovine spleen lysosomal-enriched extract. *Food Research International*, 30: 335-341.
- Metin, S. 1999. Modifiye atmosferde ambalajlama tekniğinin alabalık (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum 1972) ürünlerinin kalite ve dayanma sürelerine etkisi. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 95 s.
- Metin, S. 2002. Modifiye atmosferde paketlenmenin alabalık burgerlerinin raf ömrü üzerine etkisi. *Gıda*, 27 (3): 209-217.

- Miller, A. L., Lumeng, C. N., Delproposto, J., Florek, B., Wendorf, K., Lumeng, J. C. 2013. Obesity-related hormones in low-income preschool-age children: implications for school readiness. *Mind, Brain, and Education*, 7 (4): 246-255.
- Monteiro, M. L. G., Mársico, E. T., Lázaro, C. A., da Silva, A. C. V. C., da Costa Lima, B. R. C., da Cruz, A. G., Conte-Júnior, C. A. 2015. Effect of transglutaminase on quality characteristics of a value-added product tilapia wastes. *Journal of Food Science and Technology*, 52 (5): 2598-2609.
- Moreno, H. M., Carballo, J., Borderias, A. J. 2008. Influence of alginate and microbial transglutaminase as binding ingredients on restructured fish muscle processed at low temperature. *J. Sci. Food Agric.*, 88: 1529–1536
- Moreno, H. M., Carballo, J., Borderias, A. J. 2009a. Study of two different cold restructuring processes using two different qualities of hake (*Merluccius capensis*) muscle, with addition of microbial transglutaminase. *J. Sci Food Agric*, 89: 1346–1351.
- Moreno, H. M., Cardoso, C., Solas, M. T., Borderías, A. J. 2009b. Improvement of cold and thermally induced gelation of giant squid (*Dosidicus gigas*) surimi. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 18 (4): 312-330.
- Moreno, H. M., Borderías, A. J., Baron, C. P. 2010. Evaluation of some physico-chemical properties of restructured trout and hake mince during cold gelation and chilled storage. *Food Chemistry*, 120 (2): 410-417.
- Moreno, H., Carballo, J., Borderías, J. 2013. Raw-appearing restructured fish models made with sodium alginate or microbial transglutaminase and effect of chilled storage. *Food Science and Technology*, 33 (1): 137-145.
- Motoki M, Seguro, K. 1998. Transglutaminase and its use for food processing. *Food Science and Technology*, (9): 204-210.
- Motoki, M., Kumazawa, Y. 2000. Recent research trends in transglutaminase technology for food processing. *Food Sci. Technol. Res.*, 6 (3): 151-160.
- Muratore, G., Licciardello, F. 2005. Effect of vacuum and modified atmosphere packaging on the shelf-life of liquid-smoked swordfish (*Xiphias gladius*) slices. *Journal of Food Science*, 70 (5): 359-363.
- Nakahara, C., Nozawa, H., Seki, N. 1999. A comparison of crosslinking of fish myofibrillar proteins by endogenous and microbial transglutaminase, *Fisheries Science*, 65 (1): 138-144.
- Nilson, K., Ekstrand, B. 1994. Refreezing rate glazing affects cod and rainbow trout muscle tissue. *Journal of Food Science*, 59 (4):797-798.

- Nollet, L. M. L., Toldrá, F. 2010. Handbook of Seafood and Seafood Product Analysis. CRC Press, Taylor& Francies Group Boca Raton, New York, pp. 928.
- Nosedá, B., Islam, M. T., Eriksson, M., Heyndrickx, M., De Reu, K., Van Langenhove, H., Devlieghere, F. 2012. Microbiological spoilage of vacuum and modified atmosphere packaged Vietnamese *Pangasius hypophthalmus* fillets. Food Microbiology, 30 (2): 408-419.
- Ocaño-Higuera, V. M., Maeda-Martínez, A. N., Marquez-Ríos, E., Canizales-Rodríguez, D. F., Castillo-Yáñez, F. J., Ruíz-Bustos, E., Plascencia-Jatomea, M. 2011. Freshness assessment of ray fish stored in ice by biochemical, chemical and physical methods. Food Chemistry, 125 (1): 49-54.
- Offer, G., Trinick, J. 1983. On the mechanism of water holding in meat: the swelling and shrinking of myofibrils. Meat Science, 8 (4): 245-281.
- Oğuzhan, P., Angiş, S., Haliloğlu, H. İ., Atamanalp, M. 2006. Gökkuşığı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) filetolarında sıcak tütsüleme sonrası kimyasal kompozisyon değişimleri. Su Ürünleri Dergisi, 23 (3): 465-466.
- Oğuzhan, P., Angiş, S. 2012. Effect of salting and packaging treatments on fresh rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets during storage at refrigerator temperatures. Kafkas Univ Vet Fak Derg., 18 (3): 443-448.
- Oğuzhan, P., Yangılar, F. 2014. Su ürünlerinin hazır yemek teknolojisindeki yeri ve önemi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 7 (1): 65-76.
- Oraei M., Motalebi A. A., Hoseini E., Javan S. 2011. Effect of gamma irradiation and frozen storage on microbial quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillet. Iranian Journal of Fisheries Sciences, 10 (1): 75-84.
- Ordóñez, J. A., López-Gálvez, D. E., Fernández, M., Hierro, E., de La Hoz, L. 2000. Microbial and physicochemical modifications of hake (*Merluccius merluccius*) steaks stored under carbon dioxide enriched atmospheres. Journal of the Science of Food and Agriculture, 80: 1831-1840.
- Orhan, H., Yüksel, O. 2010. Fishery product consumption survey in Burdur Province. Ziraat Fakültesi Dergisi-Süleyman Demirel Üniversitesi, 5 (1): 1-7.
- Öksüztepe, G., Emir Çoban, Ö., Güran H. Ş. 2010. Sodyum laktat ilavesinin taze Gökkuşığı alabalığından (*Oncorhynchus mykiss* W.) yapılan köftelere etkisi. Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 16 (A): 65-72
- Öner, Z. 2004. Mikrobiyal transglutaminazın özellikleri ve gıda sanayinde kullanılması olanakları. Gıda, 29 (4): 269-272.

- Özdemir, H., ve Şireli, U. T. 2001. Et ve et ürünlerinde *Brochothrix thermosphacta*'nın bulunuşu. Gıda, 26 (2): 115-120.
- Özoğul, F. O., Polat, A., Özoğul, Y. 2004. The effects of modified atmosphere packaging and vacuum packaging on chemical, sensory and microbiological changes of sardines (*Sardina pilchardus*). Food Chemistry, 85 (2004): 49–57.
- Özogul, F., Özogul, Y. 2006. Biogenic amine content and biogenic amine quality indices of sardines (*Sardina pilchardus*) stored in modified atmosphere packaging and vacuum packaging. Food Chemistry, 99 (3): 574-578.
- Özpolat, E., Emir Çoban, 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.
- Palmeira, K. R. Mársico, E. T., Monteiro, M. L. G., Lemos, M., Junior, C. A. C. 2016. Ready-to-eat products elaborated with mechanically separated fish meat from waste processing: challenges and chemical quality. CyTA -Journal of Food, 14 (2): 227-238.
- Palotas, P. 2019. Development of hamburger patties based on rest raw materials from carp. Master's thesis, Norwegian University of Life Sciences, AS, pp.63.
- Pantazi, D., Papavergou, A., Pournis, N., Kontominas, M. G., Savvaidis, I. N. 2008. Shelf-life of chilled fresh Mediterranean swordfish (*Xiphias gladius*) stored under various packaging conditions: microbiological, biochemical and sensory attributes. Food Microbiology, 25: 136–143.
- Parry, R. T. 1993. Principles and applications of modified atmosphere packaging of foods. Springer Science & Business Media pp. 304.
- Pasin, T. M., Benassi, V. M., Moreira, E. A., Jorge, J. A., Polizeli, M. L. T. M. 2014. Prospecting filamentous fungi for amylase production: Standardization of *Aspergillus japonicus* culture conditions. British Biotechnology Journal, 4 (4): 482-489.
- Pastoriza, L., Sampedro, G., Herrera, J. J., Cabo, M. L. 1998. Influence of sodium chloride and modified atmosphere packaging on microbiological, chemical and sensorial properties in ice storage of slices of hake (*Merluccius merluccius*). Food Chemistry, 61 (1-2): 23-28.
- Patır, P., Duman, M. 2006. Tütsülenmiş aynalı sazan (*Cyprinus carpio*) filetolarının muhafazası sırasında oluşan fiziko-kimyasal ve mikrobiyolojik değişimlerin belirlenmesi. Fırat Üniv. Fen ve Müh. Bil. Der., 18 (2): 189-195.

- Patır, B., Oksüztepe, G., Emir Çoban, Ö., Dikici, A. 2009. Dondurulmuş karides etinden hazırlanan kroketlerin raf ömrü. *F.Ü. Sağ. Bil. Vet. Derg.*, 23 (1): 29-37.
- Pedersen, M. H., Hansen, T. K., Sten, E., Seguro, K., Ohtsuka, T., Morita, A., Poulsen, L. K. 2004. Evaluation of the potential allergenicity of the enzyme microbial transglutaminase using the 2001 FAO/WHO Decision Tree. *Molecular Nutrition & Food Research*, 48 (6): 434-440.
- Pietrasik, Z., Chan, L. E. 2001. Response surface methodology study on the effects of salt, microbial transglutaminase and heating temperature on pork batter gel properties. *Food Research International*, 35 (4): 387-396.
- Pietrasik, Z., Chan, L. E. 2002. Binding and textural properties of beef gels as affected by protein, karrageenan and microbial transglutaminase addition. *Food Research International*, 35 (1): 91-98.
- Pietrasik, Z., Jarmoluk, A., Shand, P. J. 2007. Effect of non-meat proteins on hydration and textural properties of pork meat gels enhanced with microbial transglutaminase. *LWT – Food Science and Technology*, 40 (5): 915-920.
- Piotrowska, B., Sztuka, K., Kolodziejka, I., Dobrosielska, E. 2008. Influence of transglutaminase or 1-ethyl-3-(3-dimethylaminopropyl) carbodiimide (EDC) on the properties of fish-skin gelatin films. *Food Hydrocolloids*, 22 (7): 1362-1371.
- Poli, M. B., Messina, A., Parisi, G., Scappini, F., Vigiani, V., Giorgi, G., Vincenzini, M. 2006. Sensory, physical, chemical and microbiological changes in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fillets packed under modified atmosphere/air of prepared from whole fish stored in ice. *International Journal of Food Science and Technology*, 41: 444-454.
- Pons-Sánchez-Cascado, S., Vidal-Carou, M. C., Nunes, M. L., Veciana-Nogués, M. T. 2006. “Sensory analysis to assess the freshness of Mediterranean anchovies (*Engraulis encrasicolus*) stored in ice”. *Food Control*, 17: 564-569.
- Pourashouri, P., Shabanpour, B., Razavi, S. H., Jafari, S. M., Shabani, A., Aubourg, S. P. 2014. Impact of wall materials on physicochemical properties of microencapsulated fish oil by spray drying. *Food and Bioprocess Technology*, 7 (8): 2354-2365.
- Pournis, N., Papavergou, A., Badeka, A., Kontominas, M. G., Savvaidis, I. N. 2005. Shelf-life extension of refrigerated Mediterranean mullet (*Mullus surmuletus*) using modified atmosphere packaging. *Journal of Food Protection*, 68 (10): 2201-2207.
- Rajput, N., Tuohy, P., Mishra, S., Smith, A., Taylor, B. 2015. Overweight and obesity in 4–5-year-old children in New Zealand: results from the first 4 years (2009–2012) of the

- B4School check programme. *Journal of Paediatrics and Child Health*, 51 (3): 334-343.
- Ramirez, J. A., Uresti, R., Tellez, S., Vazquez, M. 2002. Using salt and microbial transglutaminase as binding agents in restructured fish products resembling hams. *Journal of Food Science*, 67 (5): 1778-1784.
- Ramirez, J. A., Alfredo, D. E., Velazquez, G., Vazquez, M. 2006. Production of low-salt restructured fish products from Mexican flounder (*Cyclopsetta chittendeni*) using microbial transglutaminase or whey protein concentrate as binders. *Eur Food Res Technol.*, 223: 341–345.
- Ramírez, J. A., Del Angel, A., Uresti, R. M., Velazquez, G., Vázquez, M. 2007. Low-salt restructured products from striped mullet (*Mugil cephalus*) using microbial transglutaminase or whey protein concentrate as additives. *Food Chemistry*, 102 (1): 243-249.
- Randell, K., Hattula, T., Ahvenainen, R. 1997. Effect of packaging method on the quality of rainbow trout and Baltic herring fillets. *LWT-Food Science and Technology*, 30 (1): 56-61.
- Rao, B. M., Tanksale, M. A., Ghatge, S. M., Deshpande, V. V., Vasanti, V. D. 1998. Molecular and biotechnological aspects of microbial proteases. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 62 (3): 597-635.
- Reddy, N. R., Paradis, A., Roman, M. G., Solomon, H. M., Rhodehamel, E. J. 1996. Toxin development by *Clostridium botulinum* in modified atmosphere packaged fresh tilapia fillets during storage. *Journal of Food Science*, 61 (3):632-635.
- Rezaeifar, M., Mehdizadeh, T., Langroodi, A. M., Rezaei, F. 2020. Effect of chitosan edible coating enriched with lemon verbena extract and essential oil on the shelf life of vacuum rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal of Food Safety*, <https://doi.org/10.1111/jfs.12781>.
- Robertson, G. L. 2006. *Food Packaging: Principles and Practice*. Taylor & Francis Group, New York, pp. 687.
- Rodriguez-Turienzo, L., Cobos, A., 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 (2013): 433–438.

- Ruiz-Capillas, C., Moral, A. 2001. Chilled bulk storage of gutted hake (*Merluccius merluccius* L.) in CO₂ and O₂ enriched controlled atmospheres. Food Chemistry, 74 (3): 317-325.
- Ruiz-Capillas, C., Moral, A., 2005. Sensory and biochemical aspect of quality of whole bigeye tuna (*Thunnus obesus*) during bulk storage in controlled atmospheres. Food Chemistry, 89 (3): 347-354.
- Runglerdkriangkrai, J., Banlue, K., Raksakulthai, N. 2006. High temperature tolerant fish protein gel using transglutaminase and sodium ascorbate. Journal of Natural Science, Biology, and Medicine, 40: 84-90.
- Russo, F., Ercolini, D., Mauriello, G., Villani, F. 2006. Behaviour of *Brochotrix thermosphacta* in presence of other meat spoilage microbial groups. Food Microbiology, 23 (8): 797-802.
- Santos, E. E. M., Regenstein, J. M. 1990. Effect of vacuum packaging, glazing, and erythorbic acid on the shelf-life of frozen white hake and mackerel. Journal of Food Science, 55 (1): 64-70.
- Sarıözkan S., Akçay A. 2014. Protein tüketimleri bakımından Türkiye ve Avrupa Birliği ülkelerinin kümeleme analizi ile karşılaştırılması. 1.Ulusal Hayvancılık Ekonomisi Kongresi. 17-20 Ekim, Antalya, Türkiye.
- Schormüller, J. 1969. Handbook of Food Chemistry. Volume IV. Fats and Lipids (LIPIDS), New York, Heidelberg, Berlin: Springer.
- Seguro, K., Kumazawa, Y., Ohtsuka, T., Toiguchi, S., Motoki, M. 1995. Microbial transglutaminase and ϵ -(γ -glutamyl) lysine crosslink effects on elastic properties of kamaboko gels. Journal of Food Science, 60 (2): 305-311.
- Seighalani, F. Z. B., Bakar, J., Saari, N., Khoddami, A. 2017. Thermal and physicochemical properties of red tilapia (*Oreochromis niloticus*) surimi gel as affected by microbial transglutaminase. Animal Production Science, 57 (5): 993-1000.
- Sikorski, Z. E. 2007. The role of proteins in food. In Z. E. Sikorski (Editor), Chemical and Functional Properties of Food Components, CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 129–176.
- Sivertsvik, M., Rosnes, J. T., Bergslien, H. 2002. Modified atmosphere packaging. In: T. Ohlsson, N. Bengtsson (Editors), Minimal Processing Technologies in The Food Industry, Woodhead Publishing and CRC Press, Cambridge, pp. 61-86.

- Sivertsvik, M., Rosnes, J. T., Kleiberg, G. H. 2003. Effect of modified atmosphere packaging and superchilled storage on the microbial and sensory quality of Atlantic salmon (*Salmo salar*) fillets. *Journal of Food Science*, 68 (4): 1467-1472.
- Smith, J. P., Ramaswamy, H. S., Simpson, B. K. 1990. Developments in food packaging technology. Part II. Storage aspects. *Trends in Food Science & Technology*, (1): 111-118.
- Soccol, M. C. H., Oetterer, M., Gallo, C. R., Spoto, M. H. F., Biato, D. O. 2005. Effects of modified atmosphere and vacuum on the shelf life of tilapia (*Oreochromis niloticus*) fillets. *Braz. J. Food Technol.*, 8 (1): 7–15.
- Soltani, P. R., Ghanbari, A., Rad, A. H. 2013. Obesity related factors in school-aged children. *Iranian Journal of Nursing And Midwifery Research*, 18 (3): 175-179.
- Stamatis, N., Arkoudelos, S. J. 2007. Quality assessment of *Scomber japonicus* under modified atmosphere and vacuum packaging. *Food Control*, 18 (4): 292-300.
- Stammen, K., Gerdes, D., Caporaso, F. 1990. Modified atmosphere packaging of seafood. *Food Sciences and Nutrition* 29 (5): 301–331.
- Sun, X. D. 2009. Utilization of restructuring technology in the production of meat products: a review. *CyTA – Journal of Food*, 7 (2): 153-162.
- Swanson, D., Block, R., Mousa, S. A. 2012. Omega-3 fatty acids EPA and DHA: health benefits throughout life. *Advances in Nutrition*, 3 (1): 1-7.
- Şengör, F. G., Çelik, U., Akkuş, S. 2000. Buzdolabı koşullarında depolanan istavrit balığı (*Trachurus trachurus*, L.1758)' nın tazeliğinin ve kimyasal bileşiminin belirlenmesi. *Turkish J Vet Anim Sci.*, 24 (2000): 187–193.
- Şengör, F. G., Kalafatoğlu, H., Gün, H. 2004. The determination of microbial flora, water activity and chemical analyses in smoked, canned mussels (*Mytilus galloprovincialis*, L.). *Turk J Vet Anim Sci.*, 28 (2004): 793-797.
- Şimşek, A., Kılıç, B. 2013. Quality characteristics of ready to eat salmon döner kebab during manufacture and storage. *Food Science and Technology Research*, 19 (5): 739-747.
- Tammatinna, A., Benjakul, S., Visessanguan, W., Tanaka, M. 2007. Gelling properties of white shrimp (*Penaeus vannamei*) meat as influenced by setting condition and microbial transglutaminase. *LWT-Food Science and Technology*, 40 (9): 1489-1497.
- Tellez-Luis, S. J., Uresti, R. M., Ramirez, J. A., Vazquez, M. 2002. Low-salt restructured fish products using microbial transglutaminase as binding agent. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82 (9): 953-959.

- Taşbozan, O., Gökçe, M. A., Erbaş, C. 2016. The effect of different growing conditions to proximate composition and fatty acid profiles of rainbow trouts (*Oncorhynchus mykiss*). Journal of Applied Animal Research, 44 (1): 442-445.
- Tokay, F. G. 2015. Transglutaminaz enzimi ilave edilerek kaplanmış balık filetolarının kalitesinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya, 72 s.
- Tokur, B. 2007. The effect of different cooking methods on proximate composition and lipid quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). International Journal of Food Science & Technology, 42 (7): 874-879.
- Tokur B. S., Özkütük E. A., Özyurt, G., Özyurt, C. E. 2006. Chemical and sensory quality changes of fish fingers, made from mirror carp (*Cyprinus carpio* L., 1758) during frozen storage (-18°C). Food Chem, 99 (2): 335-341.
- Toprak, İ., Şentürk, Ş., Yüksel, B., Özer, H., Çakır, B., Bideci, A. E. 2002. Toplumun Beslenmede Bilinçlendirilmesi. Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Hacettepe Üniversitesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Ankara. <https://sbu.saglik.gov.tr/Ekutuphane/Yayin/135> (Erişim tarihi: 1 Mart 2019).
- Trespacios, P., Pla, R. 2007. Synergistic action of transglutaminase and high pressure on chicken meat and egg gels in absence of phosphates. Food Chemistry, 104 (4): 1718-1727.
- Tseng T. F., Liu D. C., Chen M. T. 2000. Evaluation of transglutaminase on the quality of low-salt chicken meat balls. Meat Science, 55 (5): 427-431.
- Turan, H., Kocatepe, D. 2013. Different MAP conditions to improve the shelf life of sea bass. Food Science and Biotechnology, 22: 1589-1599.
- Tzikas, Z., Soultos, N., Ambrosiadis, I., Lazaridou, A., Georgakis, S. 2015. Production of low-salt restructured Mediterranean horse mackerel (*Trachurus mediterraneus*) using microbial transglutaminase/caseinate system. Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society, 66 (3): 147-160.
- Ulusoy, Ş., Doğruyol, H., Üçok Alakavuk, D. Tosun, Ş. Y. 2017. Monosodyum glutamatın balık çorbası ve balık köftesinin duyuşal özellikleri üzerine etkisi. Gıda, 42 (4): 339-347.
- Unusan, N. 2007. Change in proximate, amino acid and fatty acid contents in muscle tissue of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) after cooking. International Journal of Food Science & Technology, 42 (9): 1087-1093.
- Ural, A. 1983. Gıdalarda renk ve kalite ilişkisi. Gıda, 8 (1): 21-27

- Uran, H., Aksu F., Varlık, C. 2011. Transglutaminaz enziminin tavuk köftesinin kalite özelliklerine etkisi. 7. Gıda Mühendisliği Kongresi, 24-26 Kasım, Ankara, Türkiye.
- Uran, H. 2013. Transglutaminaz ilave edilerek üretilen piliç burgerlerin kalite özelliklerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. Doktora Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ, 86 s.
- Uran H., Akse F., Yılmaz İ., Durak, M. Z. 2013. Transglutaminaz enziminin tavuk köftesinin kalite özelliklerine etkisi. Kafkas Üniv. Vet. Fak. Derg., 19 (2): 331-335.
- Uran, H., Yılmaz, İ., Özabırcı, A. 2018. Et ve su ürünlerinde transglutaminaz enziminin kullanım olanakları. Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 12: 71-90.
- USP, 2016. United States Pharmacopeia. Elemental Impurities – Limits, Pharmacopeial Forum, 42, (2). New York, USA.
- Varlık, C., Uğur, M., Gökoğlu, N., Gün, H. 1993. Su Ürünlerinde Kalite Kontrol İlke ve Yöntemleri. Gıda Teknolojisi Derneği Yayın No: 17, Ankara, 174 s.
- Varlık, C., Erkan, N., Özden, Ö., Mol, S., Baygar, T. 2004. Su Ürünleri İşleme Teknolojisi. İstanbul Üniversitesi Yayınları No: 4465, İstanbul, 491 s.
- Volpe, M. G., Siano, F., Paolucci, M., Sacco, A., Sorrentino, A., Malinconico, M., Varricchio, E. 2015. Active edible coating effectiveness in shelf-life enhancement of trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets. LWT-Food Science and Technology, 60 (1): 615-622.
- Vujkovic, G., Karlovic, D., Vujkovic, I., Vörösbaranyi, I., Jovanovic, B. 1999. Composition of muscle tissue lipids of silver carp and bighead carp. Journal of the American Oil Chemists' Society, 76 (4): 475-480.
- Wang, J. Q., Wang, D. D., Yu Zhang, H., Chen, X. H. 2014. Multi-criteria outranking approach with hesitant fuzzy sets. OR Spectrum, 36 (4): 1001-1019.
- Warner, K. F. 1928. Progress report of the mechanical tenderness of meat. Proc. Am. Soc. Anim. Prod. 21:114. In: Wheeler, T. L., Shackelford, S. D., Johnson, L. P., Miller, M. F., Miller, R. K., Koohmaraie, M. 1997. A Comparison of Warner- Bratzler shear force assessment within and among institutions. Journal of Animal Science 75: 2423-2432.
- Warner, K. F. 1952. Adventures in testing meat for tenderness. Proc. Recip. Meat Conf. 5:156-160. In: Wheeler, T. L., Shackelford, S. D., Johnson, L. P., Miller, M. F., Miller, R. K., Koohmaraie, M. 1997. A comparison of Warner- Bratzler shear force

- assessment within and among institutions. *Journal of Animal Science* 75: 2423-2432.
- WHO, 2007. Protein and amino acid requirements in human nutrition, Vol. 935, World Health Organization.
- Wiseman, A. 1987. *Handbook of Enzyme Biotechnology*. E. Horwood Press, pp. 45.
- Wongthahan, P., Thawornchinsombut, S. 2015. Quality improvement of reduced-salt, phosphate-free fish patties from processed by-products of Nile tilapia using textural additives and bioactive rice bran compounds. *Journal of Texture Studies*, 46 (4): 240-253.
- Yamaguchi, S., Ninomiya, K. 2000. Umami and food palatability. *The Journal of Nutrition*, 130 (4): 921-926.
- Yanar, Y., 1998. Sazan (*Cyprinus carpio*) etinden balık köftesi üretimi üzerine bir araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Anabilim Dalı, Adana, 33 s.
- Yanar, Y., 2015. Seafood enzymes and their application in the seafood industry. *Ege J. Fish Aqua. Sci.*, 32 (2): 105-113.
- Yanık, T., 2009. Gökkuşığı alabalığı ve alabalıkların morfolojik özellikleri, arazi çalışmaları. Doğal Alabalık Çalıştayı, 22-23 Ekim 2009, Trabzon, Türkiye.
- Yavuzcan, H., Atar, H. H., Alçiçek, Z. 2010. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi öğrencilerinin su ürünleri tüketim alışkanlıklarının değerlendirilmesi. *Ziraat Mühendisliği*, 354: 10-17.
- Yerlikaya, P., Gökoğlu, N., Uçak, I., Yatmaz, H. A., Benjakul, S. 2015. Suppression of the formation of biogenic amines in mackerel mince by microbial transglutaminase. *J. Sci. Food. Agr.*, 95 (11): 2215–2221.
- Yerlikaya, P., Yatmaz, H. A., Gökoğlu, N., Uçak, I. 2017. The quality alterations of rainbow trout mince treated with transglutaminase. *LWT*, 84 (2017): 815-820.
- Yesudhasan, P., Lalitha, K. V., Gopal, T. K. S., Ravishankar, C. N. 2014. Retention of shelf life and microbial quality of seer fish stored in modified atmosphere packaging and sodium acetate pretreatment. *Food Pack. Shelf Life*, 1 (2): 146–159.
- Yılmaz M., Ceylan Z. G., Kocaman M., Kaya M., Yılmaz H. 2009. The effect of vacuum and modified atmosphere packaging on growth of *Listeria* in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets. *Journal of Muscle Foods*, 20 (4): 465-477.
- Yokoyama, K., Nio, K., Kikuchi, Y. 2004. Properties and applications of microbial transglutaminase. *Appl. Microbil. Biotechnol.*, 64: 447–454.

- Yoon, K. Hwang, S. 1980. TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution)-A Multiple Attribute Decision Making. India: Sage Publications.
- Yüksel, Z., Erdem, Y. K., 2006. Gıda endüstrisinde transglutaminaz uygulamaları – 1: Enzimin genel özellikleri. Gıda, 32 (6): 287-292.
- Yüksel, Z., Erdem, Y. K. 2007. Gıda endüstrisinde transglutaminaz uygulamaları – 2: Enzimin gıda süreçlerinde kullanım olanakları. Gıda, 33 (3): 143-149.
- Zad Bagher Seighalani, F., Jamilah, B., Saari, N. 2017. Physico-chemical properties of red tilapia (*Oreochromis spp.*) during surimi and kamaboko gel preparation. International Food Research Journal, 24 (3): 1248-1254.
- Zamani, A., Khajavi, M., Moafi, A., Gisbert, E. 2020. Utilization of grape seed oil as a dietary lipid source in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diets. Journal of Applied Aquaculture, 2020: 1-24.
- Zeman, N. W., McCrea, J. M. 1985. Alpha-amylase production using a recombinant DNA organism. Cereal Foods World, 30 (1): 777-780.
- Zhao, Y., Wang, L., Xue, H., Wang, H., Wang, Y. 2017. Fast food consumption and its associations with obesity and hypertension among children: results from the baseline data of the childhood obesity study in China mega-cities. BMC Public Health, 17 (933): 1-10.
- Zilda, D. S. 2014. Microbial transglutaminase: Source, production and its role to improve surimi properties. Squalen Bull. Marine and Fisheries and Postharvest Biotechnol., 9 (1): 35–44.

ÖZGEÇMİŞ

1. Kişisel Bilgiler

Ad Soyad	Can Okan ALTAN
Doğum Tarihi	1984
Doğum Yeri	ANKARA
E-posta Adresi	okanaltan@hotmail.com

2. Öğrenim Bilgileri

Lisans	Karadeniz Teknik Üniversitesi, Rize Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Mühendisliği (2004 – 2009)
Yüksek Lisans	Sinop Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Ana Bilim Dalı (2011 – 2014)
Doktora	Sinop Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Ana Bilim Dalı (2014 – 2020)

3. İş Deneyimi

Mayıs 2009 – Kasım 2009	Signature Seafoods Inc., AK, USA, QC Department
Nisan 2010 – Ağustos 2010	Excellence M/V Seafood Comp., WA, USA, Processor emp.
Şubat 2012 –	Sinop Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü, İşleme Teknolojisi Ana Bilim Dalı Arş. Gör.

4. Makale

Kocatepe, D., **Altan, C. O.**, Turan, H. 2019. Comparison of fatty acids, lipid quality index and amino acid profiles of whiting (*Merlangius merlangus euxinus* Nordman, 1840) meat and roe during fishing season in Black Sea. Ukrainian Food Journal, 8 (3): 470-486.

Turan, H., **Altan, C. O.**, Kocatepe, D. 2019. Black Sea Whiting: assessment of potential health benefits/risks and differences based on mineral concentrations of meat and roes. Turkish Journal of Agriculture – Food Science and Technology, 7 (12): 2075-2082.

Kocatepe, D., Turan, H., **Altan, C. O.**, Keskin, İ., Ceylan, A., Köstekli, B., Candan, C. 2019. Influence of different essential oils on marinated anchovy (*Engraulis encrasicolus* L., 1758) during refrigerated storage. Food Science and Technology, 39 (1): 255-260.

Keskin, İ., Kocatepe, D., Turan, H., **Altan, C. O.**, Köstekli, B., Ceylan, A., Candan, C. 2018. The determination of some chemical parameters and color changes of anchovy (*Engraulis encrasicolus* L., 1758) during the marination process. The Journal of Food, 43 (4): 655-662.

Turan, H., Kocatepe, D., Keskin, İ., **Altan, C. O.**, Köstekli, B., Candan, C., Ceylan, A. 2017. Interaction between rancidity and organoleptic parameters of anchovy marinade (*Engraulis encrasicolus* L., 1758) include essential oils. Journal of Food Science and Technology, 54 (10): 3036-3043.

Altan, C. O., Turan, H. 2016. Synergistic effect of freezing and irradiation on bonito fish (*Sarda sarda* Bloch, 1793). Journal of Food Protection, 79 (12): 2136-2142.

Kocatepe, D., Turan H., **Altan, C. O.**, Keskin İ., Ceylan, A. 2016. Effect of modified atmosphere packaging on the shelf life of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) mince. Food Science and Technology International, 22 (4): 343-352.

Turan, H., Kocatepe, D., **Altan, C. O.**, Göknaar, G. 2015. Effect of different thawing methods on the quality of bonito (*Sarda sarda* Bloch, 1793). Ukrainian Food Journal, 4 (3): 460-466.

Turan, H., **Altan, C. O.**, Kocatepe, D., Ceylan, A. 2015. Quality of lakerda dry salted bonito made with different technics in Sinop region. *Ukrainian Journal of Food Sci.*, 3 (1): 6-12.

Kocatepe, D., Turan, H., **Altan, C. O.**, Gökmar, G. 2014. Effect of the vacuum packaging on the shelf life of lakerda. *International J. Food Sci. Nutr. and Dietetics*, 3 (9): 157-159.

Turan, H., Kocatepe, D., **Altan, C. O.**, Erkoyuncu, İ. 2013. Soğukta saklanan midyelerin (*Mytilus galloprovincialis* L., 1819) raf ömrünün belirlenmesi. *Akademik Gıda*, 11 (3-4): 47-51.

5. Bildiri

Altan, C. O., Turan, H., Kocatepe, D. The usage of microbial transglutaminase (MTGase) enzyme in fish processing sector. *International Agricultural Science*. 09 – 12 Mayıs 2018, Van.

Kocatepe, D., Turan, H., **Altan, C. O.** Functional foods and seafood. *International Agricultural Science Congress*. 09 – 12 Mayıs 2018, Van.

Kocatepe, D., **Altan, C. O.**, Turan, H. Comparison of fatty acids and amino acids profiles of whiting (*Merlangius merlangus euxinus* Nordman, 1840) meat and roe during fishing season. *International Symposium Ecology*. 19 – 23 Haziran 2018, Kastamonu.

Turan, H., **Altan, C.O.**, Kocatepe, D. Interactions and changes between heavy metals and mineral from whiting (*Merlangius merlangus euxinus* Nordman, 1840) meat and roe in the hunting season. *International Agricultural Science Congress*. 09 - 12 Mayıs 2018, Van.

Altan, C. O., Kocatepe, D., Turan, H. A taste from tradition to future in Sinop – Lakerda.2. *International Gastronomic Tourism Congress*. Sözlü sunum. 8 – 11 Aralık 2016, İzmir.

Kocatepe, D., Turan, H., **Altan, C. O.**, Keskin, İ., Ceylan, A. Effect of CO₂ enriched atmosphere on the color properties of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) mince. *International Symposium on Fisheries and Aquatic Sciences*. 3 – 5 Kasım 2016, Antalya.

Turan, H., Kocatepe, D., **Altan, C. O.**, Keskin, İ., Ceylan, A. Effect of modified atmosphere packaging on the physicochemical and sensorial properties of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) mince stored at 3±1°C. International Symposium on Fisheries and Aquatic Sciences. 3 – 5 Kasım 2016, Antalya.

Turan, H., **Altan, C. O.**, Kocatepe, D., Ceylan, A. The quality of lakerda made with different tecnics in Sinop region. Abstract Book 324 p. The 2nd International Symposium on “Traditional Foods from Adriatic to Caucasus”. Struga-(Ohrid Lake) / Macedonia, October 24 – 26, 2013.

Turan, H., **Altan, C. O.** İyonize radyasyon işleminin su ürünlerinde uygulanabilirliği. Harbiye Askeri Müze ve Kültür Sitesi İstanbul Bildiri Özetleri Kitabı s. 123. 4. Gıda Güvenliği Kongresi. 14 – 15 Mayıs 2013, İstanbul.

Kocatepe, D., Turan, H., **Altan, C. O.**, Gökmar, G. Lakerdanın depo ömrüne vakum paketlemenin etkisi. Bildiri Özetleri Kitabı s. 110. Harbiye Askeri Müze ve Kültür Sitesi 4. Gıda Güvenliği Kongresi. 14 – 15 Mayıs 2013, İstanbul.

Turan, H., **Altan, C. O.**, Kocatepe, D., Gökmar, G. Effect of different thawing methods on the meat quality of bonito (*Sarda sarda* Bloch, 1793). Oral Presentation. Book of Abstracts, 81 p., 2013. The First International Fisheries Symposium in Northern Cyprus. 24th – 27th March 2013.

Turan, H., Kocatepe, D., **Altan, C. O.**, Erkoyuncu, İ. Soğukta saklanan tüketime hazır midyelerin (*Mytilus galloprovincialis* L., 1819) besin kompozisyonu ve kalite kriterlerinin incelenmesi. Bildiri Özetleri Kitabı s. 364. Türkiye 11. Gıda Kongresi. 10 – 12 Ekim 2012, Hatay.

Turan, H., Kocatepe, D., **Altan, C. O.** Kefal havyarı. Bildiri Özetleri Kitabı s. 229-230. III. Geleneksel Gıdalar Sempozyumu. 10 – 12 Mayıs 2012, Konya.

6. Proje

Modifiye Atmosfer Paketleme (MAP) ile Paketlenen Alabalık (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) Köftesi Üretiminde Mikrobiyal Transglutaminaz (MTGaz) Enziminin Kalite Üzerine Etkisi ve Endüstriyel Kullanım Olanaklarının Araştırılması. Yürütücü: Hülya Turan; Araştırmacılar: Demet Kocatepe, Can Okan Altan, İrfan Keskin; Bursiyer: Bayram Köstekli. 01.09.2018 – 18.11.2019 (TÜBİTAK, Ulusal).

Orta Karadeniz Sinop Bölgesi'nden Avlanan Mezgıt Balığının (*Merlangius merlangus euxinus* Nordman, 1840) Et ve Yumurtasının Besin Kompozisyonu ile Mineral Madde İçeriklerinin Av Sezonu Boyunca İncelenmesi. Yürütücü: Hülya Turan; Danışman: Demet Kocatepe; Araştırmacı: Can Okan Altan. 28.11.2016 – 12.12.2017 (BAP, Ulusal).

Modifiye Atmosferle Paketlenmiş Alabalık Kıymasının Raf Ömrünün Belirlenmesi, Yürütücü: Demet Kocatepe; Araştırmacılar: Hülya Turan, Can Okan Altan, İrfan Keskin. 13.03.2014 – 15.10.2015 (BAP, Ulusal).

7. Ödül

Sinop Bilim, Kültür, Eğitim Derneği (BİLKE), “Yerel Üretim ve İstihdam Kategorisi” Akademik Dalda Ödül, 2020. (“Modifiye Atmosfer Paketleme (MAP) ile Paketlenen Alabalık (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) Köftesi Üretiminde Mikrobiyal Transglutaminaz (MTGaz) Enziminin Kalite Üzerine Etkisi ve Endüstriyel Kullanım Olanaklarının Araştırılması” isimli TÜBİTAK Projesi).

TÜBİTAK Uluslararası Bilimsel Yayın Teşvik Programı, Ödül No: 365793, 2016.

Üniversite Bilgi Yarışması (İkincilik), Sinop Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2012.

8. Patent

“Modifiye Atmosfer Paketlenmiş MTGaz Katkılı Alabalık Köftesi “Alaburger©” (Dosya No: 2020 – OE – 248312) (Araştırma aşamasında) (Hak sahipleri: Can Okan Altan, Hülya Turan, Demet Kocatepe, İrfan Keskin, Bayram Köstekli)

“Türk Somonu Özü©” (Dosya No: 2020 – GE – 246718) (Araştırma aşamasında) (Hak sahipleri: Demet Kocatepe, Hülya Turan, İrfan Keskin, Bengünur Çorapçı, Can Okan Altan, Melike Vurat, Asiye Eyüboğlu, Bayram Köstekli)

