

**T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BESİN HİJYENİ ve TEKNOLOJİSİ
ANABİLİMDALI**



**MODİFİYE ATMOSFER PAKETLEMENİN
AYNALI SAZAN (*Cyprinus carpio* L., 1758)
KÖFTELERİNİN MİKROBİYOLOJİK VE
KİMYASAL KALİTESİ ÜZERİNE ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Erdoğan DOĞAN

2022

ONAY SAYFASI

Prof. Dr. Mesut AKSAKAL

Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Bu tez Yüksek Lisans standartlarına uygun bulunmuştur.

Prof. Dr. Ali ARSLAN

Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı Başkanı

Tez tarafımızdan okunmuş, kapsam ve kalite yönünden Yüksek Lisans olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Ali ARSLAN

Danışman

Yüksek Lisans Sınavı Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Ali ARSLAN

Prof. Dr. Mehmet ÇALICIOĞLU

Prof. Dr. Murat GÜLMEZ



ETİK BEYAN

Kendime ait çalışmalar ile bu tez çalışmasını gerçekleştirdiğimi, çalışmaların planlanmasından, bulgularının elde edilmesine ve yazım aşamasına kadar tüm aşamalarında etiğe aykırı davranışım olmadığını, bu tezdeki tüm bilgileri ve verileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışması içinde yer alan ancak bu tez çalışmasının bulguları arasında yer almayan verilere, bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi beyan ederim.

Erdoğan DOĞAN

01.07.2022

İmza

Prof. Dr. Ali ARSLAN
Danışman

Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı
ELAZIĞ

TEŞEKKÜR

Bu bilimsel çalışmanın planlanmasından sonuçlanmasına kadar geçen tüm süreçte yardımını esirgemeyen danışman hocam sayın Prof. Dr. Ali ARSLAN'a ve Besin Hijyeni ve Teknolojisi Bölümü'ndeki tüm hocalarıma şükranlarımı bir borç bilirim. Çalışmamda destek ve yardımlarını esirgemeyen Arş. Gör. Dr. Pelin DEMİR' e katkılarından ötürü teşekkür ederim.

Ayrıca çalışmamın her döneminde maddi ve manevi desteklerini eksik etmeyen aileme ve değerli eşime teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
TABLO LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	vii
KISALTMALAR LİSTESİ	viii
1.ÖZET	1
2.ABSTRACT	4
3.GİRİŞ	7
3.1. Balık Eti ve Balık Etinin Beslenmedeki Önemi	7
3.2. Balıklarda Bozulma	10
3.3. Aynalı Sazan Balığının Genel Özellikleri	13
3.5. Ambalajlama Hakkında Genel Bilgiler	14
3.6. Modifiye Atmosfer Paketleme (MAP)	16
3.6.1. Modifiye Atmosfer Paketleme Yönteminde	
Kullanılan Gazlar ve Özellikleri	17
3.6.1.1. Oksijen (O ₂)	18
3.6.1.2. Azot (N ₂)	19
3.6.1.3. Karbondioksit (CO ₂)	19
3.6.2.Modifiye Atmosfer Paketleme Yönteminin	
Avantaj ve Dezavantajları	20

3.6.2.1. Avantajları	20
3.6.2.2. Dezavantajları	21
3.6.3. Modifiye Atmosfer Paketleme Uygulamalarında Kullanılan Ambalajlama Materyalleri ve Özellikleri	22
3.6.4. Su Ürünlerinin Muhafazasında Modifiye Atmosfer Paketleme Uygulamaları	22
3.7. Çalışmanın Amacı	30
4. GEREÇ ve YÖNTEM	31
4.1. Gereç	31
4.1.1. Balık Materyali	31
4.1.2. Ambalaj Materyali	33
4.2. Yöntem	33
4.2.1. Mikrobiyolojik Analizler	33
4.2.1.1. Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri Sayımı	33
4.2.1.2. Psikrotrof Bakteri Sayımı	34
4.2.1.3. <i>Enterobacteriaceae</i> Sayımı	34
4.2.1.4. Koliform Grubu Bakteri Sayımı	34
4.2.1.5. Maya Küf Sayımı	34
4.2.2. Kimyasal Analizler	35
4.2.2.1. pH Analizi	35
4.2.2.2. Toplam Uçucu Bazık Azot (TVB-N) Analizi	35
4.2.2.3. Tiyobarbitürik Asit (TBA) Sayısı Analizi	36
4.2.2.4. Kuru Madde Analizi	37
4.2.3. İstatistiksel Analizler	38

5. BULGULAR	39
5.1. Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları	40
5.1.1. Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri Sayısı	40
5.1.2. Psikrotrof Bakteri Sayısı	43
5.1.3. <i>Enterobacteriaceae</i> Sayısı	46
5.1.4. Koliform Grubu Bakteri Sayısı	49
5.1.5. Maya Küf Sayısı	52
5.2. Kimyasal Analiz Sonuçları	55
5.2.1. pH Analizi	55
5.2.2. Toplam Uçucu Bazik Azot (TVB-N) Analizi	58
5.2.3. Tiyobarbitürik Asit (TBA) Sayısı Analizi	61
5.2.4. Kuru Madde Analizi	64
6. TARTIŞMA	67
7. SONUÇ	78
8. KAYNAKLAR	79
9. ÖZGEÇMİŞ	85

TABLO LİSTESİ

Tablo 1. Çalışmada Kullanılan Balık Köftesi Bileşimi	32
Tablo 2. Çalışmada Kullanılan Deneysel Gruplar Ve Gaz Bileşimleri	32
Tablo 3. Balık Köftesi Yapımında Kullanılan Çiğ Balık etinin Mikrobiyolojik ($\log_{10}$ kob/g $\pm$ Standart Sapma) ve Kimyasal Kalitesi (Ortalama $\pm$ Standart Sapma)	39
Tablo 4. Balık Köftelerinde Saptanan Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri Sayısı ($\log_{10}$ kob/g $\pm$ Standart sapma)	41
Tablo 5. Balık Köftelerinde Saptanan Psikrotrof Bakteri Sayısı ($\log_{10}$ kob/g $\pm$ Standart sapma)	44
Tablo 6. Balık Köftelerinde Saptanan <i>Enterobacteriaceae</i> Sayısı ($\log_{10}$ kob/g $\pm$ Standart sapma)	47
Tablo 7. Balık Köftelerinde Saptanan Koliform Grubu Bakteri Sayısı ($\log_{10}$ kob/g $\pm$ Standart sapma)	50
Tablo 8. Balık Köftelerinde Saptanan Maya-Küf Sayıları ($\log_{10}$ kob/g $\pm$ Standart sapma)	53
Tablo 9. Balık Köftelerinde Saptanan pH Değerleri (Ortalama $\pm$ Standart sapma)	56
Tablo 10. Balık Köftelerinde Saptanan Toplam Uçucu Bazik Azot (TVB-N) Değerleri (mg N/100g numunede) (Ortalama $\pm$ Standart sapma)	59
Tablo 11. Balık Köftelerinin Saptanan Tiyobarbitürik Asit (TBA) Değerleri (mg malonaldehit/kg) (Ortalama $\pm$ Standart sapma)	62

Tablo 12. Balık Köftelerinde Saptanan Kuru Madde Oranları (%) (Ortalama $\pm$ Standart sapma)

65



ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1. Balık Köftelerinde Muhafaza Sürecinde Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri Sayısında Meydana Gelen Değişimler ($\log_{10}$ kob/g $\pm$ Standart sapma)	42
Şekil 2. Balık Köftelerinde Muhafaza Sürecinde Psikrotrof Bakteri Sayısında Meydana Gelen Değişimler ($\log_{10}$ kob/g $\pm$ Standart sapma)	45
Şekil 3. Balık Köftelerinde Muhafaza Sürecinde <i>Enterobacteriaceae</i> Sayısında Meydana Gelen Değişimler ($\log_{10}$ kob/g $\pm$ Standart sapma)	48
Şekil 4. Balık Köftelerinde Muhafaza Sürecinde Koliform Grubu Bakteri Sayısında Meydana Gelen Değişimler ($\log_{10}$ kob/g $\pm$ Standart sapma)	51
Şekil 5. Balık Köftelerinde Muhafaza Sürecinde Maya-Küf Sayısında Meydana Gelen Değişimler ($\log_{10}$ kob/g $\pm$ Standart sapma)	54
Şekil 6. Balık Köftelerinde Muhafaza Sürecinde pH değerinde Meydana Gelen Değişimler (Ortalama $\pm$ Standart sapma)	57
Şekil 7. Balık Köftelerinde Muhafaza Sürecinde Toplam Uçucu Bazik Azot (TVB-N) Sayısında (mg N/100g numunede) Meydana Gelen Değişimler (Ortalama $\pm$ Standart sapma)	60
Şekil 8. Balık Köftelerinde Muhafaza Sürecinde Tiyobarbitürik Asit (TBA) Değerinde Meydana Gelen Değişimler (mg malonaldehit/kg) (Ortalama $\pm$ Standart sapma)	63
Şekil 9. Balık Köftelerinde Muhafaza Sürecinde Kuru Madde Oranında Meydana Gelen Değişimler (%)(Ortalama $\pm$ Standart sapma)	66

KISALTMALAR LİSTESİ

FAO:	Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
TMA-O:	Trimetil aminoksit
Eh:	Redüksiyon Potansiyeli
ATP:	Adenozin Trifosfat
IMP:	İnosin Mono Fosfat
MAP:	Modifiye Atmosfer Paketleme
PVC:	Polivinilklorid
PE:	Polietilen
PP:	Polipropilen
PET:	Polietilentereftalat
TVB-N:	Toplam Uçucu Bazik Azot
TMA:	Trimetil Amin
TBARS:	Tiyobarbütirik Asit Reaktif Maddeleri
PCA:	Plate Count Agar
VRBGA:	Violet Red Bile Glucose Agar
VRBA:	Violet Red Bile Agar
DRBCA:	Dichloran Rose Bengal Chloramphenicol Agar
AOAC:	Association of Official Analytical Chemists

EC: Commission Regulation

TSE : Türk Standartları Enstitüsü

ISO: International Organization for Standardization / Uluslararası
Standardizasyon Örgütü

TMAB: Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri

Log: Logaritma



1. ÖZET

Bu çalışmada, modifiye atmosfer paketlenmenin (MAP) aynalı sazan (*Cyprinus carpio* L. 1758) köftelerinin mikrobiyolojik (toplam mezofilik aerobik Bakteri (TMAB), psikrotrof bakteri, *Enterobacteriaceae*, koliform grubu bakteriler, maya ve küf sayımı) ve kimyasal kalitesi (pH, kuru madde, toplam uçucu bazik azot (TVB-N), tiyobarbitürik asit (TBA) sayısı) üzerine etkisi araştırıldı. Araştırmada materyal olarak Elazığ Keban Baraj Gölü'nde yeni avlanmış aynalı sazan balıklarının filetoları kullanılarak bir kontrol (K) ve üç deneme grubu (D1, D2 ve D3) köfte örnekleri hazırlandı. K grubu normal atmosfer bileşimi ile ve deneme gruplarından D1; %55 CO₂ + %15 O₂ + %30 N₂, D2; % 65 CO₂ + %10 O₂ + %25 N₂ ve D3; %75 CO₂ + %10 O₂ + %15 N₂ bileşimli modifiye atmosferik paketlenme yapılarak örnekler +4°C'de muhafaza edildi. Örnekler muhafazanın 0, 3, 6, 9, 12, 15 ve 18. günlerinde analiz edildi. K örnekleri 9. günde, D1 örnekleri 15. günde, D2 ve D3 örnekleri ise 18. günde duyusal olarak kabul görmediğinden imha edildi.

Mikrobiyolojik analiz sonuçları log₁₀ kob/g olarak verildi. Soğuk muhafazanın başında TMAB sayısı 4,17±0,13 iken muhafaza sürecinde K grubunda 7,44±0,35, D1 grubunda 7,93±0,35, D2 grubunda 7,86±0,17 ve D3 grubunda 7,52±0,12 olarak tespit edildi. Psikrotrof bakteri sayısı muhafaza başlangıcında 3,79±0,04 iken muhafazanın sonunda K grubu 6,75±0,08, D1, D2 ve D3 ise sırayla 7,11±0,09, 6,83±0,06 ve 6,92±0,14 olarak tespit edildi. *Enterobacteriaceae* sayısı başlangıçta 2,50±0,15 iken muhafaza süresi sonunda K, D1, D2 ve D3 örneklerinde sırayla 4,48±0,45, 4,91±0,57, 4,86±0,10 ve 4,75±0,09 olarak tespit edildi. Koliform grubu bakteri sayısı muhafaza başlangıcında 3,31±0,08 iken muhafaza sonunda K, D1, D2 ve D3 örneklerinde sırayla 6,17±0,11, 6,30±0,13, 5,66±0,18 ve 5,80±0,11

olarak tespit edildi. Maya küf sayısı başlangıçta $3,12 \pm 0,45$ iken muhafazanın sonunda K, D1, D2 ve D3 örneklerinde sırayla $5,08 \pm 0,06$, $5,33 \pm 0,08$, $5,22 \pm 0,06$ ve $5,00 \pm 0,24$ olarak saptandı. K grubuna göre diğer gruplarda mikrobiyel üremenin daha yavaş olduğu saptandı. Mikrobiyolojik analizlerde D2 ve D3 gruplarının daha uzun süre kalitelerini korudukları, gruplar arasındaki farkların istatistiksel açıdan önemli olduğu belirlendi ($p < 0,05$).

Muhafazanın başlangıcında örneklerin pH değeri $6,44 \pm 0,08$ iken bu değer muhafazanın sonunda K, D1, D2 ve D3 örneklerinde sırayla $6,10 \pm 0,06$, $5,77 \pm 0,08$, $5,79 \pm 0,02$ ve $5,82 \pm 0,11$ olarak tespit edildi. Kuru madde oranı (% w/w) başlangıçta $36,37 \pm 0,16$ iken muhafazanın sonunda K, D1, D2 ve D3 örneklerinde sırayla $36,45 \pm 0,35$, $36,86 \pm 0,21$, $37,02 \pm 0,15$ ve $36,88 \pm 0,05$ olarak saptandı. Muhafazanın başlangıcında örneklerin TVB-N değeri $17,80 \pm 0,24$ mg N/100g iken bu değer muhafazanın sonunda K, D1, D2 ve D3 örneklerinde sırayla $30,56 \pm 0,76$, $36,31 \pm 0,47$, $36,52 \pm 0,88$, $35,55 \pm 0,71$ olarak tespit edildi. TBA sayısı (mg malonaldehit/kg) başlangıçta $0,39 \pm 0,02$ iken bu değer muhafazanın sonunda K, D1, D2 ve D3 örneklerinde sırayla $1,39 \pm 0,04$, $2,09 \pm 0,05$, $2,25 \pm 0,08$, $2,20 \pm 0,03$ olarak tespit edildi.

pH ve kuru madde bakımından bütün gruplar arasında istatistiksel farkın önemli olmadığı ($p > 0,05$) tespit edildi. TVB-N değeri bakımından 9. günde K grubu ile diğer gruplar arasında, 12. ve 15. günde ise D1 grubu ile D2 ve D3 grupları arasında, TBA sayısı bakımından 6. ve 9. günde K ve D1 grupları ile D2 ve D3 grupları arasında, 12. ve 15. günde ise D1 grubu ile D2 ve D3 grupları arasında önemli derecede istatistiksel fark olduğu saptandı ($p < 0,05$). TVB-N değeri ve TBA

sayısının D2 ve D3 gruplarında muhafaza süresince diğer gruplara göre daha yavaş yükseldiği belirlendi.

Sonuç olarak balık köftelerinin modifiye atmosfer paketlenme ile soğuk muhafaza süresinin uzadığı, Kontrol örneklerinde 9. günde, D1 örneklerinde 15. günde, D2 ve D3 örnekleri ise 18. günde ilk bozulma belirtileri görüldü.

Anahtar Kelimeler : Aynalı sazan (*Cyprinus Carpio L.*, 1758), balık köftesi, modifiye atmosfer paketlenme (MAP).



2. ABSTRACT

EFFECT OF MODIFIED ATMOSPHERE PACKAGING ON MICROBIOLOGICAL AND CHEMICAL QUALITY OF MİRRORED CARP (*Cyprinus Carpio* L., 1758) FISHBALLS.

In this study, effect of modified atmosphere packaging (MAP) on the microbiological (Total mesophilic aerobic bacteria (TMAB), psychrophilic bacteria, *Enterobacteriaceae*, coliform group bacteria, yeast and mold count) and chemical (pH, dry matter, total volatile basic nitrogen (TVB-N), thiobarbituric acid (TBA) number) quality of mirror carp (*Cyprinus carpio* L. 1758) meatballs was investigated. In the study, one control (K) and three experimental groups (D1, D2 and D3) of meatball samples were prepared by using fillets of fresh caught mirror carp in Elazığ Keban Dam Lake as material. K group with normal atmosphere composition and D1 from experimental groups; 55% CO₂ + 15% O₂ + 30% N₂, D2; 65% CO₂ + 10% O₂ + 25% N₂ and D3; Samples were stored at +4°C by using modified atmospheric packaging with 75% CO₂ + 10% O₂ + 15% N₂ composition. Samples were analyzed on days 0, 3, 6, 9, 12, 15 and 18 of storage. K samples were spoiled on the 9th day, while D1 samples on the 15th day, and D2 and D3 samples on the 18th day since they were not accepted as sensory (odor, appearance, taste).

Microbiological analysis results were given as log₁₀ cfu/g. While the number of TMAB at the beginning of the cold storage was 4.17±0.13, it reached to 7.44±0.35 in the K group, 7.93±0.35 in the D1 group, 7.86±0.17 in the D2 group and 7.52±0.12 in the D3 group during storage. The numbers of psychrophilic bacteria were 3.79±0.04 at the beginning at the end of the storage they reached to

6.75±0.08 in the K group and 7.11±0.09, 6.83±0.06 and 6.92±0.14 in groups D1, D2 and D3 respectively. The number of Enterobacteriaceae was determined as 4.48±0.45, 4.91±0.57, 4.86±0.10 and 4.75±0.09 in K, D1, D2 and D3 samples, respectively. The number of coliform bacteria was determined as 6.17±0.11, 6.30±0.13, 5.66±0.18 and 5.80±0.11 in K, D1, D2 and D3 samples, respectively. The yeast-mold count was 3.12±0.45 at the beginning, while it was 5.08±0.06 at the end of the storage in samples K, D1, D2 and D3, respectively. It was determined as 5.33±0.08, 5.22±0.06 and 5.00±0.24. It was determined that microbial growth was slower in the other groups compared to the K group. In microbiological analysis, it was determined that the D2 and D3 groups preserved their quality for a longer period of time, and the differences between the groups were statistically significant ($p<0.05$).

While the pH value of the samples was 6.44±0.08 at the beginning of the storage, this value was determined as 6.10±0.06, 5.77±0.08, 5.79±0.02 and 5.82±0.11 in the K, D1, D2 and D3 samples at the end of the storage, respectively. While the dry matter ratio (% w/w) was 36.37±0.16 at the beginning, it was found as 36.45±0.35, 36.86±0.21, 37.02±0.15 and 36.88±0.05 at the end of storage in K, D1, D2 and D3 samples, respectively.

While the TVB-N value of the samples was 17.80±0.24 mg N/100g at the beginning of the storage, this value was found to be 30.56±0.76, 36.31±0.47, 36.52±0.88, 35.55±0.71 in the F, D1, D2 and D3 samples at the end of the storage, respectively. While TBA count (mg malonaldehyde/kg) was 0.39±0.02 at the

beginning, this value was found as 1.39 ± 0.04 , 2.09 ± 0.05 , 2.25 ± 0.08 , 2.20 ± 0.03 at the end of storage in K, D1, D2 and D3 samples, respectively.

It was determined that there was no statistically significant difference between all groups in terms of pH and dry matter ($p > 0.05$). In terms of TVB-N value, it was between the K group and other groups on the 9th day, between the D1 group and D2 and D3 groups on the 12th and 15th days, and between the K and D1 groups and D2 and D3 groups on the 6th and 9th days in terms of the number of TBA. On the 12th and 15th days, there was a significant statistical difference between the D2 group and the D2 and D3 groups ($p < 0.05$). It was determined that the TVB-N value and TBA number increased more slowly in the D2 and D3 groups compared to the other groups during storage.

As a result, the first signs of deterioration were observed on the 9th day in the Control samples, on the 15th day in the D1 samples, and on the 18th day in the D2 and D3 samples.

Key Words : Mirror carp (*Cyprinus Carpio L.*, 1758), fish ball, modified atmosphere packaging (MAP)

3. GİRİŞ

İnsanların sağlıklı bir yaşam sürmesinin temel kriterlerden birisi sağlıklı beslenmedir. Tüketiciler, kolay hazırlanabilir, besin değeri yüksek, en az miktarda katkı maddesi barındıran, uzun raf ömürlü, daha iyi niteliklerde olan ve yaşam şeklinin gereksinimine uygun gıdaları tercih etmeye başlamışlardır (1). Tüketicilerin bilinçlenmesi ve gelişen gıda teknolojisi günümüzde ürün kalitesini iyileştirme çabalarını da artırmıştır (1). Dengeli ve sağlıklı beslenmenin önemini kavrayan ülkeler hayvansal kaynaklı protein ihtiyacını gidermek için deniz, göl, baraj vb. su kaynaklarından daha çok faydalanmanın yollarını aramaktalar (2). Denize kıyısı olan ülkeler protein açığını gidermenin yanında ülke ekonomisi bakımından da su ürünlerine büyük önem vermektedirler. Türkiye, üç tarafında denizlerin olması, çok fazla doğal göl, gölet ve baraja sahip olmasına karşın, su ürünleri üretimi bakımından yetersizdir (3).

3.1. Balık Eti ve Balık Etinin Beslenmedeki Önemi

İnsanların sağlıklı bir yaşam sürdürmesinin temel kriterlerinden biri dengeli beslenmedir. Sağlıklı bir yaşam için bedenin, ruhun sağlıklı olması ve bu yapının bozulmadan uzun süre idame ettirilmesi gereklidir. Yetersiz ve dengesiz beslenme sadece fiziksel büyümeyi değil aynı zamanda zihinsel gelişimi de etkilemektedir. Bu konuda yapılan bilimsel çalışmalar büyüme ve gelişme döneminde olan çocuklar arasında yeterli ve dengeli beslenenlerin diğerlerine göre zihinsel gelişiminin daha iyi olduğunu bildirmektedir (4). Dengesiz beslenme, vücut direncini düşürerek enfeksiyonlara duyarlı kılmakta, hastalığın ağır geçmesine ve öldürücü yan etkilerin gelişmesine neden olmaktadır (4).

Türkiye iklim şartları ve sahip olduğu coğrafi konumu sebebiyle deniz, tatlı su ve kültür balıkçılığı bakımından çok büyük bir potansiyele sahiptir. Bu potansiyelinin planlı bir şekilde kullanılması ile uluslararası balıkçılık ekonomisinde önemli bir yer alması ve konumunu güçlendirmesi mümkün olacaktır (5). Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) su ürünleri üretimini 2021 yılında bir önceki yılında 2020 yılına göre %1,8 artarak 799 bin 851 ton olarak gerçekleştirdiği belirtilmektedir (6). Kişi başı yıllık su ürünleri tüketimi 2018 yılında 6.14 kg, 2019 yılında ise %2 artarak 6,26 kg olarak gerçekleştiği bildirilmektedir (7). Dünya ülkelerinde ise kişi başı ortalama su ürünleri tüketim miktarı 16.3 kg/yıl iken, Avrupa’da 23 kg/yıl civarında olduğu belirtilmiştir (8).

Dünyada toplam su ürünleri üretim miktarı son yıllarda 90 milyon ton üzerinde seyretmekle birlikte üretim miktarı sürekli artmaktadır (9). Dünya ortalama su ürünleri üretim miktarı 2016 yılında 171 milyon ton olarak gerçekleşmiştir (8). Yapılan bilimsel çalışmalarda gelecek yıllarda su ürünlerine yapılan yatırımların daha da artacağı, 2030 yılında elde edilen su ürünleri miktarında yetiştiricilik ve avlanma yolu ile elde edilen miktarların eşitleneceği ve ileriki dönemlerde su ürünleri yetiştiriciliğinin avcılık sektörünü geride bırakacağı tahmin edilmektedir (9).

Balık eti ekonomik ve besleyici değeri bakımından büyük önem arz etmektedir (10). Balık eti, biyolojik değerinin yüksek olması ve doymamış yağ asitlerini yüksek oranlarda içermesi bakımından insan beslenmesinde önemli yer tutmaktadır. Balıkların kimyasal bileşimi yaşa, türe, cinsiyete, mevsime ve çevresel faktörlere bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Balık etinin, % 1-3 oranında glikojen, % 0.8-2 oranında mineral madde, % 0.1-22 oranında yağ, % 15-24

oranında protein ve % 66-84 oranında su içerdiği belirtilmektedir (11). Tatlı su balıklarında ise nem oranının % 67.5-81.6, protein oranının % 12.3-21.5, yağ oranının % 0.6-11.2 ve kül oranının % 0.7-3.8 arasında olduğu belirtilmiştir (12). Ancak yüksek oranlarda protein ve doymamış yağ asitleri içeren balıketi pH değerinin ve su içeriğinin yüksek olmasından dolayı kolayca bozulabilmektedir. Balıklar avlanmalarını takiben uygun şartlarda muhafaza edilmediğinde birkaç saat içinde bozulabilmektedirler. Bu sebeple balıklar da dâhil tüm su ürünleri avlandıktan hemen sonra uygun yöntemlerle muhafaza edilmeli, soğuk zincirde taşınmalı ve uygun yöntemle işlenmelidir (13,14). Bu nedenle çok farklı işleme teknolojileri geliştirilmiş olup hepsinin ortak amacı mevcut kaliteyi koruyarak, balıketinin raf ömrünü uzatmaktır (15). Balık kıyması, balık etinin işlenmiş ürün olarak değerlendirilmesinde tercih edilen yöntemlerden birisidir (16). Bu şekilde elde edilen balık kıymasından üretilen geleneksel ürünlerden biriside balık köftesidir (16).

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO), dünyada su ürünlerinin %46'sının taze, %29'unun dondurulmuş, %14'ünün konserve, %11'sinin ise tuzlanmış, kurutulmuş, dumanlanmış veya farklı işlem görmüş şekilde tüketildiğini bildirmiştir (8). Balıkçılık ürünleri tüketimi denize kıyısı olan balıkçılık sektöründe gelişmiş ülkelerde farklı şekillerde olmasına karşın Türkiye'de taze balık tüketim alışkanlığı işlenmiş ürünlere göre daha fazladır Türkiye'de işlenmiş ürünlerin büyük çoğunluğu yurt dışına ihraç edilmektedir (17). Bu tüketim alışkanlığının ana nedeni tüketicilerin taze ve işlenmemiş ürünlerin daha sağlıklı olduğuna inanması ve damak alışkanlığından kaynaklandığı belirtilmektedir (17). Ülkemizde nüfus artışı, su ürünleri üretiminin olmadığı zamanlarda da tüketilme isteği, kentleşme

ve sanayileşme ile çalışan kadın sayının artmasına bağlı olarak beslenme alışkanlığının giderek tüketime yarı hazır veya hazır ürünlere yönelmesi su ürünlerinin işlenmesini zaruri hale getirmiştir (18).

Gıdalarda ürün çeşitliliğinin artması, paketlenme ve ambalajlama üzerine yapılan çalışmaları da yoğunlaştırmıştır. Bu sebeple birçok patojen mikroorganizma ve maya-küf üremesini engellemek için özellikle meyve-sebze yetiştiriciliği ve et sektöründe modifiye atmosferde paketlenme yönteminin kullanımı hızla artmıştır (19). Su ürünlerinin çabuk bozulabilir olmasından dolayı su ürünlerinin muhafaza yöntemleri ve işleme teknolojileri önem kazanmıştır (20). Balık eti hem bileşimi hem de yüksek pH değeri sebebi ile bakterilerin üremesi için uygun bir ortam olup mikrobiyel bozulmaya çok yatkındır (21). Bu sebeple avlama, muhafaza ve işleme basamaklarında hijyene dikkat edilmeli, uygun teknolojik yöntemlerle üretilmelidir. Modifiye atmosferde paketlenme (MAP) su ürünleri endüstrisinde kullanılmaktadır (21). Kaliteli ürün için hammaddenin ve katkı maddelerinin kaliteli olması gerekir (21).

MAP yöntemi, paketlenmiş gıdaların etrafını saran gaz bileşiminin değiştirilmesi ile gıdalarda oluşabilecek biyokimyasal, mikrobiyolojik ve enzimatik reaksiyonları engellemektedir. Böylece ürünün kalitesi belli bir süre korunarak raf ömrü uzatılmaktadır (19).

3.2. Balıklarda Bozulma

Gıdaların duyuşal niteliklerinde (lezzet, koku, renk aroma, tekstür ve görünüş vb.) meydana gelen istenmeyen değişiklikler bozulma olarak tanımlanmaktadır. Balıklarda bozulma üzerinde balıkların yaşı, türü, cinsiyeti, şekli, yağın bileşimi ve açlık durumu etkilidir. Örneğin yağlı balıklar yağsız

balıklara göre çok daha hızlı okside olduklarından bozulmaları da daha hızlı olmaktadır. Yine yassı balıklar silindirik balıklara göre, avlandıkları anda tok olanlar aç olan balıklara göre daha çabuk bozulmaktadır (22). Balıkların avlandıktan hemen sonra ölüm olayı ile vücut savunması da durur ve bu süreçte solungaçlarda, bağırsaklarda ve deride bulunan bakteriler ile kaslarda doğal olarak bulunan enzimlerin etkinlikleri sonucu etin yapısında önemli değişimler ortaya çıkar. Bu durum sonucunda balıkentinin tekstüründe, lezzetinde, görünüşünde ve kokusunda bozulmalar ortaya çıkar (22). Balıketi, bağ doku oranının düşük su oranının ise yüksek olmasından dolayı çok çabuk bozulmaktadır. Yakalanmalarının ardından geçen sürede balıklar uygun şartlarda muhafaza edilmediklerinde bozulma başlamaktadır (23).

Balıklar çeşitlerine göre farklı bozulma süreçlerine ve niteliklerine sahiptirler. Bu bozulma balıkların türüne, cinsine bağlı olduğu gibi avlanmasını takiben balıkların maruz kaldıkları işlemlere bağlı olarak da değişmektedir. Yeni avlanan balıkların muhafaza sürecinde uygulanan fiziksel muameleler de bozulma sürecini etkilemektedir (24). Balıklarda bozulma olayı avlama sonrası ortaya çıkan fiziksel, kimyasal, mikrobiyel ve enzimatik reaksiyonlar sonucu meydana gelmektedir (25).

Mikrobiyel bozulma, mikroorganizmaların faaliyetleri sonucunda gıdaların tüketimini, kullanımını sınırlandıracak veya ortadan kaldıracak değişikliklere neden olmaktadır. Yeni avlanan sağlıklı bir balığın kası steril olup, balıklar avlanmalarını takiben uygun koşullarda muhafaza edilmez ise mikrobiyel üremeye çok uygun olduğu için bozulma başlar (22). Bu özelliklerinden dolayı balıklar avlandıktan sonra nakliye, dağıtım, işleme, paketlenme ve satış aşamalarından son tüketiciye

ulaşana kadar muhafaza ve hijyen şartlarına dikkat edilmeli ve her türlü kontaminasyondan kaçınılmalıdır.

Mikrobiyolojik aktiviteyi etkileyen iç ve dış faktörler bulunmaktadır (22). İç faktörler, su içeriği, post-mortem pH değeri ($\text{pH} > 6$), trimetil aminoksit (TMA-O) ve protein yapsında olmayan azotlu bileşikler (NPN), oksidasyon/redüksiyon potansiyeli (Eh)'dir. Dış faktörler arasında çevresel kaynaklı kontaminasyonlar ve muahafaza sıcaklıkları yer alır. Balıkların özellikle bağırsaklarından ve pilorik seka'dan geçen tripsin ve diğer alkalın proteazlar konnektif doku proteinlerinin parçalanmasına neden olurlar. Bu şekilde meydana gelen otolitik reaksiyonlar da mikrobiyolojik bozulmaya neden olabilmektedir (22). Bozuk balıkların tüketimi sonucu tüketicide toksikasyon oluşabilir. Örneğin, *Clostridium botulinum* tip E'nin ürettiği toksinin sebep olduğu botulizm ve *Vibrio parahaemolyticus* tarafından üretilen toksinlerin neden olduğu gastroenteritis örnek olarak verilebilir (22).

Balık avlandıktan hemen sonra kimysal ve mikrobiyel olaylar başlamaktadır (26). Balıklarda sıklıkla mikrobiyel bozulma olmakla birlikte, kas dokusunda mevcut olan ve bağırsaklardan kas dokuya geçen endojen enzimlerin sebep olduğu otolitik reaksiyonlar da bozulmalarda rol oynar (22). Ölüm sonrası dönemde balıkların kas dokusundaki ATP, TMA-O, lipidler, proteinler ve protein tabiatında olmayan azotlu bileşiklerde meydana gelen enzimatik reaksiyonlar kalite kaybına neden olmaktadır (22). Balıklar avlandıktan sonra ATP'nin yıkıma uğraması sonucu ete hoş koku veren inosin mono fosfat (IMP) açığa çıkmaktadır. Ancak bu olay sonucunda ortaya çıkan IMP'nin daha ileri seviyede parçalanması ile tat ve aromada istenmeyen değişimler meydana gelir (22). Total volatil bazlar, diaminler ve histamin balıklarda bozulma indikatörü olarak kullanılmaktadırlar. Taze balıklar

çok düşük (eseri miktarda) oranda biyogen amin içermektedir. Örneğin histamin, histidin amino asidini parçalayan bakterilerin sentezlediği histidin dekarboksilaz enzimi tarafından üretilir. Histamin yüksek seviyelerde alındığında, anaflaktik şok ve allerjiye neden olmaktadır (22).

Balıkların bozulmasında doymamış yağ asitlerinin oksidasyonu sonucu oluşan hidroperoksit ara ürünü de rol almaktadır. Acımış yağların tipik koku ve lezzetlerinin bozunma ürünlerinden, hidroperoksitlerden ve oluşan diğer maddelerden kaynakladığı belirtilmektedir (27). Lipid oksidasyonu balık ve su ürünlerinin fazla sayıda çoklu doymamış yağ asitleri içermesi sebebiyle raf ömürlerinin kısalmasına, ürün kalitesinin bozulmasına, besin değerinin düşmesine neden olan önemli etkenlerden biridir (28). Su ürünlerinde çoklu doymamış yağ asitlerinin enzimatik veya enzimatik olmayan reaksiyonlarla oksitlenmesi sonucu peroksiradikallerin ve hidroperoksiradikallerin uçucu yıkım ürünleri oluşmakta, oluşan bu ürünler yağların acılaşmasına neden olmaktadır (29).

3.3. Aynalı Sazan Balığının Genel Özellikleri

Sazan balığı Cyprinidae (sazangiller) familyasının *Cyprinus* cinsinin *carpio* L. türüdür. Dünyadaki balık familyaları içerisinde en fazla tür içeren aile sazangillerdir. Sazan balıkları ılıman iklim balıkları olsalar da değişik ortam koşullarına kolaylıkla adapte olabilmektedir. Günümüzde balıklar arasında yetiştiriciliği en yaygın olan sazan balıklarının Anadolu ve Güneydoğu Asya kökenli olduğu bildirilmektedir (12). Aynalı sazan balıkları *Cyprinus carpio* LINNAEUS, 1758 olarak bilinirler. Aynalı sazan balığının vücudu oval bir şekilde uzunca olup sırtı yüksek ve geniştir. Vücudundaki pullar büyük olup tek tük vücuduna dağılmış şekildedir ve parlaktır. Baş kısmı iri ve çıplaktır. Pullar genelde

sırt kısmının her iki yanında ve sırt yüzgeci boyunca, karın ve göğüs yüzgeçlerinin vücuda bağlantı yerlerinin etrafında toplanmışlardır. Bu balık türü kültür balığıdır ve yetiştiricilik ile su kaynaklarının balıklandırılması çalışmalarında en çok kullanılan balık türüdür. Aynalı sazan balıklarının ağız kısmı nispeten küçük ve vücudun uç kısmındadır. Dudak yapısı iri ve etlidir. Bu balıkların rengi genellikle sırt kısmında siyah, yan bölgelerde kirli sarı, karın kısmı ise gribeyazdır. Yaşam ortalamalarına ve beslenme durumlarına göre boyları bir metreyi geçebilmekte ağırlıkları 40 kg civarını bulabilmektedir. Aynalı sazan balıkları su sıcaklıklarının 18-20°C ulaşması ile ilkbahar ve yaz aylarında yumurtlamaya başlarlar. Yumurtalarını, uygun sıcaklık koşullarına ulaşıldığında suyun sığ ve bol bitkili kesimlerine bırakırlar (30). Keban baraj gölündeki aynalı sazanlar üzerine yapılan bir araştırmada balıkentinin % 0.93 kül, % 2.5 yağ, % 17.8 protein, % 78.84 su içerdiği tespit edilmiştir. Ayrıca balıkların et veriminin % 45.2 ile % 55.78 arasında olduğu belirtilmiştir (31).

3.4. Ambalajlama Hakkında Genel Bilgiler

Ambalaj, ürünlerin tanıtılmasını sağlama ve tüketiciyi satın almaya özendirmenin yanında içine konulan ürünleri koruyan, dayanımını arttıran, yükleme, taşıma, boşaltma, depolama kolaylığı sağlama gibi işlemlere sahiptir.

Ambalaj gıda sanayisinde, içerisinde bulunan ürünleri tüketiciye bozulmadan, güvenilir olarak, en az maliyetle ulaşımını ve tanıtımını sağlayan bir araç olarak tanımlanmaktadır (32). Gıda güvenliği açısından ambalaj ise, içine konulan gıdayı ısı, ışık, hava, nem, oksijen, koku, mikroorganizma, fiziksel ve kimyasal etki gibi çevresel etkenlerden koruyan giysi olarak tanımlanmaktadır. Ürün bilgilerini tüketiciye sunarak ürünün son tüketiciye ulaşımını kolaylaştırır.

Gıda sanayinde ambalaj genel olarak iç (ürün ile direkt temas eden kısım) ve dış (iç ambalajdaki bir veya birden fazla bölümü bir arada tutan kısım) ambalaj olarak iki ana grup şeklinde ele alınmaktadır. Gıda ürünlerinin paketlenmesinde özellikle iç ambalajın kalitesi son derece önemlidir (32).

Günümüzde ürün çeşitliliğinin artmasıyla birlikte tüketiciler de tercih yaparken seçici davranmaktadır. Satın alacakları ürünlerin hijyenik koşullarda üretilmiş olduğuna ve sağlıklı olup olmadıklarına dikkat etmektedirler. Bu nedenle ambalaj tüketicilerin ürün tercihinde büyük rol oynamaktadır (33). Ambalaj ürünlerin sunumu ve tanıtılmasında önemli bir unsurdur. Ambalaj sesiz bir satıcı olarak görülmekte ve önemli derecede rekabet ortamı oluşturmakta aynı zamanda tüketicilerin tercihlerinde önemli bir yer tutmaktadır (34). Alışverişin kişiselleştiği, satıcı ve alıcının daha az görüştüğü, alışverişin sanal ortamlarda yapılmaya başlandığı günümüzde ambalaj ürünü sattıran ciddi etken haline gelmiştir.

Ticari olarak gıdaların ambalajlanma amacı, gıdaların duysal ve besleyici değerlerini korumak, sağlık açısından güvenilir ürünlerin halka ulaştırılmasını sağlamaktır. Bunu sağlayabilmek için de gıdalardaki mikroorganizmaların gelişmelerini takip etmek, istenmeyen fiziksel, kimyasal ve enzimatik değişimleri kontrol altına almak ve kontaminasyonu engellemek gerekir (35). Ambalajların geçirgenlik özellikleri ile ilişkili olarak ürünlerle olan reaksiyonları değişmektedir. Ambalajların ışık, koku, aroma, su buharı, oksijen ve karbondioksit geçirgenlik özellikleri bazı mikrobiyolojik, fiziksel ve kimyasal değişimlerin ortaya çıkmasına sebep olmaktadır (32).

Günümüzde gıda ambalajlama teknolojisinde büyük ilerlemeler kaydedilmiş ve çeşitli ambalajlama malzemeleri kullanılmaya başlanmıştır. Gıda

sanayinde daha çok cam, çeşitli plastikler, alüminyum, kağıt, karton, mukavva ambalaj materyali olarak kullanılmaktadır. Ambalaj malzemesi seçiminde maliyet, yasal düzenlemelere uygunluk, gıdayla ambalajın gösterebileceği reaksiyonlar, gıdaya faydaları, satışa yardımcı olması, paketleme ile ilgili alet ekipman temini ve mekanik işlemlere dayanımı gibi çeşitli etkenler rol oynamaktadır (36).

3.5. Modifiye Atmosfer Paketleme (MAP)

Günümüzde insanların doğadan uzaklaşmalarının bir sonucu olarak doğalına ve tazesine en yakın nitelikte ürün üretme yöntemlerinin uygulanması daha da önem kazanmıştır. Daha sağlıklı ve doğal beslenme tercihi, gıda sanayinde kullanılan kimyasal koruyucuların ve gıda katkı maddelerinin kullanımının minimuma indirilmesi, doğal ingrediyenlerin kullanımı ve gıdaların raf ömrünün uzatılmasına dair çalışmaları artırmaktadır. Gıdaların yapılarındaki istenmeyen değişimler sonucunda meydana gelen bozulmaların engellenmesi ve raf ömürlerinin uzatılabilmesi amacıyla çeşitli gıda koruma ve işleme metotları geliştirilmiştir (32). Bu sebeple paketlenmiş gıdaların etrafını saran atmosferin değiştirilmesiyle gıdalarda ortaya çıkabilecek biyokimyasal, enzimatik ve mikrobiyel reaksiyonların engellenmesi, ürünün kalite niteliklerinin korunması ve raf dayanım süresinin uzatılması prensibine dayanan modifiye atmosfer paketleme yöntemi (MAP) kullanılmaya başlanmıştır (37). MAP teknolojisi ile gıdaların içinde bulundukları ambalajların gaz oranları değiştirilerek, solunum hızının azaltılması, mikrobiyel üremenin engellenmesi, oksidatif ve enzimatik faaliyetlerin yavaşlatılarak ürünlerin raf ömrünün uzatılması amaçlanmaktadır (37,38).

Son yıllarda gıda tüketiminde taze ve pratik ürünlerin tercih sebebi olmasından dolayı, MAP'a olan ilgi gittikçe daha da artmakta ve pek çok gıda

maddesinde kullanımı yaygınlaşmaktadır (39). MAP tekniği başta meyve, sebze, et ve et ürünleri, tahıl ürünleri olmak üzere pek çok gıda ürünü için yaygın kullanılan önemli bir muhafaza metodudur (40,41). MAP yöntemi ile ambalajlanmış gıdaların raf ömrü ve gıda güvenirliliği gıdanın özellikleri, ambalaj için kullanılan gaz veya gaz kombinasyonları, ambalajın yapısı ve özellikleri, ortam hijyeni, depolama sıcaklığı, ambalajlamada kullanılan makine ve ambalajlama işlemi gibi faktörlere bağlıdır (32).

MAP yönteminde istenen etkinliğin sağlanması ve ürünlerin raf dayanım süresinin daha uzun olmasında ürünün başlangıç mikrobiyel yükü büyük önem arz etmektedir. Başlangıç mikrobiyel yükü yüksek olan ürünlerin raf ömrü kısa olmaktadır (42). Ürünün tip ve yapısına göre gaz ya da gaz karışımlarına karar verilmelidir. Ürünlerin organoleptik özelliklerine bağlı olarak tek ya da kombine gaz kompozisyonları kullanılabilir. Ürünlerin muhafaza sürecindeki en önemli etkenlerden biri depolama sıcaklığıdır. Düşük sıcaklıklarda CO₂ etkisini göstermektedir. Depolama aşamasında sıcaklık yükselmesi CO₂ ile inhibe edilen mikroorganizmaların çoğalmasını destekleyebilmektedir. MAP teknolojisinde istenilen etkinliğin sağlanması için dikkat edilecek bir diğer hususta paketleme materyalidir. Kullanılan materyallin delinmeye karşı direnci, mekanik işlemlere dayanıklılığı, buğulanmayı önleyici, yüksek gaz bariyer özelliği, kapatmadaki güvenirliliği, gaz ve su geçirme özelliği dikkate alınmalıdır (32,39).

3.5.1. Modifiye Atmosfer Paketleme Yönteminde Kullanılan Gazlar ve Özellikleri

MAP teknolojisi ile gıdaların paketlenmesinde, ürünlerin özellik ve tipine göre değişmekle birlikte genel olarak oksijen (O₂), azot (N₂) ve karbondioksit

(CO₂) gazları kullanılmaktadır (43,44). Bu ambalajlama yöntemindeki esas amaç ürünün imajını değiştirmek, ürünün duyuşal özelliklerini korumak, ürün dayanım süresini uzatmak, çeşitli patojen mikroorganizmaların, küflerin, mayaların üreme hızlarını yavaşlatmak ya da engellemektir (45).

MAP yönteminde ambalajlanacak gıda ürünü gaz bariyer özelliğı yüksek bir ambalajlama materyali içerisine alınır, ambalajlama materyali içerisindeki hava alınır ve uygun gaz kombinasyonu (CO₂, N₂ ve/veya O₂) verilerek paket hermetik olarak kapatılır. Bu yöntemde ambalaj materyali içerisindeki gaz karışımı sadece başlangıçta modifiye edilebilmekte, kapatma işleminden sonra gaz karışımının ve miktarının ayarlanması mümkün olmamaktadır (43,44).

İdeal gaz kompozisyonları üründen ürüne değışmekle birlikte, MAP’da aşığıdaki gaz karışımları kullanılmaktadır (19),

1. İnert gaz olarak N₂,
2. Yarı-reaktif gazlar olarak CO₂ : N₂ veya O₂ : CO₂ : N₂,
3. Tam-reaktif gazlar olarak CO₂ veya CO₂ : O₂.

3.5.1.1. Oksijen (O₂):

Oksijen gazının bozulmaya neden olan aerobik mikroorganizmaların gelişimini stimüle etmesinin yanında anaerobik mikroorganizmaların gelişmesini inhibe edici etkisi bulunmaktadır. Bileşen açısından yağlı ürünlerde oksidatif acılaşıma, esmerleşme reaksiyonları ve pigment parçalanmaları gibi birçok reaksiyonda rol alan bir gazdır (19). Ambalajlanmış bir üründe oksijen varlığı gıdanın biyokimyasal, kimyasal ve mikrobiyel fonksiyonlarını etkileyip

bozulmalara sebep olduğundan, paketlenen gıdanın tepe boşluğundaki oksijen oranı azaltılmalıdır (46). Bu sebeple MAP teknolojisinde ortamdaki oksijen tamamen alınır ya da seviyesi minimuma düşürülür.

3.5.1.2. Azot (N₂):

Azot gazı, inert bir gaz olup oda sıcaklığında renksiz ve kokusuzdur. Suda ve yağda az çözünebilir bir gazdır ve direkt antimikrobiyel etkisi yoktur. MAP teknolojisinde düşük çözünürlüğü sahip olmasından dolayı paket çökmesini önlemek amacıyla dolgu gazı olarak kullanılmaktadır. Yine oksijenin yerine kullanılması oksidasyonu engellemekte ve aerobik mikroorganizmaların gelişimini inhibe etmektedir (32,46,47).

3.5.1.3. Karbondioksit (CO₂):

Renksiz, kokusuz ancak oda sıcaklığında ve normal basınçta yüksek konsantrasyonlarda hafif asidik kokusu olan bir gazdır. Su ve yağda çözünebilmektedir. MAP teknolojisinde kullanılan gazlar arasında doğrudan antimikrobiyel etkiyi gösteren en önemli gazdır. Mikroorganizmalar üzerindeki antimikrobiyel etkisi mikroorganizmaların lag fazının genişlemesi ve logaritmik üreme fazında üreme süresini uzatması ile üreme hızında azalma şeklindedir (48). Karbondioksitin bu etkisi mikroorganizma sitoplazmasındaki pH'yı düşürerek hücre zarının geçirgenliğini değiştirerek mikrobiyel üremeyi engellemektir (49). Karbondioksitin çözünürlüğü ve antimikrobiyel etkisi düşük muhafaza sıcaklıklarında daha yüksek olmaktadır. Karbondioksit, küflere karşı fungistatik ve özellikle Gram negatif (-) aerobik mikroorganizmalara karşı bakteriyostatik özelliğinden dolayı MAP teknolojisinde önem arz etmektedir. Gram negatif (-) aerobik

bakterilerden en çok etkilenenler *Pseudomonas* ve *Acinetobacter-Moraxella* gruplarıdır. Konsantrasyonuyla doğru orantılı olarak bozulmalara neden olan birçok bakterinin gelişmesini engelleyici özelliğe sahiptir (32). Ambalajlamada kullanılan CO₂'nin çözünürlüğü ortamın pH'sına kullanılan CO₂'nin kısmi basıncına, sıcaklığa, tepe boşluğundaki CO₂ miktarına, organizma tipine, gıdanın su aktivitesine, mikrobiyel yüküne, rutubet, yağ oranı, asitlik gibi gıdanın bileşimine göre değişmektedir (32). MAP teknolojisinde genel olarak %20-40 CO₂ gazı kullanılmaktadır. CO₂ oranı %20'den düşük olduğu zaman bakteri gelişmelerini engelleyememekte, bu oran %40'dan fazla olduğunda ise paketin çökmesine neden olabilmektedir (49). Karbondioksit gazı bazı gıdalarda yağ ve su içerisine kolayca çözünebilmektedir. Gıda bileşimindeki su ile karbondioksitin birleşmesi sonucunda karbonik asit oluşmaktadır. Gıdalarda karbonik asit koruyucu etki gösterebilmekte ancak CO₂ 'nin çözünmesi sonucunda ambalaj içindeki gaz hacminin azalmasına ve paket çökmesine neden olmaktadır. Ayrıca oluşan karbonik asit gıda maddesinde istenmeyen duyuşal değışimlere neden olmaktadır. Yine oluşan karbonik aside bağılı olarak pH değeriinin düşürmesi sonucu aside duyarlı mikroorganizmaların gelişimi engellenir (32,44).

3.5.2. Modifiye Atmosfer Paketleme Yönteminin Avantaj ve Dezavantajları

3.5.2.1. Avantajları:

- Uygulanan ürünlerin raf ömründe %50-400 artış sağlanması,
- Depolama süresi uzun olan ürünlerde ekonomik kayıpları azaltması,
- Uzak mesafelere dağıtıma imkan sağlanması, nakliye giderlerini azaltması,

- Kimyasal koruyucu maddelere ihtiyacı azaltması veya ortadan kaldırması,
- Ürünlerin sunumunun daha güzel olmasını sağlaması,
- Ambalajlama kontrolü sağlaması,
- Ürünün tekrar kontaminasyonunu engellemesi ve su kaybını önlemesi,
- Kokusuz, rahat, kullanışlı ambalajlama sağlamasıdır (32,39,44,50).

3.5.2.2. Dezavantajları:

- Ambalaj malzemesi, gaz ve makinelerin maliyetli olması,
- Sıcaklık kontrolü zorunluluğu olması,
- Değişik ürün tipleri için farklı gaz kompozisyonları gerektirmesi,
- Özel alet-ekipman ve personel eğitimi gerektirmesi,
- Satıcı ve tüketicilerin sıcaklık koşullarına dikkat etmemesi sonucu gıda kaynaklı patojenlerin gelişme potansiyelinin artması,
- Paketlerde açılma veya delinme olursa MAP'ın faydalı etkisinin ortadan kalkması,
- Ambalaj hacminin artmasına bağlı olarak nakliye giderlerinin yükselmesi,
- Gıda ambalajlarında CO₂ çözünmesine bağlı olarak çökme oluşması durumunda tüketiciler tarafından istenmeyen bir görünüşün oluşmasıdır (32,39,44,50).

3.5.3. Modifiye Atmosfer Paketleme Uygulamalarında Kullanılan Ambalajlama Materyalleri ve Özellikleri

MAP teknolojisinde kullanılan polimerler, düşük dansiteli polivinilklorid (PVC), polietilen (PE), polietilentereftalat (PET) ve polipropilen (PP)'dir. Bu ambalaj materyalleri 4 polimerin bir veya daha fazla kombinasyonundan elde edilmektedir. Polipropilenin saydamlığı ve su buharı bariyer özelliği daha güçlüdür. MAP teknolojisinde kullanılacak gaz karışımlarının seçiminde materyallerin geçirgenlikleri, kalınlıkları ve yüzey alanları belirleyici olmaktadır. Paketleme materyallerinin oksijen ve karbondioksit gazları için belli bir geçirgenlik oranları vardır. Genellikle oksijen geçirgenliği fazla olmaktadır (39,51). Modifiye atmosfer paketleme teknolojisinde gıdaların ambalajlanmasında kullanılacak olan gaz kombinasyonları belirlenirken ambalajlanacak gıdanın tipi, özellikleri ve muhtemel bozulma mekanizmaları belirleyici olmaktadır.

3.5.4. Su Ürünlerinin Muhafazasında Modifiye Atmosfer Paketleme Uygulamaları

Balıklar avlandıktan hemen sonra uygun koşullarda soğuk zincir korunarak muhafaza edilmeli, taşınmalı ve işlenmelidir. Soğuk muhafaza ürünlerde mikrobiyel aktiviteyi yavaşlatabilir ancak inhibe edemez (52). Su ürünlerinin soğuk muhafazası mikrobiyel etkinliği yavaşlatsada tek başına tam bir koruma yöntemi değildir. MAP yöntemi mikrobiyel gelişim hızını azaltarak raf dayanım süresini uzatmaktadır ve su ürünleri gibi çok erken bozulan ürünler için en uygun paketleme yöntemidir (53). Su ürünleri çiğ olarak, çeşitli ürünlere işlenerek (dolma, köfte,

burger vb.) paketlenip soğuk muhafaza, süper soğutma gibi yöntemlerle muhafaza edildiği gibi MAP yöntemiyle de paketlenerek de muhafaza altına alınabilir (54,55).

Tüketime hazır veya yarı hazır su ürünlerinin muhafazasında MAP yönteminin kullanımı son yıllarda önemli derecede artmıştır. MAP yöntemi, katkısız, besin değeri korunan, güvenilir gıdaların tüketiciler tarafından talebini karşılayan önemli bir ambalajlama ve muhafaza teknolojisidir. Bu yöntemle, uygun gaz kompozisyonu, ambalaj materyali ve depolama sıcaklığı kullanılarak yarı işlenmiş ürünlerin raf dayanım süresi ve kalitesi uzun süre korunabilir (56).

MAP teknolojisinde yağlı balıklar için doymamış yağ asitlerinin oksidasyonu sonucu ortaya çıkan istenmeyen tat ve koku oluşumunu önlemek için oksijen içermeyen ve %40-60 arası CO₂, %60-40 arası N₂ içeren gaz kompozisyonları tavsiye edilmektedir. Kabuklu, yumuşak deniz ürünleri ve beyaz etli balıklar için %40 CO₂ + %30 O₂ + %30 N₂ veya %40 CO₂ + %60 N₂ gaz kompozisyonları önerilmektedir. Bütün taze balık türleri için oksijenin olmadığı gaz kompozisyonları kullanılabilir (44). Ancak su ürünlerinin MAP yöntemi ile ambalajlanmasında anaerobik patojenlerin potansiyel gelişme sorunlarına yol açabileceği unutulmamalıdır. Uygulamada en önemli tehlike psikrofil patojenlerden *Clostridium botulinum* tip E'nin üremesi ve toksin üretmesidir. MAP yöntemi uygulanmış balık ürünlerinde soğuk zincir mutlaka korunmalı ve kullanılan gaz karışımı bir miktar O₂ gazı içermelidir (32). Ayrıca MAP teknolojisinde aerobik bozulmaya neden olan *Pseudomonas* ve *Acinetobacter/Moraxella* türleri gibi mikroorganizmaların inhibisyonu için kullanılan gaz kombinasyonunda CO₂ gereklidir.

Alabalık burgeri ve dolması üzerine yapılan bir çalışmada (57) ürünler kontrol grubu (atmosferik hava) ve MAP (A: % 5 O₂, % 35 CO₂, % 60 N₂, B: % 30 CO₂, % 70 N₂) olarak üç farklı şekilde ambalajlanmış ve +4°C’de 42 gün boyunca muhafaza edilmiştir. Alabalık burgerleri 7 günde bir, alabalık dolmaları ise üç gün arayla fiziksel, duyuşsal, mikrobiyolojik ve kimyasal analizlere tabi tutulmuşlardır. Analiz sonuçlarına göre alabalık burgerlerinde kontrol grubu olarak paketlenen ürünün raf ömrünün 21 gün, diğer gruplarda (A ve B grubu) ise 35 gün olarak tespit edildiği belirtilmiştir. Alabalık dolmalarında ise raf ömrünün kontrol grubunda 6, A ve B grubunda ise 9 gün olarak belirlenmiştir. A ve B grubu gaz kompozisyonlarının kullanıldığı ürünlerin raf ömürleri arasında anlamlı bir farklılığın olmadığı ve her iki gaz kombinasyonunun da raf ömrünü uzatmada etkili olduğu belirtilmiştir (57).

Göktepe ve Moody (58) tarafından tütsülenmiş kedi balıkları (*Ictalurus punctatus*) üzerine yapılan bir çalışmada, kedi balıkları tütsülendikten sonra *Listeria ivanovii* ile inokule edilmiş sonrasında MAP (%80 CO₂+%20 N₂, %40 CO₂+%30 O₂+%30 N₂) yöntemi ile paketlenerek farklı iki sıcaklıkta (+2°C ve +8°C) muhafaza altına alınmıştır. Muhafaza süresince paketlenen ürünler mikrobiyolojik ve kimyasal açıdan incelenmiştir. Her iki muhafaza sıcaklığında %80 CO₂-%20 N₂ gaz kombinasyonuna sahip grupta *Listeria ivanovii* ve aerobik mikroorganizma sayısında ciddi azalma olduğu fakat diğer gaz kompozisyonunda muhafaza süresince *Listeria ivanovii* sayısında hızlı bir artışın olduğu tespit edilmiştir. Yağ oksidasyonunun minimum olması ve mikrobiyel inhibisyon için +2°C depolama sıcaklığı ve %80 CO₂-%20 N₂ gaz karışımının daha uygun olduğu belirtilmiştir (58).

Dil balığı (*Solea solea*) filetoları üzerine yapılan bir çalışmada (59), %40 CO₂ ve %20 O₂ ile zenginleştirilmiş atmosfer koşulları ve %40 CO₂-%60 O₂ gaz karışımı kullanılarak örnekler paketlenmiş ve +2°C sıcaklıkta depolanan örnekler duyusal, kimyasal ve mikrobiyolojik analizlere tabi tutulmuştur. MAP yöntemi ile ambalajlanan dil balığı ve benzer yağ içerikli balıklar için en uygun gaz kompozisyonun %40 CO₂-%60 O₂ olduğu bildirilmiştir (59).

Giménez ve ark. (60) çipura (*Sparus aurata*) balığı filetolarının raf dayanım süresi üzerine değişik ambalajlama tekniklerinin etkisini incelemek için yaptıkları çalışmada örnekler sterç filim, vakum ve MAP yöntemi ile 4 farklı gaz kompozisyonu (%50 CO₂ - %50 N₂, %50 CO₂ - %40 N₂ - %10 O₂, %50 CO₂ - %30 N₂ - %20 O₂ - %50 CO₂ - %20 N₂ - %30 O₂) kullanılarak ambalajlanmıştır. Vakum paket ve O₂ içermeyen ambalajlarda oksidasyonun daha düşük olduğu, diğer paketlerde ise O₂ miktarının arttıkça oksidasyonun arttığını belirtmişlerdir. Bütün paketler arasında toplam uçucu bazik azot (TVB-N) ve TMA açısından istatistik olarak anlamlı bir değişikliğin olmadığını ve muhafaza süresince incelenen kriterler bakımından %50 CO₂ - %50 N₂ içeren ambalajın en uygun olduğunu bildirmişlerdir.

Gökkuşluğu alabalığı filetoları üzerine yapılan çalışmada (61) balık filetoları çeşitli ambalajlama metotları ile paketlenmiş ve ambalajaların raf ömrü üzerine etkileri incelenmiştir. Örnekler normal hava, vakum ve MAP yöntemi (%50 CO₂+%40 N₂+%10 O₂, %50 CO₂+%40 Ar+%10 O₂, %50 CO₂+%30 N₂+%20 O₂, %50 CO₂+%30 Ar+%20 O₂, %50 CO₂+%20 N₂+%30 O₂, %50 CO₂+%20 Ar+%30 O₂) kullanılarak paketlenmiş ve 1±1°C'de muhafaza edilmiştir. O₂ içeriğinin artmasıyla oksidasyonun arttığını, MAP yönteminde Ar ile N₂ gazı kullanımı arasında anlamlı bir farklılığın olmadığı bildirilmiştir. MAP teknolojisi ile

paketlenen örneklerin raf dayanım süresinin daha uzun olduğu, en ideal gaz kompozisyonunun %10 O₂ içeren gaz kompozisyonlarının olduğunu bildirmişlerdir. Yine gökkuşağı alabalığı üzerine yapılan bir başka çalışmada (62) örnekler kontrol (normal hava), vakum, farklı gaz kompozisyonları kullanılarak MAP yöntemi ile paketlenmiş ve 4±1°C’de 14 gün depolanmıştır. MAP yönteminde %100 CO₂, %90 CO₂-%7.5 N₂-%2.5 O₂ ve %40 CO₂-%30 N₂-%30 O₂ gaz kompozisyonları kullanılmıştır. %30 O₂ içeren gaz kompozisyonu ile paketlenen örneklerde depolamanın 6. gününden sonra lipid oksidasyonun hızla arttığı belirtilmiştir. En düşük tiyobarbütirik asit resktif maddeleri (TBARS) değerinin vakum ve %100 CO₂ içeren ambalajlarda, en düşük TVB-N değerinin ise %100 CO₂ içeren ambalajlarda tespit edildiği bildirilmiştir. Çalışma sonucunda MAP teknolojisinin örneklerdeki mikrobiyel çoğalmayı ve TVB-N artışını yavaşlattığı, duyu kaliteyi koruduğu, diğer kullanılan paketlenme yöntemlerine göre raf dayanım süresini arttırdığı belirtilmiştir.

Sıcak tütülenmiş gökkuşağı alabalık filetoları üzerine yapılan bir çalışmada (63) filetolar tütüldükten sonra vakum ve MAP yöntemi ile iki farklı gaz kompozisyonu kullanılarak (%60 CO₂-%40 N₂ ve %50 CO₂-%50 N₂) ambalajlanmıştır. Raf ömrünün, vakum ambalajlanan örneklerde 33 gün, %50 CO₂ içeren gaz kompozisyonlu örneklerde 40 gün, %60 CO₂ içeren gaz kompozisyonlu örneklerde ise 47 gün olarak saptandığı bildirilmiştir. Depolama süresinin 40. gününde MAP yöntemi ile paketlenen psikrotrof ve aerobik bakteri sayısının kontrol grubuna göre daha az seviyede çıktığı belirtilmiştir.

Levrek filetoları üzerine yapılan bir çalışmada (64) filetolar kontrol grubu ve MAP teknolojisi ile 3 farklı gaz kompozisyonu (%60 CO₂+%40 N₂ , %50

CO₂+%50 N₂ , %40 CO₂+%60 N₂) kullanılarak paketlenmiş ve +4°C'de 21 gün muhafaza edilmiştir. Muhafaza süresi boyunca örnekler duyuşal, kimyasal, fiziksel ve mikrobiyolojik analizlere tabi tutulmuştur. MAP teknolojisi uygulanan filetoların kontrol grununda raf ömrü 7 gün, MAP'ta ise 14 gün olarak saptanmıştır. CO₂ yoğunluğu artıkça mikrobiyel üremenin azaldığı ve raf ömrünün uzadığı gözlemlenmiştir. Kimyasal, mikrobiyel ve duyuşal analizlerde en iyi sonuçları en yüksek CO₂ içeren örneklerden elde edildiğı belirtilmiştir.

Cann ve ark., (65) uskumru balıkları üzerine yaptıkları bir çalışmada balıklar sıcak tütşölendikten sonra %40 CO₂- %30 N₂ - %30 O₂ ve %60 CO₂- %40N₂ olmak üzere iki farklı gaz kombinasyonunda MAP yöntemi ile paketlenerek 0°C'de muhafaza edilmiş ve raf ömrü tespit edilmeye çalışılmıştır. %40 CO₂- %30 N₂ - %30 O₂ gaz kobinasyonu ile paketlenen örnelerde raf dayanım süresi 8 gün iken, %60 CO₂-%40N₂ gaz kombinasyonunda paketlenen öreneklerde 16 gün olduğu belirtilmiştir. Oksijen içeren gaz kompozisyonu ile paketlenen örneklerin raf ömrünün daha az olmasının nedeni oksidasyon sonucu oksidadif acılaşmadan kaynaklandığı bildirilmiştir.

Salamura edildikten sonra tütşölünmüş gökkuşığı alabalığı filetoları üzerine MAP yönteminin etkisini araştırmak amacıyla yapılan bir çalışmada (66) filetolar iki gruba ayrılarak birinci grup kontrol grubu olarak vakum ambalajlanmış, ikinci grup ise MAP yöntemi ile %50 CO₂+%50 N₂ gaz kompozisyonu kullanılarak ambalajlanmıştır. Ambalajlanan örnekler 4±1°C'de muhafaza edilmiş ve muhafazanın 0., 5., 10., 15., 20., 25., 30., 40., 50. ve 60. günlerinde mikrobiyolojik ve kimyasal olarak incelenmiştir. Vakum ambalaja göre MAP yöntemi ile ambalajlanan örneklerde mikrobiyel gelişimin daha yavaş olduğu belirtilmiştir.

Fakat *Pseudomonas* ve *Enterobacteriaceae* sayıları her iki grupta muhafaza süresince tespit limitinin ($<10^2$ kob/g) altında kalmıştır. MAP yöntemi ile ambalajlanan örneklerde TBARS ve TVB-N değerleri vakum ambalajlanan örneklerle göre daha düşük olduğu, muhafaza süresi uzadıkça TBARS ve TVB-N değerlerinin her iki grupta da arttığı belirtilmiştir. Ayrıca çalışma sonucunda lipid oksidasyonunu engellemede MAP yönteminin daha etkili olduğu belirtilmiştir.

Gökkuşığı alabalıklarından hazırlanan çiğ balık köftesinin raf ömrünü belirlemeye yönelik yapılan bir çalışmada (67), hazırlanan köfteler kontrol grubu ve modifiye atmosfer paketlenme teknolojisi ile iki farklı gaz kombinasyonu (MAP1: %35 CO₂- %60 N₂ - %5 O₂, MAP2:%25 CO₂- %70 N₂ - %5 O₂) kullanılarak ambalajlanmış ve $4\pm1^{\circ}\text{C}$ 'de muhafaza altına alınmıştır. Örnekler iki günde bir mikrobiyolojik ve kimyasal olarak incelenmiştir. Kontrol grubunun muhafaza sürecinin 7. gününde, modifiye atmosfer olarak paketlenen örneklerin ise 11. gününde mikrobiyolojik olarak bozulduğu belirtilmiştir.

Altan (68) tarafından MAP yöntemi ile paketlenen alabalık köftesinde mikrobiyel transglutaminaz enziminin ürün kalitesine etkisini incelemek amacıyla için yapılan çalışmada iki farklı oranda mikrobiyel transglutaminaz enzimi ilave edilerek üretilen köfteler kontrol grubu ve MAP yöntemi (%60 CO₂+%40 N₂) ile paketlenmiştir. Örnekler $2\pm2^{\circ}\text{C}$ 'de 24 gün süreyle muhafaza edilmiştir. Hazırlanan alabalık köfte örneklerinin duyusal kimyasal ve mikrobiyolojik analiz sonuçlarına göre raf dayanım süresinin kontrol grubunda 18 gün, diğer gruplarda ise 21 gün olarak tespit edildiği bildirilmiştir.

Gökkuşığı alabalığı filetosunda *Listeria monocytogenes*'in gelişmesi üzerine vakum ve MAP yönteminin etkisini incelemek amacıyla yapılan çalışmada (69), filetolar kontrol (normal hava), vakum ve farklı gaz kombinasyonları (%50 CO₂-%50 N₂, %20 CO₂ -%80 O₂, %90 CO₂-%7.5 N₂-%2.5 O₂) kullanılarak MAP yöntemi ile paketlenmiştir. Paketlenen örnekler +4°C ve +10 °C'de muhafazaya alınarak mikrobiyolojik ve kimyasal özellikleri bakımından incelenmiştir. +10 °C'de depolanan gruplarda %90 CO₂ içeren gaz karışımının mikrobiyel gelişmeyi geciktirdiği, +4°C'de ise MAP yöntemi ile paketlenen örneklerde vakum paketlenen öreneklere göre daha az üreme olduğu belirtilmiştir. TVB-N değeri depolama süresine paralel olarak tüm gruplarda yükselmiş en düşük TVB-N değerinin %90 CO₂ içeren gruplarda tespit edildiği bildirilmiştir.

Yaban mersini ekstraktı eklenen aynalı sazan balığı köftelerinin raf dayanım süresini tespit etmek için yapılan bir çalışmada (2), hazırlanan köfteler kontrol grubu (A), B grubu %1 yaban mersini, C grubu %2 yaban mersini ilave edilerek strafor kaplara konulmuş ve üzerine streç film çekilerek paketlenip +4°C'de depolanmıştır. Muhafaza süresince köftelerde meydana gelen kimyasal, duyuşal ve mikrobiyolojik değişimleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre balık köftelerinin raf dayanım süresi kontrol grubunda 9, yaban mersini ekstraktı ilavesi yapılan gruplarda (B ve C) 12 gün olarak tespit edilmiştir.

Erol (70) tarafından aynalı sazan balığından elde edilen köfteler üzerine sodyum laktat ve thymol'ün etkisini incelemek amacıyla yapılan çalışmada köfte örneklerinden altı farklı grup oluşturulmuştur. Kontrol grubu ve % 0,1 thymol, % 0,25 thymol, % 1 sodyum laktat + % 0,1 thymol ve % 1 sodyum laktat + % 0,25 thymol ilavesi yapılarak hazırlanan örnekler tabaklara konularak streç film ile

sarılmıştır. Paketlenen ürünler $4\pm1^{\circ}\text{C}$ 'de muhafaza altına alınarak muhafazanın 0., 4., 6., 8. ve 12. günlerinde duyusal, kimyasal ve mikrobiyolojik analizlere tabi tutulmuşlardır. Duyusal açıdan thymol konsantrasyonu artıkça aromanın kabul edilemez seviyeye çıktığı, kimyasal kalitesi bakımından gruplar arasında anlamlı bir farklılığın olmadığı, mikrobiyolojik açıdan % 1 sodyum laktat ile % 1 sodyum laktat + % 0,25 thymol ilave edilmiş olan grupların diğer gruplara göre raf dayanma süresinin daha uzun olduğu belirtilmiştir.

3.6. Çalışmanın Amacı

Bu çalışma farklı gaz karışımları kullanılarak MAP uygulanan aynalı sazan köftelerinin $+4^{\circ}\text{C}$ 'de muhafazası sırasında fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik değişimlerini incelemek amacıyla yapıldı.

4. GEREÇ ve YÖNTEM

4.1. Gereç

4.1.1. Balık Materyali

Bu çalışmada balık köftesi yapımında materyal olarak Elazığ'da satışa sunulan yeni avlanmış, taze 2-3 kg arasında ağırlığa sahip aynalı sazan (*Cyprinus carpiol L. 1758*) balıkları kullanıldı. Balıklar soğuk zincir korunarak Veteriner Fakültesi Gıda Hijyeni ve Teknolojisi laboratuvarına getirildi.

Laboratuvarda balıklar yıkandıktan sonra hijyen kurallarına dikkat edilerek balıkların derileri yüzölüp, başları kesildi ve iç organları çıkarılıp, kasları kılçıklarından arındırıldı. Kaslar kıyma makinesinde sıfır (0) numara aynada kıyma haline getirildikten sonra soğan ve sarımsak da kıyma makinesinde sıfır numaralı aynada kıyıldı. Daha önce yaptığımız ön duyuşal değerlendirmede duyuşal açıdan en çok beğeni alan Tablo 1'de bileşimi verilmiş karışım hazırlandı ve homojen karışım sağlanacak şekilde yoğuruldu. Yoğurma işleminin ardında karışım buzdolabında 2 saat dinlendirildi. Daha sonra her bir örnek 25 g olacak şekilde eşit ağırlıkta ve kalınlıkta köfte haline getirilerek her ambalaj tabağına 4 adet köfte yerleştirildi.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan balık köftesi bileşimi:

Köfte Bileşimi	%(ağırlık/ağırlık)
Balıketi	86
Ayçiçeği yağı	3
Mısır unu	3
Tuz	2
Sarımsak	1.5
Kekik	1
Soğan	1
Kırmızıbiber	1
Kimyon	0.5
Zencefil	0.5
Karabiber	0.5

Hazırlanan köfte örnekleri Elazığ'da faaliyet gösteren özel bir işletmede aşağıda gaz bileşimi verilen (Tablo 2) 4 farklı modifiye atmosfer paketleme (MAP) yöntemi ile ambalajlanıp +4°C'de buzdolabında muhafaza edildi. Örnekler muhafazanın 0 (MAP yapılmadan hemen önce), 3, 6, 9, 12, 15 ve 18. günlerinde mikrobiyolojik ve kimyasal bakımdan analiz edildi. Muhafaza sürecinde her analiz gününde örnekler duyuşal (koku, tat, görünüm vb.) açıdan incelendi ve kabul gören örnek grupları analiz edildi. Duyuşal açıdan kabul görmeyen örneklerin analizi yapılmadı. Her analiz gününde örnekler çift paralel olarak çalışıldı ve çalışma üç defa tekrarlandı (N=3).

Tablo 2. Çalışmada kullanılan deneysel gruplar ve gaz bileşimleri

MAP gaz bileşimi	%CO ₂	%O ₂	%N ₂	Diğer Gazlar (%)
Kontrol(K)	-	20,8	78,5	0,7
1. (D1)	55	15	30	-
2. (D2)	65	10	25	-
3. (D3)	75	10	15	-

4.1.2. Ambalaj Materyali

Ambalaj materyali ve paketleme cihazının özellikleri aşağıda kısaca belirtilmiştir.

Ambalajlama Cihazı: Multivac T 200 (Australia).

Ambalajlama Kabı: Folyoterm Ambalaj (Esenyurt İstanbul/ Türkiye), Ürün Kod: FT355-H50, Boyutları: uzunluk 190mm, genişlik 144mm, derinlik 43mm. Yapı özellikleri: polietilen- termoplastik siyah.

Ambalaj Folyosu: Kaptis Gıda Ambalaj ve Paketleme Çözümleri San. ve Tic. Ltd. Şti. (Ümraniye İstanbul/ Türkiye), Ürün Kod: FP1040 BOPET/ HB4, Yapı özellikleri: polietilen şeffaf.

4.2. Yöntem

4.2.1. Mikrobiyolojik Analizler

Mikrobiyolojik analizler için steril bistürü ve pens ile homojen hale getirilen köfte örneğinden 10 g tartılarak stomacher poşetine konulup, üzerine 90ml % 0.1'lik steril peptonlu su eklenip, stomacher'de (parçalayıcı) (Stomacher 400, UK) 5 dakika boyunca homojenize edildi. Elde edilen bu 10^{-1} 'lik dilüsyondan steril peptonlu su kullanılarak diğer alt dilüsyonlar hazırlandı. Ekimler çift paralel yapıldı ve 30-300 arasında koloni içeren petriler değerlendirildi (71).

4.2.1.1. Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri Sayımı

Balık köftesi örneklerinde toplam mezofilik aerobik bakteri sayımı için Plate Count Agar (PCA) (Merck 1.05463.0500, Darmstadt/Germany) besiyeri üzerine dökme plak yöntemi ile ekim yapıldı ve petriler $30\pm1^{\circ}\text{C}$ 'de 72 saat inkube edildikten sonra sayım yapıldı (72).

4.2.1.2. Psikrotrof Bakteri Sayımı

Balık köftesi örneklerinde Psikrotrof bakteri sayımı için Plate Count Agar (PCA) (Merck 1.05463.0500, Darmstadt/Germany) besi yerine dökme plak yöntemi ile ekim yapıldı ve petriler $5\pm1^{\circ}\text{C}$ 'de 7 gün inkube edildikten sonra sayım yapıldı (73).

4.2.1.3. *Enterobacteriaceae* Sayımı

Balık köftesi örneklerinde *Enterobacteriaceae* sayımı için Violet Red Bile Glucose Agar (VRBGA) (Merck 1.10275.0500, Darmstadt/Germany) besi yerine dökme plak yöntemi ile ekim yapıldı ve petri kutuları $37\pm1^{\circ}\text{C}$ 'de 24 saat inkübe edildikten sonra koyu kırmızı renkli koloniler sayıldı. Rastgele seçilen 5 koloniye biyokimyasal doğrulama için oksidase testi (Merck 1.00181.0002, Darmstadt/Germany) uygulandı (74).

4.2.1.4. Koliform Grubu Bakteri Sayımı

Balık köftesi örneklerinde koliform grubu bakteri sayımı için Violet Red Bile Agar (VRBA) (Merck 1.01406.0500, Darmstadt/Germany) besi yerine dökme plak yöntemi ile ekim yapıldı ve ekim yapılan petriler $30\pm1^{\circ}\text{C}$ de 24 saat inkübe edildikten sonra sayım yapıldı (75).

4.2.1.5. Maya ve Küf Sayımı

Balık köftesi örneklerinde Maya ve küf sayımı için Dichloran Rose Bengal Chloramphenicol Agar (DRBCA) (Merck 1.00466.0500, Darmstadt/Germany) besi yeri kullanılarak yüzeyde yayma yöntemi ile ekim yapıldı ve petriler $25\pm1^{\circ}\text{C}$ 'de 5 gün inkube edildikten sonra sayım yapıldı (76).

4.2.2. Kimyasal Analizler

4.2.2.1. pH Analizi

Balık köftesi örneklerinin pH değeri Association Official Analytical Chemists (AOAC)'e göre pH metre (HI 11310, Hanna Instruments, USA) kullanılarak belirlenmiştir (77). İlk önce pH metre, pH değeri bilinen tampon çözeltiler (pH:4.01-7.0-9.21) kullanılarak kalibre edildi. Kalibrasyon işlemi tamamlandıktan sonra elektrot saf su ile temizlendi. 10 gram balık köftesi numunesi 100 ml saf su ile homojen hale getirildikten sonra elektrot batırıldı ve ekranda okunan değer sabitleninceye kadar beklendi ve ekrandaki değer okunarak pH saptandı.

4.2.2.2. Toplam Uçucu Bazik Azot (TVB-N) Analizi

Köftelerin TVB-N analizi Commission Regulation (EC) No: 2074/2005 yöntemine göre belirlendi (78). Köfteler blender kullanılarak homojen parçalandıktan sonra 10 g örnek alınarak üzerine 90 ml %6'lık perklorik asit (HClO_4) (Merck 1.00519.2501, Darmstadt/Germany) çözeltisi ilave edildi ve 2 dakika yüksek hızlı karıştırıcıda karıştırılarak homojenize edildi. Homojenizasyon işleminden sonra örnek kağıt filtreden süzüldü. Elde edilen ekstraktan 50 mL alınarak üzerine birkaç damla fenolftalein (1 g/100 mL % 95 etanol) çözeltisi, köpüklenmeyi önleyici ajan (silikon) ve 6,5 mL %20 lik sodyum hidroksit çözeltisi ilave edilerek buhar distilasyon ünitesine yerleştirildi. Erlene 100 mL %3'lük borik asit çözeltisi 3-5 damla indikatör çözeltisi (2 g metil kırmızısı ve 1 g metilen mavisi 1000 mL % 95'lik etanol içerisinde çözündürüldü) eklendikten sonra distilasyon ünitesi kullanılarak 10 dakikada 100 mL civarında distilat elde edilecek şekilde

distilasyon yapıldı. Elde edilen distilat 0.05 N HCl ile titre edildi. Aynı şekilde distilasyon kör numune (50 mL perklorik asit çözeltisi) içinde uygulandı. Toplam uçucu bazik azot miktarı aşağıda verilen formül kullanılarak hesaplandı.

$$(V_1 - V_0) \times 0,14 \times 2 \times 100$$

$$\text{TVB-N (mg/100g numunede)} = \frac{\quad}{M}$$

V_1 = Örnek için kullanılan 0,05 N HCl çözeltisinin mL olarak hacmi

V_0 = Kör için kullanılan 0,05 N HCl çözeltisinin mL olarak hacmi

M = Örnek ağırlığı, g olarak.

4.2.2.3. Tiyobarbitürik Asit (TBA) Sayısı Analizi

Balık kösftesi örneklerinin tiyobarbitürik asit (TBA) sayısı analizi, *Tarladgis ve ark.*'nın (79) önerdiği spektrofotometrik yöntem kullanılarak yapıldı. Homojenize edilen balık köftesi örneklerinden 10 g numune alınarak Kjeldahl tüpüne konuldu ve 2.5 mL 1:2 oranında HCl ve 97.5 mL distile su üzerine eklendi. Daha sonra erlende 200 mL distilat toplanıncaya kadar distile edildi. Her bir örnek için 3, kör için 1 adet kapaklı cam tüp alındı. Köfte örnekleri için her bir tüpe 5 mL distilat, 5 mL yeni hazırlanmış TBA reaktifi konuldu. Kör için kapaklı cam tüpe 5 mL saf su ve 5 mL TBA reaktifi konuldu. Bu tüpler 35 dakika kaynayan su içerisinde bekletildi. Kaynar su banyosundan alınan tüpler soğumaya bırakıldı. Tüpler soğutulduktan sonra 538 nm dalga boyunda UV spektrofotometre ile absorbanslar belirlendi. Okunan değerler 7.8 ile çarpıldı ve örnekteki TBA değeri mg malonaldehit/kg olarak belirlendi.

4.2.2.4. Kuru Madde Analizi

Balık köftesi örneklerinin kuru madde analizi TSE 1743 ISO 1442/Nisan 2001'e göre yapıldı (80). Porselen tabak, içerisinde kum ve cam çubuk ile birlikte sabit tartım için 103°C' lik etüvde 30 dakika kurutulduktan sonra desikatörde oda sıcaklığına kadar soğutuldu ve hassas terazide (0.001 g hassasiyet) tartıldı (m_0). Üç paralelli olarak her gruptan 5-8 g arası balık köftesi örneği alınıp porselen tabağa konuldu ve cam çubuk kullanılarak kum ile karıştırıldı. Karıştırma işleminden sonra örnek kum karışımı olan tabak ve cam çubuk hassas terazide tartıldı (m_1). Daha sonra örnek içeren tabak ve cam çubuk 103°C lik etüv içerisine alınıp 2 saat boyunca kurutuldu. Bu işlem sonucunda porselen tabak ve cam çubuk etüvden çıkarılıp desikatörde soğutuldu ve son tartım için hassas terazide tartım yapıldı (m_2). Tartım tamamlandıktan sonra örneklerin kuru madde içeriği aşağıdaki formüle göre hesaplandı.

$$\text{Kuru madde oranı(\%)} = 100 - \frac{(m_1 - m_2)}{(m_1 - m_0)} \times 100$$

M_0 : Tabak, cam çubuk ve kumun kütlesi,

m_1 : Analiz örneği, cam çubuk ve kumu içeren tabağın kurutulmadan önceki kütlesi,

m_2 : Analiz örneği, cam çubuk ve kumu içeren tabağın kurutulduktan sonraki kütlesi.

4.2.3. İstatistiksel Analizler

Çalışmanın istatistiksel değerlendirilmesinde grup içi günler arasında ve gruplar arası farklılığın önem derecesi SPSS 22 (IBM SPSS, IBM Corporation, USA) (Versiyon 22) paket programı ile incelendi. İstatistiksel önemlilik değeri olarak $p < 0,05$ değeri kabul edildi. Sayısal sonuçlar ortalama $\pm$ standart sapma olarak verildi (81).



5. BULGULAR

Deneyssel olarak üretilen balık köftelerinin yapımında kullanılan aynalı sazan (*Cyprinus carpio*) çiğ balıkentinin mikrobiyolojik ve kimyasal kalitesine ait analiz bulguları Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3. Balık Köftesi Yapımında Kullanılan Çiğ Balıkentinin Mikrobiyolojik ($\log_{10}$ kob/g $\pm$ Standart Sapma) ve Kimyasal Kalitesi (Ortalama $\pm$ Standart Sapma), (N=3)

Mikroorganizmalar	Değerler ($\log_{10}$ kob/g $\pm$ Sx)
Toplam mezofilik aerobik koloni sayısı	4,42 $\pm$ 0,19
Psikrotrof bakteri sayısı	4,02 $\pm$ 0,16
<i>Enterobacteriaceae</i> sayısı	2,71 $\pm$ 0,14
Koliform grubu bakteri sayısı	3,43 $\pm$ 0,09
Maya ve Küf sayısı	2,75 $\pm$ 0,17
Kimyasal analizler	Değerler (x $\pm$ Sx)
pH	6,63 $\pm$ 0,11
TVB-N (mg N/100g)	20,20 $\pm$ 1,08
TBA sayısı (mg malonaldehit/kg)	0,32 $\pm$ 0,04
Kuru madde değeri (%)	22,78 $\pm$ 1,58

X: Aritmetik ortalama, Sx: Standart sapma

5.1. Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları

5.1.1. Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri Sayısı

Farklı modifiye atmosfer paketlenme yöntemiyle paketlenen ve +4°C’de muhafaza edilen balık köftelerinde saptanan toplam mezofilik aerobik bakteri (TMAB) sayısı ($\log_{10}$ kob/g $\pm$ standart sapma) Tablo 4’te, muhafaza sürecinde toplam mezofilik aerobik bakteri sayısında meydana gelen değişimler ($\log_{10}$ kob/g $\pm$ Standart sapma) ise Şekil 1’de verilmiştir.

Köftelerin yapımında kullanılan çiğ balıketinde TMAB sayısı ortalama $4,42 \pm 0,19 \log_{10}$ kob/g olarak saptandı. Köftede (0. Günde / MAP yapılmadan hemen önce) TMAB sayısı $4,17 \pm 0,13 \log_{10}$ kob/g olarak tespit edildi. Tüm gruplarda TMAB sayısı muhafaza süresine paralel olarak yükseldi (Tablo 4). K grubunda 9. günde $7,44 \pm 0,35 \log_{10}$ kob/g olarak saptandı. Daha sonraki günlerde K grubu duyuşal olarak bozulduğu için analiz yapılmadı. TMAB sayısı 15. günde D1 grubunda $7,93 \pm 0,35 \log_{10}$ kob/g seviyesine ulaşırken, 18. günde ise D2 grubunda $7,86 \pm 0,17 \log_{10}$ kob/g ve D3 grubunda ise $7,52 \pm 0,12 \log_{10}$ kob/g seviyesine ulaştığı gözlemlendi.

İstatistiksel olarak gruplar arasında 9., 12. ve 15. günlerde önemli farkların olduğu tespit edildi ($P < 0,05$). Muhafaza sürecinde grup içi günler arasında K, D1 ve D3 grubunda 6. günden itibaren, D2 grubunda ise bütün analiz günlerinde istatistiksel olarak önemli farklılık tespit edildi ($P < 0,05$).

Tablo 4. Balık Köftelerinde Saptanan Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri Sayıları ($\log_{10}$ kob/g $\pm$ Standart sapma), (N=3).

Gruplar	Muhafaza Süresi (Gün)						
	0.	3.	6.	9.	12.	15.	18.
K	4,17 $\pm$ 0,13 ^{cA}	4,87 $\pm$ 0,34 ^{cA}	5,97 $\pm$ 0,53 ^{bA}	7,44 $\pm$ 0,35 ^{aA}	AY	AY	AY
D1	4,17 $\pm$ 0,13 ^{dA}	4,79 $\pm$ 0,23 ^{dA}	5,66 $\pm$ 0,51 ^{cA}	6,20 $\pm$ 0,60 ^{cB}	7,01 $\pm$ 0,14 ^{bA}	7,93 $\pm$ 0,35 ^{aA}	AY
D2	4,17 $\pm$ 0,13 ^{gA}	4,69 $\pm$ 0,22 ^{fA}	5,16 $\pm$ 0,26 ^{eA}	5,64 $\pm$ 0,32 ^{dB}	6,23 $\pm$ 0,25 ^{cB}	6,95 $\pm$ 0,10 ^{bB}	7,86 $\pm$ 0,17 ^{aA}
D3	4,17 $\pm$ 0,13 ^{eA}	4,60 $\pm$ 0,26 ^{eA}	5,28 $\pm$ 0,43 ^{dA}	5,62 $\pm$ 0,28 ^{cdB}	5,98 $\pm$ 0,22 ^{cB}	6,73 $\pm$ 0,27 ^{bB}	7,52 $\pm$ 0,12 ^{aA}

K : Normal atmosfer bileşimi

D1 : % 55 CO₂ + % 15 O₂ + % 30 N₂

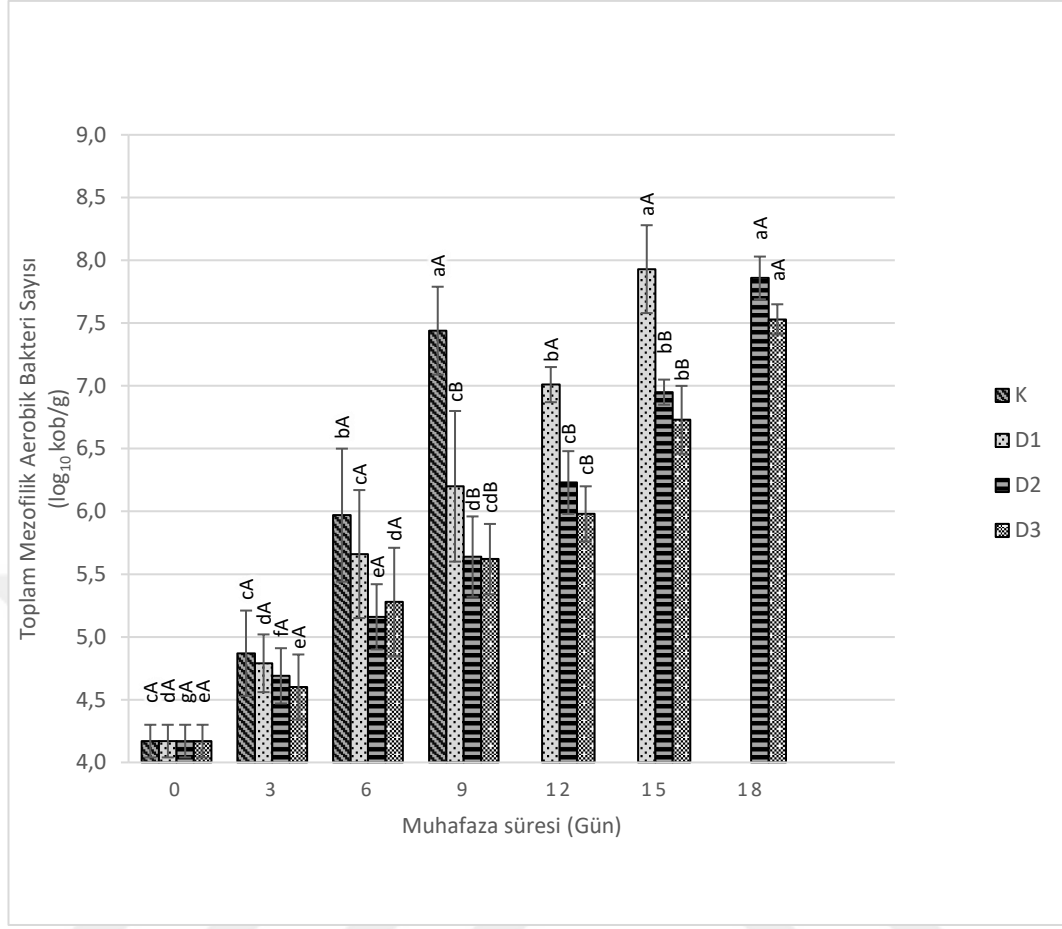
D2 : % 65 CO₂ + % 10 O₂ + % 25 N₂

D3 : % 75 CO₂ + % 10 O₂ + % 15 N₂

AY : Duyusal olarak kabul edilmediği, bozulduğu için analiz yapılmadı.

abcdefg: Aynı sütundaki farklı harfleri taşıyan ortalamalar (günler arası) istatistiksel olarak önemlidir (P<0,05).

ABC : Aynı satırdaki farklı harfleri taşıyan ortalamalar (gruplar arası) istatistiksel olarak önemlidir (P<0,05).



Şekil 1. Balık Köftelerinde Muhafaza Sürecinde Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri Sayısında Meydana Gelen Değişimler ($\log_{10}$ kob/g $\pm$ Standart sapma).

K (Normal Atmosfer),

D1 (%55 CO₂ + %15 O₂ + %30 N₂),

D2 (%65 CO₂ + %10 O₂ + %25 N₂),

D3 (%75 CO₂ + %10 O₂ + %15 N₂).

5.1.2. Psikrotrof Bakteri Sayımı

Farklı modifiye atmosfer paketlenme yöntemiyle paketlenen ve +4°C’de muhafaza edilen balık köftelerinde psikrotrof bakteri sayısı ($\log_{10}$ kob/g $\pm$ standart sapma) Tablo 5’de, muhafaza sürecinde psikrotrof bakteri sayısında meydana gelen değişimler ($\log_{10}$ kob/g $\pm$ Standart sapma) ise Şekil 2’de verilmiştir.

Köftelerin yapımında kullanılan çiğ balık etinde psikrotrof bakteri sayısı ortalama $4,02 \pm 0,16 \log_{10}$ kob/g olarak saptandı. Köftede (0. günde / MAP yapılmadan hemen önce) psikrotrof bakteri sayısı $3,79 \pm 0,04 \log_{10}$ kob/g olarak tespit edildi. Tüm gruplarda psikrotrof bakteri sayısı muhafaza süresine paralel olarak yükseldi (Tablo 5). K grubunda 9. günde $6,75 \pm 0,08 \log_{10}$ kob/g olarak saptandı. Daha sonraki günlerde K grubu duyusal olarak bozulduğu için analiz yapılmadı. Psikrotrof bakteri sayısı 15. günde D1 grubunda $7,11 \pm 0,09 \log_{10}$ kob/g seviyesine ulaşırken, 18. günde ise D2 grubunda $6,83 \pm 0,06 \log_{10}$ kob/g ve D3 grubunda ise $6,92 \pm 0,14 \log_{10}$ kob/g seviyesine ulaştığı gözlemlendi.

İstatistiksel olarak gruplar arasında 3., 6., 9., 12. ve 15. günlerde önemli farklılıklar tespit edildi ($P < 0,05$). Muhafaza sürecinde bütün gruplarda grup içi günler arasında istatistiksel olarak farklılığın önemli olduğu saptandı ($P < 0,05$).

Tablo 5. Balık Köftelerinde Saptanan Psikrotrof Bakteri Sayısı ($\log_{10}$ kob/g $\pm$ Standart sapma), (N=3).

Gruplar	Muhafaza Süresi (Gün)						
	0.	3.	6.	9.	12.	15.	18.
K	3,79 $\pm$ 0,04 ^{dA}	4,35 $\pm$ 0,07 ^{cA}	5,27 $\pm$ 0,05 ^{bA}	6,75 $\pm$ 0,08 ^{aA}	AY	AY	AY
D1	3,79 $\pm$ 0,04 ^{fA}	4,12 $\pm$ 0,07 ^{eB}	4,61 $\pm$ 0,14 ^{dB}	5,36 $\pm$ 0,21 ^{cB}	6,02 $\pm$ 0,19 ^{bA}	7,11 $\pm$ 0,09 ^{aA}	AY
D2	3,79 $\pm$ 0,04 ^{gA}	4,12 $\pm$ 0,06 ^{fBC}	4,24 $\pm$ 0,07 ^{eC}	4,78 $\pm$ 0,10 ^{dC}	5,36 $\pm$ 0,17 ^{cB}	6,05 $\pm$ 0,08 ^{bB}	6,83 $\pm$ 0,06 ^{aA}
D3	3,79 $\pm$ 0,04 ^{fA}	3,94 $\pm$ 0,12 ^{efC}	4,12 $\pm$ 0,09 ^{eC}	4,71 $\pm$ 0,18 ^{dC}	5,26 $\pm$ 0,27 ^{cB}	5,97 $\pm$ 0,10 ^{bB}	6,92 $\pm$ 0,14 ^{aA}

K : Normal atmosfer bileşimi

D1 : % 55 CO₂ + % 15 O₂ + % 30 N₂

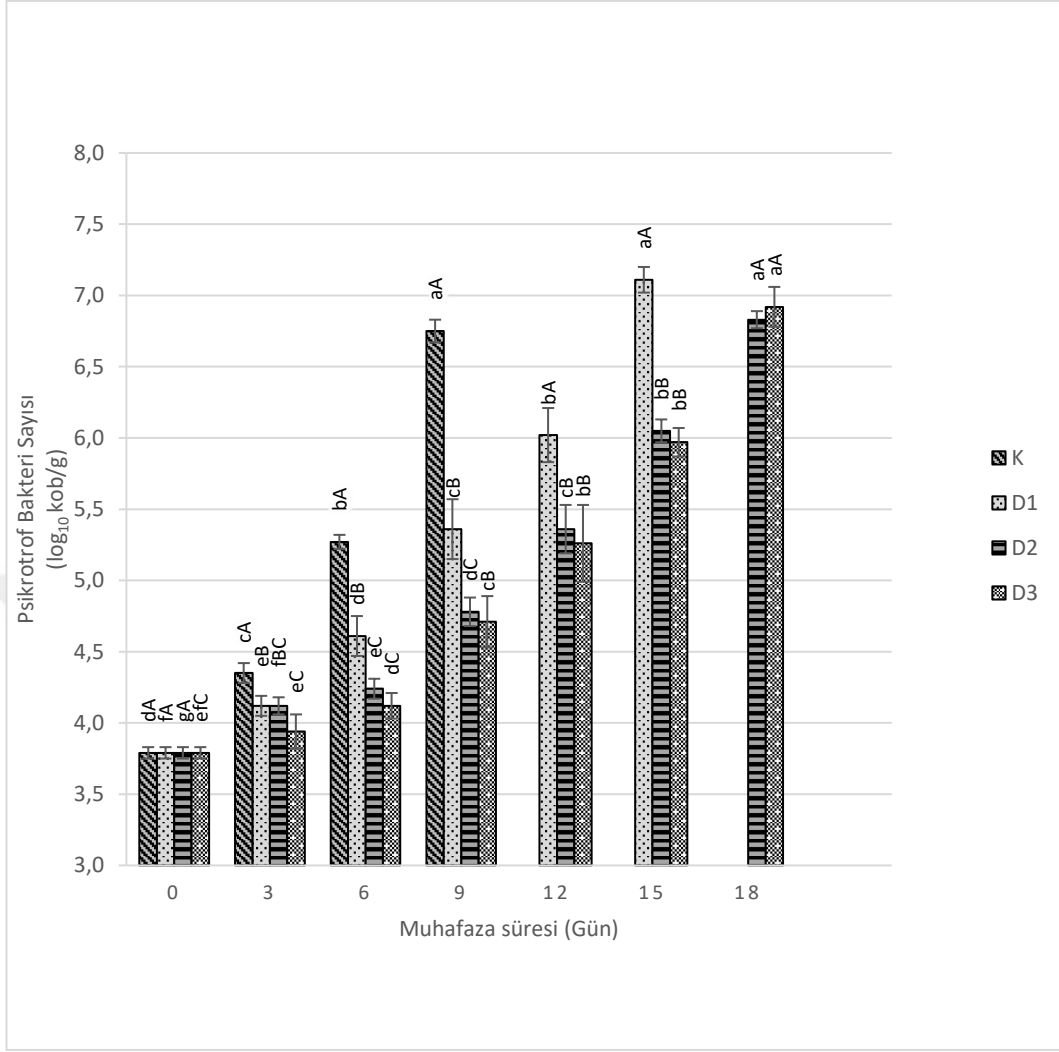
D2 : % 65 CO₂ + % 10 O₂ + % 25 N₂

D3 : % 75 CO₂ + % 10 O₂ + % 15 N₂

AY : Duyusal olarak kabul edilmediği, bozulduğu için analiz yapılmadı

abcdefg: Aynı satırdaki farklı harfleri taşıyan ortalamalar (günler arası) istatistiksel olarak önemlidir (P<0,05).

ABC : Aynı sütundaki farklı harfleri taşıyan ortalamalar (günler arası) istatistiksel olarak önemlidir (P<0,05).



Şekil 2. Balık Köftelerinde Muhafaza Sürecinde Psikrotrof Bakteri Sayısında Meydana Gelen Değişimler ($\log_{10}$ kob/g $\pm$ Standart sapma).

K (Normal Atmosfer),

D1 (%55 CO₂ + %15 O₂ + %30 N₂),

D2 (%65 CO₂ + %10 O₂ + %25 N₂),

D3 (%75 CO₂ + %10 O₂ + %15 N₂).

5.1.3. *Enterobacteriaceae* Sayımı

Farklı modifiye atmosfer paketlenme yöntemiyle paketlenen ve +4°C’de muhafaza edilen balık köftelerinde saptanan *Enterobacteriaceae* sayısı ($\log_{10}$ kob/g $\pm$ standart sapma) Tablo 6’da, muhafaza sürecinde *Enterobacteriaceae* sayısında meydana gelen değişimler ($\log_{10}$ kob/g $\pm$ Standart sapma) ise Şekil 3’te verilmiştir.

Köftelerin yapımında kullanılan çiğ balıkta *Enterobacteriaceae* sayısı ortalama $2,71 \pm 0,14 \log_{10}$ kob/g olarak saptandı. Köftede (0. Günde / MAP yapılmadan hemen önce) *Enterobacteriaceae* sayısı $2,50 \pm 0,15 \log_{10}$ kob/g olarak tespit edildi. Tüm gruplarda *Enterobacteriaceae* sayısı muhafaza süresine paralel olarak yükseldi (Tablo 6). K grubunda *Enterobacteriaceae* sayısı 9. günde $4,48 \pm 0,45 \log_{10}$ kob/g olarak saptandı. Daha sonraki günlerde K grubu duyusal olarak bozulduğu için analiz yapılmadı. *Enterobacteriaceae* sayısı 15. günde D1 grubunda $4,91 \pm 0,57 \log_{10}$ kob/g seviyesine ulaşırken, D2 grubunda $4,86 \pm 0,10 \log_{10}$ kob/g ve D3 grubunda $4,75 \pm 0,09 \log_{10}$ kob/g seviyesine 18. günde ulaştığı belirlendi.

İstatistiksel olarak gruplar arasında 6., 9., 12. ve 15. günlerde önemli bir farklılık tespit edildi ($P < 0,05$). Muhafaza sürecinde K grubunda 6. günden itibaren, D1 grubunda bütün analiz günlerinde, D2 ve D3 gruplarında ise 12. gün hariç diğer günlerde grup içinde dönemler arasında istatistiksel olarak farklılığın önemli olduğu tespit edildi ($P < 0,05$).

Tablo 6. Balık Köftelerinde Saptanan *Enterobacteriaceae* Sayısı ($\log_{10}$ kob/g $\pm$ Standart sapma), (N=3).

Gruplar	Muhafaza Süresi (Gün)						
	0.	3.	6.	9.	12.	15.	18.
K	2,50 $\pm$ 0,15 ^{dA}	3,18 $\pm$ 0,12 ^{cA}	3,76 $\pm$ 0,14 ^{bA}	4,48 $\pm$ 0,45 ^{aA}	AY	AY	AY
D1	2,50 $\pm$ 0,15 ^{fA}	3,04 $\pm$ 0,78 ^{eA}	3,45 $\pm$ 0,16 ^{dB}	3,86 $\pm$ 0,20 ^{cB}	4,24 $\pm$ 0,11 ^{bA}	4,91 $\pm$ 0,57 ^{aA}	AY
D2	2,50 $\pm$ 0,15 ^{eA}	3,02 $\pm$ 0,08 ^{dA}	3,23 $\pm$ 0,14 ^{dBC}	3,61 $\pm$ 0,09 ^{cB}	3,77 $\pm$ 0,18 ^{cB}	4,25 $\pm$ 0,21 ^{bB}	4,86 $\pm$ 0,10 ^{aA}
D3	2,50 $\pm$ 0,15 ^{fA}	2,97 $\pm$ 0,07 ^{eA}	3,18 $\pm$ 0,03 ^{dC}	3,53 $\pm$ 0,13 ^{cB}	3,65 $\pm$ 0,07 ^{cB}	4,10 $\pm$ 0,14 ^{bB}	4,75 $\pm$ 0,09 ^{aA}

K : Normal atmosfer bileşimi

D1 : % 55 CO₂ + % 15 O₂ + % 30 N₂

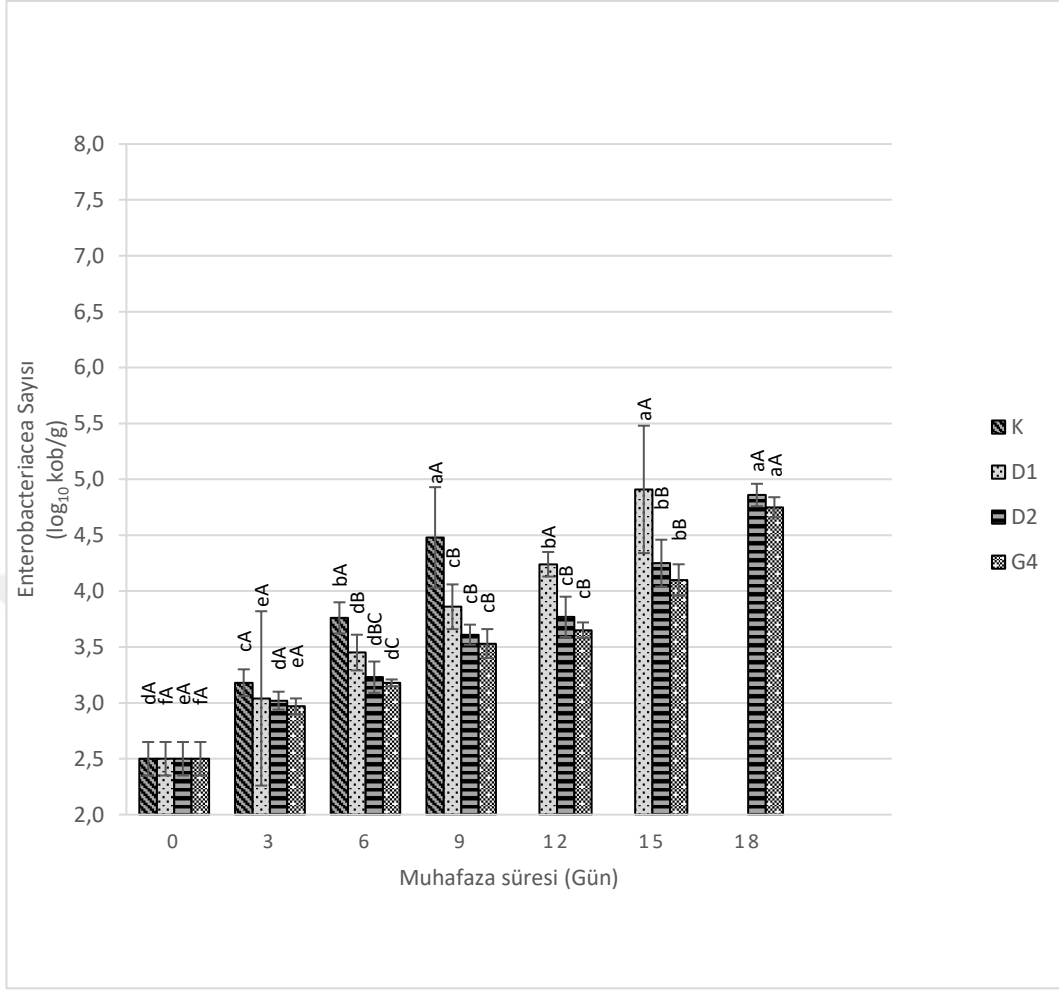
D2 : % 65 CO₂ + % 10 O₂ + % 25 N₂

D3 : % 75 CO₂ + % 10 O₂ + % 15 N₂

AY : Duyusal olarak kabul edilmediği, bozulduğu için analiz yapılmadı.

abcdef : Aynı sütundaki farklı harfleri taşıyan ortalamalar (günler arası) istatistiksel olarak önemlidir (P<0,05).

ABC : Aynı satırdaki farklı harfleri taşıyan ortalamalar (gruplar arası) istatistiksel olarak önemlidir (P<0,05).



Şekil 3. Balık Köftelerinde Muhafaza Sürecinde *Enterobacteriaceae* Sayısında Meydana Gelen Değişimler ($\log_{10}$ kob/g $\pm$ Standart sapma).

K (Normal Atmosfer),

D1 (%55 CO₂ + %15 O₂ + %30 N₂),

D2 (%65 CO₂ + %10 O₂ + %25 N₂),

D3 (%75 CO₂ + %10 O₂ + %15 N₂).

5.1.4. Koliform Grubu Bakteri Sayımı

Farklı modifiye atmosfer paketlenme yöntemiyle paketlenen ve +4°C’de muhafaza edilen balık köftelerinde koliform grubu bakteri sayısı ($\log_{10}$ kob/g $\pm$ standart sapma) Tablo 7’de, muhafaza sürecinde koliform grubu bakteri sayısında meydana gelen değişimler ($\log_{10}$ kob/g $\pm$ Standart sapma) ise Şekil 4’de verilmiştir.

Köftelerin yapımında kullanılan çiğ balık etinde koliform grubu bakteri sayısı ortalama $3,43 \pm 0,09 \log_{10}$ kob/g olarak saptandı. Köftede (0. günde / MAP yapılmadan hemen önce) koliform grubu bakteri sayısı $3,31 \pm 0,08 \log_{10}$ kob/g olarak tespit edildi. Tüm gruplarda koliform grubu bakteri sayısı muhafaza süresine paralel olarak yükseldi (Tablo 7). K grubunda 9. günde $6,17 \pm 0,11 \log_{10}$ kob/g olarak saptandı. Daha sonraki günlerde K grubu duyusal olarak bozulduğu için analiz yapılmadı. Koliform grubu bakteri sayısı 15. günde D1 grubunda $6,30 \pm 0,13 \log_{10}$ kob/g seviyesine ulaşırken, D2 grubunda $5,66 \pm 0,18 \log_{10}$ kob/g ve D3 grubunda $5,80 \pm 0,11 \log_{10}$ kob/g seviyesine 18. günde ulaştığı belirlendi.

İstatistiksel olarak gruplar arasında 6., 9. ve 15. günlerde önemli farklılıklar tespit edildi ($P < 0,05$). Muhafaza sürecinde K, D1 ve D3 grubunda bütün analiz günlerinde, D2 grubunda ise 18. gün hariç diğer analiz günlerinde grup içi günler arasında istatistiksel olarak farklılığın önemli olduğu saptandı ($P < 0,05$).

Tablo 7. Balık Köftelerinde Saptanan Koliform Grubu Bakteri Sayısı ($\log_{10}$ kob/g $\pm$ Standart sapma), (N=3).

Gruplar	Muhafaza Süresi (Gün)						
	0.	3.	6.	9.	12.	15.	18.
K	3,31 $\pm$ 0,08 ^{dA}	4,16 $\pm$ 0,36 ^{cA}	5,24 $\pm$ 0,12 ^{bA}	6,17 $\pm$ 0,11 ^{aA}	AY	AY	AY
D1	3,31 $\pm$ 0,08 ^{eA}	4,06 $\pm$ 0,23 ^{dA}	4,54 $\pm$ 0,28 ^{cB}	4,95 $\pm$ 0,26 ^{bcB}	5,34 $\pm$ 0,11 ^{bA}	6,30 $\pm$ 0,13 ^{aA}	AY
D2	3,31 $\pm$ 0,08 ^{eA}	3,97 $\pm$ 0,18 ^{dA}	4,30 $\pm$ 0,18 ^{cdB}	4,59 $\pm$ 0,20 ^{bcB}	4,86 $\pm$ 0,28 ^{bA}	5,41 $\pm$ 0,20 ^{aB}	5,66 $\pm$ 0,18 ^{aA}
D3	3,31 $\pm$ 0,08 ^{fA}	3,94 $\pm$ 0,23 ^{eA}	4,25 $\pm$ 0,34 ^{deB}	4,61 $\pm$ 0,20 ^{dB}	4,98 $\pm$ 0,09 ^{cA}	5,39 $\pm$ 0,21 ^{bB}	5,80 $\pm$ 0,11 ^{aA}

K : Normal atmosfer bileşimi

D1 : % 55 CO₂ + % 15 O₂ + % 30 N₂

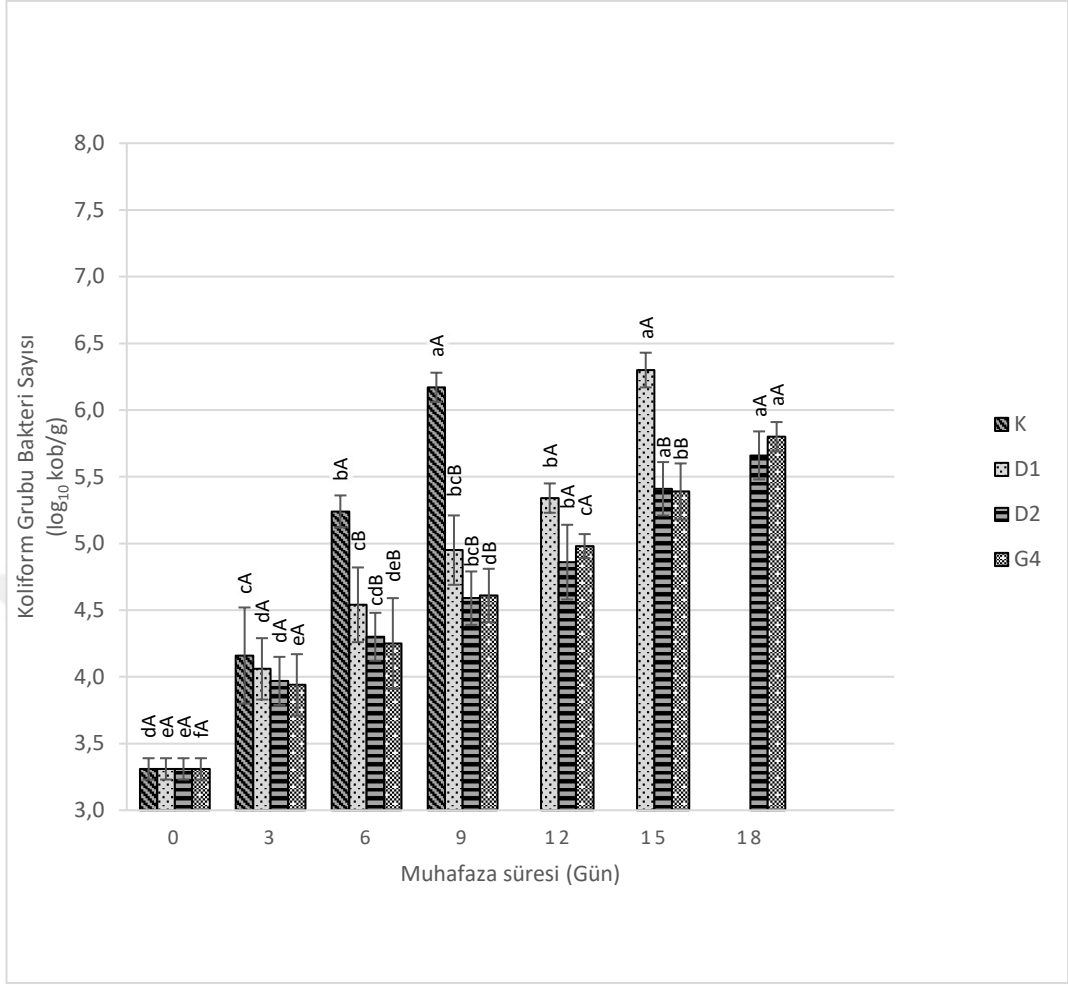
D2 : % 65 CO₂ + % 10 O₂ + % 25 N₂

D3 : % 75 CO₂ + % 10 O₂ + % 15 N₂

AY : Duyusal olarak kabul edilmediği, bozulduğu için analiz yapılmadı.

abcdef : Aynı satırdaki farklı harfleri taşıyan ortalamalar (günler arası) istatistiksel olarak önemlidir (P<0,05).

ABC : Aynı sütundaki farklı harfleri taşıyan ortalamalar (günler arası) istatistiksel olarak önemlidir (P<0,05).



Şekil 4. Balık Köftelerinde Muhafaza Sürecinde Koliform Grubu Bakteri Sayısında Meydana Gelen Değişimler ($\log_{10}$ kob/g $\pm$ Standart sapma)

K (Normal Atmosfer),

D1 (%55 CO₂ + %15 O₂ + %30 N₂),

D2 (%65 CO₂ + %10 O₂ + %25 N₂),

D3 (%75 CO₂ + %10 O₂ + %15 N₂).

5.1.5. Maya ve Küf Sayımı

Farklı modifiye atmosfer paketlenme yöntemiyle paketlenen ve +4°C’de muhafaza edilen balık köftelerinde saptanan maya-küf sayısı ($\log_{10}$ kob/g $\pm$ standart sapma) Tablo 8’de, muhafaza sürecinde maya-küf sayısında meydana gelen değişimler ($\log_{10}$ kob/g $\pm$ Standart sapma) ise Şekil 5’de verilmiştir.

Köfte yapımında kullanılan çiğ balıkta maya-küf sayısı ortalama $2,75 \pm 0,17 \log_{10}$ kob/g olarak saptandı. Köftede (0. günde / MAP yapılmadan hemen önce) maya-küf sayısı $3,12 \pm 0,45 \log_{10}$ kob/g olarak tespit edildi. Tüm gruplarda maya-küf sayısı muhafaza süresine paralel olarak yükseldiği belirlendi (Tablo 8). K grubunda maya-küf sayısı 9. günde $5,08 \pm 0,06 \log_{10}$ kob/g olarak saptandı. Daha sonraki günlerde K grubu duyusal olarak bozulduğu için analiz yapılmadı. Maya-küf sayısı D1 grubunda 15. günde $5,33 \pm 0,08 \log_{10}$ kob/g seviyesine ulaşırken, 18. günde D2 grubunda $5,22 \pm 0,06 \log_{10}$ kob/g ve D3 grubunda $5,00 \pm 0,24 \log_{10}$ kob/g seviyesine ulaştığı gözlemlendi.

İstatistiksel olarak gruplar arasında muhafazanın 9. ve 15. günlerinde önemli bir farklılık tespit edildi ($P < 0,05$). Grup içi günler arasında muhafaza sürecinde K grubunda bütün analiz günlerinde, D1 grubunda 6. günden itibaren, D2 ve D3 gruplarında ise 6. ve 9. günler hariç istatistiksel olarak farklılığın önemli olduğu saptandı ($P < 0,05$).

Tablo 8. Balık Köftelerinde Saptanan Maya-Küf Sayıları ($\log_{10}$ kob/g $\pm$ Standart sapma), (N=3).

Gruplar	Muhafaza Süresi (Gün)						
	0.	3.	6.	9.	12.	15.	18.
K	3,12 $\pm$ 0,45 ^{cA}	3,74 $\pm$ 0,37 ^{bcA}	4,30 $\pm$ 0,26 ^{bA}	5,08 $\pm$ 0,06 ^{aA}	AY	AY	AY
D1	3,12 $\pm$ 0,45 ^{dA}	3,54 $\pm$ 0,34 ^{dA}	3,88 $\pm$ 0,51 ^{cdA}	4,46 $\pm$ 0,08 ^{bcAB}	5,02 $\pm$ 0,04 ^{abA}	5,33 $\pm$ 0,08 ^{aA}	AY
D2	3,12 $\pm$ 0,45 ^{dA}	3,46 $\pm$ 0,35 ^{cdA}	3,64 $\pm$ 0,49 ^{cdA}	3,97 $\pm$ 0,49 ^{cdB}	4,30 $\pm$ 0,62 ^{bcA}	4,83 $\pm$ 0,09 ^{abB}	5,22 $\pm$ 0,06 ^{aA}
D3	3,12 $\pm$ 0,45 ^{dA}	3,50 $\pm$ 0,45 ^{cdA}	3,59 $\pm$ 0,43 ^{cdA}	3,46 $\pm$ 0,37 ^{cdB}	4,19 $\pm$ 0,32 ^{bcA}	4,65 $\pm$ 0,23 ^{abB}	5,00 $\pm$ 0,24 ^{aA}

K : Normal atmosfer bileşimi

D1 : % 55 CO₂ + % 15 O₂ + % 30 N₂

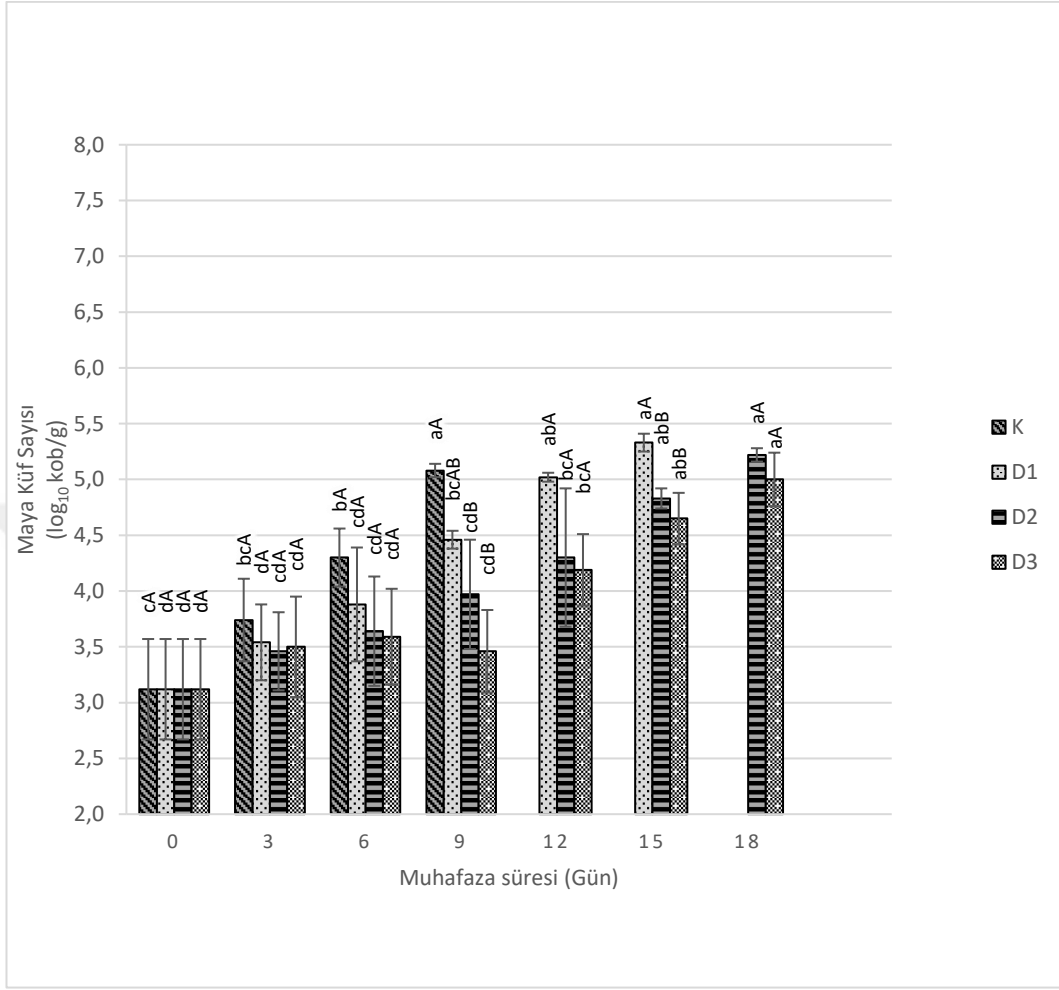
D2 : % 65 CO₂ + % 10 O₂ + % 25 N₂

D3 : % 75 CO₂ + % 10 O₂ + % 15 N₂

AY : Duyusal olarak kabul edilmediği, bozulduğu için analiz yapılmadı.

abcd : Aynı satırdaki farklı harfleri taşıyan ortalamalar istatistiksel olarak önemlidir (P<0,05).

ABC : Aynı sütundaki farklı harfleri taşıyan ortalamalar istatistiksel olarak önemlidir (P<0,05).



Şekil 5. Balık Köftelerinde Muhafaza Sürecinde Maya-Küf Sayısında Meydana Gelen Değişimler ($\log_{10}$ kob/g $\pm$ Standart sapma).

K (Normal Atmosfer),

D1 (%55 CO₂ + %15 O₂ + %30 N₂),

D2 (%65 CO₂ + %10 O₂ + %25 N₂),

D3 (%75 CO₂ + %10 O₂ + %15 N₂).

5.2. Kimyasal Analiz Sonuçları

5.2.1. pH Analizi

Farklı modifiye atmosfer paketlenme yöntemiyle paketlenen ve +4°C’de muhafaza edilen balık köftelerinde Saptanan pH Değerleri (ortalama $\pm$ standart sapma) Tablo 9’da, muhafaza sürecinde pH değerinde meydana gelen değişimler (ortalama $\pm$ standart sapma) ise Şekil 6’da verilmiştir.

Köftelerin yapımında kullanılan çiğ balıkta pH değeri ortalama $6,63 \pm 0,11$ olarak saptandı. Köftede (0. günde / MAP yapılmadan hemen önce) pH değeri $6,44 \pm 0,08$ olarak tespit edildi. Tüm gruplarda pH değeri muhafaza süresine paralel olarak düşüş gösterdi (Tablo 9). K grubunda 9. günde pH değeri $6,10 \pm 0,06$ olarak saptandı. Daha sonraki günlerde K grubu duyusal olarak bozulduğu için analiz yapılmadı. pH değeri D1 grubunda 15. günde $5,7 \pm 0,08$, D2 grubunda 18. günde $5,79 \pm 0,02$, D3 grubunda ise $5,82 \pm 0,11$ olarak saptandı.

İstatistiksel olarak muhafaza süresince gruplar arasında pH değeri bakımından farklılığın önemli olmadığı tespit edildi ($P > 0,05$). Grup içi günler arasında ise K grubunda bütün analiz günleri arasında, D1 grubunda 6. gün hariç, D2 grubunda 9. gün hariç diğer bütün analiz günleri arasında, D3 grubunda ise 3., 9., 12. ve 18. günler arasında istatistiksel olarak farklılığın önemli olduğu saptandı ($P < 0,05$).

Tablo 9. Balık Köftelerinde Saptanan pH Değerleri (Ortalama $\pm$ Standart sapma), (N=3).

Gruplar	Muhafaza Süresi (Gün)						
	0.	3.	6.	9.	12.	15.	18.
K	6,44 $\pm$ 0,08 ^{aA}	6,37 $\pm$ 0,03 ^{abA}	6,23 $\pm$ 0,13 ^{bcA}	6,10 $\pm$ 0,06 ^{cA}	AY	AY	AY
D1	6,44 $\pm$ 0,08 ^{aA}	6,35 $\pm$ 0,11 ^{abA}	6,30 $\pm$ 0,06 ^{abA}	6,26 $\pm$ 0,04 ^{bA}	5,98 $\pm$ 0,03 ^{cA}	5,77 $\pm$ 0,08 ^{dA}	AY
D2	6,44 $\pm$ 0,08 ^{aA}	6,34 $\pm$ 0,12 ^{aA}	6,33 $\pm$ 0,10 ^{aA}	6,24 $\pm$ 0,11 ^{abA}	6,04 $\pm$ 0,30 ^{abA}	5,83 $\pm$ 0,5 ^{cA}	5,79 $\pm$ 0,02 ^{cA}
D3	6,44 $\pm$ 0,08 ^{aA}	6,40 $\pm$ 0,19 ^{abA}	6,36 $\pm$ 0,08 ^{abA}	6,20 $\pm$ 0,16 ^{bcA}	6,06 $\pm$ 0,21 ^{cdA}	5,96 $\pm$ 0,09 ^{cdA}	5,82 $\pm$ 0,11 ^{dA}

K : Normal atmosfer bileşimi

D1 : % 55 CO₂ + % 15 O₂ + % 30 N₂

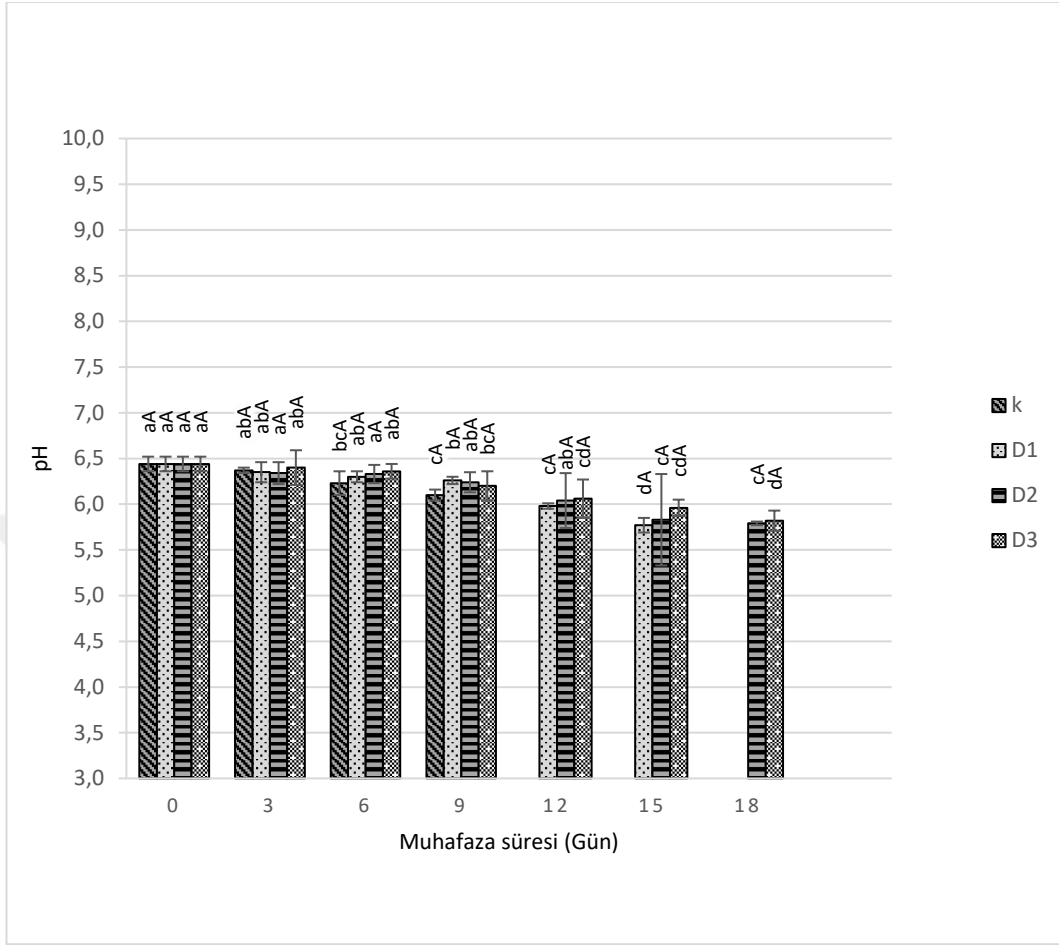
D2 : % 65 CO₂ + % 10 O₂ + % 25 N₂

D3 : % 75 CO₂ + % 10 O₂ + % 15 N₂

AY : Duyusal olarak kabul edilmediği, bozulduğu için analiz yapılmadı.

abcd : Aynı satırdaki farklı harfleri taşıyan ortalamalar (günler arası) istatistiksel olarak önemlidir (P<0,05).

ABC : Aynı sütundaki farklı harfleri taşıyan ortalamalar (günler arası) istatistiksel olarak önemlidir (P<0,05).



Şekil 6. Balık Köftelerinde Muhafaza Sürecinde pH değerinde Meydana Gelen Değişimler (Ortalama $\pm$ Standart sapma).

K(Normal Atmosfer),

D1 (%55 CO₂ + %15 O₂ + %30 N₂),

D2 (%65 CO₂ + %10 O₂ + %25 N₂),

D3 (%75 CO₂ + %10 O₂ + %15 N₂).

5.2.2. Toplam Uçucu Bazik Azot (TVB-N) Analizi

Farklı modifiye atmosfer paketlenme yöntemiyle paketlenen ve +4°C’de muhafaza edilen balık köftelerinde saptanan toplam uçucu bazik azot (TVB-N) değerleri (mg N/100g numunede) Tablo 10’da, muhafaza sürecinde toplam uçucu bazik azot (TVB-N) değerlerinde meydana gelen değişimler (mg N/100g numunede) ise Şekil 7’de verilmiştir.

Köftelerin yapımında kullanılan çiğ balıkta TVB-N değeri ortalama $20,20 \pm 1,08$ mg N/100g olarak saptandı. Köftede (0. Günde / MAP yapılmadan hemen önce) TVB-N değeri $17,80 \pm 0,24$ mg N/100g olarak tespit edildi. Tüm gruplarda TVB-N değeri muhafaza süresine paralel olarak artış gösterdi (Tablo 10). K grubunda 9. günde TVB-N değeri $17,80 \pm 0,24$ mg N/100g olarak saptandı. Daha sonraki günlerde K grubu duyusal olarak bozulduğu için analiz yapılmadı. TVB-N değeri D1 grubunda 15. günde $36,31 \pm 0,47$ mg N/100g olarak tespit edilirken, D2 grubunda 18. günde $36,52 \pm 0,88$ mg N/100g, D3 grubunda ise $35,55 \pm 0,71$ mg N/100g olarak saptandı.

İstatistiksel olarak gruplar arasında 9., 12. ve 15. günlerde önemli farklılıklar tespit edildi ($P < 0,05$). Muhafaza sürecinde K ve D2 grubunda 6. günden itibaren, D1 grubunda 9. gün hariç, D3 grubunda ise bütün analiz günlerinde grup içi günler arasında istatistiksel olarak farklılığın önemli olduğu tespit edildi ($P < 0,05$).

Tablo 10. Balık Köftelerinde Saptanan Toplam Uçucu Bazik Azot (TVB-N) Değerleri (mg N/100g numunede) (Ortalama $\pm$ Standart sapma), (N=3).

Gruplar	Muhafaza Süresi (Gün)						
	0.	3.	6.	9.	12.	15.	18.
K	17,80 $\pm$ 0,24 ^{cA}	19,53 $\pm$ 0,76 ^{cA}	19,53 $\pm$ 0,76 ^{cA}	30,56 $\pm$ 0,76 ^{aA}	AY	AY	AY
D1	17,80 $\pm$ 0,24 ^{eA}	19,99 $\pm$ 0,34 ^{dA}	22,52 $\pm$ 0,48 ^{cA}	23,98 $\pm$ 1,52 ^{cB}	31,07 $\pm$ 0,61 ^{bA}	36,31 $\pm$ 0,47 ^{aA}	AY
D2	17,80 $\pm$ 0,24 ^{fA}	19,14 $\pm$ 0,90 ^{fA}	21,69 $\pm$ 1,30 ^{eA}	24,51 $\pm$ 0,78 ^{dB}	28,98 $\pm$ 0,97 ^{cB}	33,74 $\pm$ 0,57 ^{bB}	36,52 $\pm$ 0,88 ^{aA}
D3	17,80 $\pm$ 0,24 ^{gA}	19,37 $\pm$ 1,12 ^{fA}	23,25 $\pm$ 1,35 ^{eA}	25,07 $\pm$ 0,31 ^{dB}	29,34 $\pm$ 1,00 ^{cB}	33,46 $\pm$ 0,21 ^{bB}	35,55 $\pm$ 0,71 ^{aA}

K : Normal atmosfer bileşimi

D1 : % 55 CO₂ + % 15 O₂ + % 30 N₂

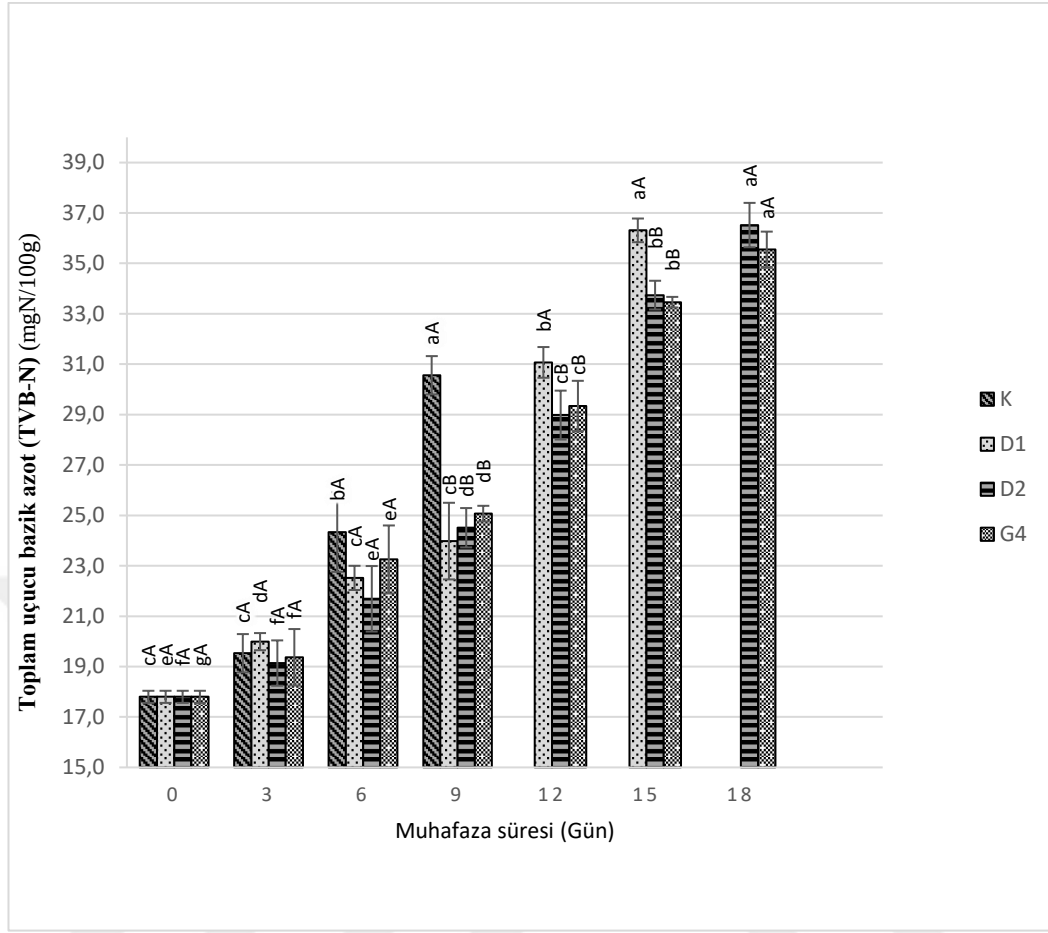
D2 : % 65 CO₂ + % 10 O₂ + % 25 N₂

D3 : % 75 CO₂ + % 10 O₂ + % 15 N₂

AY : Duyusal olarak kabul edilmediği, bozulduğu için analiz yapılmadı.

abcdefg: Aynı satırdaki farklı harfleri taşıyan ortalamalar (günler arası) istatistiksel olarak önemlidir (P<0,05).

ABC : Aynı sütundaki farklı harfleri taşıyan ortalamalar (günler arası) istatistiksel olarak önemlidir (P<0,05).



Şekil 7. Balık Köftelerinde Muhafaza Sürecinde Toplam Uçucu Bazik Azot (TVB-N) Sayısında (mg N/100g numunede) Meydana Gelen Değişimler (Ortalama ± Standart sapma).

K(Normal Atmosfer),

D1 (%55 CO₂ + %15 O₂ + %30 N₂),

D2 (%65 CO₂ + %10 O₂ + %25 N₂),

D3 (%75 CO₂ + %10 O₂ + %15 N₂).

5.2.3. Tiyobarbitürik Asit (TBA) Sayısı Analizi:

Farklı modifiye atmosfer paketlenme yöntemiyle paketlenen ve +4°C’de muhafaza edilen balık köftelerinde saptanan tiyobarbitürik asit (TBA) sayısı (mg malonaldehit/kg) Tablo 11’de, muhafaza sürecinde tiyobarbitürik asit (TBA) sayısı değerinde meydana gelen değişimler (mg malonaldehit/kg) ise Şekil 8’de verilmiştir.

Köftelerin yapımında kullanılan çiğ balıkta TBA sayısı değeri ortalama $0,32 \pm 0,04$ mg malonaldehit/kg olarak saptandı. Köftede (0. Günde / MAP yapılmadan hemen önce) TBA sayısı değeri $0,39 \pm 0,02$ mg malonaldehit/kg olarak tespit edildi. Tüm gruplarda TBA sayısı değeri muhafaza süresine paralel olarak artış gösterdi (Tablo 11). K grubunda 9. günde TBA sayısı değeri $1,39 \pm 0,04$ mg malonaldehit/kg olarak saptandı. Daha sonraki günlerde K grubu duyusal olarak bozulduğu için analiz yapılmadı. TBA sayısı değeri 15. günde D1 grubunda $2,09 \pm 0,05$ mg malonaldehit/kg olarak tespit edilirken, 18. günde D2 grubunda $2,25 \pm 0,08$ mg malonaldehit/kg, D3 grubunda ise $2,20 \pm 0,03$ mg malonaldehit/kg olarak saptandı.

İstatistiksel olarak gruplar arasında muhafazanın 6., 9., 12. ve 15. günlerinde önemli farklılıklar tespit edildi ($P < 0,05$). Muhafaza sürecinde D1, D2 ve D3 grubunda 6. günden itibaren, K grubunda ise bütün analiz günlerinde grup içinde günler arasında istatistiksel olarak farklılığın önemli olduğu tespit edildi ($P < 0,05$).

Tablo 11. Balık Köftelerinde Saptanan Tiyobarbitürik Asit (TBA) Değerleri (mg malonaldehit/kg) (Ortalama $\pm$ Standart sapma), (N=3).

Gruplar	Muhafaza Süresi (Gün)						
	0.	3.	6.	9.	12.	15.	18.
K	0,39 $\pm$ 0,02 ^{dA}	0,48 $\pm$ 0,03 ^{cA}	0,82 $\pm$ 0,06 ^{bA}	1,39 $\pm$ 0,04 ^{aA}	AY	AY	AY
D1	0,39 $\pm$ 0,02 ^{eA}	0,51 $\pm$ 0,05 ^{eA}	0,89 $\pm$ 0,07 ^{dA}	1,35 $\pm$ 0,12 ^{cA}	1,56 $\pm$ 0,06 ^{bA}	2,09 $\pm$ 0,05 ^{aA}	AY
D2	0,39 $\pm$ 0,02 ^{fA}	0,43 $\pm$ 0,07 ^{fA}	0,70 $\pm$ 0,04 ^{eB}	1,14 $\pm$ 0,09 ^{dB}	1,33 $\pm$ 0,07 ^{cB}	1,85 $\pm$ 0,13 ^{bB}	2,25 $\pm$ 0,08 ^{aA}
D3	0,39 $\pm$ 0,02 ^{fA}	0,44 $\pm$ 0,05 ^{fA}	0,60 $\pm$ 0,05 ^{eB}	0,97 $\pm$ 0,09 ^{dB}	1,22 $\pm$ 0,09 ^{cB}	1,74 $\pm$ 0,06 ^{bB}	2,20 $\pm$ 0,03 ^{aA}

K : Normal atmosfer bileşimi

D1 : % 55 CO₂ + % 15 O₂ + % 30 N₂

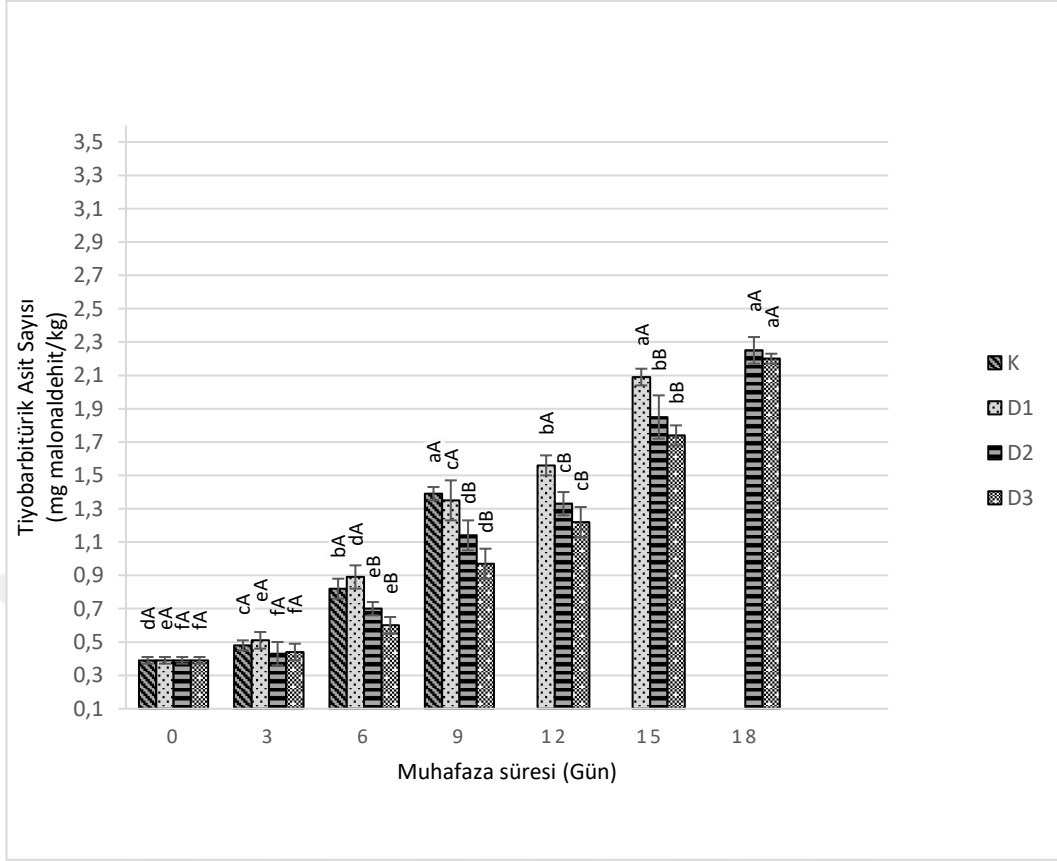
D2 : % 65 CO₂ + % 10 O₂ + % 25 N₂

D3 : % 75 CO₂ + % 10 O₂ + % 15 N₂

AY : Duyusal olarak kabul edilmediği, bozulduğu için analiz yapılmadı.

abcdef : Aynı satırdaki farklı harfleri taşıyan ortalamalar (günler arası) istatistiksel olarak önemlidir (P<0,05).

ABC : Aynı sütundaki farklı harfleri taşıyan ortalamalar (günler arası) istatistiksel olarak önemlidir (P<0,05).



Şekil 8. Balık Köftelerinde Muhafaza Sürecinde Tiyobarbitürik Asit (TBA) Değerinde Meydana Gelen Değişimler (mg malonaldehit/kg) (Ortalama $\pm$ Standart sapma).

K(Normal Atmosfer),

D1 (%55 CO₂ + %15 O₂ + %30 N₂),

D2 (%65 CO₂ + %10 O₂ + %25 N₂),

D3 (%75 CO₂ + %10 O₂ + %15 N₂).

5.2.4. Kuru Madde Analizi

Farklı modifiye atmosfer paketlenme yöntemiyle paketlenen ve +4°C’de muhafaza edilen balık köftelerinde Saptanan kuru madde değerleri (%) Tablo 12’de, muhafaza sürecinde kuru madde değerlerinde meydana gelen değişimler (%) ise Şekil 9’da verilmiştir.

Köftelerin yapımında kullanılan çiğ balık etinde kuru madde değeri ortalama $22,78 \pm 1,58$ olarak saptandı. Köftede (0. Günde/ MAP yapılmadan hemen önce) kuru madde değeri $36,37 \pm 0,16$ olarak tespit edildi. Tüm gruplarda kuru madde değeri muhafaza süresinin sonuna kadar dalgalanmalar gösterdi (Tablo 12). K grubunda 9. günde kuru madde değeri $36,45 \pm 0,35$ olarak saptandı. Daha sonraki günlerde K grubu duyusal olarak bozulduğu için analiz yapılmadı. Kuru madde değeri D1 grubunda 15. günde $36,86 \pm 0,21$ olarak tespit edilirken, 18. günde D2 grubunda $37,02 \pm 0,15$, D3 grubunda ise $36,88 \pm 0,05$ olarak saptandı.

İstatistiksel olarak muhafaza süresi boyunca grupların kuru madde değeri arasındaki farklılığın önemli olmadığı tespit edildi ($P > 0,05$). Muhafaza sürecinde K ve D2 grubunda bütün analiz günlerinde, D3 grubunda ise 6. Gün hariç istatistiksel fark görülmedi ($P > 0,05$). D1 grubunda günler arasında 6., 12. ve 15. günlerde istatistiksel olarak farklılığın önemli olduğu saptandı ($P < 0,05$).

Tablo 12. Balık Köftelerinde Saptanan Kuru Madde Oranları (%) (Ortalama $\pm$ Standart sapma), (N=3).

Gruplar	Muhafaza Süresi (Gün)						
	0.	3.	6.	9.	12.	15.	18.
K	36,37 $\pm$ 0,16 ^{aA}	36,27 $\pm$ 0,22 ^{aA}	36,38 $\pm$ 0,14 ^{aA}	36,45 $\pm$ 0,35 ^{aA}	AY	AY	AY
D1	36,37 $\pm$ 0,16 ^{cA}	36,21 $\pm$ 0,27 ^{cA}	36,46 $\pm$ 0,16 ^{bcA}	36,43 $\pm$ 0,06 ^{bcA}	36,78 $\pm$ 0,18 ^{abA}	36,86 $\pm$ 0,21 ^{aA}	AY
D2	36,37 $\pm$ 0,16 ^{aA}	36,56 $\pm$ 0,21 ^{aA}	36,78 $\pm$ 0,29 ^{aA}	36,86 $\pm$ 0,26 ^{aA}	36,62 $\pm$ 0,23 ^{aA}	36,92 $\pm$ 0,12 ^{aA}	37,02 $\pm$ 0,15 ^{aA}
D3	36,37 $\pm$ 0,16 ^{bA}	36,38 $\pm$ 0,17 ^{bA}	36,73 $\pm$ 0,26 ^{aA}	36,88 $\pm$ 0,18 ^{aA}	36,76 $\pm$ 0,20 ^{aA}	36,94 $\pm$ 0,10 ^{aA}	36,88 $\pm$ 0,05 ^{aA}

K : Normal atmosfer bileşimi

D1 : % 55 CO₂ + % 15 O₂ + % 30 N₂

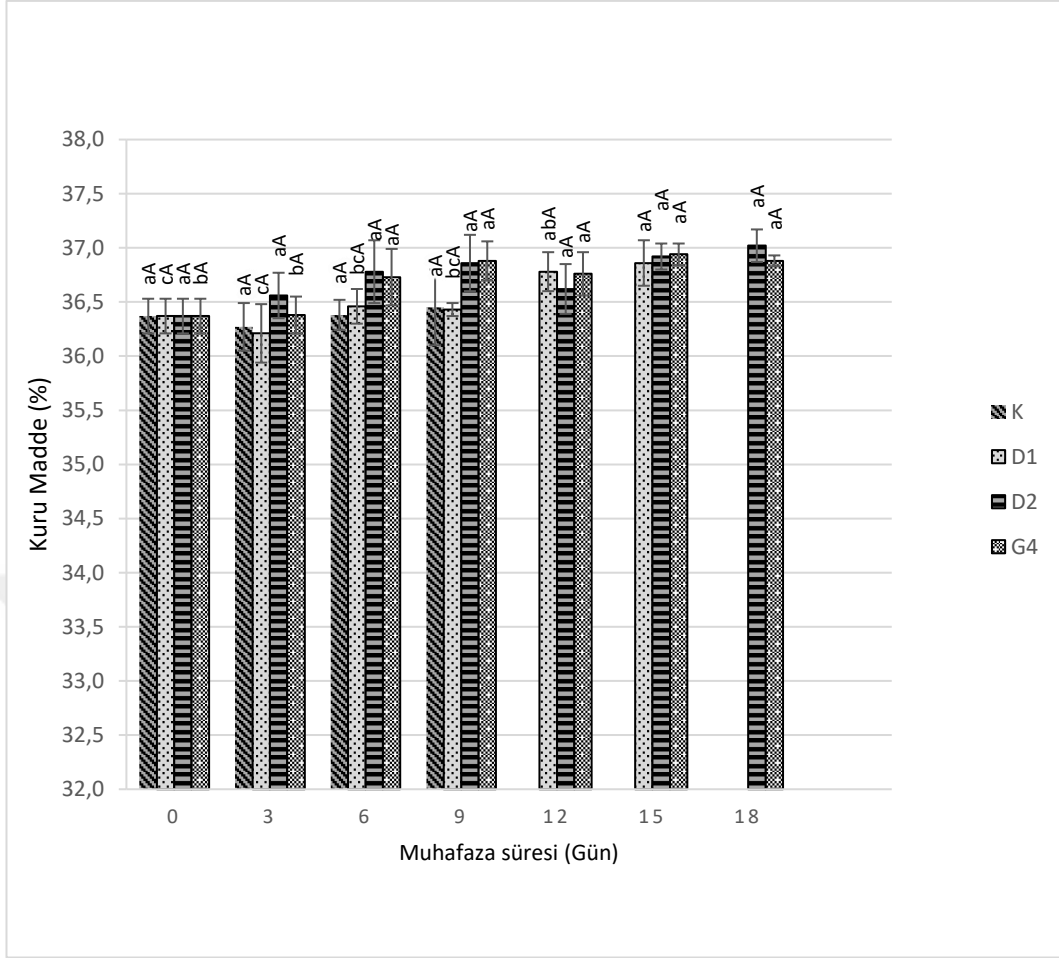
D2 : % 65 CO₂ + % 10 O₂ + % 25 N₂

D3 : % 75 CO₂ + % 10 O₂ + % 15 N₂

AY : Duyusal olarak kabul edilmediği, bozulduğu için analiz yapılmadı.

abc : Aynı satırdaki farklı harfleri taşıyan ortalamalar (günler arası) istatistiksel olarak önemlidir (P<0,05).

ABC : Aynı sütundaki farklı harfleri taşıyan ortalamalar (günler arası) istatistiksel olarak önemlidir (P<0,05).



Şekil 9. Balık Köftelerinde Muhafaza Sürecinde Kuru Madde Oranında Meydana Gelen Değişimler (%) (Ortalama $\pm$ Standart sapma).

K (Normal Atmosfer),

D1 (%55 CO₂ + %15 O₂ + %30 N₂),

D2 (%65 CO₂ + %10 O₂ + %25 N₂),

D3 (%75 CO₂ + %10 O₂ + %15 N₂).

6. TARTIŞMA

Gıda teknolojisindeki gelişmeler ile birlikte diğer gıda ürünleri gibi su ürünleri de çeşitli şekillerde işlenerek, ambalajlanarak hazır ya da yarı hazır ürünlere dönüştürülmektedir. Tüketiciler kolay hazırlanabilir, besin değeri yüksek, en az miktarda katkı maddesi içeren, uzun ömürlü ve yaşam şeklinin gereksinimine uygun gıdaları tercih etmeye başlamışlardır (1). Su ürünleri tüketiminin her mevsim ve üretimin olmadığı zamanlarda da tüketilme isteği, kentleşme ve sanayileşme ile çalışan sayının artmasına bağlı olarak beslenme alışkanlığının giderek tüketime yarı hazır veya hazır ürünlere yönelmesi su ürünlerinin işlenmesini zorunlu hale getirmiştir (18). Tüketime hazır veya yarı hazır hale getirilmiş su ürünlerinden biriside balık köftesidir. Yapılan literatür taramalarında balık köftelerinde MAP ile ilgili çalışmaların çok sınırlı olduğu gözlemlendi.

Köfte yapımında kullanılan aynalı sazan balık etinde TMAB sayısı ortalama $4,42 \pm 0,19 \log_{10} \text{kob/g}$ saptandı. Hazırlanan köfte örneklerinde 0.günde TMAB sayısı $4,17 \pm 0,13 \log_{10} \text{kob/g}$ olarak tespit edildi. TMAB sayısında ki bu azalışın muhtemelen köfte yapımında kullanılan baharat, tuz ve sarımsaktan kaynaklandığı düşünülmektedir. TMAB sayısı tüm gruplarda muhafaza süresine paralel olarak artış gösterdi. K grubunda 9. günde $7,44 \pm 0,35 \log_{10} \text{kob/g}$, D1 grubunda 15. günde $7,93 \pm 0,35 \log_{10} \text{kob/g}$, D2 grubunda 18. günde $7,86 \pm 0,17 \log_{10} \text{kob/g}$ ve D3 grubunda 18. günde $7,52 \pm 0,35 \log_{10} \text{kob/g}$ olarak tespit edildi. D2 ve D3 grubunda saptanan TMAB sayısı muhafaza sürecinin 9. gününde K grubundan yaklaşık 2 $\log_{10} \text{kob/g}$, 15. Gününde ise D1 grubundan yaklaşık 1 $\log_{10} \text{kob/g}$ daha az seviyede tespit edildi (Tablo 4). Bu durumun grupların gaz karışımlarındaki karbondioksit oranlarının farklı olmasından ve karbondioksitin antimikrobiyal etkisinden

kaynaklandığı düşünülmektedir. İstatistiksel olarak gruplar arasında 9., 12. ve 15. günlerde önemli farklılıklar tespit edildi ($P<0,05$). Muhafaza sürecinde grup içi günler arasında K, D1 ve D3 grubunda 6. günden itibaren, D2 grubunda ise bütün analiz günlerinde istatistiksel olarak önemli farklılık tespit edildi ($P<0,05$). K grubu 9. günden, D1 grubu 15. günden, D2 ve D3 grubu 18. günden itibaren duyuusal olarak bozulmaya başladı. Tarım ve Orman Bakanlığı Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Yönetmeliğinde deniz ürünlerinde bazı patojenler için limit belirtilmiş olmasına rağmen TMAB sayısı ile ilgili herhangi bir değer belirtilmemiştir (82). International Commission on Microbiological Specification For Foods (ICMFS) hazırlanmış balık ürünleri için herhangi bir kriter yoktur. Ancak taze, dondurulmuş, soğutulmuş balıklar için maksimum aerobik mikroorganizma sayısını $7 \log_{10} \text{kob/g}$ olarak belirtmiştir (83). Bu çalışmada saptanan TMAB sayısı K grubunda 9. günde, D1 grubunda 15. günde, D2 ve D3 grubunda 18. günde kabul edilebilir limit değerini aşmıştır. Baygar ve ark. (67) gökkuşağı alabalık etinden elde ettikleri ve $4\pm 1^\circ\text{C}$ 'de 11 gün süreyle depolayarak üç' er gün arayla analiz ettikleri köfte örneklerinin TMAB sayılarını (başlangıç yükü: $4,42 \log_{10} \text{kob/g}$), kontrol grubunda (%100 hava) 5. günde $6,88 \log_{10} \text{kob/g}$, MAP1 (%35 CO_2 - %60 N_2 - %5 O_2) grubunda 9. günde $6,61 \log_{10} \text{kob/g}$, MAP2 (%25 CO_2 - %70 N_2 - %5 O_2) grubunda ise 9. günde $5,0 \log_{10} \text{kob/g}$ olarak bildirmişlerdir. Yine benzer bir ürün sayılabilecek alabalık burgeri üzerine yapılan çalışmada (57), örnekler $+4^\circ\text{C}$ 'de 42 gün boyunca muhafaza edilmiştir. Burger örneklerinin başlangıç TMAB sayısı $5 \log_{10} \text{kob/g}$ olarak bildirilmiş, depolanma sonunda ise bu yükün kontrol grubunda $10,6 \log_{10} \text{kob/g}$, A grubunda $9,1 \log_{10} \text{kob/g}$, B grubunda $8,6 \log_{10} \text{kob/g}$ olarak tespit edildiği belirtilmiştir. Altan (68)

tarafından yapılan çalışmada hazırlanan alabalık köfteleri $2\pm2^{\circ}\text{C}$ 'de 24 gün depolanmıştır. TMAB sayısının muhafaza süresine paralel olarak tüm gruplarda artış gösterdiği bildirilmiştir. MAP yöntemi ile paketlenen (%60 CO_2 +%40 N_2) kontrol grubunda başlangıç TMAB sayısı 0. günde $3,04 \log_{10}$ kob/g iken depolama sonunda $8,23 \log_{10}$ kob/g seviyesine ulaştığı belirtilmiştir. Çalışmamızda elde etmiş olduğumuz TMAB sayısı sonuçları bu çalışma sonuçları ile benzerlik göstermektedir.

Düşük depolama sıcaklıklarında muhafaza edilen taze balıkların aerobik bozulmasından sorumlu psikrotrof bakteri sayısında tüm gruplarda muhafaza süresine paralel olarak artış gözlemlendi. Köfte yapımında kullanılan aynalı sazan balık etinde psikrotrof bakteri sayısı $4,02\pm0,16 \log_{10}$ kob/g olarak saptandı. Hazırlanan köfte örneklerinde başlangıç psikrotrof bakteri yükü $3,79\pm0,04 \log_{10}$ kob/g tespit edildi. Köfte yapımı ile birlikte psikrotrof bakteri sayısında bir miktar düşüş gözlemlendi. K grubunda diğer gruplara göre psikrotrof bakteri sayısı daha hızlı arttı. CO_2 gazı oranı fazla olan gruplarda bakteri sayısının daha yavaş artışı gözlemlendi. D2 ve D3 grubunda muhafazanın 9. gününde kontrol grubuna (K) göre yaklaşık $2 \log_{10}$ kob/g daha düşük seviyede saptandı (Tablo 5). İstatistiksel olarak gruplar arasında 3., 6., 9., 12. ve 15. günlerde önemli farklılıklar tespit edildi ($P<0,05$). Muhafaza sürecinde bütün gruplarda grup içi günler arasında istatistiksel olarak farklılığın önemli olduğu saptandı ($P<0,05$). Gökkuşaağı alabalık etinden yapılan köftelerin raf dayanım süresinin belirlenmesi üzerine yapılan çalışmada (67), köfte örneklerinin başlangıç psikrotrof bakteri yükü $3,92 \log_{10}$ kob/g olarak tespit edilmiş, daha sonra 5. günde kontrol grubunda (normal hava) $5,90 \log_{10}$ kob/g, MAP1 grubunda 9. günde $6,77 \log_{10}$ kob/g, MAP2 grubunda $5,87 \log_{10}$ kob/g olarak

tespit edildiği ve psikrotrof bakteri sayısının muhafaza süresince artış gösterdiği bildirilmiştir. Modifiye atmosfer ile paketlenen alabalık köftesinde mikrobiyel transglutaminaz enziminin ürün kalitesi üzerine etkisini belirlemek amacıyla yapılan çalışmada (68), psikrotrof bakteri sayısının kontrol grubunda (%60 CO₂+%40 N₂) başlangıç yükünün 2.56 log₁₀ kob/g iken muhafaza süresine paralel olarak artış gösterdiği ve depolama sonunda 7.49 log₁₀ kob/g seviyesine ulaştığı bildirilmiştir. Sığır eti köftelerinin raf ömrü üzerine yapılan bir çalışmada (84), hazırlanan köfte örnekleri %25 CO₂ + %75 N₂ gaz kombinasyonu kullanılarak modifiye atmosfer ile paketlenmiş ve +2°C’de 13 gün süreyle muhafaza edilmiştir. Köftelerin normal hava ile paketlenen kontrol grubuna göre muhafaza süresince psikrotrof bakteri sayısının daha düşük seviyede arttığı ve tüm gruplarda psikrotrof bakteri sayısının depolama süresine paralel olarak artış gösterdiği bildirilmiştir. Çalışmamızda kullandığımız gaz karışımlarının ve köfte bileşiminin farklı olmasına rağmen CO₂ oranı fazla olan grupların psikrotrof bakteri gelişimini inhibe etmesi bakımında paralellik göstermektedir.

Enterobacteriaceae sayısı gıda ürünlerinde hijyen indikatörü olarak kabul edilmektedir. Çalışmamızda kullanılan aynalı sazan balık etinin başlangıç enterobacteriaceae sayısı 2,71±0,14 log₁₀ kob/g olarak saptandı. Köfte hazırlandıktan sonra (0.gün) ise 2,50±0,15 log₁₀ kob/g olarak tespit edildi. Muhafaza süresine paralel olarak tüm gruplarda *Enterobacteriaceae* sayısı artış gösterdi ve farklı günlerde en yüksek seviyelere ulaştı. Çalışmanın 9. gününde enterobacteriaceae sayısının kontrol grubuna göre diğer gruplarda yaklaşık 1 log₁₀ kob/g daha az seviyede seyrettiği gözlemlendi (Tablo 6). Kontrol grubunda (K) 9. günden sonra, D1 grubunda 15. günden sonra duyuusal bozulma olduğundan dolayı

analiz yapılmadı. D1 grubunda *Enterobacteriaceae* sayısı 9. günde $4,91 \pm 0,57 \log_{10}$ kob/g seviyesine ulaşırken, D2 grubunda 18. günde $4,86 \pm 0,10 \log_{10}$ kob/g seviyesine D3 grubunda ise 18. günde $4,75 \pm 0,09 \log_{10}$ kob/g seviyesine ulaştı. İstatistiksel olarak gruplar arasında 6., 9., 12. ve 15. günlerde önemli farklılıklar tespit edildi ($P < 0,05$). Muhafaza sürecinde K grubunda 6. günden itibaren, D1 grubunda bütün analiz günlerinde, D2 ve D3 gruplarında ise 12. gün hariç diğer günlerde grup içinde dönemler arasında istatistiksel olarak farklılığın önemli olduğu tespit edildi ($P < 0,05$). Gökkuşluğu alabalığı filetoları üzerine yapılan çalışmalarda (62,69) farklı gaz kompozisyonları ile modifiye atmosfer paketlenme teknolojisi kullanılarak ambaljlanan çiğ alabalık filetolarında *Enterobacteriaceae* sayısının tüm gruplarda muhafaza süresine paralel olarak artış gösterdiği bildirilmiştir. Yine aynı çalışmalarda MAP teknolojisi ile paketlenen filetoların *Enterobacteriaceae* sayılarının kontrol grubu (normal hava) ve vakum paketlere göre daha az seviyelerde seyrettiği, paketlerdeki CO₂ oranı artıkça üreme hızının yavaşladığı ve raf dayanım süresinin uzadığı belirtilmiştir. Çalışma sonuçlarımız bu sonuçlar ile benzerlik göstermektedir. Ancak bu çalışmada fileto kullanıldığı için materyal farklılığı mevcuttur.

Yeni avlanmış sağlıklı taze balık eti steril kabul edilmektedir. Balık etinde koliform grubu bakteri varlığı, ya balıkların fekal kontaminasyonlu temiz olmayan sulara yakalandığını ya da yakalama işleminden sonra balık etinin kontaminasyonundan kaynaklanmaktadır (85). Koliform grubu bakteri sayısı balık etinde $3,43 \pm 0,09 \log_{10}$ kob/g olarak saptandı. Köftede 0. günde $3,31 \pm 0,08 \log_{10}$ kob/g olarak tespit edildi. Muhafazanın 9. gününde kontrol grubu ile diğer gruplar arasında $1 \log_{10}$ kob/g'dan daha fazla fark saptandı. Muhafazanın 15. gününde ise

koliform grubu bakteri sayısının D2, D3 ve D1 grubundan yaklaşık 1 log₁₀ kob/g daha düşük seviyede seyrettiği saptandı (Tablo 7). İstatistiksel olarak gruplar arasında 6., 9. ve 15. günlerde önemli farklılıklar tespit edildi (P<0,05). Muhafaza sürecinde K, D1 ve D3 grubunda bütün analiz günlerinde, D2 grubunda ise 18. gün hariç diğer analiz günlerinde grup içi günler arasında istatistiksel olarak farklılığın önemli olduğu saptandı (P<0,05). Alabalık köftesi üzerine yapılan çalışmada (67), kontrol grubu (normal hava) ve MAP2 (%35 CO₂- %60 N₂ - %5 O₂) grubunda koliform grubu bakteri sayısının muhafaza süresi sonunda düştüğü, MAP1 (%25 CO₂ - %70 N₂ - %5 O₂) grubunda ise yükseldiği bildirilmiştir. Yine benzer bir ürün sayılabilecek alabalık burgeri üzerine yapılan çalışmada (57), tüm gruplarda muhafaza süresince koliform grubu bakteri sayısında dalgalanmalar olduğu ve muhafaza süresi sonunda kontrol grubunda (normal hava) az bir artış, diğer gruplarda ise düşüş olduğu belirtilmiştir. Depolama süresince koliform grubu bakterilerde bozulma indikatörü olacak kadar önemli bir artış olmadığı bildirilmiştir. İlgili araştırmaların bazı gruplarındaki değerler bulgularımıza göre farklılık arz etmektedir. Söz konusu farklılıkların kullandığımız gaz kombinasyonlarının, köfte bileşiminin ve balık türünün farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Altan (68) tarafından yapılan çalışmada ise koliform grubu bakteri sayısının depolama sonunda yükseldiği bildirilmiştir. Yine sığır eti köftelerinin raf ömrü üzerine modifiye atmosfer paketlemenin etkisini belirlemek için yapılan çalışmada (84), koliform grubu bakteri sayısının muhafaza süresine paralel olarak artış gösterdiği en az artış seviyesinin modifiye atmosfer paketli örneklerde görüldüğü belirtilmiştir.

Balıkların normal florası içerisinde maya ve küfler bulunmazlar. Maya ve küfler genellikle toprak kökenli olup yakalandıktan sonra sudan, temas yüzeyinden, kullanılan alet ve ekipmanlardan bulaşmaktadır (86,87,88). Çalışmamızda kullanılan balıketinde $2,75 \pm 0,17 \log_{10}$ kob/g olarak saptanan maya- küf sayısı, balıketinin köfteye işlenmesi ile (0. gün) bir miktar artarak $3,12 \pm 0,45 \log_{10}$ kob/g seviyesine ulaştı. Bu artışın sebebi köfte yapımında kullanılan baharat kaynaklı kontaminasyon nedeniyle olduğu düşünülmektedir. Muhafaza süresine paralel olarak tüm gruplarda maya- küf sayısında artış gözlemlendi. K grubunda 9. günde maya küf sayısı $5,08 \pm 0,06 \log_{10}$ kob/g, 15. günde D1 grubunda $5,33 \pm 0,08 \log_{10}$ kob/g, D2 grubunda $4,83 \pm 0,09 \log_{10}$ kob/g ve D3 grubunda $4,65 \pm 0,23 \log_{10}$ kob/g olarak saptandı (Tablo 8). İstatistiksel olarak gruplar arasında 9. ve 12. günlerde önemli farklılıklar tespit edildi ($P < 0,05$). Grup içi günler arasında muhafaza sürecinde K grubunda bütün analiz günlerinde, D1 grubunda 6. günden itibaren, D2 ve D3 gruplarında ise 6. ve 9. günler hariç istatistiksel olarak farklılığın önemli olduğu saptandı ($P < 0,05$). D2 ve D3 grubunda kullanılan gaz karışımlarının maya - küf gelişimini engellemede daha etkili olduğu gözlemlendi. Elde edilen bulgular muhafaza süresince maya ve küf sayısının yükseldiğini belirten çalışmaların (57,68,84) bulgularıyla benzerlik göstermektedir.

İlgili araştırmalar ile çalışmamızdaki mikrobiyolojik değerler arasındaki farklılıkların üretim hijyeninden, kullanılan gaz kombinasyonlarından, köfte bileşiminden, balıketi ve kullanılan katkı maddeleri ile baharatların mikrobiyel kalitesinden ve köftelerin muhafaza koşullarından kaynaklandığı vurgulanabilir.

Canlı balıkta pH değeri balığın türüne, beslenme durumuna, mevsime ve kasa bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir. Bu durum ölüm sonrası etin kalitesini

önemli derecede etkilemektedir. Canlı balıkta kasın pH'sı 7,2-7,3 olup, balık avlandıktan sonra taze balıkta pH:6,0-6,5 arasında olmaktadır (89). Çalışmamızda kullandığımız aynalı sazan balıketi köftelerinin (0.gün) pH değeri $6,44 \pm 0,08$ olarak saptandı. Muhafaza süresine paralel olarak tüm gruplarda pH değerinde düşüş gözlemlendi (Tablo 9). Muhafazanın 9. gününde pH değeri K grubunda $6,10 \pm 0,06$, D1 grubunda $6,26 \pm 0,04$, D2 grubunda $6,24 \pm 0,11$, D3 grubunda $6,20 \pm 0,16$ olarak tespit edildi. Tüm grupların muhafaza süresince pH değerleri birbirine yakın seviyede seyretti ve grupların istatistiksel olarak aralarındaki farkın anlamsız ($P < 0,05$) olduğu görüldü. Grup içi günler arasında ise K grubunda bütün analiz günleri arasında, D1 grubunda 6. gün hariç, D2 grubunda 9. gün hariç diğer bütün analiz günleri arasında, D3 grubunda ise 3., 9., 12. ve 18. günler arasında istatistiksel olarak farklılığın önemli olduğu saptandı ($P < 0,05$). Muhafaza sürecinde K ve D2 grubunda 6. günden itibaren, D1 grubunda 9. gün hariç, D3 grubunda ise bütün analiz günlerinde grup içi günler arasında istatistiksel olarak farklılığın önemli olduğu tespit edildi ($P < 0,05$). Muhafaza süresince bütün gruplarda pH değerindeki düşüşün oluşan karbonik asitten kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu sonuçlar modifiye atmosfer paketlenme teknolojisi ile paketlenen alabalık köftelerinde (67) ve alabalık burgerinde (57) bildirilen değerler ile paralellik göstermektedir. Sığır köftesi üzerine yapılan çalışmada da (84) pH'nın muhafaza süresine paralel olarak düştüğü belirtilmektedir.

TVB-N deniz ürünlerinin tazelik kriterleri arasında önemli bir gösterge olarak kullanılmaktadır. Balıkta bozulmanın artmasıyla birlikte uçucu bazik azotlu maddelerin miktarı da artmaktadır. Bu artışa bozulmaya sebep olan bakterilerin ve endojen enzimlerin aktiviteleri neden olmaktadır (89). Varlık ve ark. (90) kalite

sınıflandırmasında TVB-N miktarını 25 mg N/100 g'a kadar "çok iyi", 30 mg N/100 g'a kadar "iyi", 35 mg N/100 g'a kadar "pazarlanabilir", 35 mg N/100 g'dan fazlasını "bozulmuş" olarak nitelermektedirler. Aynı zamanda bu araştırmacılar tatlı su balıklarında tüketilebilirlik TVB-N sınırını 32-36 mg N/100 g olarak belirtmektedirler. Balık köftesi örneklerinin yapımında kullandığımız çiğ balıkta TVB-N değeri $20,20 \pm 1,08$ mg N/100g olarak saptandı. Köftede (0. günde) TVB-N değeri $17,80 \pm 0,24$ mg N/100g olarak tespit edildi. Köfteye işlendikten sonra tüm gruplarda TVB-N değeri kısmen azaldı. Muhafaza süresince tüm gruplarda TVB-N miktarı artış gösterdi ve paketlerdeki CO₂ oranı artıkcaya yükselme hızının yavaşladığı gözlemlendi. TVB-N miktarı muhafazanın 9. gününde K grubunda $30,56 \pm 0,76$ mg N/100 g, D1 grubunda 15. günde $36,31 \pm 0,47$ mg N/100 g, D2 grubunda 18. günde $36,52 \pm 0,88$ mg N/100 g, D3 grubunda 18. günde $35,55 \pm 0,71$ mg N/100 g olarak saptandı (Tablo 10). İstatistiksel olarak gruplar arasında 9., 12. ve 15. günlerde önemli farklılıklar tespit edildi ($P < 0,05$). Muhafaza sürecinde K ve D2 grubunda 6. günden itibaren, D1 grubunda 9. gün hariç, D3 grubunda ise bütün analiz günlerinde grup içi günler arasında istatistiksel olarak farklılığın önemli olduğu tespit edildi ($P < 0,05$). Tespit edilen sonuçların MAP teknolojisinin uygulanmış olduğu balık ürünlerinde saptanan sonuçlarla (57,68) benzerlik göstermektedir.

Yağlı gıda ürünlerinde lipid oksidasyonunun bir göstergesi olan TBA sayısı değeri su ürünlerinin tazeliğinin belirlenmesinde kullanılan bir kriterdir. TBA sayısı değeri balığın türüne, yağ miktarına, avlandığı mevsime ve depolama koşullarına (sıcaklık, nem, ışık vb.) göre değişiklik göstermektedir. Oksidasyon reaksiyonlarının meydana gelmesinde önemli rol oynamaktadır (91). Balık ve balık

ürünlerinde yağların oksidasyonu sonucu ortaya çıkan ve acılaşıma indeksi olan TBA sayısı değeri çok iyi bir üründe 3 mg malonaldehit/kg'ten az olmalı, iyi bir üründe ise 5 mg malonaldehit/kg'ten fazla olmamalıdır. Tüketilebilirlik TBA sayısı sınır değeri ise 7-8 mg malonaldehit/kg arasında olması gerektiği belirtilmektedir (90,82). Çalışmamızda kullanılan çiğ balık etinde TBA sayısı değeri $0,32 \pm 0,04$ mg malonaldehit/kg olarak saptandı. Köftede (0. günde) ise bu değer $0,39 \pm 0,02$ mg malonaldehit/kg olarak tespit edildi. Yaptığımız çalışmada muhafaza süresince tüm gruplarda TBA sayısı değeri artış gösterdi. Yüksek oksijen oranı içeren grupların (K ve D1) TBA sayısı değerinin daha hızlı yükseldiği gözlemlendi (Tablo 11). İstatistiksel olarak gruplar arasında 6., 9., 12. ve 15. günlerde önemli farklılıklar tespit edildi ($P < 0,05$). Muhafaza sürecinde D1, D2 ve D3 grubunda 6. günden itibaren, K grubunda ise bütün analiz günlerinde grup içinde günler arasında istatistiksel olarak farklılığın önemli olduğu tespit edildi ($P < 0,05$). Alabalık köftesinde (68) TBA sayısı değerinin depolama süresine paralel olarak tüm gruplarda artış gösterdiği belirtilmiştir. Sığır eti köftesinde (84) tüm gruplarda zamanla TBA sayısının yükseldiği normal hava ile paketlenen ürünlere göre vakum ve MAP yöntemi kullanılarak paketlenen örneklerde TBA sayısı değerinin daha yavaş artışı belirtilmiştir. TBA sayısı değerlerimiz bu çalışmalar ile paralellik göstermektedir.

Aynalı sazan köftelerinin başlangıç (0. günde) kuru madde oranı $\%36,37 \pm 0,16$ olarak tespit edildi. Muhafaza sürecinde K grubunda 9. günde $\%36,45 \pm 0,35$, D1 grubunda 15. günde $\%36,86 \pm 0,21$, D2 grubunda 18. günde $\%37,02 \pm 0,15$, D3 grubunda ise 18. günde $\%36,88 \pm 0,05$ olarak saptandı. Tüm gruplarda muhafaza süresince kuru madde oranlarında ufak dalgalanmalar görüldü

ancak istatistiksel olarak gruplar arasındaki farkın önemsiz olduğu ($P>0,05$) tespit edildi. Muhafaza sürecinde K ve D2 grubunda bütün analiz günlerinde, D3 grubunda ise 6. gün hariç istatistiksel fark görülmedi ($P>0,05$). D1 grubunda günler arasında 6., 12. ve 15. günlerde istatistiksel olarak farklılığın önemli olduğu saptandı ($P<0,05$). Elde edilen sonuçlar MAP yöntemi kullanılarak elde edilen balık ürünleri üzerine yapılan çalışmalarla benzerlik gösterdiği (57,68) gözlemlendi.



7. SONUÇ

Sonuç olarak, paketlerde CO₂ miktarı artıkça, O₂ miktarı azaldıkça mikrobiyel üremenin ve TVB-N değeri ile TBA sayısının düştüğü saptandı. % 65 CO₂ + % 10 O₂ + % 25 N₂ (D2 grubu) ve % 75 CO₂ + % 10 O₂ + % 15 N₂ (D3 grubu) oranında gaz karışımı kullanılarak ambalajlanan köfte örneklerinin kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerindeki değişimlerin daha yavaş meydana geldiği ve +4°C’de raf ömrünün 18 güne kadar uzadığı tespit edildi.

CO₂ oranı yüksek, O₂ oranı düşük MAP yöntemi kullanılarak kimyasal katkı maddesi kullanılmadan tüketime yarı hazır, aynalı sazan balık köftesinin raf ömrü güvenilir şekilde 18 güne kadar uzatılabilir. Böylece kırmızı et ve kanatlı etinden elde edilen köftelere göre daha diyetetik ve bunlara alternatif olan ve aynı zamanda aynalı sazan etine göre daha çok tüketilebilen aynalı sazan köftesi üretilip raf ömrü MAP yöntemi ile uzatılabilir.

Ayrıca bu ürünlerin MAP teknolojisi ile ambalajlanıp üretilmesi su ürünleri ekonomisine de katkı sağlayacaktır.

8. KAYNAKLAR

1. Pala M, Karakuş M. Gıda sanayinin gelişme perspektiflerinde yeni yönelimler. Bursa II. Uluslararası Gıda Sempozyumu. Bursa 1991: 1-14.
2. Kaya BK. Yaban Mersini Ekstraktı İlaveli Sazan Balığı (*Cyprinus Carpio*, LINNAEUS, 1758) Köftelerinin Raf Ömrünün Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Elazığ: Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2019.
3. Kara D. Levrek Balığı Fileto Artıklarının Balık Köftesi Olarak Değerlendirilmesi Ve Raf Ömrünün Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Muğla: Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2017.
4. Akşit MA. Beslenmeye giriş. Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi Yayınları No: 220, Eskişehir, 1991.
5. Civaner EÇ. Su ürünleri dış pazar araştırması. Dış Ticaret Müsteşarlığı İhracatı Geliştirme Etüd Merkezi Tarım Dergisi 2004:49.
6. TÜİK, <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Su-Urunleri-2021-45745>, 22.06.2022.
7. TÜİK, <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Su-Urunleri-2019-33734>, 22.06.2022.
8. Food and Agricultural Organisation / FAOSTAT. Food and agricultural organisation statistics. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2018.
9. Candemir S, Dağtekin M. Türkiye su ürünleri üretimi ve yeterlilik endekslerinin tahmini. Acta Aquatica Turcica, 2020; 16(3), 409-415.
10. Sökmenler S. Türkiye’de Kültür Balıkçılığı Su Ürünleri Semineri. İstanbul Ticaret Odası. 1998:21, 95-107.
11. Arslan A. Et muayenesi ve et ürünleri teknolojisi. Medipress. Elazığ, 2002: 257-265.
12. Göğüş AK, Kolsarıcı N. Su ürünleri teknolojisi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. Ankara, 1992.
13. Gülyavuz H, Ünlüsayın M. Su ürünleri işleme teknolojisi. Süleyman Demirel Üniversitesi Eğridir Su ürünleri Fakültesi Ders Kitabı. Şahin Matbaası, 359 s. Isparta, 1999.
14. Metin S, Erkan N, Baygar T, and Özden Ö. Modified atmosphere packaging of fish-salad. Fisheries Science 2002;68: 204-209.
15. Patır B, Duman M. Tütsülenmiş aynalı sazan (*Cyprinus carpio L.*) filetolarının muhafazası sırasında oluşan fiziko-kimyasal ve mikrobiyolojik değişimlerin belirlenmesi. Fırat Üniversitesi Fen ve Müh. Bilimleri Dergisi 2006; 18 (2): 189-195.
16. Çapkın K. Kadife Balığı (*Tinca tinca L.*, 1758) Köftesinin Buzdolabı Koşullarında Muhafazası Sırasında Meydana Gelen Bazı Kimyasal Ve Mikrobiyolojik Değişimler. Yüksek Lisans Tezi, Afyon: Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2008.
17. Berik N, Kahraman D. Kefal balığı sucuklarında duyusal ve besin kompozisyonunun belirlenmesi. Kafkas Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Dergisi 2010; 16(Suppl A): 59-63.
18. Gökoğlu N. Balık köftesinin soğukta depolanması. Gıda Dergisi 1994; 19: 217-220.

19. Gün İ, Güzel Seydim Z, Seydim AC. Modifiye atmosferde paketlemenin farklı tipteki peynirlerin bazı niteliklerine etkisi. Gıda Bilimi ve Teknolojisi 2009; 34 (5): 309-316.
20. Babadoğan G. Su ürünleri sektör araştırması. İGEME, Ankara,1998: 124.
21. Aktaş N, Kaya M. Balıkların bileşimi, kalite kriterleri ve işlenmesi. Et ve et ürünlerinin kalite kontrolü. Ed. M. Kıvanç. Anadolu Üniversitesi Yayınları, ISBN 978-975-06-0763-9, Eskişehir, 2010.
22. Hisar ŞA, Hisar O, Yanık T. Balıklarda mikrobiyolojik, enzimatik ve kimyasal bozulmalar. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 2004; 35: 261-265.
23. Pektaş H. Balık bozulmasının sebepleri ve teşhisi. Balık ve Balıkçılık Dergisi, Ekim Kasım Aralık Sayısı, 1955: 9-13.
24. Ertaş H. Balık mikroflorası ve kutu konserve balıklarda bozulmaya neden olan bakteriler. A.Ü. Ziraat Fak. Mezbaa Mahsülleri Teknolojisi Kürsüsü,1981; 6: 7-9.
25. Ufuk D, Sarımeahmetoğlu B. Balık Etinin Muhafazasında Soğutma ve Dondurma Yöntemleri. Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 2016; 13(2): 151-158s.
26. Sivertsvik M. The optimized modified atmosphere for packaging of prerigor filleted farmed cod (*Gadus Morhua*) İs 63 ml/100ml Oxygen and 37 ml/100ml Carbon Dioxide. LWT-Food Science and Technology, 2007; 40(3): 430-438.
27. Şeker D. Balıklarda Mikrobiyel Bozulmaya Neden Olan *Pseudomonas spp.*'nin İzolasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Manisa: Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2011.
28. Polat A, Tokur B. Balıklarda prooksidan ve antioksidanların lipid oksidasyonuna etkileri. E.Ü. Su Ürünleri Dergisi 2000; 17: 299-310.
29. Özyurt G, Tokur B, Özoğul Y, Korkmaz K, Polat A. İnce dudaklı kefal (*Liza Ramada*)'in yağ asidi kompozisyonu ve buzdolabında muhafazası (4°C) sırasında lipid oksidasyonu. Journal of Fisheries Sciences.com 2007; 1:4: 160-167.
30. Atay D. İç su balıkları ve üretim tekniği. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. Ankara 1987: 467.
31. Arslan A. Keban Baraj Gölü Aynalı Sazanlarının Mikrobiyolojik, Kimyasal Kalitesi ve Et Verimi. Doktora Tezi, Elazığ: Fırat Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, 1992.
32. Üçüncü M. Gıda Ambalajlama Teknolojisi. Akademik Yayıncılık, İzmir, 2007.
33. Demir P. Modifiye Atmosfer Paketlemenin Tulum Peynirinin Raf Ömrü Üzerine Etkisi. Doktora Tezi, Elazığ: Fırat Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, 2018.
34. ITO: İstanbul Ticaret Odası. Avrupa Birliğine giriş sürecinde ambalaj sektörü. İstanbul: Yayın No: 2004: 37.
35. Erdinç B, Acar J. Gıda muhafazasında modifiye atmosfer paketlenme (MAP). Gıda Bilimi ve Teknolojisi Dergisi 1996; 21 (1): 17-21.
36. Gray JI, Harte BR. ve Miltz J. Food product-package compatibility. Technomic Publishing Co. Inc. Lancaster-Basel, 1987: 17-29.
37. Church JJ, Parsons AL. Modified atmosphere packaging technology:a review. J Food Agr 1995; 67: 143-152.

38. Hotchkiss JH, Werner BG, Lee EYC. addition of carbon dioxide to dairy products to improve quality: a comprehensive review. *Food Sci Food Safety* 2006; 5: 158-168.
39. Phillips CA. Modified atmosphere packaging and its effects on the microbiological quality and safety of produce: a review. *Int J Food Sci Technol* 1999; 31: 463-479.
40. Bevilacqua A, Corbo MR, Sinigaglia M. combined effects of modified atmosphere packaging and thymol for prolonging the shelf-life of Caprese Salad. *J Food Prot* 2007; 70: 722-728.
41. Sanguinetti AM, Del Caro A, Mangia NP, et al. Quality changes of fresh filled pasta during storage: influence of modified atmosphere packaging on microbial growth and sensory properties. *Food Sci Tech Int* 2011; 7: 23-29.
42. Shewfelt RL. Quality of minimally processed fruits and vegetables. *Journal Of Food Quality*, 1987;10: 143-156.
43. Mancuso I, Cardamone C, Fiorenza G, et al. Sensory and microbiological evaluation of traditional ovine ricotta cheese in modified atmosphere packaging. *Ital J Food Safety* 2014; 3 (2): 1725.
44. Sivertsvik M, Jeksrud WK, Rosnes JT. A review of modified atmosphere packaging of fish and fishery products-significance of microbial growth, activities and safety. *Int J Food Sci Technol* 2002; 37: 107-127.
45. Caridi A. Identification and first characterization of lactic acid bacteria isolated from the artisanal ovine cheese Pecorino Del Poro. *Int J Dairy Technol* 2003; 56: 105-110.
46. Farber JM. Microbiological aspects of modified-atmosphere packaging technology: a review. *J Food Protect* 1991; 54 (1): 58-70.
47. Day NB. Modified atmosphere packaging of blueberries: microbiological changes. *Canadian Institute of Food Sci Technol* 1990; 23: 59-65
48. Coulon M, Louis P. Modified atmosphere packaging of precooked foods, in controlled modified atmosphere vacuum packaging of foods. Brody AL (Editor). *Food and Nutrition Press Inc.*, CN, USA, 1989; 135-148.
49. Dixon NM, Kell DB. The inhibition by CO₂ of the growth and metabolism of microorganisms. *J.Appl Bacteriol* 1989; 67 (2); 109-136.
50. Parry RT. Principles and application of modified atmosphere packaging of food. In: Parry RT (Editor). *Glasgow: Blackie Academic and Professional. Introduction*, 1993: 1-17.
51. Alam T, Goyal GK. Effect of MAP on the microbiological quality of Mozzarella cheese stored in different packages at 7±10°C. *J Food Sci Technol* 2011; 48: 120-123.
52. Nollet LML, Toldrá F. *Handbook of seafood and seafood product analysis*. CRC Press. Taylor& Francis Group. Boca Raton. New York 2010.
53. Mastromatteo M, Conte A, Del Nobile A. Combined use of modified atmosphere packaging and natural compounds for food preservation. *Food Engineering Rev*, 2010;2: 28-38.
54. Erkan N, Metin S, Varlık C, Baygar T, Özden Ö. Modifiye atmosferle paketlenmenin (MAP) paneli alabalık marinatlarının raf ömrü üzerine etkisi, *Turk J Vet Anim Sci*, 2000; 24: 585-591.

55. Öztürk A, Yılmaz N, Güneş G. Effect of different modified atmosphere packaging on microbial quality, oxidation and colour of a seasoned ground beef product (meat ball). *Packaging Technology and Science*, 2010; 23: 19-25.
56. Farber JN, Harris LJ, Parish ME, et al. Microbiological safety of controlled and modified atmosphere packaging of fresh and fresh-cut produce. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 2003; 2:142-160.
57. Metin S. Modifiye atmosferde Ambalajlama Tekniğinin Alabalık (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum 1792) Ürünlerin Kalite ve Dayanma Süresine Etkisi. Doktora Tezi, İstanbul: İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 1999.
58. Göktepe I, Moody MW. Effect of modified atmosphere packaging on the quality of smoked catfish. *Journal of Muscle Foods*, 1998; 9:375-389.
59. López-Gálvez DE, de la Hoz L, Blanco M, Ordóñez JA. Refrigerated storage (2°C) of sole (*Solea solea*) fillets under CO₂-enriched atmospheres. *Journal Agricultural and Food Chemistry*, 1998; 46: 1143-1149.
60. Giménez B, Sánchez-Escalante A, Torrescano G, Roncalés P, Beltrán JA. Different packaging conditions to improve shelf life of filleted gilt-head Sea Bream (*Sparus aurata*), *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 2002; 11 (3/4): 275-286.
61. Giménez B, Roncalés P, and Beltrán JA. Modified atmosphere packaging of filleted rainbow trout. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2002; 82 (10): 1154-1159.
62. Arashisar Ş, Hisar O, Kaya M, Yanik T. Effects of modified atmosphere and vacuum packaging on microbiological and chemical properties of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets. *International Journal of Food Microbiology*, 2004; 97 (2): 209-214.
63. Çaklı Ş, Kılınç B, Dinçer T, and Tolasa Ş. Comparison of the Shelf Lives of map and vacuum packaged hot smoked rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *European Food Research Technology*, 2006; 224: 19-26.
64. Provincial L, Gil M, Guillen E, Alonso V, Roncales P, and Beltran JA. Effect of modified atmosphere packaging using different CO₂ and N-2 combinations on physical, chemical, microbiological and sensory changes of fresh sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fillets. *International Journal of Food Science and Technology*, 2010; 45 (9): 1828-1836.
65. Cann DC, Smith GL, Houston NC, and Station TR. Further Studies on Marine Fish Stored Under Modified Atmosphere Packaging. Torry Research Station, 1983.
66. Oğuzhan P. Sıcak Tütsülen Gökkuşluğu Alabalığı (*oncorhynchus mykiss*) Filetoları Üzerine Modifiye Atmosferde Ambalajlamanın Etkisi. Doktora Tezi, Erzurum: Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2011.
67. Baygar T, Erkan N, Mol S, Özden Ö, Üçok D, Yıldırım Y. Determination of The shelf-life of Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Raw Meatball That Packed Under Modified Atmosphere. *Pakistan Journal of Nutrition*, 2008; 7 (3), 412-417.
68. Altan CO. Modifiye Atmosfer İle Paketlenen Alabalık (*Oncorhynchus Mykiss Walbaum*, 1792) Köftesinde Mikrobiyel Transglutaminaz Enziminin Ürün Kalitesi Üzerine Etkisi Ve Endüstriyel

- Kullanım Olanaklarının Araştırılması. Doktora Tezi, Sinop: Sinop Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2020.
69. Yılmaz M. Gökkuşığı Alabalık (*Oncorhynchus mykiss*) Filetosunda *Listeria Monocytogenes*'in Gelişimi Üzerine Vakum Ve Modifiye Atmosferde Ambalajlamanın Etkisi. Doktora Tezi, Erzurum: Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2004.
70. Erol P. Sodyum Laktat ve Thymol'un Aynalı Sazan Balığı (*Cyprinus Carpio L.*)'ndan Yapılan Köftelerin Bazı Mikrobiyolojik, Kimyasal Ve Duyusal Nitelikleri Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Elazığ: Fırat Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, 2013.
71. Halkman AK. Merck Gıda Mikrobiyolojisi Uygulamaları, Başak Matbaacılık. Ankara, 2005.
72. TS EN ISO 4833-2. Microbiology of the food chain - Horizontal method for the enumeration of microorganisms - Part 2: Colony count at 30 degrees C by the surface plating technique.
73. USDA/FSIS. Microbiology Laboratory Guidebook. Metot 3.01. Quantitative analysis of bacteria in foods as sanitary indicators, 2011.
74. TS EN ISO 21528-2. Microbiology of the food chain-Horizontal methods for the detection and enumeration of *Enterobacteriaceae*-Part 2: Colony-count technique (ISO 21528-2:2017)/15.01.2018.
75. TS ISO 4832-Microbiology of food and animal feeding stuffs - Horizontal method for the enumeration of coliforms - Colony-count technique.
76. TS ISO 21527-1-Microbiology of food and animal feeding stuffs -- Horizontal method for the enumeration of yeasts and moulds -- Part 1: Colony count technique in products with water activity greater than 0,95.
77. Association official analytical chemists. official methods of analysis of the association of official analytical chemists. 15th Edition Washington DC, 1990.
78. Official Journal of the European Union, Commission Regulation (EC) No: 2074/2005. 22.12.2005.
79. Tarladgis BG, Watts BM, Younnathan MT, Dugan LR. A distillation method for the quantative determination of malonaldehyde in rancid foods. J Am Oil Chem Soc 1960; 37: 44-48.
80. Türk Standardları Enstitüsü: Et ve Et Mamülleri Rutubet Miktarı Tayini. TS 1743, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara,1974.
81. Özdamar K. SPSS ile Biyoistatistik. 3. Baskı, Eskişehir: Kaan Kitapevi, 1999.
82. Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Tebliği, <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2011/12/20111229M3-6.htm>, 25.04.2022.
83. ICMSF. International commission on microbiological specification for foods. Microorganisms in Foods. 2. Sampling for microbiological analyses: principles and specific applications. 2nd Edition, Toronto, 1986.
84. Altuntaş İ. Vakum Ve Modifiye Atmosfer Paketlemenin Keten Tohumu İle Zenginleştirilerek Soğukta Depolanan Sığır Eti Köftelerinin Raf Ömrü Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Samsun: Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2012.

85. Öksüztepe G, Çoban ÖE, Güran HŞ. Sodyum laktat ilavesinin taze Gökkuşluğu alabalığından (*Oncorhynchus mykiss* W.) yapılan köftelere etkisi. Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi 2010; 16 (Suppl-A): 65-72.
86. Patır B, Duman M, İlhak Oİ. Farklı ağaç türleriyle tütsülen aynalı sazan (*Cyprinus carpio* L.) filetolarının mikrobiyolojik, kimyasal ve duyu kalitesi. Veteriner Bilimler Dergisi 2005; 21 (1-2): 51-60.
87. Gökten D. Gıdaların mikrobiyel ekolojisi, Et Mikrobiyolojisi. Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir, 1990.
88. Patır B, Inanlı AG, Öksüztepe GA, Dincoglu AH, İlhak OI. Shelf-life, sensory attributes and microbiological and chemical characteristics of processed mirror carp (*Cyprinus carpio* L.) filets. Journal of Animal and Veterinary Advances 2009; 8: 1101-1109.
89. Gıda Teknolojisi, Et ve Et Ürünleri Analizleri 1, Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara 2013:34-47.
90. Varlık C, Uğur M, Gökoğlu N, Gün H. Su ürünlerinde kalite kontrol ilke ve yöntemleri. Gıda Teknolojisi Derneği, Yayın No 17, İstanbul, 1993.
91. Ruiz-Capillas C, Moral A. Correlation between biochemical and sensory quality indices in hake stored in ice. Food Res Int, 2001; 34 (5): 441-447.
92. Sinnhuber RO, Yu TC. 2-Thiobarbituric acid method for the measurement of rancidity in fishery products. II. The quantitative determination of malonaldehyde. Food Technol, 1958: 1, 9-12.