

**FARKLI MODİFİYE ATMOSFER KOŞULLARINDA
PAKETLENEN VE BUZDOLABI SICAKLIĞINDA
DEPOLANAN LEVREK BALIĞININ (*Dicentrarchus
labrax*, Linnaeus 1758) FİZİKSEL, KİMYASAL VE
MİKROBİYOLOJİK YÖNDEN İNCELENMESİ**
ARŞ. GÖR. DEMET KOCATEPE
DOKTORA TEZİ
SU ÜRÜNLERİ AVLAMA VE İŞLEME
TEKNOLOJİSİ ANABİLİM DALI

T.C.

SİNOP ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**FARKLI MODİFİYE ATMOSFER KOŞULLARINDA PAKETLENEN VE BUZDOLABI
SICAKLIĞINDA DEPOLANAN LEVREK BALIĞININ (*Dicentrarchus labrax*, Linnaeus 1758)
FİZİKSEL, KİMYASAL VE MİKROBİYOLOJİK YÖNDEN İNCELENMESİ**

ARŞ. GÖR. DEMET KOCATEPE

DOKTORA TEZİ

SU ÜRÜNLERİ AVLAMA VE İŞLEME TEKNOLOJİSİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN

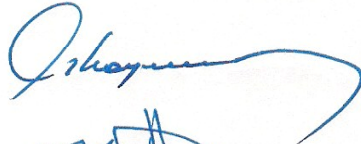
DOÇ. DR. HÜLYA TURAN

SİNOP-2010

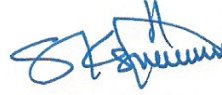
T.C.
SİNOP ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Bu çalışma, jürimiz tarafından 22/10/2010 tarihinde yapılan sınav ile Su Ürünleri
Avlama ve İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı'nda DOKTORA tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Prof. Dr. İbrahim ERKOYUNCU



Üye: Prof. Dr. Sedat KARAYÜCEL



Üye: Prof. Dr. Sühendan MOL TOKAY



Üye: Doç. Dr. Hülya TURAN



Üye: Yrd. Doç. Dr. Mehmet Emin ERDEM



ONAY:

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

26 / 10 / 2010

Doç. Dr. İsmihan KARAYÜCEL
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

**FARKLI MODİFİYE ATMOSFER KOŞULLARINDA PAKETLENEN VE
BUZDOLABI SICAKLIĞINDA DEPOLANAN LEVREK BALIĞININ
(*Dicentrarchus labrax*, Linnaeus 1758) FİZİKSEL, KİMYASAL VE
MİKROBİYOLOJİK YÖNDEN İNCELENMESİ**

ÖZET:

Çalışmada, levrek balıkları (*Dicentrarchus labrax*, L. 1758) baş ve iç organları çıkarılıp, hava, MAP (%75 CO₂ + %25 N₂, %60 CO₂ + %40 N₂, %30 CO₂ + %30 O₂ + %40 N₂) ve vakum ile paketlenerek buzdolabı sıcaklığında (2.9°C±0.02) 40 gün depolanmıştır.

Depolama süresince, MAP ve vakum paketlemenin balık eti mikrobiyal florası, fiziksel ve kimyasal değişiklikleri üzerine etkili olduğu tespit edilmiştir. Artan CO₂ oranının TVB-N, TBA, TMA ve bakteriyel gelişimi sınırlandırdığı, %75 ve %60 CO₂ içeren gaz karışımları ile depolamanın, oksijen içeren karışımlar ve vakum paketlemeye oranla daha etkili olduğu buna karşın yağ oksidasyonunun önlenmesinde en etkili yolun vakum paketleme olduğu bulunmuştur. Kimyasal kalite tespit analizlerinin, vakum ve CO₂'ce zengin modifiye atmosfer koşullarında paketlenen balık etleri için yeterli olmadığı, bu analizlerin mikrobiyolojik ve duyuşsal analizlerle desteklenmesi gerektiği belirlenmiştir. Baş ve iç organları çıkarılarak soğukta muhafaza edilen levrek balıkları için en uygun paketleme tekniğinin modifiye atmosfer paketleme olduğu ve paketleme için en uygun gaz karışımı oranının %75 CO₂ + % 25 N₂ olduğu tespit edilmiştir.

Tüm analiz sonuçları değerlendirildiğinde, baş ve iç organları çıkarılmış levrek balığının; hava, %75 CO₂ + %25 N₂, %60 CO₂ + %40 N₂, %30 CO₂ + %40 N₂ + %30 O₂ ve vakum şartlarında “en iyi kalitede tüketilebilir“ olduğu günler sırasıyla; 4., 28., 28., 16., 20. gün iken, “tüketilemez“ olduğu günler sırasıyla; 8., 32., 32., 20., 24. gündür.

Çalışmamız sonucunda hava ile paketlenen levrek balığının 8. günde bozulmuş olduğu buna karşın vakum uygulamanın balığın raf ömrünü 3 kat, MAP uygulamanın ise yaklaşık 4 kat artırdığı saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Levrek balığı (*Dicentrarchus labrax* L. 1758), modifiye atmosfer paketleme (MAP), vakum paketleme, raf ömrü, soğuk muhafaza, bozulma bakterileri.

**PHYSICAL, CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL CHARACTERISTICS
OF SEA BASS (*Dicentrarchus labrax*, Linnaeus 1758) PACKAGED WITH
DIFFERENT MODIFIED ATMOSPHERE CONDITIONS AND STORED AT
REFRIGERATOR TEMPERATURE**

ABSTRACT:

In this study, sea bass (*Dicentrarchus labrax*, L. 1758) which were headed and gutted were packaged with air, MAP (75% CO₂ + 25% N₂, 60% CO₂ + 40% N₂, 30% CO₂ + 30% O₂ + 40% N₂) vacuum and they were stored at refrigerator temperature (2.9°C±0.02) for 40 days.

During the storage, MAP and vacuum packaging were effective on microbial flora, physical and chemical changes of fish meat. TVB-N, TBA, TMA and bacteriological growth were limited by increasing CO₂ ratio. Storage with gas mix which included 75% and 60% CO₂ was more effective than vacuum packaging and packaging with gas mix included oxygen but vacuum packaging was the most effective method for prevent lipid oxidation. Chemical quality analysis which were not enough for fish meat which was packaged vacuum and CO₂ enrichment modified atmosphere were should be supported by microbiological and sensory analysis were determined. Optimum packaging method for headed and gutted sea bass was modified atmosphere packaging, and the most suitable gas mix ratio for packaging was 75% CO₂ + 25% N₂.

All analysis results show that, days of consumable the best quality for headed and gutted sea bass packaged with air, 75% CO₂ + 25% N₂, 60% CO₂ + 40% N₂, 30% CO₂ + 30% O₂ + 40% N₂ and vacuum were 4th, 28th, 28th, 16th, 20th day, respectively. Sea bass were unconsumable in 8th, 32nd, 32nd, 20th, 24th days, respectively.

In our study, sea bass packaged with air spoiled at 8th day, whereas, vacuum packaging has increased 3 times the shelf life of fish, also MAP has increased approximately 4 times.

Key Words: Sea bass (*Dicentrarchus labrax* L. 1758), modified atmosphere packaging (MAP), vacuum packaging, shelf life, cold storage, spoilage bacteria.

TEŞEKKÜR

Çalışmamın planlanmasında, yürütülmesinde ve değerlendirmesinde bana destek olan, bilgi ve tecrübelerini tüm samimiyetiyle benden esirgemeyen Danışman Hocam Doç. Dr. Hülya TURAN'a,

Doktora çalışmamda başından sonuna kadar her koşulda güvenini, engin bilgi ve deneyimini yanımda hissettiğim Saygıdeğer Hocam Prof. Dr. İbrahim ERKOYUNCU'ya,

Çalışmanın çeşitli aşamalarında fikir ve görüşlerinden yararlandığım Doç. Dr. Yalçın KAYA'ya,

Araştırmanın kurulması ve laboratuvar aşamasındaki özverili yardımlarından ötürü Yük. Müh. Gökay TAŞKAYA'ya ve Yüksek Lisans Öğrencisi Rabiya ERDEN'e,

Denemede kullanılan balıkların temin edilmesinde sağladıkları imkanlardan dolayı Kuzey Su Ürünleri San. ve Tic. Ltd. Şti. ve Osman PARLAK'a,

Öğrencilik hayatımı özverili bir şekilde sabır ve sevgiyle destekleyen annem ve babama, çalışmanın başından itibaren bana maddi ve manevi her konuda destek olan sevgili eşim Recai KOCATEPE'ye teşekkür ederim.

Demet KOCATEPE

Sinop, 2010

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SEMBOLLER ve KISALTMALAR LİSTESİ	ix
ŞEKİLLER ve ÇİZELGELER LİSTESİ	xiii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR ÖZETİ	5
2.1. Deniz Levreğinin (<i>Dicentrarchus labrax</i> L. 1758) Genel Özellikleri	5
2.2. Su Ürünlerinde Bozulma ve Kalite Değişimleri	6
2.2.1. Fiziksel ve Duyusal Kalite Değişimleri	6
2.2.2. Kimyasal Kalite Değişimleri	8
2.2.2.1. pH ve Toplam Asitlik	8
2.2.2.2. Toplam Uçucu Bazik Azot (TVB-N)	9
2.2.2.3. Trimetilamin Azot (TMA-N)	9
2.2.2.4. Yağ Oksidasyonu	10
2.2.3. Mikrobiyolojik Kalite Değişimleri	13
2.3. Gıda Ambalajlama Teknolojisi	17
2.3.1. Farklı Paketleme Metotları	18
2.3.2. Modifiye Atmosfer Paketleme Teknolojisi	20
2.3.2.1. Modifiye Atmosfer Paketlemenin Tarihçesi	21
2.3.2.2. Modifiye Atmosfer Paketleme Çeşitleri	21
2.3.2.3. Modifiye Atmosfer Paketlemenin Avantaj ve Dezavantajları	22
2.3.2.4. Modifiye Atmosfer Paketlemede Kullanılan Gazlar	24

2.3.2.4.1. Karbondioksit	24
2.3.2.4.2. Oksijen	25
2.3.2.4.3. Azot	26
2.3.2.4.4. Karbonmonoksit	26
2.3.2.4.5. Diğer Gazlar	26
2.3.2.5. Modifiye Atmosfer Paketlemede Kullanılan Paket Materyalleri	26
2.4. LİTERATÜR ÖZETİ	28
3. MATERYAL VE YÖNTEM	39
3.1. MATERYAL	39
3.1.1. Denemede Kullanılan Balıklar	39
3.1.2. Denemede Kullanılan Buz	39
3.1.3. Paketlemede Kullanılan Materyaller	39
3.1.4. Paketleme Makinesi	41
3.1.5. Paketlemede Kullanılan Gıda Gazları ve Regülatör	41
3.1.6. Paket İçi Gaz Ölçüm Cihazı	41
3.1.7. Gaz Geçirmez Bant	41
3.1.8. Soğuk Muhafaza Üniteleri	41
3.1.9. Saf Su Cihazı	42
3.1.10. Manyetik Karıştırıcı	42
3.1.11. Araştırmada Kullanılan Teraziler	42
3.1.12. Homojenizatör	42
3.1.13. pH Ölçer	42
3.1.14. Gömlekli Isıtıcı	42
3.1.15. Spektrofotometre	43
3.1.16. Destilasyon Cihazı	43
3.1.17. Rotary Evaporatör	43

3.1.18. Etüv	44
3.1.19. Otoklav	44
3.1.20. İnkübatör	44
3.1.21. Mikrobiyolojik Ekim Kabini	44
3.1.22. Koloni Sayıcı	44
3.1.23. Mini Fırın	45
3.1.24. Araştırmada Kullanılan Kimyasal Malzemeler	45
3.1.25. Araştırmada Kullanılan Çözeltiler ve Karışımlar	46
3.1.26. Araştırma Laboratuvarı	48
3.2. YÖNTEM	48
3.2.1. Deneme Planı	48
3.2.2. Paketleme İşleminin Uygulanması	48
3.2.3. Analizler	50
3.2.3.1. Besin Kompozisyonu Analizleri	50
3.2.3.2. Ağır Metal Analizleri	50
3.2.3.3. Balık Eti Enerji Hesabı	51
3.2.4. Fiziksel Analizler	51
3.2.4.1. Ağırlık Kaybı	51
3.2.4.2. Paket İçi Gaz Ölçümü	51
3.2.5. Kimyasal Kalite Analizleri	51
3.2.5.1. Balık Eti pH'sının Ölçümü	51
3.2.5.2. Asitlik Tayini (Laktik asit cinsinden)	51
3.2.5.3. Toplam Uçucu Bazık-Azot (TVB-N) Tayini	52
3.2.5.4. Tiyoarbitürik Asit (TBA) Sayısı Analizi	52
3.2.5.5. Trimetilamin Azot (TMA-N) Tayini	53
3.2.6. Mikrobiyolojik Analizler	54

3.2.6.1. Balık Etinden Örnek Alma	54
3.2.6.2. Toplam Mezofil ve Psikrofil Aerob Bakteri Sayımı	55
3.2.6.3. Toplam Mezofil Anaerob Bakteri Sayımı	55
3.2.6.4. <i>Pseudomonas spp.</i> Sayımı	56
3.2.6.5. H ₂ S Üreten Bakterilerin (<i>Shewenella putrefaciens</i> dahil) Sayımı	56
3.2.6.6. Laktik Asit Bakterileri Sayımı (LAB)	57
3.2.6.7. <i>Brochothrix thermosphacta</i> (BrT) Sayımı	57
3.2.7. Biyokimyasal Testler	58
3.2.7.1. Katalaz Testi	58
3.2.7.2. Oksidaz Testi	58
3.2.7.3. Gram Boyama	58
3.2.8. Duyusal Analizler	59
3.2.8.1. Çiğ Balığın Duyusal Analizi	59
3.2.8.2. Pişmiş Balığın Duyusal Analizi	59
3.2.9. İstatistiksel Analiz	60
5. BULGULAR ve TARTIŞMA	61
5.1. Besin Kompozisyonu	61
5.1.1. Balık Eti Besin Bileşimi ve Enerji Miktarı	61
5.1.2. Amino Asit Kompozisyonu	62
5.1.3. Yağ Asitleri Kompozisyonu	65
5.1.4. Kolesterol Miktarı	69
5.1.5. Mineral Madde Miktarları	70
5.1.6. Ağır Metal Miktarları	72
5.1.7. Vitamin Miktarları	74
5.2. Fiziksel Analiz Bulguları	76
5.2.1. Ağırlık Kaybı	76

5.2.2. Paket İçi Gaz Miktarları	78
5.3. Kimyasal Analiz Bulguları	82
5.3.1. pH Değeri	82
5.3.2. Toplam Asit (Laktik asit cinsinden) Miktarı	84
5.3.3. Toplam Uçucu Bazik-Azot (TVB-N) Miktarı	86
5.3.4. Tiyobarbitürik Asit (TBA) Sayısı	88
5.3.5. Trimetilamin Azot (TMA-N) Miktarı	91
5.4. Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları	93
5.4.1. Toplam Mezofil Aerob Bakteri	93
5.4.2. Toplam Psikrofil Aerob Bakteri	95
5.4.3. Toplam Mezofil Anaerob Bakteri	97
5.4.4. <i>Pseudomonas spp.</i>	100
5.4.5. H ₂ S Üreten Bakteriler (<i>S. putrefaciens</i> dahil)	102
5.4.6. Laktik Asit Bakterileri (LAB)	106
5.4.7. <i>Brochothrix thermosphacta</i> (BrT)	108
5.4.8. Mikrobiyolojik Bulguların Genel Değerlendirmesi	110
5.5. Duyusal Analiz Sonuçları	113
5.5.1. Çiğ Balığın Duyusal Analiz Sonuçları	113
5.5.2. Pişmiş Balığın Duyusal Analiz Sonuçları	118
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	125
7. KAYNAKLAR	131
ÖZGEÇMİŞ	144

SEMBOLLER ve KISALTMALAR LİSTESİ

SEMBOLLER

Atm	Atmosfer
EMS	En Muhtemel Sayı
Kcal	Kilo kalori
Kob	Koloni oluşturan birim
Log	Logaritma
°C	Santigrad derece
cm	Santimetre
$\omega 3$	Omega 3
$\omega 6$	Omega 6
w/v	Ağırlık/hacim
v/v	Hacim/hacim
cm ²	Santimetre kare
cm ³	Santimetre küp
m	Metre
m ³	Metreküp
µg	Mikrogram
g	Gram
mg	Miligram
kg	Kilogram
L	Litre
Ar	Argon
Ca	Kalsiyum
Cd	Kadmiyum
Co	Kobalt
Cr	Krom
Cu	Bakır
Fe	Demir
H	Hidrojen
He	Helyum
Hg	Civa
K	Potasyum
Kr	Kripton

Mn	Mangan
Ne	Neon
Ni	Nikel
Pb	Kurşun
Rb	Rubidyum
Se	Selenyum
Sr	Stronsiyum
Zn	Çinko
CH ₄	Metan
CO ₂	Karbondioksit
H ₂	Hidrojen gazı
HCl	Hidroklorik asit
H ₂ O	Su
H ₂ S	Hidrojen sülfür
MgO	Magnezyum oksit
N ₂	Azot
N ₂ O	Azot (I) oksit
NaCl	Sodyum klorür
O ₂	Oksijen
O ₃	Ozon
X ₂	Ksenon gazı

KISALTMALAR

ATP	Adenozin trifosfat
BN	Bağıl nem
BrT	<i>Brochothrix thermosphacta</i>
CAP	Kontrollü atmosfer koşullarında paketlenme
CAS	Kontrollü atmosfer koşullarında depolama
CGO	CO ₂ geçirgenlik oranı
DHA	Dokosaheksaenoik asit
E 290	Karbondiyoksit
E 941	Azot
E 948	Oksijen
E/NE	Esansiyel aminoasitlerin toplamı / Esansiyel olmayan aminoasitlerin toplamı
EMA	Dengeli Modifiye Atmosfer Paketlenme
EPA	Eikosapentaenoik asit
ESO	Ephemeral Bozulma Organizmaları
FAO	Gıda ve Tarım Örgütü
IMP	İnosin monofosfat
LAB	Laktik Asit Bakterileri
MA	Modifiye atmosfer
MAP	Modifiye Atmosfer Paketlenme
MDA	Malondialdehit
MRS	Man Rogosa Sharpe
MUFA	Tekli doymamış yağ asitleri
OGO	Oksijen geçirgenlik oranı
OPA	Oriented (Gerdirilmiş) Polyamide
PCA	Plate Count Agar
PE	Polyethylene
PET	Polyethylene terephthalate
PP	Polypropylene
PUFA	Çoklu doymamış yağ asitleri
PVC	Polivinylloride
SCQI	Klasik tek bileşen kalite indeksi
SFA	Doymuş yağ asitleri
SGO	Su buharı geçirgenlik oranı

SSO	Spesifik Bozulma Organizması
STA	Streptomycin sulfat-thallus acetate-cycloheximide (actidione)
TBA	Tiyobarbitürik asit
TBARS	Tiyobarbitürik asit reaktif madde
TGKY	Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği
TMA	Trimetilamin
TMAO	Trimetilaminoksit
TMAOaz	Trimetilaminoksit-az
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
TVB-N	Toplam Uçucu Bazik Azot

ŞEKİLLER ve ÇİZELGELER LİSTESİ

ŞEKİLLER	Sayfa No	
Şekil 1.1.	Ülkemiz denizlerinde yetiştiriciliği yapılan levrek balığı miktarları (bin ton) (Anonim 2010a).	2
Şekil 2.1.1.	Deniz levreğinin genel görünüşü (Anonim, 2010d)	6
Şekil 2.2.4.2.1.	Yağ oksidasyonu mekanizması (Khayat ve Schwall, 1983)	12
Şekil 2.3.2.3.1.	Modifiye atmosfer ile paketlenmiş ürünün raf ömrünü etkileyen faktörler (Ucherek, 2004)	23
Şekil 3.1.1.1.	Araştırmada kullanılan levrek balıkları (Orijinal)	39
Şekil 3.1.3.1.	Paketleme materyalinin genel özellikleri	40
Şekil 3.1.4.1.	Modifiye atmosfer paketleme makinesi (Orijinal)	41
Şekil 3.1.6.1.	Paket içi gaz ölçüm cihazı (Orijinal)	41
Şekil 3.1.9.1.	Saf su cihazı (Orijinal)	42
Şekil 3.1.10.1.	Manyetik karıştırıcı (Orijinal)	42
Şekil 3.1.14.1.	Gömlekli ısıtıcı (Orijinal)	43
Şekil 3.1.15.1.	Spektrofotometre (Orijinal)	43
Şekil 3.1.16.1.	Destilasyon cihazı (Orijinal)	43
Şekil 3.1.17.1.	Rotary Evaporatör (Orijinal)	43
Şekil 3.1.18.1.	Etüv (Orijinal)	44
Şekil 3.1.19.1.	Otoklav (Orijinal)	44
Şekil 3.1.21.1.	Mikrobiyolojik ekim kabini (Orijinal)	45
Şekil 3.1.22.1.	Koloni sayıcı (Orijinal)	45
Şekil 3.2.2.1.	Denemede balıklara uygulanan işlem basamakları	49
Şekil 3.2.2.2.	Ambalajlanan balıklar (Orijinal)	49
Şekil 3.2.5.5.1.	TMA-N standartlarının regresyon eğrisi	54
Şekil 3.2.6.1.1. (a, b, c, d,)	Paketin steril bıçak yardımı ile kesilmesi (a), Balık sırtının %70’lik etil alkolle sterilize edilmesi (b), Balık etinden örnek alma (c), Mikrobiyolojik ekim (d) (Orijinal)	55
Şekil 3.2.6.3.1.	Fluid Thioglycollate Medium’da anaerob bakteri gelişimi (Orijinal)	56
Şekil 3.2.6.4.1.	Cetrimide agarda üreyen şüpheli <i>Pseudomonas</i> spp. kolonileri (Orijinal)	57
Şekil 3.2.6.5.1.	Iron Agarda üreyen H ₂ S kolonileri (Orijinal)	57
Şekil 3.2.6.6.1.	MRS agar’da üreyen şüpheli Laktik asit bakterileri (Orijinal)	57
Şekil 3.2.7.2.1.	Oksidaz testinde renk dönüşümü gözlemlenen şeritler (Orijinal)	58

Şekil 5.1.2.1.	Levrek balığının aminoasit kompozisyonu (g/100g)	63
Şekil 5.1.3.1.	Levrek balığının yağ asitleri kompozisyonu (%)	67
Şekil 5.1.5.1.	Balık eti mineral madde içeriği (%)	71
Şekil 5.1.7.1.	Balık eti vitamin içeriği (mg/100g)	74
Şekil 5.2.1.1.	Farklı gaz karışımları ve depolama süresine göre oransal ağırlık kaybı değerleri (%)	76
Şekil 5.2.2.1.	Farklı gaz karışımları içeren paketlerin depolama süresince O ₂ değerleri (%)	79
Şekil 5.2.2.2.	Farklı gaz karışımları içeren paketlerin günlere göre paket içi CO ₂ gazı değişimi (%)	81
Şekil 5.3.1.1.	Farklı gaz karışımları ile paketlenen balıkların depolama süresince pH değeri değişimi	83
Şekil 5.3.2.1.	Farklı gaz karışımları ile paketlenen balıkların depolama süresince toplam asit miktarları değişimi (%)	85
Şekil 5.3.3.1.	Depolama süresince grupların TVB-N değeri değişimi (mgN/100g)	87
Şekil 5.3.4.1.	Depolama süresince grupların TBA değeri değişimi (mgMDA/1000g)	89
Şekil 5.3.5.1.	Depolama süresince grupların TMA-N değeri değişimi (mg/100g)	91
Şekil 5.4.1.1.	Depolama süresince grupların toplam mezofil aerob bakteri sayısı (logkob/g)	94
Şekil 5.4.2.1.	Depolama süresince grupların toplam psikrofil bakteri sayısı (logkob/g)	96
Şekil 5.4.3.1.	Depolama süresince grupların toplam mezofil anaerob bakteri sayısı (EMS/g)	98
Şekil 5.4.4.1.	Farklı gaz karışımları ile paketlenen levrek balığının <i>Pseudomonas</i> spp. sayıları (logkob/g)	101
Şekil 5.4.5.1.	Farklı gaz karışımları ile paketlenen levrek balığının H ₂ S üreten bakteri (<i>S. putrefaciens</i> dahil) sayısı (logkob/g)	103
Şekil 5.4.5.2.	M1 grubunun TMA değerleri ile H ₂ S üreten bakteri sayısı arasındaki ilişki	105
Şekil 5.4.6.1.	Farklı gaz karışımları ile paketlenen levrek balığının Laktik asit bakterileri sayısı (logkob/g)	106
Şekil 5.4.7.1.	Farklı gaz karışımları ile paketlenen levrek balığının <i>Brochotrix thermosphacta</i> sayısı (logkob/g)	108
Şekil 5.4.8.1. (a, b, c, d, e)	Farklı gaz karışımları ile paketlenen levrek balığı etindeki mikrobiyolojik değişimler	111
Şekil 5.5.1.1.	Çiğ balığın koku değerlerindeki değişim	114
Şekil 5.5.1.2.	Çiğ balığın görünüş değerlerindeki değişim	115

Şekil 5.5.1.3.	Çiğ balığın tekstür değerlerindeki değişim	116
Şekil 5.5.1.4.	Çiğ balığın genel duyuşal özelliklerindeki değişim	117
Şekil 5.5.1.5.	Depolama süresince paket içi ortalama CO ₂ gazı miktarı ile çiğ balık ortalama görünüş değerleri arasındaki ilişki	118
Şekil 5.5.2.1.	Pişmiş balığın koku değerlerindeki değişim	119
Şekil 5.5.2.2.	Pişmiş balığın tat-sululuk değerlerindeki değişim	120
Şekil 5.5.2.3.	Pişmiş balığın tekstür değerlerindeki değişim	121
Şekil 5.5.2.4.	Pişmiş balığın genel duyuşal özelliklerindeki değişim	122
Şekil 5.5.2.5.	CO ₂ gazı ile çiğ balık tekstür puanı arasındaki ilişki	123
Şekil 5.5.2.6.	CO ₂ gazı ile pişmiş balık tekstür puanı arasındaki ilişki	124
Form 1.	İç organları ayrılmış levrek balığının tanımlanması için duyuşal değerlendirme formu	59
Form 2.	Pişmiş levrek balığı için duyuşal değerlendirme formu	60

ÇİZELGELER		Sayfa No
Çizelge 1.1.	Ülkemiz su ürünleri üretimi, ithalatı, ihracatı (Bin ton) (Anonim, 2010a)	1
Çizelge 1.2.	2007 yılı kişi başına düşen balık tüketim miktarları (kg/yıl) (Anonim, 2010b)	3
Çizelge 2.1.1.	Deniz levreği'nin sistematikteki yeri (Anonim, 2010c)	5
Çizelge 2.2.3.1.	Taze ve bozulmuş su ürünlerinde bulunan mikroorganizma cinsleri ve rastlanma sıklıkları (Jay, 2000; Nollet ve Toldrá, 2010)	14
Çizelge 2.2.3.2.	Su ürünlerinde bulunan Spesifik Bozulma Organizma (SSO) Örnekleri (Gram ve ark., 2002).	14
Çizelge 2.2.3.3.	Farklı su ürünlerinde bulunan spesifik Ephemeral bozulma organizmaları (Nollet ve Toldrá, 2010)	16
Çizelge 2.3.2.1.1.	MAP ve benzer teknolojilerin tarihsel gelişimi (Jay, 2000)	21
Çizelge 2.3.2.3.1.	MAP'ın avantaj ve dezavantajları (Davies, 1995; Sivertsvik ve ark., 2002).	23
Çizelge 2.3.2.4.1.	Kuru havanın kompozisyonu (Shakkashiri, 2007)	24
Çizelge 2.3.2.5.1.	Vakum paketlemede kullanılan filmlerin geçirgenlik oranları (Jay, 2000)	27
Çizelge 3.1.24.1.	Araştırmada kullanılan kimyasal malzemeler, marka ve ürün kodları	45
Çizelge 3.1.25.1.	Araştırmada kullanılan çözelti ve karışımlar	46
Çizelge 3.2.1.1.	Deneme planı ve denemede kullanılan balık sayısı	48
Çizelge 5.1.1.1.	Balık eti besin bileşimi ve enerji miktarı	61
Çizelge 5.1.2.1.	Levrek balığının aminoasit kompozisyonu (g/100g)	62
Çizelge 5.1.2.2.	Farklı bölgelerde yetiştirilen levrek balıklarının amino asit kompozisyonu	64
Çizelge 5.1.2.3.	Günlük esansiyel aminoasit gereksinimi ve levrek balığının günlük gereksinimi karşılama oranları	65
Çizelge 5.1.3.1.	Levrek balığının yağ asitleri kompozisyonu (%)	66
Çizelge 5.1.3.2.	Farklı bölgelerden avlanan levrek balıklarının yağ asit kompozisyonu (%)	68
Çizelge 5.1.4.1.	Bazı su ürünlerinin kolesterol miktarları (Gökoğlu, 2002)	70
Çizelge 5.1.5.1.	Levrek balığının mineral madde kompozisyonu	71
Çizelge 5.1.5.2.	Günlük diyetle alınması tavsiye edilen mineral miktarları (Demirci, 2003)	71
Çizelge 5.1.5.3.	Yetiştiricilik ve doğal yollarla elde edilen levrek balığının (<i>Dicentrarchus labrax</i>) mineral madde içeriği	72
Çizelge 5.1.6.1.	Balık eti ağır metal içeriği (mg/kg)	72

Çizelge 5.1.7.1.	Balık eti vitamin içeriği (mg/100g)	74
Çizelge 5.2.1.1.	Farklı gaz karışımları ile paketlenen balıkların depolama süresince oransal ağırlık kaybı değerleri (%)	76
Çizelge 5.2.2.1.	Farklı gaz karışımları içeren paketlerin depolama süresince O ₂ değerleri (%)	78
Çizelge 5.2.2.2.	Farklı gaz karışımları içeren paketlerin depolama süresince CO ₂ değerleri (%)	80
Çizelge 5.3.1.1.	Farklı gaz karışımları ile paketlenen balıkların depolama süresince pH değerleri	82
Çizelge 5.3.2.1.	Farklı gaz karışımları ile paketlenen balıkların toplam asit miktarları (%)	84
Çizelge 5.3.3.1.	Farklı gaz karışımları ile paketlenen balıkların TVB-N değerleri (mgN/100g)	86
Çizelge 5.3.4.1.	Farklı gaz karışımları ile paketlenen balıkların TBA değerleri (mg MDA/1000g)	88
Çizelge 5.3.5.1.	Farklı gaz karışımları ile paketlenen balıkların TMA-N değerleri (mg /100g)	91
Çizelge 5.4.1.1.	Farklı gaz karışımları ile paketlenen levrek balıklarının toplam mezofil aerob bakteri sayıları (log kob/g)	93
Çizelge 5.4.2.1.	Farklı gaz karışımları ile paketlenen levrek balıklarının toplam psikrofil bakteri sayıları (log kob/g)	96
Çizelge 5.4.3.1	Farklı gaz karışımları ile paketlenen levrek balıklarının toplam mezofil anaerob bakteri sayıları (EMS/g)	98
Çizelge 5.4.4.1.	Farklı gaz karışımları ile paketlenen levrek balığının <i>Pseudomonas</i> spp. sayıları (logkob/g)	100
Çizelge 5.4.5.1.	Farklı gaz karışımları ile paketlenen levrek balıklarının H ₂ S üreten bakteri sayıları (logkob/g)	103
Çizelge 5.4.6.1	Farklı gaz karışımları ile paketlenmiş levrek balıklarının Laktik asit bakterileri sayısı (logkob/g)	106
Çizelge 5.4.7.1.	Farklı gaz karışımları ile paketlenen levrek balıklarının BrT sayıları (logkob/g)	108
Çizelge 5.5.1.1.	Farklı gaz karışımları ile paketlenen çığ balığın koku değerleri	113
Çizelge 5.5.1.2.	Farklı gaz karışımları ile paketlenen çığ balığın görünüş değerleri	115
Çizelge 5.5.1.3.	Farklı gaz karışımları ile paketlenen çığ balığın tekstür değerleri	116
Çizelge 5.5.1.4.	Farklı gaz karışımları ile paketlenen çığ balığın genel duyuusal değerleri	117
Çizelge 5.5.2.1.	Pişmiş balığın koku değerleri	119
Çizelge 5.5.2.2.	Pişmiş balığın tat/ sululuk değerleri	120

Çizelge 5.5.2.3.	Pişmiş balığın tekstür değerleri	121
Çizelge 5.5.2.4.	Pişmiş balığın genel duyusal analiz değerleri	122

1. GİRİŞ

Dünya nüfusundaki hızlı artış, teknolojik gelişmeler, ebeveynlerin çalışması nedeniyle beslenme alışkanlığımız değişmiş, daha kısa sürede hazırlanan ürünler tercih edilmeye başlanmıştır. Bu tip beslenen insanlarda başta kalp rahatsızlıkları olmak üzere beslenmeye bağlı olarak birçok hastalık ortaya çıkmış ve bu rahatsızlıkların temeli beslenme alışkanlığına bağlanmıştır. Bu nedenle sahip oldukları yüksek protein miktarı, kan kolesterol seviyesini düşüren doymamış yağ asitleri, yağda eriyen A ve D vitaminleri, çinko, iyot ve fosfor gibi yaşamsal öneme sahip mineralleri içeren su ürünlerinin diyetlerde yer alması gerektiği anlaşılmış olup her geçen gün su ürünlerine olan ilgi artmaktadır.

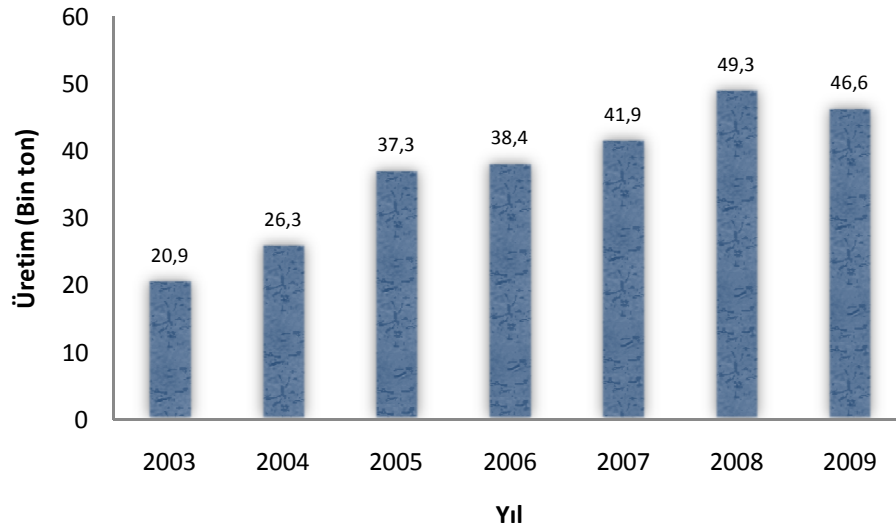
Su ürünleri potansiyelinin yüksek olduğu ülkemizde balıkçılık her geçen gün büyüyen bir sektördür. Hem iç hem de dış taleplerin karşılanması amacıyla denizlerimizde avcılık yanında yetiştiricilik yapan tesislerimiz de hızla artmaktadır. Ülkemizde su ürünleri, Avrupa Birliği ülkeleri ile kıyaslandığında üretim yönünden 7. sırada bulunurken, tüketimde son sıralarda yer almaktadır. Türkiye'nin dünya ortalamasına ulaşması için mevcut üretimini 2 kat, AB seviyesine ulaşması için ise 3 kat artırması gerekmektedir (Yaşar, 2007). Ülkemizde üretilen su ürünlerinin büyük bir bölümü iç pazarda taze olarak tüketilmekte, geri kalanı ise ihraç edilmekte ya da balık unu yağı fabrikalarında değerlendirilmektedir. 2004 yılından itibaren ülkemiz su ürünleri üretimi, ithalatı ve ihracatındaki değişimler Çizelge 1.1'de verilmiştir.

Çizelge 1.1. Ülkemiz su ürünleri üretimi, ithalatı, ihracatı (Bin ton) (Anonim 2010a)

<i>Yıl</i>	<i>Üretim</i>	<i>İhracat</i>	<i>İthalat</i>	<i>İç Tüketim</i>	<i>İşlenen (balık unu ve yağ fabrikaları)</i>	<i>Değerlendirilemeyen</i>
2004	645	33	58	556	105	9
2005	545	38	48	521	30	4
2006	662	42	54	598	60	16
2007	772	47	58	605	170	8
2008	646	55	63	555	96	4
2009	623	54	72	546	90	6

Ülkemiz 2009 verilerine göre; yaklaşık 464 bin tonu avcılıkla, 159 bin tonu yetiştiricilikle olmak üzere toplam yaklaşık 623 bin ton su ürünü üretilmiştir. 2009 yılındaki toplam su ürünleri üretiminin yaklaşık %61.12'si deniz balıklarından, %7.13'ü

diğer deniz ürünlerinden, %6.29'u iç su ürünlerinden ve %25.47'si yetiştiricilik yoluyla elde edilmiştir. Yetiştiricilik miktarının %48.04'ü iç sularda, %51.96'sı ise denizlerde gerçekleştirilmiştir. Yetiştirilen en önemli türler iç sularda %47.66 ile alabalık, denizlerde %29.33 ile levrek ve %17.87 ile çipuradır. Denizlerimizde yetiştirilen 82.5 bin ton balığın yaklaşık 47 bin tonu levrek balığıdır (TÜİK, 2010). 2003-2009 yılları arasında denizlerimizde yetiştiriciliği yapılan levrek balığı miktarlarındaki değişim Şekil 1.1'de verilmiştir.



Şekil 1.1. Ülkemiz denizlerinde yetiştiriciliği yapılan levrek balığı miktarları (bin ton) (Anonim 2010a).

Yüksek kaliteli ete sahip olan levrek balığı yetiştiriciliği; Akdeniz, Ege ve Karadeniz kıyılarımızda yapılmaktadır. 2003 yılında yaklaşık 21 bin ton civarlarında olan levrek yetiştiriciliği 5 yıllık süreçte %128 artarken, 2009 yılında bir önceki yıla oranla % 5.5 azalmıştır.

Ülkemizde yetiştirilen levrek balıklarının büyük bölümü taze olarak tüketilmekte, geri kalanı ise ihraç edilmektedir. 2007 yılında yetiştiricilikle elde edilen toplam 41900 ton levrek balığının; 44 tonu canlı halde (işlenmemiş), 14779 tonu taze ve soğutulmuş olarak, 129 ton deniz ve 836 ton tatlı su levreği dondurulmuş şekilde yurt dışına ihraç edilmiştir (TÜİK, 2008).

Üç tarafı denizlerle çevrili olan ve birçok tatlı su kaynağına sahip olan ülkemiz, su ürünleri tüketimi açısından oldukça geridedir. 2007 yılında dünya genelinde balık tüketimi yaklaşık 110 milyon tondur. 8 milyon tonla en az tüketim Afrika'dadır.

Toplam tüketimin 2/3'lük kısmına ise 35 milyon tonluk tüketimle Çin'i kapsayan Asya (72 milyon ton) sahiptir. 2007 yılında dünya genelinde ve bazı ülkelerde kişi başına düşen ortalama balık tüketimi Çizelge 1.2'de verilmiştir (Anonim 2010b). 2007 yılında ülkemizdeki kişi başı balık tüketimi 6.93 kg/yıl (Anonim 2010b) iken 2008 yılında 7.8 kg/yıl'a ulaşmıştır (Anonim 2010a).

Çizelge 1.2. 2007 yılı kişi başına düşen balık tüketim miktarları (kg/yıl) (Anonim 2010b)

<i>Ülke</i>	<i>Kg/yıl</i>	<i>Ülke</i>	<i>Kg/yıl</i>
Dünya	16.69	Yunanistan	21.09
Avrupa	20.55	Mısır	16.71
AB üye ülkeler	22.03	Nijerya	8.98
İspanya	40.03	Türkiye	6.93
Çin	26.46	Bulgaristan	4.20
Endonezya	24.29	Ermenistan	2.15

Levrek balığı; %20.35 protein, %6.10 yağ, %70 su, %1.18 karbonhidrat ve %1.66 kül, ayrıca 3736 mg/kg fosfor, 636 mg/kg kalsiyum içermektedir (Erkan ve Özden, 2007). Çiftlik levreği etindeki doymuş yağ asitleri, toplam yağ asitlerinin %29.2'sini, tekli doymamış yağ asitleri %34.6'sını, çoklu doymamış yağ asitleri ise %36.1'ini oluşturmaktadır. Tekli doymamış yağ asitleri içerisinde en fazla linoleik asit bulunan çiftlik levreği ayrıca iyi bir eikosapentaenoikasit (EPA) ve dokosaheksaenoikasit (DHA) kaynağıdır. Fe ve Zn açısından da zengin olan (Alasalvar ve ark., 2002) taze levrek balığının +4°C aerobik ortamda raf ömrü 5-6 gündür (Kostaki ve ark., 2009).

Su ürünlerinin avlanmalarından sonra tüketim anına kadar geçen süreçte mikrobiyal bozulmalar, yağların acılaşması ve organoleptik değişimlerin hızla artması nedeniyle raf ömrünün artırılması ve tüketiciye daha güvenli şekilde sunulması amacıyla çeşitli muhafaza yöntemleri geliştirilmiştir. Modifiye atmosfer paketlenme (MAP) bir çok gıdanın taze muhafazasının sağlanmasında kullanılan metotlardan biridir. MAP'ın raf ömrü üzerindeki etkisi; ürün tipine, taze materyalin başlangıç kalitesine, gaz karışımına, depolama sıcaklığına, işleme ve paketlenme esnasında hijyene, gaz/ürün hacim oranına ve paketlenme materyalinin koruma özelliklerine bağlıdır (Sivertsvik ve ark., 2002; Sivertsvik ve ark., 2003). Genellikle MAP; taze su ürünlerinin raf ömrünü balığın kalitesine ve işlemeye bağlı olarak iki katına kadar artırmaktadır.

Bu çalışmada ülkemizde önemli bir üretim ve ihraç potansiyeline sahip olan

levrek balığının farklı oranlarda CO₂, O₂ ve N₂ gazı kullanılarak ve vakum uygulanarak paketlenmesi ile balık etinde oluşacak mikrobiyal bozulmaların önüne geçilmesi ve ürünün muhafaza süresinin uzatılması amaçlanmıştır.

2. GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR ÖZETİ

Balık eti birçok ülkede insanlar için temel besin maddesidir ve diyetin önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Protein kalitesi yüksek, mineral ve vitaminlerce zengin, doymamış yağ asitlerini içeren ve kolaylıkla sindirilebilen balık etinin tüketimi her geçen gün artmaktadır.

Balık eti; %66-84 su, %15-24 protein, %0.1-22 yağ, %0.8-2 mineral maddeler ve %1-3 glikojen (Jacquot, 1961), balık yağı ise %20 oranında doymuş yağ, %80 oranında doymamış yağ asitlerini içermektedir. Bu doymamış yağ asitlerinin büyük kısmını da çoklu doymamış yağ asitleri oluşturmaktadır. Balık yağları, EPA ve DHA'nın tek kaynağı olup (Varlık ve ark., 2004), özellikle yağda eriyen vitaminlerce (A, D, E, K) zengindir.

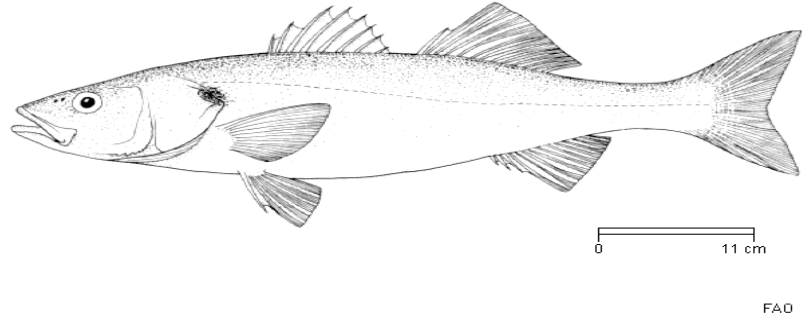
2.1. Deniz Levreğinin (*Dicentrarchus labrax* L. 1758) Genel Özellikleri

Karadeniz'den tüm Akdeniz'e, İngiltere'nin kuzey sahillerinden Kanarya Adaları'na kadar yayılım gösterir. Levrekler 5-28°C arası sıcaklıklara ve ‰3-‰50 tuzluluk aralığına uyum sağlayabilirler. Boyları 40-70 cm olup en fazla 1m, ağırlıkları da 16 kg'a kadar olabilir (Maitland, 1983; Demirsoy, 2001). Deniz levreğinin sistematikteki yeri Çizelge 2.1.1.'de verilmiştir.

Çizelge 2.1.1. Deniz levreği'nin sistematikteki yeri (Anonim, 2010c)

Şube	: Chordata
Alt şube	: Vertebrata
Sınıf	: Osteichthyes
Alt sınıf	: Actinopterygii
Alt bölüm	: Teleostei
Üst takım	: Acanthopterygii
Takım	: Perciformes
Alt takım	: Percoidei
Aile	: Moronidae
Cins	: <i>Dicentrarchus</i>
Tür	: <i>Dicentrarchus labrax</i> (Linnaeus, 1758)

Füze şeklinde bir vücut yapısına sahip olan levrek balıkları gri renklidir. Karın kısmı beyaz olan levrek balıklarının solungaç kapağının üst kısmında siyahımsı bir benek vardır. Solungaç kapaklarının kenarı çok keskin ve serttir. Dişi balıkların vücutları daha geniş erkeklerin ise ince ve uzundur (Alpbaz, 2005). Levrek balığının genel görünüşü Şekil 2.1.1.'de verilmiştir.



Şekil 2.1.1. Deniz levreğinin genel görünüşü (Anonim, 2010d)

2.2. Su Ürünlerinde Bozulma ve Kalite Değişimleri

Balık eti su miktarı yüksek bağ doku miktarının düşük olması nedeniyle çok hızlı bozulmaktadır. Bozulma, ürünün kalitesini kaybetmesi, koku, aroma ve lezzette istenmeyen kayıpların ortaya çıkması olarak tanımlanabilir.

Balık etinde bulunan protein, yağ ve protein olmayan azotlu bileşikler ölüm sonrasında biyokimyasal reaksiyonlara maruz kalırlar. Mikrobiyal ve kimyasal bozulma balık ölür ölmez ya da avlanmadan hemen sonra başlamaktadır. Bu bozulmalara balık etinde bulunan enzimler ve mikroorganizmalar sebep olur (Stamatis ve Arkoudelos, 2007a). Tek başına, bozulmaya neden olan en önemli faktör olarak mikrobiyal aktivite de gösterilebilir (Genigeorgis, 1985). Yeni avlanmış bir balığın hastalık olmadığı sürece kasları ve doku sıvısı sterildir. Avlama sonrası uygun koşullarda muhafaza edilmeyen balıklar, içerdikleri besin maddeleri nedeniyle mikroorganizmaların hızlı gelişimi için uygundur. Bu nedenle avlandıktan sonraki her aşamada mikrobiyal yükü artırabilecek kontaminasyonlardan kaçınılmalı, taşıma, dağıtım, satış, paketleme ve işleme şartlarında hijyen kurallarına dikkat edilmelidir.

2.2.1. Fiziksel ve Duyusal Kalite Değişimleri

Gıdaların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini tayin etmek için enstrümantal yöntemler geliştirilmiştir. Bunlar yapı, renk gibi özelliklerin ölçümünde kullanılmaktadır. Enstrümantal yöntemler balığın yenme kalitesini tam olarak gösteremezler. Bunlar duyusal değerlendirme analizleri ile tanımlanmalıdırlar (Varlık

ve ark., 1993).

Gıdalarda tüketici kabulünü direkt etkileyen, ürünün satış esnasındaki pazarlanabilme standartlarının belirlenmesinde ve kalite kriterlerinin tespitinde duyuşal testler kullanılmaktadır. Duyusal analiz organoleptik analiz olarak da adlandırılmaktadır.

Bozuk balıktaki fiziksel değişimler çok net gözlemlenebilir. Koku bozulur, kendine has deniz (yosun) kokusu kaybolur, balık yüzeyi matlaşır, yapışkan bir hal alır, et yumuşar, göz bebekleri koyulaşır ve omurga boyunca kırmızımsı bir renk oluşur (Pearson, 1970; Sikorski ve ark., 1990).

Su ürünlerinin duyuşal kalitesi, öncelikle tat ve kokudaki değişimler ile balık eti tekstüründeki değişimler gözlenerek belirlenir. Depolama süresince farklı tür balıklarda farklı karakteristik kokular gelişebilir. Yağlı balıklarda ransit tat ve koku gelişirken yağsız türlerde; hoş a giden, tatlı haşlanmış patates ve amin kokuları zamanla gelişmektedir (Nollet ve Toldrá, 2010).

Balık yağlarının oksidasyonu ile oluşan ransit koku ve TMAO'nin bakteriyel redüksiyonu ile TMA oluşumu su ürünlerinde bozuk kokuya neden olan diğer faktörlerdir.

Balık ve kabuklu su ürünlerinin yüzeyinde oluşan renk değişimleri enzimatik ve enzimatik olmayan oksidasyonun bir sonucudur. Melaninlerce teşvik edilen ve koyu kahverengiden siyaha doğru gelişen pigmentasyon derinin parlak canlı renginin kaybolmasına neden olur (Gökoğlu, 2002).

Aromadaki ilk değişiklikler balık dokusunda bulunan doğal enzimlerin neden olduğu otolitik yıkım sonucunda oluşur. Taze balığın soğuk muhafazasının ilk dönemlerinde balık kaslarında bulunan endojen enzimler ve hipoksantin ile ATP arasındaki seri reaksiyonlar tarafından adenin nükleotiti indirgenir. İlerleyen süreçte mikrobiyal metabolitler adenin nükleotitin indirgenmesine etki eder. Hipoksantin balık etinde acımsı tada neden olurken (Lindsay, 1994) inosin monofosfat (IMP) istenen aroma ve tuzluluğu sağlar (Jones ve Murray, 1962; Lindsay, 1994).

Balık ve diğer su ürünleri kara hayvanlarına oranla daha az konnektif doku içerirler ve bu nedenle balık eti daha çabuk yumuşar (Gökoğlu, 2002). Ölüm sonrası glikojenin laktik aside dönüşümü ile birlikte asitliğin artması balık eti tekstürünü olumlu

yönde etkileyen bir diğer faktör olarak gösterilebilir.

2.2.2. Kimyasal Kalite Değişimleri

Su ürünlerinde kimyasal bozulmaya, başta balık etinde bulunan otolitik enzimler, otooksidasyon, çeşitli seri kimyasal reaksiyonlar ve ilerleyen süreçte artan bakteriyel metabolitler neden olur.

Su ürünleri farklı kimyasal yapı ve bakteriyel yüke sahiptir. Çeşitli eksojen (atmosferik koşullar, mevsim, stres, avlanma ve avlanmadan sonraki işlendiği, depolandığı koşullar, katkı ilavesi vb.) ve endojen (enzimler, mikroorganizma yükü, su aktivitesi, biyolojik yapı, kimyasal kompozisyon vb) faktörler kalite değişimlerine neden olmaktadır (Varlık ve ark., 2007).

2.2.2.1. pH ve Toplam asitlik

Taze balıklarda post-mortem dönemde gözlemlenen en önemli özellik yüksek pH (> 6.0) dır. Post-mortem dönemde birçok balık türünün kaslarında çok az miktarda karbonhidrat (< 0.5%) ve eser miktarda laktik asit bulunur (Gram ve Huss, 1996). Ölüm sonrasında vücuda oksijen girişi durur ve metabolik aktiviteler için gerekli olan enerji anaerobik yollardan sağlanır. Anaerobik metabolizma sonucunda glikojen laktik asite parçalanmakta ve kasta laktik asit birikmesi sonucu kas pH'sı düşmektedir. Glikolizis ölüm sonrası glikojen deposu bitinceye kadar ve laktik asit üreten enzim sistemlerinin inaktive olduğu devreye kadar devam eder (Gökoğlu, 2002). Balık öldükten sonra pH 7.07-7.2'den 6.2-6.5'e düşer. Kastaki düşük pH ilerleyen süreçte uçucu aminlerin artışıyla tekrar artar (Linados Santos ve ark., 1981). Başlangıçtaki yüksek pH değerlerinin bozulma sürecinde de gözlenmesi balığın tazeliği hakkında yanlış değerlendirmeye neden olabilir.

Balık etindeki glikojenin tükendiği ve pH'nın 7'nin üstüne çıktığı durumlarda, balık eti mikrobiyal ve enzimatik bozulmalara daha açıktır (Nollet ve Toldrá, 2010).

Toplam asit pH ile karıştırılan bir kavramdır. pH asitliğin gücünü gösterir. Toplam asitlik ya da titrasyon asitliği ise bir çözeltide bulunan dissosiye olmuş ve olmamış tüm asit moleküllerini içermektedir (Uylaşer ve Başoğlu, 2001). Su ürünlerinde bozulma sürecinde aldehit, keton ve amonyak gibi maddelerin oluşmasıyla toplam asitlik düşer. Varlık ve ark. (1993) tarafından balık etinin pH değeri açısından tüketilebilir sınır değerinin 6.8-7.0 arasında olduğu bildirilmiştir.

2.2.2.2. Toplam Uçucu Bazik Azot (TVB-N)

Ölüm sonrası balık etindeki kalite kaybı ve bozulmaya neden olan değişikliklerden esas olarak azotlu bileşikler sorumludur ve bu değişimler protein olmayan azotlu bileşiklerin dekompozisyonu nedeniyle olmaktadır. Balık eti büyük miktarda protein olmayan azotlu bileşikleri içermektedir. Bakteriler bu bileşikleri trimetilamin, amonyak, aminler ve aldehitlere çevirirler. Son ürün olarak da hidrojen sülfür, diğer sülfürlü bileşikler, merkaptanlar, indol ve diğer kokuşma ürünleri oluşur (Gökoğlu, 2002).

Bazı balık türlerinde duyuusal analiz, TVB-N ve TMA analiz sonuçlarında iyi bir korelasyon görülür. Balık etinin TVB-N değeri balığın yenilebilir olduğu depolama sürecinde düşüktür ve ancak balık bozulma düzeyine yakın olduğunda TMA ve TVB-N düzeyleri artar. Buna rağmen TVB-N ve TMA tayinleri balık kalitesi tayininde sıkça kullanılan metotlardır (Pearson, 1970; Linados Santos ve ark., 1981).

TVB-N sınır değerleri pek çok araştırmacı tarafından farklı değerler arasında verilmektedir. Ludorf ve Meyer (1973), 25 mg/100g ve 35 mg/100g gibi yüksek TVB-N içeriğini sırasıyla “kısmen bozuk/tüketilebilir” ve “bozuk/tüketilemez” olarak değerlendirirken, Varlık ve ark. (1993); 25 mg/100 g TVB-N içeren örnekleri, “çok iyi”, 30 mg/100g TVB-N içeren örnekleri “iyi”, 35 mg/100g TVB-N içeren örnekleri “pazarlanabilir”, 35 mg/100 g’den fazla TVB-N içeren örnekleri ise “bozulmuş” olarak değerlendirmiştir. Sikorski ve ark. (1990), yağlı balıklar için kabul edilebilir TVB-N miktarını 20 mg/100g olarak belirtirken, Kyrana ve Lougovois (2002); taze levrek balığının kabul edilebilir TVB-N limit değerini 25mgN/100g olarak bildirmiştir.

2.2.2.3. Trimetilamin Azot (TMA-N)

Bazı bozulma metabolitleri su ürünlerinde kalite indeksi olarak kullanılabilir. Mikrobiyolojik metotlarla karşılaştırıldığında kimyasal analizler daha pratiktir, fakat bazı bileşenlerin ölçülebilir konsantrasyonları bozulma sürecine yaklaşımdan belirlenemeyebilir. Klasik tek bileşen kalite indeksi (Classical single-compound quality Index- SCQI) balıklar için TVB-N, TMA ve hipoksantin ölçümüdür (Gram ve Dalgaard, 2002).

TMAO deniz balıklarında bulunan normal bir bileşendir ve taze yakalanan balıkta TMA iz miktarda bulunur ya da hiç bulunmaz (Jay, 2000). Trimetilamin protein

olmayan azotun fraksiyonu ile oluşan osmoregölant bir bileşiktir (Boskou ve Debevere, 1997). Su ürünlerinde temel bir bileşen olan TMA karakteristik balıksı ve amonyak kokusunu verir (Gram ve Dalgaard, 2002).

Otoliz sonuna doğru bakterilerin yardımıyla TMAO indirgenerek TMA'ye dönüşür. Balık bozuldukça TMAO azalırken TMA artış gösterir (Gökoğlu, 2002).

TMA oluşumu genel olarak mikrobiyal orijinli olsa da bazı balıklar TMAO'ı parçalayan enzimleri içermektedir (Jay, 2000). TMAOaz veya TMAO dimetilaz olarak bilinen enzimler TMAO'ın parçalanmasında görev alırlar.

Aeromonas spp., psikotolerans *Enterobacteriaceae*, *P. phosphoreum*, *S. putrefaciens* ve *Vibrio* spp. TMAO'ı TMA'ye indirgeyen bakterilerdir (Gram ve Dalgaard 2002). Bu bakteriler anaerobik şartlarda elektron taşıyıcısı olarak TMAO'ı kullanırlar (Gram ve Huss, 1996). Özellikle *S. putrefaciens*, TMAO'ı, TMA'ye dönüştürerek çok yoğun hoşla gitmeyen kokuların oluşmasına neden olur ve hidrojen sülfür üretir (Sivertsvik ve ark., 2002).

Tüketime uygun su ürünlerinde TMA değeri 1-8 mg/100g örnek arasında olmalıdır. 8 mg/100g üzerinde TMA değeri olan su ürünleri bozulmuş olarak değerlendirilir (FAO, 1986).

2.2.2.4. Yağ oksidasyonu

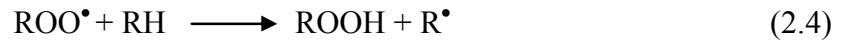
Su ürünlerindeki bir diğer kimyasal bozulma yağların otooksidasyonudur. Balık etinde bulunan yağlar depolama süresi boyunca ransidite olarak tanımlanan değişikliklere uğrarlar (Pearson, 1970).

Çoklu doymamış yağ asiti içeriği yüksek olan balıklar oksidasyona karşı oldukça hassastır. Otooksidasyon doymamış yağ asitlerinin oksijene maruz kalmasıyla oluşur. Otooksidasyonda ilk ürün olarak hidroperoksitler, hidroperoksitlerin parçalanmasıyla da aldehit ve ketonlar oluşur.

Oksidasyon genellikle demir gibi bağlayıcı metal iyonları, ısı ve ışık gibi katalistlerle hızlandırılırken, tokoferoller, metal şelatları gibi antioksidan özellikli bileşenlerce inhibe edilebilmektedir. Oksidasyon otokatalitik bir reaksiyondur. Başlangıçta yavaş olan oksidasyon (indüksiyon periyodu) reaksiyon ilerledikçe hızlanır.

İndüksiyon periyodunda hidroperoksitler oluşur ve indüksiyonun uzunluğu yağın yağ asit kompozisyonu ile bağlantılıdır (Gökoğlu 2002).

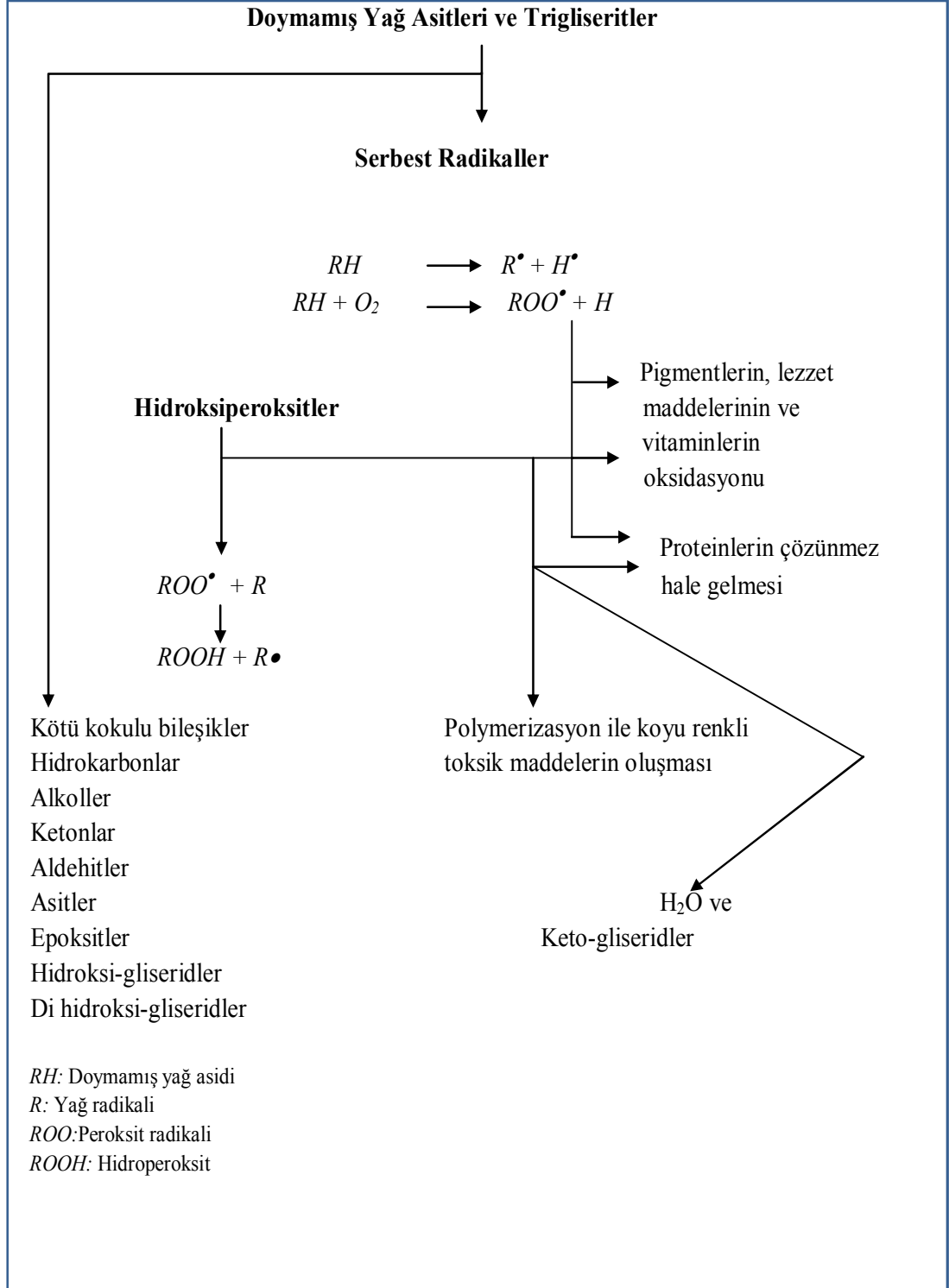
Oksidasyon başlangıç, gelişme ve sonuç olmak üzere 3 evreden oluşur (Frankel 1980; Kanner ve Rosenthal, 1992).



Oksidasyonun başlangıç evresinde moleküler oksijen tarafından organik maddeden bir hidrojen atomu ayrılır ve bir peroksi radikal oluşur (2.1). Bu ayrışma, çok miktarda enerji gereksinimi olan ve uzun süren bir endotermik reaksiyondur. Başlangıç evresinde bu reaksiyon dışında çift bağa oksijen molekülünün katılımı ile di-radikal (hidroperoksit) bileşikler oluşur (2.2). Gelişme evresinde; yeni oluşan radikaller daha fazla oksijenle reaksiyona girer (2.3). Oluşan hidroperoksit $\text{RO}^\bullet$ radikallerine parçalandığında ikincil ürünler (hidroksi, keto asitler ve aldehitler) oluşur. Metalik prooksidanlar, hidroksiperoksit parçalayısı olarak rol oynarlar. $\text{RO}^\bullet$ radikallerinin hidroksi, keto asitlere ve aldehitlere dönüşmesi üründe lezzet ve koku kaybı, acılaşma ile sarımsı renklere neden olur. Oksidasyon ürünleri, karatoneid, tokoferol, askorbat, tiyamin ve pantotenik asit ile reaksiyona girer. Oksidasyon sonucunda aşırı peroksit oluşumu esansiyel yağ asitlerinin yıkımına neden olur. Okside olmuş doymamış yağlar proteinleri bağlayarak çözünmeyen protein-yag kompleksi oluştururlar. Oksidasyon sonucunda gözlenen değişiklikler besin değerinde ve kalitesinde kayba neden olur (Şekil 2.2.4.2.1). İki radikalın interaksiyonu ile zincir reaksiyonu sona erer (2.6.) (Frankel, 1980; Kanner ve Rosenthal, 1992; Gökoğlu, 2002; Turan, 2002).

Et ürünleri gibi hem ekstrakte edilebilen hem de edilemeyen yağlara sahip ürünlerin bozulma tespitinde tiyobarbitürik asit sayısı (TBA) kullanılır (Pearson, 1970).

TBA değeri 3'ten az ise ürün "çok iyi", 3-5 arası "iyi", 7-8 arası ise "tüketilebilir sınır değer" olarak kabul edilmektedir (Varlık ve ark., 1993).



Şekil 2.2.4.2.1. Yağ oksidasyonu mekanizması (Khayat ve Schwall, 1983)

2.2.3. Mikrobiyolojik Kalite Değişimleri

Balıklarda bozulma, avlama esnasında başlar. Bu süreçten itibaren balık birçok farklı mikroorganizma ile karşı karşıya kalır. Balıkta bulunan mikroorganizma yükü ve cinsi; avlanma sezonu, avlanma bölgesi, su kirliliği, sıcaklık, avlama metodu, saklama koşulları, taşıma ve işleme şekli gibi birçok faktörden etkilenmektedir (Jayasinghe ve Rajakaruna, 2005; Hussain ve Uddin, 1995). Balığın avlandığı andan itibaren soğuk zincir kurallarına uygun şekillerde transfer edilmesi ve işlenmesi gerekmektedir. Soğuk muhafaza (0°C) koşullarında mikrobiyal aktivite yavaşlatılabilir fakat inhibe edilemez (Nollet ve Toldrá, 2010).

Taze balıklarda deride, solungaç ve bağırsaklarda bulunan mikroorganizma cinsleri; *Alcaligenes*, *Achromobacter*, *Bacillus*, *Corynebacterium*, *Clostridium*, *Escherichia*, *Flavobacterium*, *Micrococcus*, *Proteus*, *Pseudomonas*, *Photobacterium*, *Serratia*, *Rhodotorula*, *Torulopsis* ve *Candida*'dır (Göktan, 1990; Gökoğlu, 2002). Canlı ya da taze balıkların yüzeyinde 10^2 - 10^7 /cm², solungaç dokusunda 10^3 - 10^6 /g, bağırsakta ise 10^3 - 10^8 /g canlı mikroorganizma bulunur (Göktan, 1990). Genel olarak su ürünlerinden izole edilen bakteri cinsleri Çizelge 2.2.3.1.'de verilmiştir.

Soğuk muhafaza uygulanan balık etindeki dominant türler *Pseudomonas* spp., *Shewanella putrefaciens* gibi psikotropik gram negatif çubuk bakteriler (Adams ve Moss, 2008) ve *Photobacterium phosphoreum*'dur. *Brochothrix thermosphacta* ve Laktik asit bakterileri özellikle modifiye atmosfer paketlenerek soğuk muhafaza edilen su ürünlerinde görülmektedir. Her iki bakteri bozulma sürecinde ortaya çıkan ekşi tattan sorumludur (Nollet ve Toldrá, 2010).

Her gıda maddesi, üretim ve depolama süresince spesifik ve karakteristik mikrofloraya sahiptir. Bazı kimyasal ve fiziksel parametrelerle ürün içerisinde hangi mikroorganizma türünün baskın olduğunu bulmak mümkündür. Duyusal bozulma noktasında, bozulmada rol oynayan fakat istenmeyen değişikliklere neden olmayan mikroorganizmaların oluşturduğu mikroflora bozulma mikroflorası olarak adlandırılır. Kısaca ürünün spesifik bozulma organizması(ları) (Specific spoilage organism(s) -SSO) olarak da ifade edilebilir (Gram ve ark., 2002). SSO'lar üründe düşük sayıda bulunur ve mikrofloranın çok küçük bir bölümünü oluştururlar. Farklı su ürünlerinde farklı SSO'lar bulunabilir (Çizelge 2.2.3.2).

Çizelge 2.2.3.1. Taze ve bozulmuş su ürünlerinde bulunan mikroorganizma cinsleri ve rastlanma sıklıkları (Jay, 2000; Nollet ve Toldrá, 2010)

<i>Mikroorganizma</i>	<i>Gram Reaksiyon</i>	<i>Rastlanma sıklığı</i>
Bakteriler		
<i>Acinetobacter</i>	–	X
<i>Aeromonas</i>	–	XX
<i>Alcaligenes</i>	–	X
<i>Alteromonas</i>	–	X
<i>Bacillus</i>	+	X
<i>Brochothrix</i>	+	X
<i>Chromobacterium</i>	–	X
<i>Corynebacterium</i>	+	X
<i>Cytophaga</i>		X
<i>Enterobacter</i>	–	X
<i>Enterococcus</i>	+	X
<i>Flavobacterium</i>	–	X
<i>Halobacterium</i>	–	X
<i>Lactobacillus</i>	+	X
<i>Microbacterium</i>	+	X
<i>Moraxella</i>	–	X
<i>Morganella</i>	–	X
<i>Photobacterium</i>	–	X
<i>Pseudomonas</i>	–	XX
<i>Shewanella</i>	–	XX
<i>Staphylococcus</i>	+	X
<i>Streptococcus</i>	+	X
<i>Vibrio</i>	–	XX
<i>Weissella</i>	+	X
<i>Yersinia</i>	–	X
Mayalar		
<i>Candida</i>		XX
<i>Cryptococcus</i>		XX
<i>Debaryomyces</i>		X
<i>Hansenula</i>		X
<i>Pichia</i>		X
<i>Rhodotorula</i>		XX
<i>Sporobolomyces</i>		X
<i>Trichosporon</i>		X
Küfler		
<i>Aspergillus</i>		X
<i>Aureobasidium (Pullularia)</i>		XX
<i>Penicillium</i>		X
<i>Scopulariopsis</i>		X

X = olduğu bilinen; XX = çok sıklıkla izole edilen

Çizelge 2.2.3.2. Su ürünlerinde bulunan Spesifik Bozulma Organizma (SSO) Örnekleri (Gram ve ark., 2002)

<i>Ürün</i>	<i>SSO</i>
Buzlanmış deniz balıkları	<i>Shewanella putrefaciens</i>
Buzlanmış tatlı su balıkları	<i>Pseudomonas</i> spp.
CO ₂ ile paketlenmiş soğuk muhafaza edilen balıklar	<i>Photobacterium phosphoreum</i>

Spesifik organizmalar bozulmadan sorumludur; fakat ne yüksek toplam bakteri yükü (10^7 kob/cm²) ile ne de SSO sayısı ile ürünün duyusal kalitesi tam olarak tahmin edilemez (Gram ve ark., 2002).

Bozulma bakterilerinin belirlenmesinde öncelikle ürünün fiziksel ve kimyasal özellikleri etkilidir; fakat su ürünlerinde bozulmanın gerçekleşmesi için bakteri sayısının yüksek rakamlara ($>10^6$ - 10^7) ulaşması gerekir (Gram ve Dalgaard, 2002). Poli ve ark. (2006), bütün haldeki deniz ve tatlı su balıklarında bulunmasına izin verilen maksimum toplam mezofil bakteri sayısını 7 log kob/g olarak bildirmiştir. 3 ve 8°C'de muhafaza edilen alabalıklar için tüketilebilirlik sınırı, toplam mezofil canlı için 10^6 , toplam psikrofil canlı için 10^7 'dir (Lyhs ve ark., 2001).

Et ürünlerinde bozulma, SSO'ların küçük bir bölümünü oluşturan ve Geçici Bozulma Organizmaları (Ephemeral Spoilage Organism- ESO) olarak adlandırılan organizmalara bağlıdır. Bu organizmalar ürünlerin taşıma, işleme ve depolama süreçlerindeki uygulamalara bağlı olarak ortaya çıkmaktadır (Anonim, 2010e). ESO, SSO'ya oranla daha spesifik organizmaları içerir. Çizelge 2.2.3.3.'de farklı şekillerde işlem gören ya da muhafaza edilen ürünlerdeki ephemeral bozulma organizmaları verilmiştir.

Su ürünlerinin spesifik bozulma organizmaları; biyogen aminler; sülfidler, alkoller, aldehitler, ketonlar ve organik asitler ile ATP'nin yıkım ürünü olan hipoksantin ve laktattan asetat üretirler (Gram ve Dalgaard, 2002; Olafsdóttir ve ark., 2006). Özellikle ESO'lar çok ağır hoşla gitmeyen tatlara neden olurlar, fakat toplam bakteri yükü içerisinde yoğun olarak bulunmazlar. Aktif (geçici) bozucular olarak ta adlandırılan bu bakteriler balık suyunda gelişir ve çürük lahana kokusu gibi tanımlanan bozuk balık kokusundan sorumludurlar.

Bozulma bakterilerinin belirgin özellikleri, trimetilaminoksiti (TMAO) harcamaları ve hidrojen sülfid (H_2S) oluşturmalarıdır. Fakat ESO'lar her durumda aynı özellikleri göstermezler. Balık tipi, avlanan bölge, iklim ve saklama koşulları bu özellikler üzerine etkilidir (Koutsoumanis ve Nychas, 1999).

Çizelge 2.2.3.3. Farklı su ürünlerinde bulunan spesifik Ephemeral (geçici) bozulma organizmaları (Nollet ve Toldrá, 2010)

<i>Su Ürünleri</i>	<i>Spesifik ESO</i>
Taze ve soğutulmuş, hava ile muhafaza edilen ürünler	<i>S. putrefaciens</i> ^{ab} <i>Pseudomonas</i> spp. ^c
Taze soğutulmuş, vakum ya da MAP uygulanan ürünler	<i>P. phosphoreum</i> ^b Laktik asit bakterileri ^c <i>B. thermosphacta</i> ^c
Ortam sıcaklığında muhafaza edilen yarı korumalı ve taze ürünler	<i>Aeromonas</i> spp. <i>Vibrio</i> spp. <i>Enterobacteriaceae</i> <i>Enterococcus faecalis</i>
Sous-vide uygulanan ve soğuk muhafaza edilen ürünler	Gram pozitif-spor formalar
Hafif korumalı ^d ve soğuk muhafaza edilen ürünler	Laktik asit bakterileri ^e <i>Enterobacteriaceae</i> <i>P. phosphoreum</i> <i>Vibrio</i> spp.
Yarı korumalı, tuzlanmış ve soğutulmuş ürünler	<i>Halobacterium</i> spp., <i>Halococcus</i> spp., ve osmotolerant maya ve küfler
Fermente ve soğuk muhafaza edilen ürünler	<i>Maya ve laktik asit bakterileri</i>

^a *S. putrefaciens* varlığında, *Shewanella baltica*, diğer H₂S üreten, gram negatif bakterilerin varlığından da söz edilebilir.

^b Deniz ve ılıman sulardaki balıklar için spesifiktir

^c Tatlı ve sıcak su balıkları için spesifiktir.

^d Soğuk dumanlanmış, salamura ya da pişirilmiş karides ve tuzlanmış havyar gibi ürünleri kapsar.

^e Örneğin; *Lactobacillus curvatus* ve *Lactobacillus sakei* gibi türleri içerir.

Su ürünlerinde bozulmaya neden olan bazı önemli bakteriler ve genel özellikleri:

***Aeromonas* spp.:** Gram negatif, tek kutupta kamçılı ve hareketli, katalaz ve oksidaz pozitifdir. Psikrotrof olan bu bakteriler balıkların bağırsak florasında bulunur ve bazıları balık patojenidir. *A. hydrophila* gıda kaynaklı bir patojendir (Şahin ve Başoğlu, 2002; Erkmen, 2010).

***Bacillus*:** Gram pozitif, katalaz pozitif ve endospor oluşturan, kalın çomak bakterilerin bulunduğu bir türdür. Hareketli ya da hareketsiz, aerob veya anaerob olabilirler. Çoğu mezofil olmasına karşın psikrotrof ve termofil olanları da vardır (Erkmen, 2010).

***Brochotrix thermosphacta*:** Gram pozitif, katalaz pozitif, hareketsiz, oksidaz negatif ve fakültatif anaerobturlar. H₂S ve indol oluşturmazlar (Şahin ve Başoğlu, 2002). *B. thermosphacta* hava ya da modifiye atmosfer koşullarında paketlenen ve soğukta muhafaza edilen çiğ ve işlenmiş et ürünlerinde dominant bir türdür. Gelişme

sıcaklık aralığı 0-30°C olup optimum 20-25°C’de gelişir. En iyi gelişme pH aralığı 5-9 pH’dır (Anonim, 2009; Anonim, 2010f).

***Shewenella putrefaciens*:** Gram negatif, katalaz ve oksidaz pozitif, hareketlidir. Kemoorganotrof beslenirler ve elektron vericisi olarak moleküler oksijene gereksinim duyarlar (Şahin ve Başoğlu, 2002). Bu tür en iyi 20-25°C’de gelişse de 0°C’de de gelişme yeteneğine sahiptirler. Metabolitleri arasında H₂S bulunmakta ve böylece kokuşmaya neden olmaktadır.

Laktik asit bakterileri: Gram pozitif, spor oluşturmayan, fakültatif, katalaz ve oksidaz negatif, kok ve çomak, karbonhidrat fermantasyonu metaboliti olarak temelde laktik asit üreten bakteriler bu gruba girmektedir. Anaerob-anaerotolerant bakterilerdir. *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus*, *Streptococcus*, *Aerococcus*, *Carnobacterium*, *Enterococcus*, *Oenococcus*, *Sporolactobacillus*, *Tetragenacoccus*, *Vagococcus*, *Weissella* ve *Bifidobacterium* cinsleri laktik asit bakterileri grubuna girmektedir (Françoise, 2010).

***Photobacterium phosphoreum*:** Gram negatif, hareketlidir. 4°C’de gelişme yeteneğine sahiptir. Asıl kaynağı su olup, balıklarda bozulma etkeni olarak rol oynar (Şahin ve Başoğlu, 2002).

***Pseudomonas spp.*:** Gram negatif, aerob, çomak şeklinde, katalaz pozitifdir. Bazı türleri oksidaz pozitif bazı türleri oksidaz negatiftir. Psikrofil, mezofil ve psikrotrof türleri vardır. Toprak ve su kaynaklı bakterilerdir (Akçelik ve ark., 2000).

***Vibrio spp.*:** Gram negatif, aerob, düz veya eğri çubuk şeklindedir. *Vibrio cholera*, koleraya neden olan hastalık etmenidir. Su ürünlerinde rastlanan türü ise *V. paraheamolyticus*’tur (Şahin ve Başoğlu, 2002). Bu tür tuza dayanıklı fakültatif anaerob, oksidaz ve katalaz pozitifdir. pH 5-9.8 arasında, optimum 37°C’de ve %1-3 NaCl ilave edilmiş ortamlarda kolaylıkla gelişebilmektedir (Yücel ve Akpınar Bayizit, 2001).

2.3. Gıda Ambalajlama Teknolojisi

Gıda sanayinde ambalaj kullanımı; ürünü koruması, tanıtması, taşınması, ürünün raf ömrü hakkında bilgi vermesi ve en önemlisi tüketiciye güvenilir bir şekilde ulaştırılması açısından önemlidir. Ambalaj tüketiciye daha ürünü görmeden ürün hakkında olumlu ya da olumsuz karar vermesini sağlayacak bir unsurdur. Ambalaj

sadece yapısı gereği ürünü korumakla kalmaz, çeşitli uyarıcı sembolleri de (ışınlanmış ürün, laktoz içerir, fenilalanin içerir, domuz yağı içermez vb.) içererek tüketicileri bilgilendirir.

Günümüzde gıda ambalajları geleneksel koruma özellikleri dışında muhafaza ettikleri ürünler için bir çok fonksiyonel özelliğe de sahiptirler (Han, 2005).

Et, süt ve süt ürünleri, balık, meyve ve sebze gibi çok çabuk bozulabilen gıdaların raf ömrünü, atmosferik oksijenin kimyasal etkisi ve aerobik bozulma bakterileri kısaltmaktadır. Bu faktörler birlikte ya da ayrı ayrı ürünün renk, koku, aroma ve tekstürü üzerinde telafisi olmayan kalite kayıplarına neden olmaktadır. Soğuk muhafaza, istenmeyen değişiklikleri yavaşlatsa bile perakende dağıtım sektörü için önemli olan çok daha uzun muhafaza süresi için yeterli değildir (Anonim, 2010g). Ürünlerin muhafaza süresinin uzatılması amacıyla farklı paketlenme metotları geliştirilmiştir. Bu metotlarda öncelikle ürünün mikrobiyal gelişiminin ve enzimatik aktivitesinin durdurulması ve geciktirilmesi hedeflenmektedir.

2.3.1. Farklı Paketlenme Metotları

Ambalaj ya da depo içerisindeki O₂ miktarının azaltılması ve CO₂ miktarının artırılması ile gıdalar muhafaza edilebilmektedir. Bu amaçla modifiye atmosfer paketlenme dışında birçok muhafaza metoduna terminolojide yer verilmiştir.

Hipobarik (düşük basınç) Depolama: Hipobarik depolama, dinamik düşük basınç sistemi olarak tanımlanmaktadır (Wilhelm, 1982). Gıdaların düşük basınç, düşük sıcaklık, yüksek nemli hava ile muhafaza edilmesi işlemidir. Depolama faktörlerinin hepsi vantilasyon ile kontrol edilmektedir (Jay, 2000). Bu metot genel olarak sebze, meyve ve çiçeklerin depolanmasında kullanılmaktadır.

Hipobarik depolamada O₂ konsantrasyonu azaltılır ve böylece yağ oksidasyonunun önüne geçilir. Et ve su ürünleri için uygun hipobarik depolama yaklaşık 10 mmHg atmosfer, meyve ve sebze ürünleri için ise 10-80 mmHg atmosfer ile sağlanmaktadır (Jay, 2000).

Hiperbarik (yüksek basınç) Depolama: Hiperbarik depolama yüksek basınç altında olmaktadır. Yüksek basınç mikrobiyal gelişimi durdururken enzimatik aktiviteyi de azaltmaktadır (Wilhelm, 1982).

Yenilebilir Film Kaplama: Yenilebilir film kaplamalar, gıdayı koruyan ve raf ömrünü uzatan, gıdayı ince bir film şeklinde saran ve tüketilebilir özellikteki doğal kaplamalardır.

Vakum Paketleme: Vakum paketleme; gaz geçirgenliği düşük ambalaj materyali içerisindeki ürünü çevreleyen havanın uzaklaştırılması işlemidir. Vakum paketleme bir tür pasif modifiye atmosfer yöntemidir (Kılınç ve Çaklı, 2001). Vakum paketlemede; paket içerisindeki havanın uzaklaştırılmasıyla paket atmosferi modifiye edilir.

Vakum uygulanması ile paket içerisindeki hava miktarı sıfıra yakın azaltılır. Vakum paketlemede kullanılacak paketleme materyalinin hava geçirgenliği düşük olmalıdır. Vakum paketleme çoğunlukla taze hazır gıdalara uygulanır. Bu metotta ortamdan O₂ uzaklaştırıldığından ürün renginde değişiklik gözlenebilir. Özellikle kırmızı etlerin paketlenmesinde vakum tercih edilmez (Erkmen, 2010).

Vakum paketleme makinelerinde paket içerisine hava verilerek paket içerisindeki basınç artırılmakta ardından paket içerisinden gaz dışarı çekilerek vakum uygulanmaktadır. Havanın uzaklaştırılması iki ortam arasındaki basınç farklılığı ile gerçekleştirilmektedir. Hava akışı 1 bar'dan 0.3-0.4 bar'lık ortama doğru olmaktadır (Jay, 2000).

Vakum ambalajlama düşük maliyetlidir ve gıda endüstrisinde genellikle oksidatif reaksiyonun önüne geçmede kullanılmaktadır. Dondurulmuş ve ısıtılmış ürünlerde kullanılabilen bir teknolojidir. Bozulma bakterilerinin gelişimini engelleyen vakum, *Clostridium botulinum* gibi toksin üreten bakterilerin gelişimine neden olmaktadır. Botulizm toksini steril ve asidik olmayan, 3°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda ve anaerob ortamda oluşur (Wilhelm, 1982).

Depolama süresince bozulan ürün metabolitleri, artan mikroflora ve gaz geçirgenliği, paket içerisindeki gaz kompozisyonunda değişikliklere neden olur (Phillips, 1996). Depolama süresince iz miktarda bulunan O₂ harcanır ve anaerobik ortam oluşur. Bu ortamda baskın flora; *Leuconostoc* ve *Lactobacillus* türleridir. Vakum uygulanan yüksek pH'lı gıdalarda Laktik asit bakterileri, *Brochotrix thermosphacta*, *Serratia liquifaciens* ve *Hafnia* türleri baskındır. Düşük pH'lı gıdalarda (et ürünlerinde) psikrotrofik *Clostridium* türleri bozulma ve patojen varlığı indeksi olarak kullanılabilir (Erkmen, 2010).

Hassas gıdalara uygulanan bir diğer vakum ambalajlama metodu ise “yüzey vakum ambalajlama” dır. Bu metotta ürün inceltilmiş film ile sarılır ve ardından vakum paketlenir.

2.3.2. Modifiye Atmosfer Paketleme (MAP) Teknolojisi

MAP temelde gıdayı saran atmosferin modifiye edilmesidir. Bu işlem vakum uygulama, paket içerisine gaz doldurma ya da paketin gaz geçirgenliğinin kontrol altında tutulması ile gerçekleştirilir. MAP sayesinde konserve, dondurma, kurutma ya da diğer muhafaza işlemlerinde olduğu gibi sıcaklık ya da kimyasal etki olmaksızın gıdalar taze olarak saklanabilmektedir (Anonim, 2010g).

Modifiye atmosfer paketleme kolay bozulabilen gıdaların muhafaza süresini artırmak ve paketlenmiş ürünün kalitesini geliştirmek amacıyla uygulanan bir metottur. Bu metot üç farklı şekilde uygulanır.

a) Pasif modifiye atmosfer oluşturma: Modifiye atmosfer koşulları, hermetikli ortamda kapatılmış paketlerde O₂ tüketimi ve dolayısıyla CO₂ artışı sonucunda pasif olarak gelişir (Anonim, 2010g). Pasif atmosfer modifikasyonu genel olarak hasat sonrasında paketlenen ve O₂ harcamaya devam eden sebze ve meyvelerde oluşmaktadır.

b) Aktif modifiye atmosfer oluşturma: Paket içerisindeki havayı tutmak amacıyla O₂, CO₂, etilen absorbantları ve etanol oluşturan maddeler kullanılmaktadır (Anonim, 2010g). Oksijen tutucu olarak oksijeni toksik olmayan demir oksite dönüştüren demir tozu, askorbik asit ve askorbat tuzları kullanılmaktadır. CO₂ tutucu olarak ise karbondioksiti kalsiyum karbonata dönüştüren kalsiyum hidroksit ve karbondioksit yayıcısı olarak ta oksijeni absorblayıp karbondioksit üreten maddeler kullanılmaktadır. Silika jel ve silikon dioksit ise etilenin absorblanmasında kullanılmaktadır (Metin, 1999).

c) Mekanik yöntemle modifiye atmosfer oluşturma: Paket içerisindeki havanın mekanik yöntemle uzaklaştırılması iki şekilde olmaktadır. Bunlardan ilki paket içerisine sürekli gaz basımıdır. Paket içerisinde devamlı olarak bir gaz akışı sağlanır ve bu şekilde gıdayı çevreleyen hava ile gaz yer değiştirir ve ardından paket kapatılır. Bu metotta paket içerisinde yaklaşık %2-5 oranında O₂ kalmaktadır. Oksijene duyarlı gıdalarda bu metot tavsiye edilmemektedir. Bir diğer mekanik yöntem ise vakum uygulandıktan sonra paket içerisine gaz basımıdır (Anonim, 2010g).

2.3.2.1. Modifiye Atmosfer Paketlemenin Tarihçesi

MAP temel paketleme metotlarından biridir ve çok eski yıllardan beri CO₂ gazı gıdaların muhafazasında kullanılmaktadır. CO₂ kullanarak taze etin muhafazasına dair ilk bilgiler 1882 yılına aittir. Günümüze kadar geçen süreçte kırmızı etlerin muhafazasında denenen pek çok uygulama Çizelge 2.3.2.1.1.'de gösterilmiştir (Jay, 2000).

Çizelge 2.3.2.1.1. MAP ve benzer teknolojilerin tarihsel gelişimi (Jay, 2000)

<i>Yıl</i>	<i>Teknolojideki Gelişmeler</i>
1882	Yüksek CO ₂ seviyesinin kırmızı etin muhafazasını 4-5 hafta arttırdığı tespit edildi.
1889	CO ₂ 'in antibakteriyel etkisi keşfedildi.
1895	Lopriore, %100 CO ₂ 'in küf sporları gelişimini inhibe ettiğini buldu.
1910	MAP çeşitli gıdaların muhafazasında geniş ölçekte kullanılmaya başlandı.
1938	Yeni Zelanda'da sığır etlerinin yaklaşık %26'sı, Avustralya'da ise %60'ı CO ₂ atmosferi altında depolanmaya başlandı.
1960	S. Burg tarafından hipobarik sistemin taslağı belirlendi.
1972	Et, süt ve balık ürünlerinin uzun mesafeli taşımacılığında Tectrol taşımacılık (MAP ortamında taşımacılık) kullanılmaya başlandı.
1972	Kyrogenik O ₂ ve N ₂ atmosfer (sıvı O ₂ -N ₂) sistemi, Amerikalı "Union Carbide Corporation" tarafından patentlendi.

1927 yılında elmaların muhafazası amacıyla atmosferik O₂ seviyesinin azaltılması ve CO₂ seviyesinin artırılmasıyla MAP terimi ilk kez literatürlere geçmiştir. 1930'da gemi ambarlarında meyve taşımacılığında MAP kullanılmıştır. Aynı yıl et karkaslarının taşınmasında yüksek CO₂ konsantrasyonu kullanımının muhafaza süresini %100'den fazla artırdığı tespit edilmiştir (Davies, 1995).

2.3.2.2. Modifiye Atmosfer Paketleme Çeşitleri

MAP genel olarak hiperbarik bir uygulamadır. Farklı gaz karışımlarının paket içerisine doldurulması ile yapılan MAP'da başlangıç gaz konsantrasyonu depolama süresince yeniden düzenlenememektedir. Jay (2000) tarafından MAP, 2'ye ayrılmıştır.

1) Yüksek O₂ içerikli MAP: %70'den fazla O₂, %20-30 CO₂, %0-20 N₂ kullanılarak hazırlanmaktadır. CO₂ konsantrasyonu değiştirilerek aerob bakterilerin gelişimi yavaşlatılabilir. Bu yöntem kırmızı et ürünlerinde et renginin korunmasına yardımcı olmaktadır. Balık etinde bulunan karetonoid pigmentlerinin ağarması ve etteki opaklığın artması yüksek (%100'e varan) CO₂'li ortamlarda ana sorun olarak ortaya

çıkılmaktadır. Bu sorun CO₂'in diğer gazlarla karıştırılması ile kontrol edilebilmektedir (Gibson ve Davis, 1995).

2) Düşük O₂ içerikli MAP: %10'dan az O₂ ve %20-30 CO₂ içeren gaz karışımları kullanılarak hazırlanmaktadır.

Gıdaların O₂ seviyesinin azaltılarak paketlenmesi olarak bilinen MAP; kontrollü atmosfer şartlarında ve dengeli atmosfer koşullarında paketlenme gibi farklı terimleri de kapsamaktadır (Phillips, 1996).

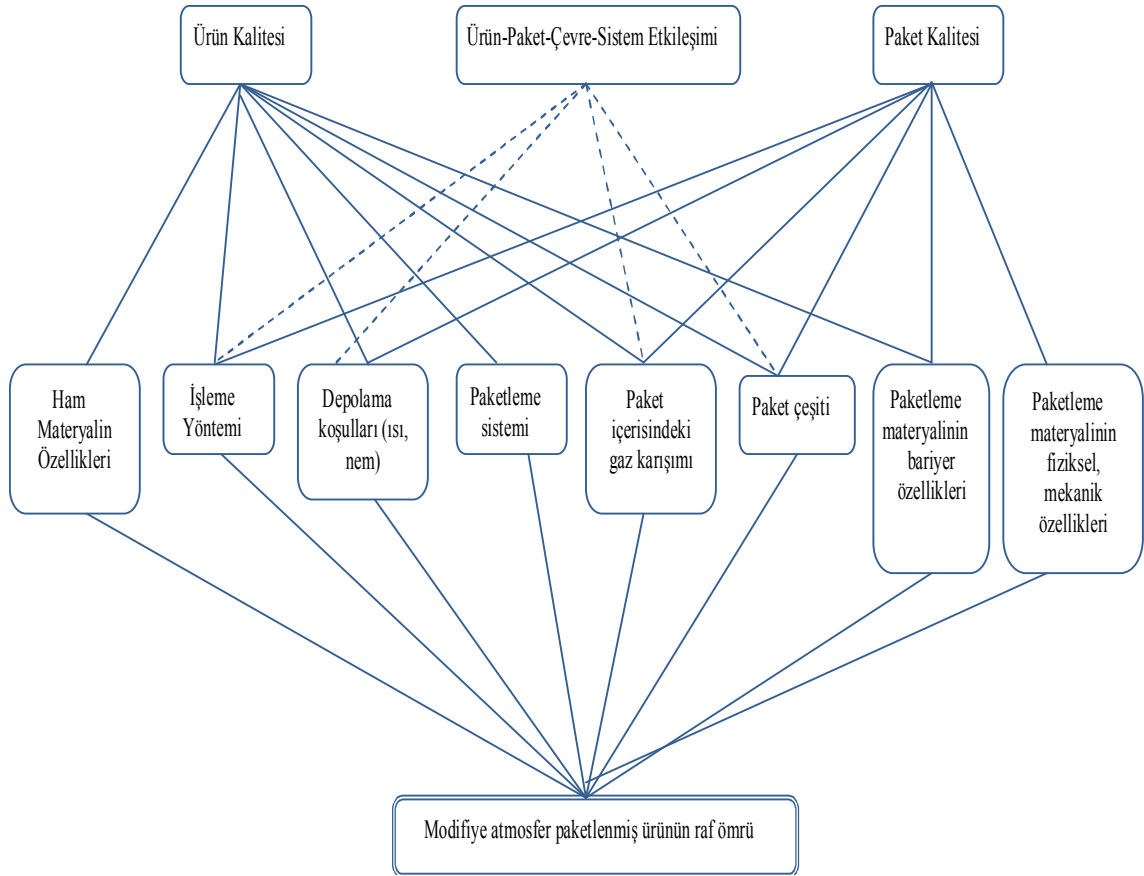
a) Kontrollü atmosfer şartlarında paketlenme (Controlled atmosphere packaging-CAP), Kontrollü atmosfer koşullarında depolama (Controlled atmosphere storage-CAS): Kontrollü atmosfer paketlenme MAP'tan farklı özelliklerde olsa da aynı şekilde tanımlanabilmektedir. Gaz karışımı çeşidi ve karışım oranları depolama süresince kontrol altında tutulmaktadır. Yüksek ve düşük miktarda O₂ içeren MAP sistemi yüksek bariyerli film gerektirirken, CAP'ta alüminyum folyo, cam, metal vb. gibi materyaller kullanılabilir. Sadece plastik filmle yapılan paketlenme sistemleri CAP için uygun değildir (Phillips, 1996; Jay, 2000).

b) Dengeli modifiye atmosfer paketlenme (Equilibrium Modified Atmosphere packaging-EMA): Genellikle taze meyve ve sebzeler için kullanılan bir metottur. Gaz; gaz geçirgenlik özelliğine sahip paketler içerisine basılır ya da içerisindeki hava değiştirilmeden paket kapatılır. Ambalaj geçirgenliği ve ürünün respirasyonu dengeli modifiye atmosfer koşullarında gerçekleşir (Phillips, 1996).

2.3.2.3. Modifiye Atmosfer Paketlemenin Avantaj ve Dezavantajları

MAP'ın genel prensibi paket içerisindeki hava ile gaz karışımının yer değiştirilmesidir. Gaz paket içerisine basıldıktan sonra ambalaj hermetikli olarak kapatılır. Depolama süresince ambalaj içerisindeki gazın kontrolü yapılamamakta gaz konsantrasyonu değişmektedir. Ürün etrafındaki gazın uzaklaştırılması ya da ürünü çevreleyen atmosferdeki O₂ miktarının azaltılması mikrobiyal gelişimi durdurmakta, kimyasal bozulmaları yavaşlatmaktadır.

Ürün tipi, ham materyalin başlangıç kalitesi, gaz karışımı, depo sıcaklığı, avlama ve paketlenme sırasındaki hijyen, gaz/ürün hacmi oranı ve paketlenme materyalinin bariyer özellikleri modifiye atmosfer paketlenmiş ürünün raf ömrüne etki eder (Şekil 2.3.2.3.1) (Ucherek, 2004; Sivertsvik ve ark., 2002).



Şekil 2.3.2.3.1. Modifiye atmosfer ile paketlenmiş ürünün raf ömrünü etkileyen faktörler (Ucherek, 2004)

MAP'in bilinen en önemli avantajı ürünün raf ömrünü artırmasıdır. MAP'in diğer avantaj ve dezavantajları Çizelge 2.3.2.3.1.'de verilmiştir.

Çizelge 2.3.2.3.1. MAP'in avantaj ve dezavantajları (Davies, 1995; Sivertsvik ve ark., 2002)

<i>Avantaj</i>	<i>Dezavantaj</i>
• Raf ömrünü %50-400 oranında artırır. • Daha uzun raf ömrü nedeniyle ekonomik kayıpları azalır. • Ürünün dağıtım masraflarını azaltır. • Yüksek kalitede ürün tüketiciye ulaştırılır. • Dilimlenmiş ürünlerin daha kolay ayrılmasını sağlar. • Geliştirilmiş sunum, ürünün açık bir şekilde tüketici tarafından görülmesini sağlar. • Kimyasal katkılara daha az ya da hiç ihtiyaç duyulmaz	• Masrafları artırır. • Sıcaklık kontrolü gerektirir. • Her ürün tipi için farklı gaz formülasyonları gerektirir. • Özel ekipman ve eğitim gerektirir. • Ürün güvenlik sistemi gerektirir. • Paket hacmini artırır, bu da taşıma masraflarını artır. • Paketin açılması ve delinmesi paketin uygunluğunun bozulmasına neden olur. • Gıdada çözünmüş CO₂ paket yapısının bozulmasına ve sızıntıyı artırmaktadır.

2.3.2.4. Modifiye Atmosfer Paketlemede Kullanılan Gazlar

Normal atmosferik hava ile paketlenen ürünler, paket içerisindeki hava, toz zerrecikleri, spor ve bakteriler gibi ürüne zarar verebilecek maddeleri içermektedir. Temelde oksijen ve azottan oluşan hava bir miktar su buharı, argon, karbondioksit ve iz miktarda da diğer gazları içermektedir. Hava bileşiminde bulunan su buharı ve toz gibi süspanse parçacıklar çıkarıldıktan sonra geriye kalan kuru havanın bileşimi Çizelge 2.3.2.4.1.'de verilmiştir.

Çizelge 2.3.2.4.1. Kuru havanın kompozisyonu (Shakkashiri, 2007)

<i>Madde</i>	<i>Hacimce %</i>
Azot- N ₂	78.08
Oksijen-O ₂	20.95
Argon-Ar	0.93
Karbondioksit-CO ₂	0.033
Neon-Ne	0.0018
Helyum-He	0.00052
Metan-CH ₄	0.0002
Krypton-Kr	0.00011
Azot (I) oksit-N ₂ O	0.00005
Hidrojen-H ₂	0.00005
Ksenon-X ₂	0.0000087
Ozon-O ₃	0.000001

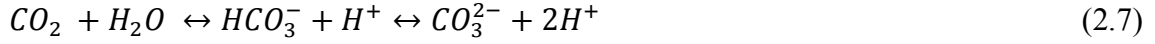
Ambalajlama gazları; gıda maddesi kaba yerleştirilmeden önce, yerleştirilirken veya yerleştirildikten sonra kap içine verilen hava dışındaki gazlardır (TGKY, 2008). MAP sisteminde; ürünün özelliklerine göre; paket içindeki hava alınıp yerine azot, karbondioksit ya da oksijen ilavesi ile daha etkili ambalajlama yapılır. Modifiye atmosfer paketlemede paketin içerisinden oksijenin elemine edilmesi ve farklı konsantrasyonlarda CO₂ ve N₂ ile doldurulması sonucunda aerobik mikroorganizmaların, proteolitik bakterilerin, maya ve küflerin gelişimi inhibe edilmektedir (Swiderski ve ark., 1997).

2.3.2.4.1. Karbondioksit

Bakteriostatik ve fungustatik özelliğinden ötürü karbondioksit gazı en çok kullanılan gıda gazıdır. Birçok bozulma bakterisi üzerine kullanım oranı arttıkça artan etkisi vardır. Küfler, mayalar ve yüksek aerobik bozulma etkeni bakteriler CO₂'e duyarlıdır (Genigeorgis, 1985; Sivertsvik ve ark., 2002).

Gıdalarda çözünen CO₂'in oranı arttıkça ürünün muhafaza süresi artar. CO₂

gıdalarda bulunan suda çözünerek karbonik asit oluşturur ve pH düşer (Sivertsvik ve ark., 2002). pH değerinin düşmesi aside duyarlı mikroorganizmaların gelişimini engeller (2.7).



CO₂'in suda ve yağda çözünürlüğü yüksektir. Sıcaklık düştükçe CO₂'in suda çözünürlüğü artar. 20°C 1atm basınç altında 100 ml su 88 ml CO₂ absorblarken; 60°C'de sadece 36 ml absorblamaktadır (Jay, 2000). Gıda içerisinde absorblanan CO₂ oranı; MAP uygulanan gıdanın su ve yağ miktarına, gaz hacmi/ürün hacmi oranına bağlıdır. Absorblanan CO₂ miktarı gıdada gelişen mikroorganizma türlerini de etkilemektedir (Devlieghere ve ark., 1998; Sivertsvik, 2007). CO₂ genel olarak *Pseudomonads* spp., *Acinetobacter* ve *Moraxella* gibi aerobik bozulmaya neden olan bakterilerin gelişimini baskılamaktadır (Sivertsvik ve ark., 2002).

CO₂ mikroorganizmaların gelişme süreci olan lag fazının uzatılmasında rol oynar ve çoğalma hızlarını yavaşlatır (Phillips, 1996).

MAP'da kullanılan paketleme materyalleri CO₂ geçirgendirler. Paket içerisindeki gaz yüzdesi bu yüzden değişkenlik gösterebilir. Gıdada bulunan bazı mikroorganizmalar CO₂ üretebilir. Eğer bu artış fazla olursa paket şişip patlayabilir ya da CO₂ gıdada fazla çözünürse paket içerisindeki CO₂ miktarı azalır ve paket sönük bir yapı kazanır. Bu iki durumda tüketici tarafından hoş karşılanmaz ve ürün bozulmuş kabul edilir (Erkmen, 2010).

Balık türü, başlangıç mikroorganizma yükü, gaz/balık oranı ve paketleme metoduna göre ambalajlamada kullanılacak CO₂ konsantrasyonu farklılık göstermektedir (Genigeorgis, 1985). En çok kullanılan CO₂ oranları %40-60 arasında değişmektedir (Heidmann Soccol ve Oetterer, 2003).

2.3.2.4.2. Oksijen

O₂ kokusuz, renksiz, tatsız ve reaktif bir gazdır. Sudaki çözünürlüğü oldukça düşüktür (Erkmen, 2010).

Oksijen gazı yağ oksidasyonu, yanma reaksiyonları, maillard reaksiyonu, melanin pigmentlerinde değişim ve aerobik mikroorganizma gelişimini artırdığından MAP işleminde minimum düzeylerde kullanılmaktadır.

Özellikle kırmızı etin MA paketlenmesinde yüksek oranlarda O₂ kullanımı etin kırmızı renginin korunması için gereklidir (Çaklı, 2008).

2.3.2.4.3. Azot

Azot inert, tatsız ve antimikrobiyal aktivitesi olmayan bir gazdır. Su ve yağda az çözünmesi nedeniyle özellikle yüksek CO₂ oranının kullanıldığı MAP uygulamalarında paket doldurma gazı olarak kullanılır. Aynı zamanda N₂ paket içerisindeki O₂ ile yer değiştirerek aerobik mikroorganizma gelişimini ve oksidatif acılaşmayı önler (Anonim, 2010g).

2.3.2.4.4. Karbonmonoksit

Karbonmonoksit kokusuz, renksiz, tatsız bir gazdır. Taze etlerde karboksimyoglobin oluşumunu sağlayarak kırmızı rengin korunmasına yardımcı olur, fakat yüksek toksik etkisi nedeniyle bu tür uygulamalarda tercih edilmemektedir (Erkmen, 2010).

2.3.2.4.5. Diğer Gazlar

Modifiye atmosfer şartlarının sağlanmasında farklı gazlar farklı oranlarda kullanılmaktadır. Genellikle gıda ambalajlamada kullanılan gazlar O₂, CO₂ ve N₂' dir. Bu üç gazın dışında karbon monoksit (özellikle kırmızı renkli ürünlerde, kırmızı ette), ozon, etilen oksit, nitroz oksit, helyum, neon, argon (bazı meyve ve sebzelerin paketlenmesinde), hidrojen, sülfür dioksit ve klorin bir çok ürünün depolama sürecinde kullanılabilmektedir (Wilhelm, 1982; Anonim, 2009; Erkmen, 2010). Fakat yasal kısıtlamalar, güvenlik faktörleri, ürünün duyuşal özellikleri üzerine negatif etkileri ve/veya ekonomik faktörler nedeniyle azot (E 941), oksijen (E 948) ve karbondioksit (E 290) kullanımı daha yaygındır.

2.3.2.5. Modifiye Atmosfer Paketlemede Kullanılan Paket Materyalleri

MAP'da kullanılan gaz karışım oranları kadar, paketleme materyalinin karakteristik özellikleri de depolama süresinde etkilidir. MAP'da kullanılacak paket materyalinin karakteristik özelliklerini; delinmelere karşı dayanıklılığı, paket ağzı yapışkanlık oranı, buğulanmayı önleyici özelliği, CO₂ geçirgenliği, oksijen geçirgenliği ve su buharı geçirgenlik oranı belirlemektedir. Modifiye atmosfer paketlemede kullanılacak ambalaj materyali 4 polimerin bir veya daha fazla karışımı ile üretilir.

MAP’da kullanılan polimerler; polivinyllchloride (PVC), polyethlene terephthalate (PET), polyethylene (PE) ve polypropylene (PP)’dir (Phillips, 1996). Vakum paketlenmede kullanılan bazı filmlerin gaz ve su buharı geçirgenlik oranları Çizelge 2.3.2.5.1.’de verilmiştir.

Çizelge 2.3.2.5.1. Vakum paketlenmede kullanılan filmlerin geçirgenlik oranları (Jay, 2000)

<i>Geçirgenlik oranları</i>	<i>Ambalaj Özelliği</i>
OGO: 7.8-9.3 ml/ m ² / 24h/ 37.8°C/ %70BN	Oldukça yüksek korumalı ambalaj
OGO: 8 ml/ m ² / 24h/ 4°C/ %100BN	
CGO: 124 ml/ m ² / 24h/ 4°C/ %100BN	
SGO: 18.6 g/ m ² / 24h/ 37°C/ %100BN	
OGO: 10 ml/ m ² / 24h/ 22.8°C/ %0 BN	Yüksek korumalı ambalaj
OGO: 32 ml/ m ² / 24h/ 23.9°C/ %50BN	
CGO: 124 ml/ m ² / 24h/ 23.9°C/ %70BN	
SGO: 0.8-1.8 g/ m ² / 24h/ 23.9°C/ %70BN	
OGO: 52 ml/ m ² / 24h/ 1atm/ 25°C/ %75BN	Whirl-pak torbalar
OGO: 154 ml/ m ² / 24h	
OGO: 300 ml/ m ² / 24h/ 1atm/ 25°C/ %100BN	
OGO: 1000 ml/ m ² / 24h/ 1atm/ 25°C/ %90BN	
OGO: 6500 ml/ m ² / 24h/ 23°C/ %0BN	Yüksek geçirgenlik oranına sahip ambalaj
OGO: 7800-13900 ml/ m ² / 24h	PVC film ambalaj
SGO: 240-410 g/ m ² / 24h	
OGO: 6500 ml/ m ² / 24h/ 23°C/ %0BN	Streç film

OGO: Oksijen geçirgenlik oranı, CGO: CO₂ geçirgenlik oranı, SGO: Su buharı geçirgenlik oranı, BN: Bağlı nem, PVC: Polivinyllchloride

Ürünün içinde bulunduğu atmosfer şartlarını, verilen gaz karışım oranları dışında paket materyalinin içerden dışarıya ya da dışarıdan içeriye olan gaz geçirgenliği de etkilemektedir. MA’de kullanılan ambalaj materyalinin O₂ geçirgenliğinin oldukça düşük olması istenir. Paketlenmede kullanılan film tam anlamıyla geçirgense paket içi, atmosfer koşulları ile eşitlenir. Film yarı geçirgen özellikte ise dengeli atmosfer koşullarındaki şartlar oluşur (Phillips, 1996).

2.4. LİTERATÜR ÖZETİ

MAP uygulanan su ürünlerine örnek olarak; yayın balığı, atlantik ringası, alabalık marinat, berlam balığı, çipura, salmon, atlantik salmonu, levrek, sardalye, atlantik morinası, kolyoz, istiridye, midye, gökkuşağı alabalığı, palamut, kılıç balığı, çin karidesi, ceylan balığı, lüfer burger sayılabilir (Göktepe ve Moody 1998; Özoğul ve ark., 2000; Erkan ve ark., 2000; Capillas-Ruiz ve Moral, 2001; Giménez ve ark., 2002a; Emborg ve ark., 2002; Sivertsvik ve ark., 2003; Torrieri ve ark., 2006; Stamatis ve Arkoudelos, 2007a; Hovda ve ark., 2007; Goulas ve Kontominas, 2007; Sanguandekul ve ark., 2008; Yılmaz ve ark., 2009; Muşabak, 2008; Çağlak ve ark., 2008, Kykkidou ve ark., 2009; Lu, 2009; Yesudhason ve ark., 2009; Del Nobile ve ark., 2009).

Az yağlı balıklar için %40 CO₂, %30 N₂ ve %30 O₂ içeren gaz karışımları, yağlı balıklar için %40-60 CO₂ ile balans N₂ içeren gaz karışımları önerilmektedir (Sea Fish, 1985).

Dalgaard (1995), modifiye atmosfer paketlenmiş taze balıklarda bozulma yapan mikroorganizmaların gelişimine bağlı olarak ürünün raf ömrünün değişiklik gösterdiğini bildirmiştir. Farklı CO₂ konsantrasyonları ile paketlenmiş morina balıklarında büyük oranda bozulmaya neden olan (10⁷kob/g) bakterinin *Photobacterium phosphoreum* olduğunu, *S. putrefaciens*'in ise buzda depolanan paketlenmiş morina balıkları için önemli bir bozulma etkeni olmadığını ifade etmiştir.

Boskou ve Debevere (1997), MAP (%60 CO₂, %30 O₂, %10 N₂) uygulanmış morina filetolarında 2 adet *Shewanella* türünü izole etmişlerdir. %10 O₂, %50 CO₂ içeren gaz karışımı ile paketlenen deniz balıklarında, *S. putrefaciens*'in gelişimi ve TMAO'ı indirgeme aktivitesinin inhibe edildiğini bildirmişlerdir. Yüksek oranlarda CO₂ ve O₂ kullanıldığında (%60-70 CO₂ ve %30-40 O₂ karışımı) *Shewanella* benzeri izolatların gelişimi ve TMAO'ı indirgeme aktivitesinin inhibe edilebileceğini bildirmişlerdir.

Randell ve ark. (1997), gökkuşağı alabalığı ve ringa balığı filetoları üzerine farklı paketlenme metotlarının (streç film, MAP (CO₂: Ar: N₂; 35: 32.5: 32.5, 35: 65: 0, 40: 0: 60), vakum) etkisini incelemişler, mezofilik bakteri gelişiminin en hızlı olduğu grubun streç filmle kaplanan, *Koliform* bakteri gelişiminin ise vakum ve streç film ile kaplanan balıklarda olduğunu tespit etmişlerdir. Ar gazının bakteriyel gelişimin inhibisyonu

üzerine ek bir katkısının olmadığını bildirmişlerdir.

Bakteri gelişimi ve balık ekstraktında TMAO indirgenmesi üzerine pH'nın etkisinin incelendiği bir araştırmada, morina balığı filetolarına MAP (%60 CO₂- %30 O₂-%10 N₂) uygulanmış, pH 5.8 ile tamponlanan balık ekstraktında TMA oluşumunun gözlemlenmediği ve 7°C'de 7 günlük inkübasyon sonunda *S.putrefaciens* gelişiminin yavaş olduğu tespit edilmiştir (Boskou ve Debevere, 1998).

Göktepe ve Moody (1998), sıcak dumanlandıktan sonra farklı şekillerde paketlenerek (hava, %80 CO₂-%20 N₂; %40 CO₂-%30 O₂-%30 N₂) +2 ve +8°C'de muhafaza edilen yayın balığında mikrobiyal inhibisyonun sağlanması ve yağ oksidasyonun minimuma indirgenmesi için en uygun gıda gazı karışımının %80 CO₂-%20 N₂; en uygun depo sıcaklığının ise +2°C olduğunu belirlemişlerdir.

López-Gálvez ve ark. (1998), farklı gaz karışımları (%20 CO₂- %80 atmosferik hava; %40 CO₂-%60 atmosferik hava; %40 CO₂-%60 O₂) ile paketlenen ve 2°C'de muhafaza edilen dil balığı (*Solea solea*) filetolarının raf ömrünün duyusal analiz sonuçları dikkate alındığında, %20 CO₂ içeren şartlarda 4, %40 CO₂ içeren de ise 8 gün olduğunu belirlemişlerdir. MA paketlenen dil balığı için en uygun koşulların %40 CO₂-%60 hava ile sağlanabildiğini bildirmişlerdir.

Sivertsvik ve ark. (1999), bütün ya da iç organları çıkarılarak MAP uygulanan (%50 CO₂-%50 N₂, %100 CO₂ ve %60 CO₂-%40 O₂) ve MAP uygulanmadan polystyrene ambalajlarda (7kg) muhafaza edilen ($\leq 1^{\circ}\text{C}$) salmon balıklarının (*Salmo salar*) raf ömrünü inceledikleri araştırmanın sonucunda; polystyrene ambalajlamada mikrobiyal gelişimin daha çok ve 13. günün sonunda MA paketlenmiş salmon balıklarının geleneksel paketleme metoduna oranla duyusal açıdan eşit ya da daha iyi kalitede olduğunu tespit etmişlerdir. MAP'ın, bütün halde ambalajlanan salmon balıklarında; göz parlaklığını, solungaç rengini ve genel görünüşü olumsuz etkilediğini bildirmişlerdir.

Erkan ve ark. (2000), modifiye atmosfer ile paketlenen paneli alabalık marinatında; kontrol (hava) grubunun 90., A (%5 O₂-%35 CO₂-%60 N₂) ve B (%30 CO₂-%70 N₂) gruplarının ise 120. günde bozulduklarını tespit etmişlerdir.

Özoğul ve ark. (2000), yakalandıktan sonra 2 gün buzda bekletilmiş ringa balığını, buzsuz, MAP (%60 CO₂-%40 N₂) ve vakum altında 2±2°C'de muhafaza

etmişler ve duyuşal açıdan depolama sürelerini sırasıyla 4, 10 ve 8 gün olarak saptamışlardır.

%40 CO₂-%60 hava ile paketlenerek 2°C’de muhafaza edilen salmon balığının 22 günlük depolama süresi sonunda tüketilebileceğı, %20 ve %40 CO₂’ce zenginleştirilmiş gazlarla paketlenen ürünün raf ömrünün havaya oranla sırasıyla; 6, 15 gün artırılabilceğini bildirmişlerdir (De La Hoz ve ark., 2000).

Ordóñez ve ark. (2000), farklı koşullarda (hava, CO₂-hava, %20 CO₂-%80 hava, %40 CO₂-%60 hava) paketlenen berlam balığının (*Merluccius merluccius*) raf ömrünün, %20 CO₂’ce zenginleştirilen paketler için 4 gün, %40 CO₂ ile zenginleştirilenler için ise 11 gün arttığını tespit etmişlerdir.

Boskou ve Debevere (2000), kontrol, asetat (%10) ile muamele edilmiş ve MAP (%50 CO₂-%45 O₂-%5 N₂; 2cm³ gaz/1g ürün) uygulanmış morina filetolarının 7°C’de muhafaza edilmesi sonucunda; filetolar üzerine asetat uygulamanın aerob bakteri sayısını azalttığını, asetat+MAP uygulamanın ise H₂S üreten bakteriler ile *Enterobacteriaceae* familyasını baskıladığını bildirmişlerdir.

Capillas-Ruis ve Moral (2001), kontrollü atmosfer koşullarında farklı gazlarla 33 gün süresince depolanan iç organları çıkarılmış berlam balığının TVB-N miktarının 35mg/100g’ı, TMA-N miktarının 12 mg/100g’ı, TBA miktarının ise 1.4 mg MDA/1000g’ı geçmediğini bildirmişlerdir.

Giménez ve ark. (2002a) çipura (*Sparus aurata*) balığı filetosunun raf ömrü üzerine farklı paketleme tekniklerinin (streç film, vakum, MAP; O₂: CO₂: N₂, 0: 50: 50, 10: 50: 40, 20: 50: 30, 30: 50: 20) etkisini inceledikleri çalışmalarında; O₂ içermeyen paketlerde ve vakumlu ürünlerde oksidasyonun daha düşük olduğunu, streçle sarılmış ve O₂ içeren paketlerde ise O₂ değeri arttıkça oksidasyonun arttığını tespit etmişlerdir. Gruplar arasında TVB-N ve TMA açısından farklılık olmadığını saptamışlardır. 27 günlük muhafaza süresi sonunda %50 CO₂+%50 N₂ içeren paketin tüm faktörler açısından en etkili olduğunu ifade etmişlerdir.

Giménez ve ark. (2002b) gökkuşaağı alabalığı filetosunun raf ömrü üzerine farklı paketleme tekniklerinin (streç film, vakum, MAP; %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) etkisini inceledikleri çalışmalarında;

yağ oksidasyonunun %20 ile %30 O₂ içeren gruplarda %10 O₂ içeren gruba oranla daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Psikrotropik bozulmada kabul edilebilir sınırı 10⁷kobcm⁻² olarak kabul eden araştırmacılar, streç film ve vakum ile ambalajlanmış gruplarda mikrobiyolojik bozulmanın 10. günde, modifiye atmosfer uygulanmış gruplarda ise 14-17. günlerde gerçekleştiğini belirtmişlerdir. Çalışmada kabul edilebilir en yüksek TVB-N miktarı 25 mg TVB-N/100g alındığında, hiçbir MAP grubunun son depolama gününe (24. gün) kadar bu sınırı aşmadığı bildirilmiştir.

CO₂'ce zengin, O₂ ve N₂ içeren gaz karışımları ile paketlenerek +4°C'de muhafaza edilen deniz levreğinde CO₂ konsantrasyonu artıkça bakteriyel inhibisyonun ve TBARS değerinin arttığı, TVB-N, TMA, amonyak ve formaldehit içeriğinin azaldığı, maksimum inhibisyonun ise %100 CO₂ içeren grupta gözlemlendiği belirtilmiştir (Masniyom ve ark., 2002).

Metin ve ark. (2002), gökkuşağı alabalığı salatasının +4°C'deki raf ömrünün; hava ile paketlenen grupta 7, MAP uygulanan grupta ise 14 gün olduğunu bildirmişlerdir. MAP'ın hem duyuşal hem de mikrobiyolojik açıdan raf ömrünü yaklaşık %50 oranında artırdığını saptamışlardır.

Kyrana ve Lougovoıs (2002); yakalandıktan hemen sonra erimiş buzda bütün halde depolanan levreğin depo ömrünün duyuşal açıdan 19 gün olduğunu bildirmişlerdir.

Sivertsvik ve ark. (2003) salmon (*Salmo salar*) balığı kalitesi üzerine paketlemenin (hava; %60 CO₂- %40 N₂) yanı sıra süper soğutma (-2°C) ve soğuk muhafazanın (+4°C) etkisini araştırmışlardır. Süper soğutulmuş ve MA paketlenmiş salmon balığının hem mikrobiyolojik hem de duyuşal açıdan 24 gün boyunca en iyi kalitede olduğunu, MAP+süper soğutma uygulanan salmon balığının raf ömrünün MAP+soğuk muhafaza uygulanana göre 2.5 kat; streç film+soğuk muhafaza uygulanana göre ise 3.5 kat daha uzun olduğunu ifade etmişlerdir.

Taliadourou ve ark. (2003), bütün halde ve fileto yapılarak buzda muhafaza edilen çiftlik levreklerinde (*Dicentrarchus labrax*) 16 günlük depolama sonunda baskın floranın *Pseudomonas*, H₂S üreten bakteriler (*Shewanella putrefaciens* dahil) ve *Brochothrix thermosphacta* olduğunu bildirmişlerdir. Bütün halde muhafaza edilen levreğin toplam canlı sayısını, filetoya göre daha düşük gözlemlemişlerdir. Sonuçta

fileto çıkarılarak buzda depolanan levrek balığının raf ömrünün 8-9 gün, bütün halde depolananın ise 12-13 gün olduğunu tespit etmişlerdir.

Papadopoulos ve ark. (2003), iç organları çıkarılarak ve çıkarılmadan bütün halde strafor kutularda buz içerisinde $2\pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de depolanan levrek balıklarının mikroflorasındaki baskın bakterilerin *Pseudomonas* ve H_2S üreten bakteriler olduğunu bildirmişlerdir. Çalışma sonucunda (16 gün) bu iki spesifik bozulma bakterisinin 6 log kob/g'ı geçtiği belirtilmiştir.

Bütün, iç organları çıkarılarak ve fileto haline getirildikten sonra buzda depolanan levrek balıklarının bakteriyel florasının incelendiği bir çalışmada, fileto haline getirilen balık etinin toplam bakteri, *Pseudomonas*, H_2S üreten bakteriler (*S. putrefaciens* dahil), *B. thermosphacta* ve *Enterobacteriaceae* yükü diğerlerine göre daha yüksek bulunmuştur. Tüm gruplar için 16 günlük depolama süresi sonunda baskın bakterilerin; *Pseudomonas* ve H_2S üreten bakteriler olduğu tespit edilmiştir (Paleologos ve ark., 2004).

Grikorakis ve ark. (2004), denizde yetiştirilen levrek balıklarının besin kompozisyonu incelemişler, balık etinin kış mevsiminde %18.6 protein, %4.54 yağ, %75.2 nem ve %1.27 kül, yaz mevsiminde ise; %20.3 protein, % 3.90 yağ, %74.4 nem ve %1.3 kül içerdiğini bildirmişlerdir.

Özoğul ve ark. (2004), paketlenmeden, vakum ve modifiye atmosfer koşullarında (%60 CO_2 -%40 N_2) paketlenerek 4°C 'de muhafaza edilen sardalye (*Sardina pilchardus*) balığının depo ömrünü sırasıyla; 3, 9 ve 12 gün olarak bildirmişlerdir.

Arashisar ve ark. (2004), farklı gaz karışımları (%100 CO_2 , %2.5 O_2 -%7.5 N_2 -%90 CO_2 ve %30 O_2 -%30 N_2 -%40 CO_2) ve vakum ile paketlenerek $\pm 4^{\circ}\text{C}$ 'de muhafaza edilen gökkuşağı alabalığının (*Oncorhynchus mykiss*) TBARS ve TVB-N değerlerini incelemişler; %30 O_2 içeren grupta yağ oksidasyonunun 6. günden itibaren hızla arttığını, en düşük TBARS değerlerinin vakum ve %100 CO_2 içeren gruplarda, en düşük TVB-N değerinin ise %100 CO_2 içeren grupta gözlemlendiğini bildirmişlerdir.

Fagan ve ark. (2004), yaptıkları bir çalışmada; salmon, uskumru (hava, %60 N_2 - %40 CO_2 , %100 CO_2) ve mezigit (hava, %30 N_2 -%40 CO_2 -%30 O_2 , %100 CO_2) fileto larını farklı modifiye atmosfer koşullarında paketleyip, dondurarak-soğuk muhafaza metoduyla (-35°C 'de 2.5 saat dondurma, -30°C 'de 3 gün bekletme, $2-4^{\circ}\text{C}$ 'de

defrost, 2-4 °C'de depolama) 5 gün (uskumru ve mezgit) ve 7 gün (salmon) muhafaza etmişlerdir. MAP'ın mezgit ve salmon balığının TVB-N ve TMA değerleri üzerine etkili olmadığını, en yüksek TVB-N ve TMA değerlerinin hava ile paketlenen uskumru balığında olduğunu bildirmişlerdir.

Grigorakis ve ark. (2004), Aralık ve Temmuz ayları arasında sezon farklılığının levrek balığının buzda depolanma süresi üzerine etkisini incelemişler, 15 günlük depolama süresi sonunda kış aylarında buzlanan balıkların yüksek mikrobiyal yüke (10^9 , yaz aylarında 10^7) sahip olduğunu, otolitik aktivitenin ise yaz aylarında avlanan balıklarda daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Beklevik ve ark. (2005), -18°C'de depolanan doğal levrek balığının besin kompozisyonunu ve amino asit içeriğini incelemişler, balık etinin başlangıç protein, yağ, nem ve kül değerlerini sırasıyla; %19.75, %1.22, %77.38 ve %1.17 olarak bildirmişlerdir. 9 aylık depolama süresi sonunda protein, nem ve kül miktarının azaldığı yağ miktarının ise arttığını (değerler sırasıyla; %19.31, %3.58, %75.42, %1.06) belirtmişlerdir. Balık etinin; aspartik asit, glutamik asit ve lizin amino asitlerini yüksek, metionin, trosin ve histidin amino asitlerini düşük miktarda içerdiğini bulmuşlardır. Esansiyel amino asitlerin esansiyel olmayan aminoasitlere oranının başlangıçta 0.75 olduğunu, 3. ayda bu değer 0.01, 6. ayda 0.05, 9. ayda ise 0.08 oranında azaldığını tespit etmişlerdir.

Ersoy ve ark. (2006), farklı pişirme metotlarının (fırın, ızgara, mikrodalga ve kızartma) levrek balığının ağır metal içeriğine etkisini incelemiş, balığın başlangıç Pb, Cd, Co, As içeriğini sırasıyla; 0.278, 0.112, 0.372 mg/kg olarak tespit etmiştir. Tüm gruplarda Co'ın bulunmadığını, Cd'a sadece mikrodalga ile pişirilen grupta 0.741mg/kg düzeyinde bulunduğunu, As konsantrasyonunun ise mikrodalga ve kızartılarak pişirilen balıklarda arttığını belirterek mikrodalga ve kızartmanın levrek balığı için uygun olmadığını bildirmiştir.

Erkan ve Özden (2006), levrek balıklarının bütün halde ve iç organları çıkarılarak buzda depolamışlar, çalışmanın 1. gününde, grupların TMA-N, pH, TVB-N değerlerini sırasıyla; 0.71 ve 0.68 mg/100g TMA, 6.46 ve 6.55, 17.66 ve 16.10 mg/100g olarak tespit etmişlerdir. 13 günlük depolama süresi sonunda; grupların duyuşal açıdan farklılık göstermediğini, TMA-N değerinin çok yavaş arttığını; TMA-N, pH, TVB-N

değerlerinin sırasıyla 3.94 ve 3.38 mg/100g, 6.64 ve 6.67, 14.14 ve 15.74 mg/100g'a ulaştığını bildirmişlerdir.

Erkan ve ark. (2006), farklı gaz karışımları ile paketlenmiş sardalya balığını [kontrol (hava), A (%35 CO₂-%60 N₂-%5 O₂), B (%70 CO₂-%25 N₂-%5 O₂)] inceledikleri çalışmanın duyusal analiz sonuçlarına göre kontrol grubunun 5. günde “tüketilemez”, A grubunun 5. günden sonra “bozulmuş”, B grubunun ise 7. güne kadar “iyi kalitede” olduğunu tespit etmişlerdir.

Özoğul ve ark. (2006), MAP uygulanmış su ürünlerinin mikroflorasının *Lactobacillus spp.*'ye doğru yönelebileceğini ve bunun sonucunda ürünlerin histamin zehirlenmesine neden olabileceğini bildirmişlerdir.

Hava ve MA (%40 CO₂-%60 N₂; gaz:ürün, 1.5: 1) şartlarında paketlenmiş levrek filetoları ile bütün olarak (iç organları çıkarılmadan) buzda (buz: balık, 2: 1) depolanan levrek balığının 2±1°C'deki muhafaza sürelerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada; MAP uygulanan grubun malonaldehit (mg kg⁻¹) içeriğinin diğer iki gruba göre daha yüksek olduğu, 8. günün sonunda grupların malonaldehit miktarlarının sırasıyla; 0.129, 0.329, 0.144 mg kg⁻¹ olduğu bulunmuştur (Poli ve ark., 2006).

Torrieri ve ark. (2006), iç organları çıkarılarak, farklı gaz karışımları (%0 O₂-%70 CO₂; %20 O₂-%70 CO₂; %30 O₂-%60 CO₂; %40 O₂-%60 CO₂; %30 O₂-%50 CO₂; %21 O₂-%0 CO₂) ile paketlenen ve +3°C'de depolanan levrek balıkları için en iyi duyusal özelliklerin %30 O₂ - %50 CO₂ içeren gruba ait olduğunu ifade etmişlerdir.

Çaklı ve ark. (2006a), 3:1 oranında buz ile depolanan bütün haldeki levrek balıklarında depolamanın 14. gününde TVB-N, TBA, TMA-N değerlerinin sırasıyla; 35.4 mg/100g, 3.75 mg/kg, 6.94 mg/100g olduğunu bildirmişlerdir. Balık etinin toplam mezofilik bakteri sayısının 9. günde 7.26 log kob/g'a ulaştığını ve tüm analiz sonuçlarına göre bozulmanın 7. günde başladığını belirtmişlerdir.

Çaklı ve ark. (2006b), iç organları çıkarılmadan ve çıkarılarak 3:1 oranında buz ile depolanan levrek balığının raf ömrünün 14 gün olduğunu tespit etmişlerdir. Depolama başında grupların toplam mezofil bakteri yükünün sırasıyla 2.60 ve 2.77 logkob/g, TVB-N değerinin 14.00 mg/100g olduğunu, depolama sonunda bu değerlerin sırasıyla; 7.93 logkob/g, 8.16 log kob/g, 50.13 ve 48.00 mg/100g'a yükseldiğini bildirmişlerdir.

Kılınç ve ark. (2007), +4°C’de muhafaza edilen levrek balığının depo ömrü üzerine ön işlem olarak yaprak ve bulamaç buz (%40 buz+%60 deniz suyu) ile muamelenin etkisini incelemiştir. Çalışmada buz:balık oranı 1:1 olarak kullanılmıştır. Grupların 13. gündeki TVB-N değeri sırasıyla, 38.6 mg/100g, 29.3 mg/100g, 15. günde TBA ve TMA-N değerleri sırasıyla, 3.20, 2.19 mgkg⁻¹; 4.33, 2.55 mg/100g’dır. Her iki grup duyuşal özellikleri bakımından 13. güne kadar “kabul edilebilir” olarak nitelendirilmiştir. Çalışma sonucunda +4°C’de muhafaza öncesinde bulamaç buz ile soğutmanın yaprak buz ile soğutmaya oranla levreğin raf ömrünün 2 gün daha arttığı vurgulanmıştır.

Farklı gaz karışımları ile paketlenen (hava, %70 CO₂-%30 N₂; %50 CO₂-%30 N₂-%20 O₂, vakum) kolyoz balığının (*Scomber japonicus*) buzdolabı şartlarındaki depo ömrünün; hava ile paketlenen grup için 11, %70 CO₂ içeren grup için 20-21, diğer 2 grup için ise 15-16 gün olduğu belirtilmiştir (Goulas ve Kontominas, 2007).

Hovda ve ark. (2007), %50 CO₂-%50 O₂ içeren modifiye atmosfer koşullarında baskın mikroorganizma cinsini; *Pseudomonas* spp., %50 CO₂-%50 N₂ içeren modifiye atmosfer koşullarında ise *Photobacterium* sp., *Shewanella putrefaciens* ve *Pseudomonas* spp. olarak tespit etmişlerdir.

Stamatis ve Arkoudelos (2007a), %50 CO₂-%50 N₂ karışımı ile paketlenmiş sardalya balığı filetosunun bozulmasında etkili olan baskın bakteri florasının *Shewanella putrefaciens* ve *Pseudomonas* spp. olduğunu bildirmiştir.

Stamatis ve Arkoudelos (2007b) farklı metotlarla paketlenen (hava, vakum, MAP) ve 3-6°C’de depolanan kolyoz balığının mikrobiyal florasının temel olarak laktik asit bakterileri, *Brochotrix thermosphacta* (Gram pozitif flora), *Pseudomonas*, *Shewanella putrefaciens* ve *Enterobacteriaceae*’dan (Gram-negatif bakteri) oluştuğunu ifade etmiştir.

Hava, vakum ve MA (%40 CO₂-%30 N₂-%30 O₂) koşullarında paketlenerek 0°C’de muhafaza edilen çiftlik yılan balıklarının (*Anguilla anguilla*) duyuşal ve mikrobiyolojik açıdan incelendiği bir çalışmada; muhafaza sürelerinin duyuşal açıdan sırasıyla; 11±1, 11±1, 18±1; mikrobiyolojik açıdan ise; 18, 28, 34 gün olduğu saptanmıştır. MAP şartlarında baskın olan bakteri türlerinin ise sırasıyla; Laktik asit üreten bakteriler, *Shewanella* spp., *Pseudomonas*, *Enterobacteriaceae* ve mayalar

olduğu bildirilmiştir. Çalışmada pH, amonyak, glukoz ve L-laktat değerlerindeki değişimler de incelenmiş fakat bu faktörlerin kalite değişimi takibinde kullanılamayacağı belirtilmiştir (Arkoudelos ve ark., 2007).

Çaklı ve ark. (2007), bütün olarak buzda depolanan levrek balığının (*Dicentrarchus labrax*) mikrobiyolojik ve duyuşal açıdan depolama ömrünün 15 gün olduğunu saptamışlardır. Depolamanın son gününde balık etinin TVB-N, TBA ve TMA değerlerini sırasıyla; 28.07 mg/100g, 0.549 mg/1000g, 1.793 mg/100g olarak tespit etmişlerdir.

Sivertsvik (2007), rigor öncesi evrede paketlenecek çiftlik morinası (*Gadus morhua*) için en uygun MAP koşullarının %63 O₂ ve %37 CO₂ olduğunu bildirmiştir. Doğal ortamdan avlanan morina balığı için H₂S üreten *S. putrefaciens* spesifik bozulma bakterisi olarak bildirilse de (Gram ve ark., 1987) bu çalışmada H₂S üreten bakteriler tespit edilmemiştir.

Erkan ve ark. (2007), hava, vakum ve MA (O₂: CO₂: N₂, 5: 70: 25) ile paketlenen ve +4°C’de depolanan kolyoz balığının raf ömrünü; TVB-N, TBA, TMA, duyuşal ve mikrobiyolojik analiz sonuçlarına göre sırasıyla 9, 9, 12 gün olarak bildirmişlerdir.

Pantazi ve ark. (2008); farklı metotlarla paketlenen (hava, vakum, MAP: %40 CO₂-%30 N₂-%30 O₂) ve +4°C’de muhafaza edilen Akdeniz kılıç balığının 9-10 günlük depolama süresi boyunca, aerobik mikrofloranın vakum ve MAP uygulama ile inhibe edilebileceğini, hava ile paketlenen grupta baskın mikroorganizma türlerinin *Pseudomonas* spp. ve H₂S üreten bakteriler olduğunu bildirmişlerdir. Çalışma sonucunda tüm gruplarda paketlenme koşullarına bağlı olmaksızın Laktik asit bakterileri ve *Enterobacteriaceae* saptanmıştır. Hava, vakum ve MA koşullarında paketlenen balıkların sırasıyla 7, 8-9, 10. günlerdeki TMA-N değerleri 5 mgN/100g olan kabul edilebilir değer olarak kullandıkları değeri aşmıştır.

Çarbaş (2008), vakum ve MAP (%40 CO₂-%30 O₂-%30 N₂) paketlenen alabalık filetolarına ön işlem olarak potasyum sorbat uygulamanın; toplam aerobik mezofilik bakteri, psikrotropik bakteri, *Pseudomonas*, *Enterobacteriaceae*, maya ve küf sayısı ile TBARS ve TVB-N değerleri üzerine önemli derecede etkili olduğunu bildirmiştir. Vakum ve modifiye atmosferde ambalajlama arasında TBARS değeri açısından önemli bir farklılık olmadığı (p>0.05), ancak vakum ambalajlamanın modifiye atmosfere göre

daha yüksek TVB-N değeri verdiğini ifade etmiştir.

Türkkan ve ark. (2008), levrek (*Dicentrarchus labrax*) balığının %71.62 nem, %18.47 protein, %0.92 kül, %4.18 yağ içerdiğini belirtmiş, aynı zamanda levreğin EPA (%5.58), DHA (%15.11), oleik asit (%23.16) ve palmitik asitçe (%19.46) zengin bir balık eti olduğunu bildirmişlerdir.

Mendes ve Gonçalves (2008), kültür levreğinin protein, yağ, nem ve kül miktarını sırasıyla; %23.9, %10.7, %64 ve %1.2 olarak bildirmiştir.

Yıldız (2008), farklı bölgelerde kültüre alınan ve doğal olarak avlanan levrek balığı etlerinin Fe, Zn, Mn, Cu, Pb, Co, Ni, Cr, Cd içeriğini incelemiştir. Tüm balıkların Fe, Co ve Zn açısından oldukça zengin, doğal levreklerin Fe, Zn, Mn, Cr ve Ni içeriğinin ise kültüre alınlardan daha düşük olduğunu bildirmiştir.

Hansen ve ark. (2009), rigor öncesinde MA (%60 CO₂-%40 N₂ (geleneksel MAP uygulanmış ve CO₂ emici ile paketlenmiş)) ve vakum uygulanarak paketlenmiş salmon filetolarını 1.2°C’de 25 gün süreyle incelemişler, MA paketlenmiş ürünlerdeki toplam bakteri sayısının vakum paketlenenlerden daha düşük olduğunu bildirmişlerdir. Vakum paketlenmiş ürünlerde 8. günde, MA paketlenenlerde ise 15. günden itibaren kötü koku ve sıvı kaybının gözlemlendiğini tespit etmişlerdir. Modifiye atmosfer paketlemede CO₂ emicilerin kullanılması ile uygulama için gerekli olan paket hacminin azaltılabileceğini de ifade etmişlerdir.

Fernández ve ark. (2009), doğal katkı maddeleri (biberiye, sea-i (doğal biaktif protein)), süper soğutma (orta nokta sıcaklığı -1.5°C’ye ulaşana kadar; -24/-30 °C’de 30 dk. soğutma) ve MAP (farklı gaz ve gaz/ürün oranlarında) uygulamanın Atlantik salmon balığının raf ömrü üzerine etkisini araştırmışlardır. Doğal katkı maddelerinin salmonun raf ömrünü geliştirmediğini, süper-soğutma ile MAP kombinasyonunun iyi sonuç verdiğini, 22 gün olan en uzun raf ömrünün ise %95 CO₂ ve 2.5/1 - gaz/ürün oranı ile sağlandığını bildirmişlerdir.

Limbo ve ark. (2009), levreğin -0.5 °C’de 8 gün, 4.8 °C’de 4 gün, 16.5 °C’de 1 gün depolanabileceğini, ticari açıdan ise 3-4 gün muhafaza edilebileceğini bildirseler de, depo sıcaklığının 1-2 °C’de tutulması durumunda bu sürenin 2-3 gün daha uzatılabileceğini gözlemlemişlerdir.

Erdem ve ark. (2009), Türkiye’nin farklı bölgelerinden (Muğla, Ordu, Sinop)

temin edilen yetiştiricilik levreği ve doğal levrek balığının (Sinop) yağ asitleri ve amino asit kompozisyonunu incelemişler, yağ asitleri içeriğinin büyük miktarının, palmitik asit (16:0), oleik asit (18:1ω-9), EPA (20:5ω3) ve DHA (22:6ω3)'dan, amino asit içeriğinin ise en çok aspartik asit, glutamik asit ve lizinden oluştuğunu, kültüre alınan levrek balıklarının besleyici değerinin doğal levrekler kadar yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Maqsood ve Benjakul (2010), MAP (%60 N₂+%35 CO₂+%5 O₂) uygulanan *Pangasius hypophthalmus* balığında yağ oksidasyonunun önlenmesi amacıyla tannik asit (100-200 mg/kg) kullanmışlardır. Tannik asitin MAP ile sinerjistik etki göstererek balık etinde yağ oksidasyonunu geciktirdiğini ve muhafaza süresini artırdığını ifade etmişlerdir.

Custódio ve ark. (2010), doğal ve yetiştiricilik yoluyla elde edilen levrek balıklarının esansiyel element ve toksik element içeriklerini karşılaştırmışlar, esansiyel elementler (K, Ca, Fe, Cu, Zn, Se, Rb, Sr) bakımından iki grubun farksız olduğunu, doğal yolla yakalanan levrek balığında toksik element (Cd, Hg ve Pb) içeriğinin yüksek olduğunu, fakat maksimum kabul edilebilir limit değerleri (sırasıyla; 0.05, 0.5, 0.3 µg/g) aşmadığını bildirmişlerdir.

Fuentes ve ark. (2010), farklı bölgelerde (Yunanistan ve İspanya) aynı yemlerle yetiştirilen ve doğal yollarla avlanan levrek balıklarının besin kalitesini incelemişlerdir. Besin kompozisyonu ve yağ asitleri bakımından grupların (yetiştiricilik ve doğal) farklılık gösterdiğini, kalsiyum elementi hariç diğer elementler üzerine beslenmenin ve bölgenin etkili olmadığını belirtmişlerdir. Aynı yemlerle farklı bölgelerde yetiştirilen balıkların genel olarak benzer özellikte olduğu, doğal olarak yetişen levrek balığının nem ve protein içeriğinin yetiştiriciliğe oranla yüksek, yağ içeriğinin ise düşük olduğu vurgulanmıştır.

3. MATERİYAL VE YÖNTEM

3.1. MATERİYAL

3.1.1. Denemede Kullanılan Balıklar

Araştırma materyali olarak Karadeniz’de yetiştiriciliği yapılan levrek balığı (*Dicentrarchus labrax*, Linnaeus 1758) kullanılmıştır (Şekil 3.1.1.1). Ortalama ağırlıkları 350-400g olan 216 adet levrek balığı, Samsun Yakakent ilçesinde bulunan Kuzey Su Ürünleri San. ve Tic. Ltd. Şti.’nden temin edilmiştir.



Şekil 3.1.1.1. Araştırmada kullanılan levrek balıkları (Orijinal)

3.1.2. Denemede Kullanılan Buz

Balıkların strafor kutular içerisinde buzlanması Kuzey Su Ürünleri San. ve Tic. Ltd. Şti.’nden temin edilen deniz suyu buzunu kullanılmıştır.

3.1.3. Paketlemede Kullanılan Materyaller

Balıkların buzla muhafaza edilerek laboratuvara getirilmesinde 12 kg’luk 10 adet polystyrene kutu kullanılmıştır. Balıkların paketlenmesinde her birinde iki adet balık bulunan 300mm*210mm*25mm boyutlarında, 98 adet polystyrene tabak kullanılmıştır. Paket materyali KOROZO Amb. San ve Tic. A.Ş.’den temin edilmiştir. Oksijen geçirgenliği 47.60 ml/m²/gün (ASTM D-3985; TÜBİTAK MAM) ve su buharı geçirgenliği 3.48 g/m²/gün (ASTMF-1249; TÜBİTAK MAM) olan gerdirilmiş Poliamide (Oriented Polyamide-OPA) -Polyetilen (PE) baskısız vakum torbaların genel özellikleri Şekil 3.1.3.1.’de verilmiştir.

KOROVAC
A RANGE OF MULTILAYER PE LAMINATES
FOR VACUUM APPLICATIONS



PRODUCT CODE: KV - 37

PRODUCT DESCRIPTION:

Biaxially oriented POLYAMIDE film, laminated to coextruded POLYETHYLENE film with low temperature PE as heat seal layer.

MAIN USES - APPLICATIONS :

- MAP (Modified Atmosphere Packaging)
- CAP (Controlled Atmosphere Packaging)
- Vacuum Packaging

SPECIAL PROPERTIES :

- Seal performance can be tailor made according to machine speed

FOOD SAFETY :

- Korovac has been developed specially for packaging foods and meets the specific requirements on health and safety.
- It meets the FDA and EC regulations.
- Specific documents are available on request

FILM CHARACTERISTICS :

- Medium oxygen barrier
- Very Good heat resistance
- Very low temperature sealing
- Excellent mechanical strength and puncture resistance
- Maximum dimensional stability
- High surface gloss
- Excellent hot-tack

SHELF-LIFE & STORAGE CONDITIONS :

- Korovac Film is suitable for use up to 6 months from the date of production maintaining correct storage conditions. Details are available on request.

TECHNICAL DATA

Order no : 1289546

Product name : OPA+PE BASKISIZ VAKUM TORBA
300X450

Company name :

Production date : 16.05.2009

PROPERTIES	TEST METHOD	UNIT	VALUE
Width	Meter	mm.	300
Length	Meter	mm	450
Gusset	Meter	mm	-
Thickness	Micrometer	Micron	98 - 107
Weight in grams	Analytical balance	G/m ²	96,80
Yield	Analytical balance	m ² /kg	10,33
COF	ASTM-D1894		0,25
Seal Control	-	-	OK
Printing Control	-	-	-
Oxygen Permeability	ASTM D-1434 // 23°C - %0 RH	cm ³ /m ² .day.atm	-
Water Vapour Perm.	ASTM E-96 // 38°C - %90 RH	g / m ² .day	-
Number of Bags in 1 Parcel	-	Pieces	800
Pallette Dimensions	Meter	mm	800 x 1200

The figures and the data provided in this datasheet are consistent with the current state of our knowledge and are intended to provide general information on our products and their applications. They do not constitute a guarantee of any specific applications.

KOROZO AMBALAJ SAN.VE TİC. A.Ş.

Namık Kemal Mah, Orhan Velî Cad No:10
Kıracı/Istanbul 34522 TURKEY
Tel: +90 212 886 68 00
Fax: +90 212 886 67 06
info@korozo.com.tr
www.korozo.com

KOROZO GMBH VERPACKUNGSUNTERNEHMEN - GERMANY
Tel: +49 23 82 96 41 40 Fax: +49 23 82 96 41 42
www.korozo.de korozogmbh@korozo.com.tr

KOROZO PACKAGING LTD - UK
Tel: +44 20 8371 00 33 Fax: +44 20 8371 0208
www.korozopackaging.co.uk info@korozopackaging.co.uk

KOROZO EMBALLAGES SAS - FRANCE
Tel: +33 147 22 99 49 Fax: +33 146 37 33 43
www.korozo.fr korozoemballages@korozo.com.tr

Şekil 3.1.3.1. Paketleme materyalinin genel özellikleri

3.1.4. Paketleme Makinesi

Balıkların vakum ve MAP tekniği ile paketlenmesinde gıda gazı uyumlu Abant Makine MG 42 model paketleme makinesi kullanılmıştır (Şekil 3.1.4.1).

3.1.5. Paketlemede Kullanılan Gıda Gazları ve Regülatör

Gıda gazları, 50 L su hacimli çelik tüplerde Enkay Sınai Gazları Mak. İnş. Taş. San. ve Tic. Ltd. Şti.'den temin edilmiştir. Paketlemede kullanılan gıda gazı karışım oranları; %75 CO₂ + %25 N₂, %60 CO₂ + %40 N₂, %30 CO₂ + %40 N₂ + %30 O₂'dir. Gıda gazlarının paket içerisine basılması esnasında basınç ayarını yapmak üzere çift manometreli 0-10 bar basınca ayarlı Yıldız marka regülatör kullanılmıştır.

3.1.6. Paket İçi Gaz Ölçüm Cihazı

Paket içerisine doldurulan gıda gaz karışımlarının CO₂ ve O₂ oranlarının takibinde OXYBABY M+O₂/CO₂ model paket içi gaz ölçüm cihazı kullanılmıştır (Şekil 3.1.6.1).



Şekil 3.1.4.1. Modifiye atmosfer paketleme makinesi (Orijinal)



Şekil 3.1.6.1. Paket içi gaz ölçüm cihazı (Orijinal)

3.1.7. Gaz Geçirmez Bant

Paket içi gaz ölçümü esnasında dışarıdan içeriye ve içeriden dışarıya gaz geçişini engellemek amacıyla 9*9 mm boyutlarında yapışkan gaz geçirmez bant kullanılmıştır.

3.1.8. Soğuk Muhafaza Üniteleri

Balıkların paketlenildikten sonra soğuk koşullarda depolanmasında ortalama 2.9±0.2°C sıcaklığa sahip Vestel S 4350B model buzdolabı kullanılmıştır.

3.1.9. Saf Su Cihazı

Kimyasal çözeltiler ile mikrobiyolojik besiyerlerinin hazırlanmasında ve analizlerde kullanılan saf suyun eldesi için Millipore RiOs 5/8/16 model saf su cihazı kullanılmıştır (Şekil 3.1.9.1).

3.1.10. Manyetik Karıştırıcı

Kimyasal çözeltilerin çözünmesini hızlandırmak amacıyla Stuart CD 162 model manyetik karıştırıcı kullanılmıştır (Şekil 3.1.10.1).



Şekil 3.1.9.1. Saf su cihazı (Orijinal)



Şekil 3.1.10.1. Manyetik karıştırıcı (Orijinal)

3.1.11. Araştırmada Kullanılan Teraziler

Balıkların başlangıçta ve depolama süresince ağırlık tespitinde 0.01g hassasiyetli RADWAG WLC 3/A1 model dijital terazi, kimyasal malzemelerin tartımında ise 0.0001g hassasiyetli Precisa XB 220 model hassas terazi kullanılmıştır.

3.1.12. Homojenizatör

Balık etlerinin homojenizasyonu için Yellow-Line Basic D125 model ultratorax kullanılmıştır.

3.1.13. pH Ölçer

Araştırmada balık etinin pH ölçümü amacıyla WTW Multi 340i model portatif pH ölçer kullanılmıştır.

3.1.14. Gömlekli Isıtıcı

TBA analizlerinde, örneğin destilasyonu amacıyla ve besiyerlerinin ısıtılmasında M-TOPPO marka 6'lı gömlekli ısıtıcı kullanılmıştır (Şekil 3.1.14.1).

3.1.15. Spektrofotometre

Tiyobarbütirik asit (TBA) ve Trimetilamin (TMA) tayinlerinde standart ve örnek absorbanlarının belirlenmesi amacı ile Rayleigh VIS 723G model spektrofotometre kullanılmıştır (Şekil 3.1.15.1).



Şekil 3.1.14.1. Gömlekli ısıtıcı (Orijinal)



Şekil 3.1.15.1. Spektrofotometre (Orijinal)

3.1.16. Destilasyon Cihazı

TVB-N analizinde örneğin destile edilmesi amacıyla Şimşek-Labortechnik AP 1080 model destilasyon cihazı kullanılmıştır (Şekil 3.1.16.1).

3.1.17. Rotary Evaporatör

TÜBİTAK MAM'a yağ asitleri tayini için gönderilen numunenin soğuk ekstraksiyonunda Buchi R-3000 model rotary evaporatör kullanılmıştır (Şekil 3.1.17.1).



Şekil 3.1.16.1. Destilasyon cihazı (Orijinal)



Şekil 3.1.17.1. Rotary Evaporatör (Orijinal)

3.1.18. Etüv

Cam malzemelerin kurutulmasında Nüve FN500 model etüv kullanılmıştır (Şekil 3.1.18.1).

3.1.19. Otoklav

Mikrobiyolojik analizlerde kullanılacak olan besiyerlerinin, pipet uçlarının ve mikrobiyolojik sayım sonrasında atılacak olan petri kutularının sterilizasyonunda Erna marka dik tip otoklav kullanılmıştır (Şekil 3.1.19.1).



Şekil 3.1.18.1. Etüv (Orijinal)



Şekil 3.1.19.1. Otoklav (Orijinal)

3.1.20. İnkübatör

Toplam mezofil aerob ve anaerob bakteri, *Pseudomonads* spp., Laktik asit bakterilerinin inkübasyonunda 35-37°C sıcaklığa ayarlı Nüve E-400 model inkübatör, H₂S üreten bakteriler (*S. putrefaciens* dahil) ve *B. thermosphacta*'nın 20°C'de inkübasyonunda ise Elektromag M5040BP model inkübatör kullanılmıştır. Psikrofil bakterilerin 7°C'de inkübe edilmesinde ise Bosch GR-T692 model buzdolabı kullanılmıştır.

3.1.21. Mikrobiyolojik Ekim Kabini

Mikrobiyolojik ekimlerin daha güvenilir ve hijyenik şartlarda yapılması amacıyla Bilser Class II model mikrobiyolojik ekim kabini kullanılmıştır (Şekil 3.1.21.1).

3.1.22. Koloni Sayıcı

İnkübasyon sonunda besiyerinde üreyen kolonilerin sayılması amacıyla Funke Gerber marka (Katalog no: 8500) koloni sayıcı kullanılmıştır (Şekil 3.1.22.1).



Şekil 3.1.21.1. Mikrobiyolojik ekim kabini (Orijinal)



Şekil 3.1.22.1. Koloni sayıcı (Orijinal)

3.1.23. Mini Fırın

Balıkların duyu analizi için pişirilmesinde Ulubaş marka mini fırın kullanılmıştır.

3.1.24. Araştırmada Kullanılan Kimyasal Malzemeler

Araştırmada kullanılan kimyasal malzemeler marka ve ürün kodları ile birlikte Çizelge 3.1.24.1.'de verilmiştir.

Çizelge 3.1.24.1. Araştırmada kullanılan kimyasal malzemeler, marka ve ürün kodları

<i>Kimyasal Adı</i>	<i>Marka ve Ürün Kodu</i>
Sodyum hidroksit (NaOH)	Merck no: 1.06498
Magnezyum oksit (MgO)	Merck no: 1.05862.1000
Etil alkol (C ₂ H ₅ OH)	Alkomed no: CAS 64-17-5
Tiyobarbitürik asit (C ₄ H ₄ N ₂ O ₂ S)	Merck no: 108180
Glasiyel asetik asit (Asetik Asit buzlu %100 anhidrid (susuz)) (CH ₃ COOH)	Merck no: 1000632500
Triklor asetik asit (Cl ₃ CCOOH)	Merck no: 100810.0250
Toluen-anhidrit (C ₆ H ₆ -CH ₃)	Merck no: 108323.2500
Pikrik asit ((NO ₂) ₃ C ₆ H ₂ OH)	Fluka no: 1411596
Trimetilamonyumklorid (TMA) (CH ₃) ₃ N*HCl	Merck no: 8.21178.0005
Potasyum karbonat (K ₂ CO ₃)	Merck no: 1.04928.1000
Formaldehit (%37) (CH ₂ O)	J.T. Baker no: 0125410003
Borik asit (H ₃ BO ₃)	Merck no: 1.00165
Hidroklorik asit (HCl) (%37)	Sigma Aldrich no: 92340

(Devamı arkada)

Parafin (sıvı)	Tekkim no: TK 200639.05000
Gliserol (saf) (C ₃ H ₈ O ₃)	Merck no: 1.04092
Fenolftaleyn	Merck no: 1.07233
Metil kırmızısı	Merck no: 1.06076
Metilen mavisi	Merck no: 1.15943
Plate Count Agar (PCA)	Merck no: 105463.0500
Cetrimide agar	Merck no: 105284,
Streptomycin sulfat-thallus acetate-cycloheximide (actidione) agar (STA Agar)	Oxoid no: CM 881
STAA Selektif Katkı	Oxoid no: SR0151E
Man Rogosa Sharpe Agara (MRS)	Merck no: 1.10660.0500
Fluid Thioglycollate Medium	Acumedia no: 7137A
Agar agar	Merck no: 1.01614
Pepton from casein (Tryptone)	Merck no: 1.07213
Alkali peptonlu su	Merck no: 1.01800.0500
Maya ekstraktı	Merck no: 1.03753
Glukoz	Merck no: 1.08342
Demir III sitrat	Sigma no: 109K01971
Sodyum tiyo sülfat (Na ₂ S ₂ O ₃ .5H ₂ O)	Merck no: 1.06516
Sodyum klorür (NaCl)	Merck no: 1.06404
Bactident oxidase	Merck no: 1.13300
Bactident catalase	Merck no: 1.11351
L-Cystin (C ₆ H ₁₂ N ₂ O ₄ S ₂)	Merck no: 1.02837.0025
Kristal viole	Merck no: 1.11885./1
Lugol çözeltisi	Merck no: 1.11885./2
Dekolorizasyon çözeltisi	Merck no: 1.11885./4
Safranin	Merck no: 1.11885./5

3.1.25. Araştırmada Kullanılan Çözeltiler ve Karışımlar

Araştırmada kullanılan çözeltiler ve karışımlar Çizelge 3.1.25.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1.25.1. Araştırmada kullanılan çözelti ve karışımlar

Çözelti- Karışım	Çözeltideki Kimyasal Madde Oranları
0.1 N Sodyum hidroksit	Sodyum hidroksit: distile su (w/v) = 4: 100
%70’lik Etil alkol	Etıl alkol (%96) : distile su (v/v) =70: 26

(Devamı arkada)

%3'lük Borik asit	Borik asit: distile su (w/v) = 3: 100
0.1 N Hidroklorik asit	Hidroklorik asit: distile su (v/v) = 8.1: 100
4 N Hidroklorik asit	Hidroklorik asit: distile su (v/v) = 33.15: 100
0.2 M Tiyobarbutirik asit (TBA)	TBA: glasiyel asetik asit (%90) (w/v) = 0, 2883: 100
%90'luk Glasiyel asetik asit	Glasiyel asetik asit: distile su (v/v) = 90: 100
%7.5'luk Triklor asetik asit (TCA)	TCA: distile su (w/v) = 7.5: 100
Pikrik asit stok çözelti	Pikrik asit: Toluen (w/v) = 2: 100
Pikrik asit çalışma çözeltisi	Pikrik asit stok: toluen (v/v) = 1: 100
Trimetilamonyumklorid (TMA) standart çözeltisi	TMA: distile su: HCl (w/v/v) = 0.682: 100: 1
%20'lik Formaldehit	Formaldehit (%37) : distile su= 20: 15
Doymuş potasyum karbonat çözeltisi	Potasyum karbonat: distile su (w/v) = 100: 100
%1'lik Fenolftaleyn	Fenolftaleyn: %95 etil alkol=1: 100
Metilen mavisi	Metilen mavisi: distile su (w/v)= 0.1: 100
Metil kırmızısı	Metil kırmızısı: %90'luk etil alkol (w/v)= 0.03:100
Taşiro indikatörü	Metil kırmızısı: metilen mavisi (v/v) = 100: 15
Plate Count Agar (PCA)	PCA: distile su (w/v) = 22.5: 1000
Cetrimide agar	Cetrimide agar: distile su: gliserol (w/v/v) =44.5: 1000: 10
Streptomycin sulfat-thallus acetate-cycloheximide (actidione) agar (STA Agar)	STA agar: distile su: gliserol: selektif katkı (w/v/w/vial) = 18.5: 500: 7.5: 1
Man Rogosa Sharpe Agara (MRS)	MRS agar: distile su (w/v) = 68.2: 1000
Fluid Thioglycollate Medium	Fluid Thioglycollate Medium: distile su (w/v) = 29.8: 1000
Alkali pepton solusyonu	Pepton: distile su (w/v) = 20: 1000
Agar agar	Agar agar: distile su (w/v) =15: 1000
Iron Agar	5g Pepton from casein, 2.5g maya ekstraktı, 1 g glukoz, 14g agar-agar, 0.3g demir -III sitrat, 0.48g sodyum tiyo sülfat, 3g NaCl, 1L distile su
%0.85 NaCl	NaCl: distile su (w/v) = 8.5: 1000
Anaeroblar için seyreltme çözeltisi	Pepton from casein %0.1, Cystein chloride monohydrate %0.05, NaCl %0.85

3.1.26. Araştırma Laboratuvarı

Araştırmada kimyasal, fiziksel, duyuşsal ve mikrobiyolojik analizler Sinop Su Ürünleri Fakültesi'nde bulunan Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Laboratuvarı'nda yapılmıştır.

3.2. YÖNTEM

Araştırmada kullanılacak olan levrek balıkları canlı halde kafeslerden alınmış ve buzlu su bulunan tanklara alınarak kısa sürede ölmesi sağlanmıştır. Baş, solungaç ve iç organları ayrılan tüm balıklar; 12 kg'lık strafor kutularda deniz suyu buzlu ile buzlanarak 2 saat içerisinde laboratuvara ulaştırılmıştır. Laboratuvara getirilen balıklar, yıkanıp fazla suyu uzaklaştırıldıktan sonra paketlemeye hazır hale getirilmiştir.

3.2.1. Deneme Planı

Deneme 2 tekerrürlü 5 grup olarak planlanmış ve 40 gün sürmüştür. Deneme planı ve denemede kullanılan balık sayıları Çizelge 3.2.1.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.2.1.1. Deneme planı ve denemede kullanılan balık sayısı

Gruplar	A (Kontrol)		M 1		M 2		M 3		M 4	
Gün	1. Tek.	2. Tek.	1. Tek.	2. Tek.	1. Tek.	2. Tek.	1. Tek.	2. Tek.	1. Tek.	2. Tek.
0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
8	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
12	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
16	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
20			2	2	2	2	2	2	2	2
24			2	2	2	2	2	2	2	2
28			2	2	2	2	2	2	2	2
32			2	2	2	2	2	2	2	2
36			2	2	2	2	2	2	2	2
40			2	2	2	2	2	2	2	2
Toplam balık adedi	10	10	22	22	22	22	22	22	22	22
Toplam										196
Besin kompozisyonu ve ağır metal analizleri için										20
Genel toplam										216

(2):Her paketteki iki balıktan biri mikrobiyolojik ve kimyasal analizlerde diğeri duyuşsal ve fiziksel analizlerde kullanılmıştır

3.2.2. Paketleme İşleminin Uygulanması

Araştırmanın akış şeması Şekil 3.2.2.1.'de gösterilmiştir. Paketlenmeye hazır balıklar her birinde 2'şer adet olacak şekilde strafor tabaklara yerleştirilmiştir. Tabaklar paketleme materyaline konarak ambalajlamaya hazır hale getirilmiştir. Deneme grupları aşağıda verilmiştir.

Kontrol Grubu: Balıklar hava ile paketlenmiştir,

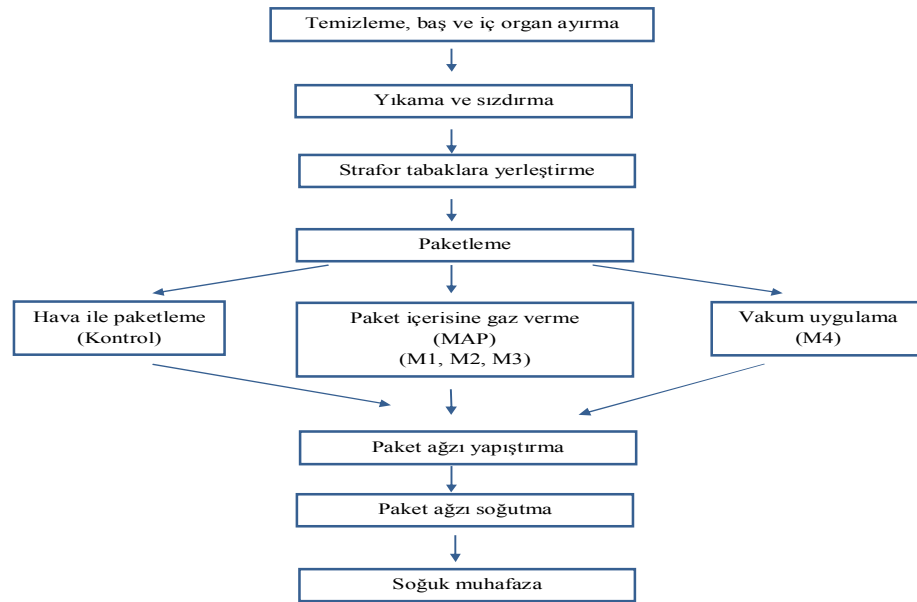
M1. Grubu: Balıklar %75 CO₂ + %25 N₂ içeren gaz karışımı ile paketlenmiştir,

M2. Grubu: Balıklar %60 CO₂ + %40 N₂ içeren gaz karışımı ile paketlenmiştir,

M3 Grubu: Balıklar %30 CO₂ + %40 N₂ + %30 O₂ içeren gaz karışımı ile paketlenmiştir,

M4 Grubu: Balıklar vakum uygulanarak paketlenmiştir.

M1, M2 ve M3 gruplarının modifiye atmosfer paketlenmesinde gaz:ürün oranı yaklaşık 3:1 (v/w) olarak uygulanmıştır. Paketlenen balıklar (Şekil 3.2.2.2) deneme süresince 2.9±0.2°C sıcaklığa sahip olan buzdolabında muhafaza edilmiştir.



Şekil 3.2.2.1. Denemede balıklara uygulanan işlem basamakları



Şekil 3.2.2.2. Ambalajlanan balıklar (Orijinal)

3.2.3. Analizler

İlk günden itibaren periyodik olarak balıkların kimyasal, fiziksel, mikrobiyolojik ve duyuşsal analizleri yapılmıştır. Belirlenen zamanlarda her bir tekerrürden bir balık mikrobiyolojik ve kimyasal, diğler balık ise duyuşsal ve fiziksel analizler için kullanılmıştır. Kimyasal analizler her tekerrürde 3'er paralel, mikrobiyolojik analizler ise her tekerrürde 2'şer paralel olarak yapılmış ve paralellerin ortalaması alınmıştır. Ortalama $2.9 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 'de depolanan farklı şekillerde paketlenmiş balıkların raf ömrünün belirlenmesi için fiziksel, kimyasal, duyuşsal ve mikrobiyolojik analizlere 40 gün boyunca 4 günlük periyotlarla devam edilmiştir.

3.2.3.1. Besin Kompozisyonu Analizleri

Denemenin ilk günü, balıklar hasat edilir edilmez (0. gün), temel besin kompozisyonu analizleri (ham protein, ham yağ, kuru madde, ham kül) mineral madde, ağır metal ve vitamin analizleri için 20 adet levrek balığı filetosu çıkarılarak homojenize edilmiştir. 1 kg homojenize balık eti örneğı ve soğuk ekstraksiyon ile elde edilen balık yağı numunesi vakum paketlenip soğuk muhafaza şartlarında TÜBİTAK MAM'a gönderilmiştir. Toplam amino asit tayini için homojenize edilmiş 100g balık eti numunesi Düzen Norwest Laboratuvarı'na gönderilmiştir.

Ham protein, ham kül ve kuru madde analizleri (Ref. no: 925.52, 923.03, 925.10) AOAC, (1995)'e göre, ham yağ analizi Soxhlet yöntemine göre (AOAC, 2005), amino asit analizleri digestion sonrası, HPLC kolon öncesi türevlendirme yöntemine göre (Anonim, 1998), yağ asitleri kompozisyonu IID-19 metoduna (IUPAC, 1979) göre, kolesterol analizi kromatografik yöntemle (Fenton ve Sim, 1991), mineral madde analizleri AOAC, (2005)'e göre, E, A, B1, B2 ve niasin analizleri HPLC yöntemine göre, folik asit ve pantotenik asit tayini ELISA Vitafast yöntemine göre (AOAC, 2000), C vitamini analizi ise AOAC, (1995)'e göre titrimetrik metotla yapılmıştır.

3.2.3.2. Ağır Metal Analizleri

Arsenik analizi AAS hidrür sistemi yöntemine (7061A) (U.S. EPA, 1992) göre, civa analizi AAS hidrür sistemine (7471) (U.S. EPA, 1994) göre, kadmiyum ve kurşun ise (Ref. no: 999.10) AOAC (2005)'a göre yapılmıştır. Ağır metal miktarları SRM 7/2007 784 kodlu referansa göre hesaplanmıştır.

3.2.3.3. Balık Eti Enerji Hesabı

Balık etinin su, yağ, protein ve karbonhidrat değeri hesaplandıktan sonra, enerji değeri Atwater metoduna göre hesaplanmıştır (3.1) (Falch ve ark., 2010).

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

$$\text{Enerji (Kcal)} = (\text{Yağ} * 9) + (\text{Protein} * 4) + (\text{Karbonhidrat} * 4) \quad (3.1)$$

3.2.4. Fiziksel Analizler

3.2.4.1. Ağırlık Kaybı

Denemede kullanılan bütün balıkların başlangıç ağırlıkları kaydedilmiştir. Analiz gününde buzdolabından çıkarılan balıkların ağırlık kaybını belirlemek için aşağıdaki formül (1.2) kullanılmıştır (Santos ve Regenstein, 1990; Nilson ve Ekstrand, 1994). Balıkların ağırlık kaybı, başlangıç ağırlıkları 100 kabul edilerek, oransal ağırlık kaybı olarak hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Ağırlık Kaybı} = \frac{\text{Başlangıç ağırlığı} - \text{Paket açıldıktan sonraki ağırlık}}{\text{Başlangıç ağırlığı}} \times 100 \quad (3.2)$$

3.2.4.2. Paket İçi Gaz Ölçümü

Analiz gününde buzdolabından çıkarılan paketlerin üzerine gaz geçirmeyen bantlar yapıştırılarak ölçüm esnasında paketten dışarıya gaz çıkışı engellenmiştir. Bu yöntemde bantlar üzerinden batırılan iğne yardımıyla paket içerisindeki O₂ ve CO₂ miktarları ölçülmüştür.

3.2.5. Kimyasal Kalite Analizleri

Balıklar paketlenenlerden sonra depolama süresi boyunca periyodik olarak; pH, asitlik tayini (laktik asit cinsinden), TVB-N, TBA ve TMA-N analizleri yapılmıştır.

3.2.5.1. Balık Eti pH'sının Ölçümü

Homojenize edilen örnekler 1:1 oranında saf su ile sulandırılıp, pH-metre probu daldırılarak pH ölçümü yapılmıştır (Manthey ve ark., 1988).

3.2.5.2. Asitlik Tayini (Laktik asit cinsinden)

10 g örnek tartılıp, saf su ile kayıpsız olarak 100 ml'ye ayarlı ölçü balonuna

aktarılmıştır. Örnek balonu çalkalanarak içerisindeki örnek iyice homojenize edilmiştir. Daha sonra ölçü balonu çizgisi saf su ile 100 ml'ye tamamlanmıştır. Ölçü balonu içeriği filtre edilerek, filtrattan 25 ml erlenmayer içerisine alınmış ve üzerine %1'lik fenol fitalein indikatörü damlatılarak 0.1N NaOH çözeltisi ile açık pembe oluşuncaya kadar titre edilmiştir. Laktik asit cinsinden % toplam asit miktarı aşağıdaki formülle (3.3) hesaplanmıştır (Uylaşer ve Başoğlu, 2001).

$$\% \text{ Toplam asit (Laktik asit cinsinden)} = (a * 0.009 / M) * 100 \quad (3.3)$$

a = Titrasyonda harcanan NaOH miktarı (ml)

M = Örnek miktarı (g)

3.2.5.3. Toplam Uçucu Bazik-Azot (TVB-N) Tayini

Balık etindeki TVB-N miktarı, Antonacopoulos tarafından modifiye edilmiş Lücke - Geidel metodu ile belirlenmiştir (Ludorf ve Meyer, 1973).

Analize hazırlanmış olan örnekten 10g tartılarak destilasyon tüpüne aktarılmış, üzerine 250ml saf su ve 1 çay kaşığı MgO ilave edilmiştir. 250ml'lik erlenmayer içine 10ml %3'lük borik asit, 8 damla taşıro indikatörü ve 100ml distile su konulmuştur. Erlenmayer içine su buharı destilasyon cihazına bağlı, soğutucu borusu daldırılmıştır. Örnek 10 dk destile edildikten sonra destilasyon sonlandırılarak erlen içine toplanan destilat 0.1N HCl ile nötr noktaya kadar titre edilmiştir. Örneklerdeki TVB-N miktarı aşağıdaki formüle (3.4.) göre hesaplanmış ve sonuçlar mgN/100g olarak verilmiştir.

$$TVB-N \text{ mg/100 g} = (a * 1,400 * 100) / M \quad (3.4)$$

a = ml olarak harcanan 0.1N asit miktarı

M = Örnek ağırlığı (g)

TVB-N değerine göre balık etinin kalite sınıflandırması Kyrana ve Lougovais (2002)'e göre yapılmıştır.

3.2.5.4. Tiyoobarbitürik Asit (TBA) Sayısı Analizi

TBA sayısı tayini Tarladgis ve ark. (1960)'na göre yapılmıştır. Homojenize edilen örnekten 10g tartılarak 1000ml'lik balona aktarılmıştır. Örneğin üzerine 97.5ml saf su, 2.5ml 4N HCl çözeltisi, kaynama taşı ve gliserol ilave edilerek balon geri

soğutucuya bağlanmıştır. Destilasyon işlemi gömlekli ısıtıcıda gerçekleştirilmiştir. Destilasyona 50ml destilat toplanana kadar devam edilmiştir. Cam tüplere 5ml destilat ve üzerine 5ml TBA ayırıcı (0.2883g TBA, 100ml %90'lık glasiyel asetik asitle) eklenerek kapakları kapatılmıştır. 5ml saf su üzerine 5ml TBA ayırıcı eklenerek kör hazırlanmıştır. Hazırlanan tüpler kaynayan su banyosunda 35 dakika tutulup, soğutulduktan sonra spektrofotometrede 538 nm dalga boyunda köre karşı okunmuştur. Elde edilen absorbans değeri 7.8 ile çarpılarak 1000g örnekteki mevcut malonaldehit miktarı mg olarak saptanmıştır (Varlık ve ark., 1993). Örneklerin TBA değerleri Varlık ve ark. (1993)'nda bildirilen kriterlere göre değerlendirilmiştir.

3.2.5.5. Trimetilamin Azot (TMA-N) Tayini

TMA-N tayini Boland ve Paige (1971)'den modifiye edilerek yapılmıştır. 10g örnek 20ml %7.5'luk TCA ile homojenize edilmiştir. Homejenizat filtre kağıdından erlene süzülüp, süzüntüden 4ml alınmıştır. *Üzerine 1ml %20'lik formaldehit, 10ml susuz toluen, 3ml doymuş potasyum karbonat çözeltisi ilave edilmiş ve tüpler kapatılarak yaklaşık 40 kez kuvvetli şekilde çalkalanmıştır. Üst tabakadan 7-9ml alınarak içinde 0.1g sodyum sülfat bulunan test tüplerine konulmuş ve tüpler çalkalanmıştır. Üst tabakadan 5ml alınarak, 5ml pikrik asit çalışma çözeltisine ilave edilmiş ve yavaşça çalkalanmıştır. Oluşan sarı rengin absorbansı 410nm dalga boyuna ayarlı spektrofotometrede köre karşı okunarak TMA miktarı hesaplanmıştır.

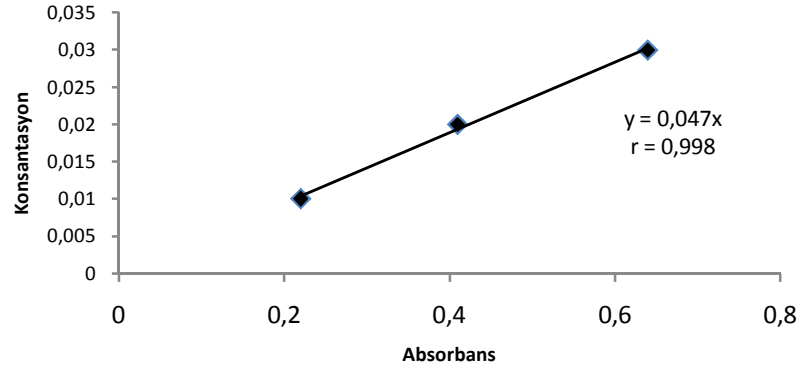
Standartların hazırlanması: 0.682g trimetilamine (TMA-HCL) 1ml HCl eklenerek 100ml saf suda çözülmüş ve stok çözelti hazırlanmıştır. Hazırlanan stok çözeltiden 1ml alınıp 1ml HCl ilave edilmiş ve 100ml'ye saf suyla tamamlanarak çalışma çözeltisi oluşturulmuştur. Çalışma çözeltisinden 1ml alınıp 3ml saf su ilave edilmiş ve böylece 1. standart hazırlanmıştır. Ardından sırasıyla 2ml çalışma çözeltisi ve 2ml saf su ile 2. standart, 3ml çalışma çözeltisi ve 3ml saf su ile 3. standart hazırlanmıştır. Blank için 4ml saf su kullanılmıştır. *Hazırlanan bu standartlar ve blank, tüplere konularak örnek için yapılan işlemler yapılmıştır. Hazırlanan standartlar spektrofotometrede okunmuş ve grafik çizilerek regresyon denklemi hesaplanmıştır (Şekil 3.2.5.5.1). Örneklerin TMA-N değeri aşağıdaki formüle (3.5) göre hesaplanmış ve sonuçlar FAO (1986)'ya göre değerlendirilmiştir.

Hesaplama:

$$mg\ TMA / 100g\ örnek = A \times b \times 300 \quad (3.5)$$

A: Örnek absorbansı

b: Regresyon denkleminin eğimi



Şekil 3.2.5.5.1. TMA-N standartlarının regresyon eğrisi

3.2.6. Mikrobiyolojik Analizler

Çalışmada yapılan mikrobiyolojik analizler; toplam mezofil aerob bakteri, toplam psikrofil bakteri, toplam mezofil anaerob bakteri, *Pseudomonas spp.*, H₂S üreten bakteriler (*S. putrefaciens* dahil), Laktik asit bakterileri, *Brochotrix thermophacta*’dır.

3.2.6.1. Balık Etinden Örnek Alma

Paket içi gaz ölçümü sonrasında paket materyali %70’lik etil alkolle silinerek steril bir bıçak yardımı ile kesilmiş (Şekil 3.2.6.1.1. a) ve mikrobiyolojik ekimler (anaerob bakteri ekimi hariç) için 25 g balık eti; balık sırt derisi %70’lik etil alkolle ile silindikten sonra dorsal bölgeden steril bıçak ile steril kaplara ayrılmıştır (Şekil 3.2.6.1.1. b, c). Örnek, 225 ml pepton-tuz solüsyonunda homojenize edilerek dilüe edilmiştir (Sivertsvik ve ark., 2003; Torrieri ve ark., 2006; Stamatis ve Arkoudelos, 2007b; Ravi Sankar ve ark., 2008; Kykkidou ve ark., 2009; Lu, 2009; Kostaki ve ark., 2009). 10⁻¹.....10⁻⁶ oranlarındaki dilüsyonlar; 1ml homojenizat ve 9 ml fizyolojik tuzlu su çözeltisi (%0.85 NaCl) kullanılarak hazırlanmıştır. Anaerob bakteri ekimi için ise 10 g balık eti ayrılarak 90 ml seyreltme çözeltisinde dilüe edilmiş (%0.1 Pepton from casein, %0.05 Cystein chloride monohydrate, %0.85 NaCl) ve bu özel seyreltme çözeltisinden dilüsyonlar hazırlanmıştır. Mikrobiyolojik ekim steril kabin içerisinde steril petrilere yapılmıştır (Şekil 3.2.6.1.1. d).



Şekil 3.2.6.1.1. Paketin steril bıçak yardımı ile kesilmesi (a), Balık sırtının %70'lik etil alkolle sterilize edilmesi (b), Balık etinden örnek alma (c), Mikrobiyolojik ekim (d) (Orijinal)

3.2.6.2. Toplam Mezofil ve Psikrofil Aerob Bakteri Sayımı

Toplam mezofil aerob ve psikrofil bakteri sayımı için Plate Count Agar kullanılmıştır. Uygun şekilde hazırlanan besiyeri petri kutularına dökülerek katılaşması beklenmiş, ardından 0.1 ml dilüsyonlardan alınarak sürme metodu ile ekim yapılmıştır. Petriler mezofil bakteri sayımı için 37°C'de 2 gün, psikrofil bakteri sayımı için ise 7°C'de 10 gün süresince inkübe edilmiştir (AOAC, 2000). İnkübasyon sonunda petrilerde gözlemlenen tüm koloniler “toplam bakteri” olarak sayılmış ve standart şekilde hesaplanarak, sonuç logkob/g olarak verilmiştir (Halkman, 2005).

3.2.6.3. Toplam Mezofil Anaerob Bakteri Sayımı

Toplam mezofil anaerob bakteri sayımında EMS metodu kullanılmıştır. 10^0 'ın ekleneceği ilk tüpte besiyeri çift kuvvet hazırlanmış ve üzerine 10ml dilüsyon eklenmiştir. 10^{-1} ve 10^{-2} 'lik dilüsyonlar ise 10ml Fluid Thioglycollate Medium içeren tüplere 1ml eklenerek hazırlanmıştır. Ekim sonrasında tüplerin üzerine yaklaşık 1cm kalınlığında su agar ilave edilerek 35-37 °C'de 24-48 saat süre ile inkübe edilmiştir.

İnkübasyon sonunda dibinde bakteri gelişen tüpler “mezofil anaerob bakteri pozitif” olarak değerlendirilmiştir (Şekil 3.2.6.3.1). EMS çizelgesinden yararlanılarak mezofil anaerob bakteri sayısı hesaplanmış ve sonuçlar EMS/g olarak verilmiştir (Halkman, 2005).



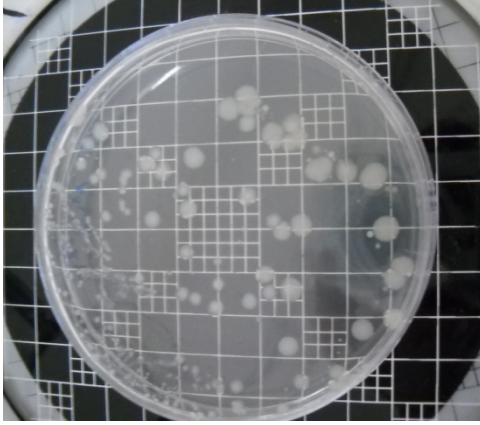
Şekil 3.2.6.3.1. Fluid Thioglycollate Medium’da anaerob bakteri gelişimi (Orijinal)

3.2.6.4. *Pseudomonas* spp. Sayımı

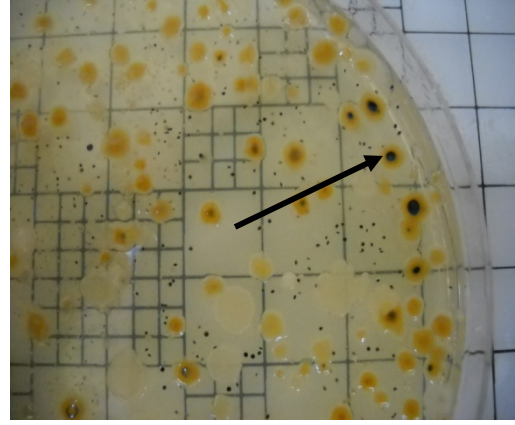
Pseudomonas spp. sayımında *Pseudomonas* selective agar base (Cetrimide Agar, 10ml gliserol katkılı) kullanılmıştır (Brown ve Lowbury, 1965; Anonim 2010h). Petrilere 0.1ml dilüsyon eklenerek ekim yapılmıştır ve 35°C’de 2 gün süreyle inkübe edilmiştir (Anonim 2010h) (Şekil 3.2.6.4.1). Cetrimide agarda üreyen kolonilerden oksidaz pozitif olanlar *Pseudomonas* spp. olarak değerlendirilmiştir.

3.2.6.5. H₂S Üreten Bakterilerin (*Shewenella putrefaciens* dahil) Sayımı

H₂S üreten bakterilerin sayımında Iron Agar (5g Pepton from casein, 2.5g maya ekstraktı, 1g glukoz, 14g agar-agar, 0.3g demir -III sitrat, 0.48g sodyum tiyosülfat, 3g NaCl) kullanılmıştır (Erkan ve Özden, 2006). Hazırlanan besiyerinden 10ml petri kutusuna dökülerek soğuması beklenmiş ardından 1ml örnek petriye aktarılmıştır. Kalan besiyerinden 10ml daha petriye ilave edilerek 20°C’de 3 gün inkübe edilmiştir (Ravi Sankar ve ark., 2008; Kostaki ve ark., 2009). Iron agarda üreyen siyah renkli koloniler H₂S üreten bakteriler olarak sayılmıştır (Şekil 3.2.6.5.1) (Sivertsvik ve ark., 2003; Hovda ve ark., 2007; Ravi Sankar ve ark., 2008; Kostaki ve ark., 2009).



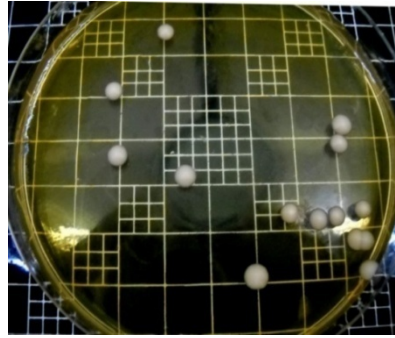
Şekil 3.2.6.4.1. Cetrimide agarda üreyen şüpheli *Pseudomonas* spp. kolonileri (Orijinal)



Şekil 3.2.6.5.1. Iron Agarda üreyen H₂S kolonileri (Orijinal)

3.2.6.6. Laktik Asit Bakterileri Sayımı

Laktik asit bakterilerinin sayımında 0.1ml örnek alınarak Man Rogosa Sharpe Agara (MRS) yayma yöntemi ile ekilmiş ve 37°C’de 3 gün inkübe edilmiştir (Stamatis ve Arkoudelos, 2007b; Kostaki ve ark., 2009). İnkübasyon sonrasında MRS besiyerinde krem renkli (Şekil 3.2.6.6.1), gram pozitif, katalaz negatif koloniler Laktik asit bakterisi olarak değerlendirilmiş ve sonuç logkob/g olarak verilmiştir (Halkman, 2005).



Şekil 3.2.6.6.1. MRS agar’da üreyen şüpheli Laktik asit bakterileri (Orijinal)

3.2.6.7. *Brochothrix thermosphacta* (BrT) Sayımı

Brochothrix thermosphacta sayımı için streptomycin sulfat-thallus acetate-cycloheximide (actidione) agar (STAA, Oxoid CM 881, STAA selektif katkı ve 7.5g gliserol eklenmiş) kullanılmıştır (Stamatis ve Arkoudelos, 2007b; Russo ve ark., 2006). 0.1 ml dilüsyonlardan örnek alınarak petri kutuları ekilmiş ve 20°C’de 3 gün inkübe edilmiştir (Stamatis ve Arkoudelos, 2007b). İnkübasyon sonunda 0.5-1 mm çaplı saman

rengi, gram pozitif, oksidaz negatif koloniler BrT olarak sayılmıştır (Anonim, 2009). Sonuçlar logkob/g olarak verilmiştir.

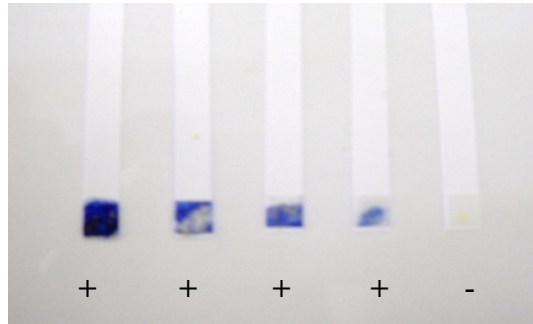
3.2.7. Biyokimyasal Testler

3.2.7.1. Katalaz Testi

Bakterilerde katalaz enziminin varlığı ya da yokluğunu gösteren bu testte besiyeri üzerindeki şüpheli koloniler üzerine Bactident Catalase (%3'lük hidrojen peroksit) damlatılmış ve 1 dakika içinde gözle görülür gaz çıkışı olan koloniler katalaz pozitif olarak değerlendirilmiştir (Halkman, 2005).

3.2.7.2. Oksidaz Testi

Aerob bakterilerde bulunan oksidaz enziminin varlığının tespiti amacıyla bu test kullanılmıştır. Besiyerinde üreyen şüpheli koloni 1 ml saf suda yoğun bir şekilde çözündürüldükten sonra test şeridinin reaksiyon bölgesine öze ile aktarılmıştır. Bir dakika içerisinde mavi-menekşe renk dönüşümü olan şeritler oksidaz pozitif olarak kabul edilmiştir (Şekil 3.2.7.2.1) (Halkman, 2005).



Şekil 3.2.7.2.1. Oksidaz testinde renk dönüşümü gözlemlenen şeritler (Orijinal)

3.2.7.3. Gram Boyama

Agarlı besiyerinde bulunan koloni 1ml fizyolojik tuzlu su çözeltisi içerisinde çözündürülmüş, bu kültürden temiz bir lam üzerine 1-2 öze dolusu aktarılmış ve yayılmıştır. Ardından örnek kurumaya bırakılarak lam üzerine fiks edilmiştir. Fiksasyon sonrası örnek üzerine 1 damla kristal viole çözeltisi damlatılıp 1 dakika beklenmiş, boyanın fazlası uzaklaştırılmıştır. Sonra örnek lugol çözeltisi ile yıkanmış ve aynı çözeltide 1 dakika bekletilmiştir. Preparat saf su ile yıkandıktan sonra lam dekolozatör çözeltisinde 25-30 saniye bekletilmiştir ve ardından tekrar saf su ile yıkanmıştır. Son işlem olarak safranin çözeltisinde 30 saniye bekletilen preparat saf su

ile yıkanıp kendi halinde kurumaya bırakılmıştır. Kuruduktan sonra mikroskopta incelenmiştir. Hücre çeperleri gram boyama sonunda mavi-mor boyananlar gram pozitif, kırmızı boyananlar ise gram negatif olarak kabul edilmiştir (Halkman, 2005)

3.2.8. Duyusal Analizler

3.2.8.1. Çiğ Balığın Duyusal Analizi

Çiğ balığın duyusal analizi için Torrieri ve ark. (2006)'dan modifiye edilen değerlendirme formu kullanılmıştır (Form 1). Çiğ balıkların duyusal analizinde 3 eğitimli panelist kullanılmıştır. 5 puandan daha az puan alan gruplar kabul edilemez olarak tanımlanmıştır.

Form 1. İç organları ayrılmış levrek balığının tanımlanması için duyusal değerlendirme formu

Özellikler		0	5	10
Koku	Paket açıldığında çıkan koku	Bozuk ürün kokusunda	Kokusuz	Taze balık kokusunda
Görünüş	Et rengi	Sarımsı	Beyaz	Pembe
Tekstür	Kıvam	Çok mukozlu	Biraz sert	Sert ve elastik

3.2.8.2. Pişmiş Balığın Duyusal Analizi

Pişmiş balığın duyusal analizi için Pons ve ark. (2006)'dan modifiye edilen duyusal değerlendirme formundan (Form 2) yararlanılmıştır. Pişmiş balıkların duyusal analizinde 7 eğitimli panelist kullanılmıştır. Tüm balıklar dilimlenip ayrı ayrı alimünyum folyaya sarılarak 200°C'de 20 dakika pişirilmiş ve panelistlere sunulmuştur (Kykkidou ve ark., 2009; Kostaki ve ark., 2009). Panelistler tarafından hedonik skalaya göre 10 puan üzerinden değerlendirme yapılmıştır (Altuğ, 1993). Puanlama sonucunda alınan ortalamalarda 10-8 puan arası “çok iyi”, 8-6 “iyi”, 6-5 “orta”, 5-4 “tüketilebilir” ve 4 puan altı bozuk olarak değerlendirilmiştir.

Form 2. Pişmiş levrek balığı için duyusal değerlendirme formu.

PİŞMİŞ LEVREK BALIĞI DUYUSAL DEĞERLENDİRME FORMU										
Tarih:.....	Ürün Kodu									
Ürün Adı:	A Grubu		M1		M2		M3		M4	
	1. Tek	2. Tek	1. Tek	2. Tek	1. Tek	2. Tek	1. Tek	2. Tek	1. Tek	2. Tek
Koku										
Tat- sululuk										
Tekstür										
Toplam puan										

DUYUSAL DEĞERLENDİRMEDE GÖZ ÖNÜNDE TUTULACAK KRİTERLER			
Özellik Puan	Koku	Tat-sululuk	Tekstür
10	Pişmiş levrek balığı için karakteristik kokuda	Pişmiş levrek balığı için karakteristik lezzette, oldukça sulu	Düzgün ve elastik
9	Karakteristik, kuvvetsiz	Karakteristik lezzette, sulu	Kısmen düzgün ve elastik
8	Karakteristik, kuvvetsiz	Karakteristik lezzette, sulu	Çok az elastik
7	Doğal, kısmen hoş a giden	Doğal, çok az hoş a giden tatta, kısmen kuru	Kuru
6	Mayhoş, meyvemsi	Kısmen metalik tatta, kuru	Keçeleşmiş yapıda
5	Balık kokusunda	Kısmen ekşi	Tekstürde tamamıyla bozulma
4	Oldukça fazla balık kokusu, acımsı, ekşimsi kokuda	Acı, ekşi	-
3	Laktik asit, amonyak, acımsı koku	Amonyak, sülfıt	-

3.2.9. İstatistiksel Analiz

Araştırma sonunda elde edilen veriler Minitab Release 13 paket programı kullanılarak, ANOVA ile değerlendirilmiş, grup içi ve gruplar arasındaki farklılıkların önem derecesinin belirlenmesinde Tukey testi kullanılmıştır. Ayrıca elde edilen sonuçların birbirleri ile olan ilişkilerinin tespitinde regresyon analizi yapılmıştır (Sümbüloğlu ve Sümbüloğlu, 2007). Şekil ve çizelgeler MS Office 2007 yazılımları kullanılarak yapılmıştır.

5. BULGULAR ve TARTIŞMA

Araştırmada Karadeniz’de yetiştirilen levrek balığının, besin kompozisyonu ve ağır metal bileşimi ile, baş ve iç organları çıkartıldıktan sonra farklı atmosfer koşullarında paketlenip depolama süresince oluşan fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşal değişimleri incelenmiştir.

5.1. Besin Kompozisyonu

5.1.1. Balık Eti Besin Bileşimi ve Enerji Miktarı

Orta Karadeniz Bölgesi’nde yetiştiriciliği yapılan levrek balığına ait su, ham protein, ham yağ, karbonhidrat ve ham kül miktarları ile balık etinin enerji miktarı Çizelge 5.1.1.1.’de verilmiştir.

Çizelge 5.1.1.1. Balık eti besin bileşimi ve enerji miktarı

<i>Su</i> (%)	<i>Ham Protein</i> (%)	<i>Ham Yağ</i> (%)	<i>Karbonhidrat</i> (%)	<i>Ham Kül</i> (%)	<i>Enerji</i> (kcal/100g)
69.26±0.20	18.63±0.00	10.72±0.20	0.05±0.02	1.34±0.01	171±2.00

Çalışmamızda kullanılan levrek balığının ham protein içeriği %18.63, ham yağ içeriği %10.72, enerji miktarı ise 171 kcal/100g olarak bulunmuştur. Demirci (2003), %18.20 protein ve %3.60 yağ içeren levrek balığının enerji miktarını 105 kcal/g olarak bildirmiştir. Enerji miktarındaki farklılık balıkların farklı miktarda yağ içermesinden kaynaklanabilir.

Araştırma bulgularımıza göre %18.63 ham protein, %10.72 ham yağ, %1.34 ham kül ve %69.26 su içeren levrek balığının protein, yağ, kül ve su değerleri farklı araştırmacılar tarafından; sırasıyla; %19.75, %1.22, %1.17, %77.38 (Beklevik ve ark., 2005), %21.26, %5.60, %2.05, %70.43 (Erkan ve Özden, 2006), %19.40, %4.81, %1.23, %76.72 (Kyrana ve Lougovois, 2002), %18.47, %4.18, %0.92, %71.62 (Türkkan ve ark., 2008), %21.70, %6.50, %1.95, %69.68 (Özden ve Erkan, 2008), %23.90, %10.70, %1.20, %64.00 (Mendes ve Gonçalves, 2008) olarak bildirilmiştir.

Balık eti protein miktarı Türkkan ve ark. (2008), yağ miktarı Mendes ve Gonçalves (2008), kül miktarı ise Kyrana ve Lougovois (2002) ile benzerlik göstermektedir. Çalışmada kullandığımız levrek balığının yağ miktarı diğer araştırmacıların sonuçlarından yüksek bulunmuştur. Yağ miktarının değişiklik

göstermesinin sebepleri arasında; avlama bölgesi ve balıkların beslendiği yemin farklı olması, su sıcaklığındaki değişiklikler ve avlama mevsimi sayılabilir. Balık eti su miktarı diğer literatür verilerine oranla düşük bulunmuştur. Bu farklılık balık eti yağ içeriğinin yüksek olmasından kaynaklanmaktadır.

5.1.2.Amino Asit Kompozisyonu

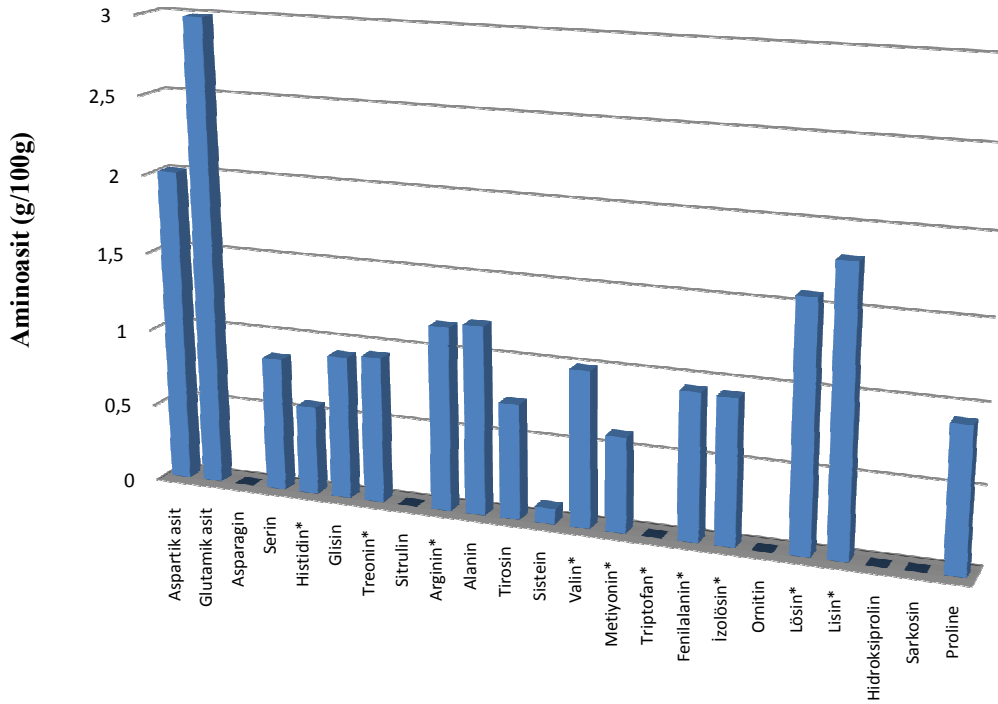
Çalışmada kullanılan levrek balığının amino asit kompozisyonu Çizelge 5.1.2.1. ve Şekil 5.1.2.1.'de verilmiştir.

Çizelge 5.1.2.1. Levrek balığının aminoasit kompozisyonu (g/100g)

<i>Amino Asit</i>	<i>g/100g</i>
Aspartik asit	2.01 ± 0.23
Glutamik asit	2.99 ± 0.31
Asparagin	<0.017 ± 0.00**
Serin	0.86 ± 0.06
Histidin *	0.57 ± 0.04
Glisin	0.92 ± 0.01
Treonin *	0.94 ± 0.09
Sitrulin	<0.018 ± 0.00**
Arginin *	1.18 ± 0.08
Alanin	1.21 ± 0.12
Tirosin	0.74 ± 0.02
Sistein	0.10 ± 0.01
Valin *	1.00 ± 0.09
Metiyonin *	0.61 ± 0.07
Triptofan *	<0.02 ± 0.00**
Fenilalanin *	0.94 ± 0.04
İzolösin *	0.93 ± 0.06
Ornitin	<0.03 ± 0.00**
Lösin *	1.58 ± 0.16
Lisin *	1.81 ± 0.38
Hidroksiprolin	<0.26 ± 0.00**
Sarkosin	<0.022 ± 0.00**
Proline	0.92 ± 0.23
<i>Toplam aminoasit</i>	19.29 ± 1.83
<i>Toplam esansiyel aminoasitler (E)</i>	9.54 ± 0.87
<i>Toplam esansiyel olmayan aminoasitler (NE)</i>	9.75 ± 0.95
<i>E/NE</i>	0.98 ± 0.01

*Esansiyel aminoasitler

**Metod Dedeksiyon Limiti



Şekil 5.1.2.1. Levrek balığının aminoasit kompozisyonu (g/100g)

Çalışmada kullanılan levrek balığı eti yüksek oranda glutamik asit (2.99 g/100g) ve aspartik asit (2.01 g/100g) içermektedir. Esansiyel amino asitlerin tümünü içeren balık etinde yüksek oranda lisin ve lösin tespit edilmiştir. Esansiyel amino asitlerin esansiyel olmayan amino asitlere oranı (E/NE) 0.98'dir.

Iwasaki ve Harada (1985); çipura (*Pagrus major*), uskumru (*Scomber japonicus*) sardalye (*Sardinops merlanostica*) ve salmon (*Oncorhynchus keta*) balıklarının E/NE oranlarını sırasıyla; 0.77, 0.71, 0.74 ve 0.77 olarak bildirmiştir. Özyurt ve Polat (2006) farklı sezonlarda doğal yollarla Akdeniz'den avlanan levrek balıklarının E/NE oranının 0.75-0.77 arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Bu çalışmaya benzer olarak Erdem ve ark. (2009), Muğla ve Ordu'dan yetiştiricilikle, Sinop bölgesinden ise hem yetiştiricilik hem de avcılıkla elde edilen levrek balıklarının E/NE oranlarını sırasıyla; 1.05, 0.71, 0.78, 1.33 olarak tespit etmişlerdir. Bu çalışmalarda E/NE oranının hesaplanmasında kullanılan esansiyel amino asit sayısı yedidir. Araştırmamızda 10 esansiyel amino asit üzerinden E/NE değeri hesaplanmıştır. Çalışmalardaki E/NE oranı farklılıkları; esansiyel amino asit içeriğine, avlama bölgesine ve beslenme durumuna göre değişebilir. E/NE oranına göre levrek balığının, dengeli beslenmede yüksek kaliteli

protein içeriği açısından önemli bir besin maddesi olduğu söylenebilir.

Balık eti yüksek protein oranına sahip besleyici bir gıdadır. Tüm esansiyel aminoasitleri içeren balık etinde; aspartik, glutamik asit ve lisin fazlaca bulunur. (Oladapa ve ark., 1984). Aspartik asit ve glutamik asit enzim aktivasyonunda, proteinlerin çözünürlük ve iyonik karakterlerinin korunmasında rol oynayan önemli bir aminoasittir. Lisin ise insan beslenmesi için gerekli olan esansiyel bir aminoasittir (Özden ve Erkan, 2008).

Iwasaki ve Harada (1985), Özyurt ve Polat (2006), Erdem ve ark. (2009); çalışmamız bulguları ile benzer olarak, farklı bölgelerde yetiştiriciliği yapılan ve doğal yollarla avlanan levrek balığı etinde yoğun miktarda aspartik asit, glutamik asit ve lisin bulunduğunu bildirmişlerdir.

Balık etinde protein olmayan azotun en önemli kaynaklarından (%50-85) biri serbest amino asitlerdir. Serbest aminoasitler balık etine karakteristik tat veren amino asitlerdir. Bunların büyük bir kısmını prolin, arginin, glisin, alanin, histidin, glutamik asit ve taurin oluşturmaktadır (Özden ve Erkan, 2008). Levrek eti serbest aminoasitlerden glutamik asit (2.99 g/100g), alanin (1.21 g/100g) ve arginini (1.18 g/100g) yüksek oranda içermektedir.

Ege Denizinden ve Karadenizin doğu bölgesinden yetiştiricilik yoluyla elde edilen levrek balığının amino asit kompozisyonu Çizelge 5.1.2.2.'de verilmiştir.

Çizelge 5.1.2.2. Farklı bölgelerde yetiştirilen levrek balıklarının amino asit kompozisyonu

<i>Amino Asit (g/100g)</i>	<i>Mevcut Çalışma</i>	<i>Ege*</i>	<i>Karadeniz (Doğu)**</i>	<i>Amino Asit (g/100g)</i>	<i>Mevcut Çalışma</i>	<i>Ege*</i>	<i>Karadeniz (Doğu)**</i>
Aspartik asit	2.01	3.72	7.27	Sistein	0.10	0.05	-
Glutamik asit	2.99	5.81	3.73	Valin	1.00	0.41	2.51
Asparagin	<0.017	0.34	-	Metiyonin	0.61	0.11	-
Serin	0.86	3.66	1.25	Triptofan	<0.02	0.03	-
Histidin	0.57	0.07	0.77	Fenilalanin	0.94	0.33	2.26
Glisin	0.92	0.23	2.48	İzolösin	0.93	0.29	2.70
Treonin	0.94	0.35	1.67	Lösin	1.58	0.57	2.31
Arginin	1.18	0.20	-	Lisin	1.81	3.29	3.21
Alanin	1.21	0.36	2.64	Hidroksiprolin	<0.26	0.13	-
Tirosin	0.74	0.04	1.16	Prolin	0.92	0.05	1.34

* Özden ve Erkan, 2008

** Erdem ve ark., 2009

Ege bölgesinde yetiştirilen levrek balığının; aspartik asit, glutamik asit, serin, ve lizin amino asiti içeriği araştırmada kullanılan balık eti içeriğine oranla yüksek bulunmuştur. Buna karşın, Orta Karadeniz Bölgesi'nden temin ettiğimiz levrek balığının amino asit içeriği Ege Bölgesi'ndekine oranla daha yüksek miktarda, histidin, glisin, treonin, arginin, alanin, tirosin, sistein, valin, metiyonin, fenilalanin, izolösin, lösin ve prolin içermektedir. Doğu Karadeniz levreğinde ise tüm amino asit miktarları daha yüksektir.

Çizelge 5.1.2.3'de insanlarda günlük esansiyel aminoasit gereksinimi ve çalışmada kullanılan levrek balığının 200g miktarı ile günlük gereksinimi karşılama oranları verilmiştir.

Çizelge 5.1.2.3. Günlük esansiyel aminoasit gereksinimi ve levrek balığının günlük gereksinimi karşılama oranları

<i>Aminoasit</i>	<i>Günlük gereksinim Yetişkin (mg)*</i>	<i>200 g levrek etindeki miktar (mg)</i>	<i>Gereksinimi karşılama oranı (%)</i>
Fenilalanin	19	19	100
İzolösin	13	19	146
Lisin	16	36	225
Lösin	19	32	168
Metiyonin	17	12	71
Treonin	9	19	211
Triptofan	5	<0.4	<8
Valin	13	20	154

* Anonim 2010ı

Esansiyel aminoasitlerce zengin olan levrek balığı etinin 200 gramlık porsiyonu, Çizelge 5.1.2.3'de görüldüğü gibi triptofan hariç, insanların günlük aminoasit gereksinimini karşılamaktadır.

5.1.3. Yağ Asitleri Kompozisyonu

Çalışmada kullanılan levrek balığının yağ asitleri kompozisyonu Çizelge 5.1.3.1. ve Şekil 5.1.3.1.'de verilmiştir.

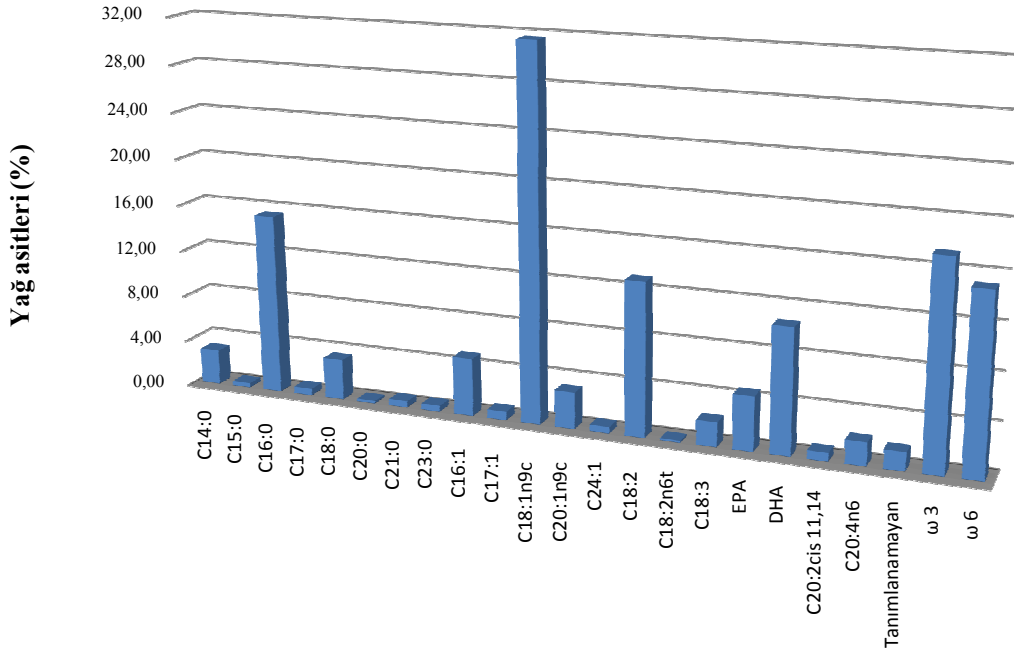
Balık yağının doymuş yağ asiti miktarı (SFA) %24.21, tekli doymamış yağ asiti miktarı (MUFA) %40.96, çoklu doymamış yağ asiti miktarı (PUFA) ise %33.24 olarak tespit edilmiştir. SFA içeriğinin büyük bir miktarını sırasıyla, palmitik asit (% 15.43), stearik asit (%3.50) ve miristik asit (%3.01) oluşturmaktadır. Tekli doymamış yağ asitlerinin yaklaşık %77'si oleik asitten oluşurken, toplam MUFA içerisinde palmitoleik asit ve eikosenoik asit fazlaca bulunmaktadır. PUFA içeriğinin büyük bir miktarını ise

linoleik asit (%13.02), DHA (%10.59) ve EPA (%4.63) oluşturmaktadır. Balık yağında bulunan baskın $\omega 3$ yağ asitleri EPA ve DHA'dır. $\omega 6$ yağ asitlerinin büyük bir kısmını ise linoleik asit oluşturmaktadır. Çalışmada $\omega 3/\omega 6$ oransal değeri 1.09 olarak tespit edilmiştir. EPA ve DHA insan sağlığı için son derece önemli $\omega 3$ yağ asitlerindendir. İngiltere Beslenme Kuruluşu (British Nutrition Foundation, 1992) dengeli bir beslenme için günlük diyetlerde en az 0.20 g EPA+DHA alınması gerektiğini bildirmiştir. Buna göre günde 100 g levrek tüketimi bu gereksinimi karşılamaktadır.

Çizelge 5.1.3.1. Levrek balığının yağ asitleri kompozisyonu (%)

<i>Yağ asitleri</i>	<i>%</i>
C14:0 (Miristik asit)	3.01±0.02
C15:0 (Pentadekanoik asit)	0.38±0.01
C16:0 (Palmitik asit)	15.43±0.00
C17:0 (Heptadekanoik asit)	0.59±0.01
C18:0 (Stearik asit)	3.50±0.03
C20:0 (Araşidik asit)	0.22±0.01
C21:0 (Henicosanoik asit)	0.56±0.01
C23:0 (Trikosanoik asit)	0.52±0.02
Σ SFA	24.21±0.03
C16:1 (Palmitoleik asit)	4.95±0.02
C17:1 (Heptadesenoik asit)	0.74±0.04
C18:1n9c (Oleik asit)	31.59±0.06
C20:1n9c (Eikosenoik asit)	3.12±0.02
C24:1 (Nervonik asit)	0.56±0.01
Σ MUFA	40.96±0.03
C18:2 (Linoleik asit)	13.02±0.01
C18:2n6t (Linoleadik asit)	0.16±0.00
C18:3 (Linolenik asit)	2.11±0.01
C20:5 cis 5,8,11,14,17 (EPA)	4.63±0.04
C22:6 cis-4, 7,10,13,16,19 (DHA)	10.59±0.00
C20:2cis 11,14 (Eikosadienoik asit)	0.73±0.07
C20:4n6 (Araşidonik asit)	2.00±0.05
Σ PUFA	33.24±0.08
<i>Tanımlanamayan</i>	1.59±0.02
$\omega 3$	17.33±0.05
$\omega 6$	15.91±0.13
$\omega 3 / \omega 6$	1.09±0.01

SFA: Doymuş yağ asitleri, MUFA: Tekli doymamış yağ asitleri, PUFA: Çoklu doymamış yağ asitleri
EPA: Eikosapentaenoik asit, DHA: Dokosaheksaenoik asit



Şekil 5.1.3.1. Levrek balığının yağ asitleri kompozisyonu (%)

Balık yağları genellikle %20-30 oranında doymuş yağ asitlerini, %70-80 oranında doymamış yağ asitlerini içerir. Balık yağlarındaki PUFA miktarı %25-30 olup PUFA'lar genel olarak omega-3 şeklindedir (Gökoğlu, 2002; Çaklı, 2007). Birçok yağ asiti insan vücudunda sentezlenirken esansiyel yağ asitleri sentezlenemezler. İnsan vücudu için gerekli olan esansiyel yağ asitleri n-3 PUFA α -linolenik asit ve n-6 PUFA linoleik asittir (Lunn ve Theobald, 2006). Çoklu doymamış yağ asitlerinin (PUFA) tüketimi ile kan kolesterol seviyesinin azaldığı çeşitli çalışmalarla ifade edilmiştir. Sağlıklı bir insanda çoklu doymamış yağ asitlerinin (P), doymuş yağ asitlerine (S) oranı (P/S) 1 düzeyinde olmalıdır ve bu P/S oranı 1 civarında olan gıdaların tüketimi ile düzenlenebilir. Diyetteki doymamış yağ asitleri miktarı artırılarak bu oran artırılabilir. Metabolizması bozulmuş kişilerde bu değer 1.4-1.8 civarındadır (Demirci, 2003). Levrek balığında P/S oranı 1.38 olarak bulunmuştur ki bu değer günlük metabolizmanın düzenlenmesi için yeterli olabilir. Balık yağları, insan beslenmesi için büyük önem arz eden yağda çözünen vitaminler (A ve D vitamini) ile, esansiyel ve ω 3 çoklu doymamış yağ asitlerini (PUFA) içerir. Bu bileşenler insanlarda özellikle kardiyovasküler hastalıkların önlenmesinde etkin rol oynamaktadır (Aubourg, 2010).

Farklı araştırmacılar tarafından farklı bölgelerden elde edilen levrek balığı yağ

asitleri kompozisyonu Çizelge 5.1.3.2’de verilmiştir.

Çizelge 5.1.3.2. Farklı bölgelerden avlanan levrek balıklarının yağ asit kompozisyonu (%)

<i>Yağ asitleri</i>	<i>Yetiştiricilik</i>					<i>Doğal</i>
	<i>Mevcut Çalışma</i>	<i>Muğla*</i>	<i>Sinop*</i>	<i>Yunanistan**</i>	<i>İspanya**</i>	<i>Sinop**</i>
C12:0 (Laurik asit)	-	0.05	0.05	-		0.07
C14:0 (Miristik asit)	3.01	4.55	4.20	3.35	3.27	3.21
C15:0 (Pentadekanoik asit)	0.38	-	-	0.73	0.59	-
C16:0 (Palmitik asit)	15.43	17.56	17.67	21.50	22.24	18.90
C17:0 (Heptadekanoik asit)	0.59	-		0.29	0.24	-
C18:0 (Stearik asit)	3.50	3.49	3.77	4.51	4.58	3.68
C20:0 (Araşidik asit)	0.22	-	-	-	-	-
C21:0 (Henicosanoik asit)	0.56	-	-	-	-	-
C22:0 (Behenik asit)	-	0.09	0.10	-		0.11
Σ SFA	24.21	25.74	25.79	30.38	30.57	25.97
C14:1 (Miristoleik asit)	-	0.09	0.10	-		0.11
C16:1 (Palmitoleik asit)	4.95	0.20	0.13	4.19	4.58	0.20
C17:1 (Heptadesenoik asit)	0.74	-	-	-	-	-
C18:1n9c (Oleik asit)	31.59	18.89	19.24	28.27	27.96	21.34
C20:1n9c (Eikosenoik asit)	3.12	1.39	0.61	4.01	5.66	0.53
C24:1 (Nervonik asit)	0.56	-	-	-		
Σ MUFA	40.96	20.57	20.09	36.47	36.32	22.18
C18:2 (Linoleik asit)	13.02	5.85	9.46	13.56	9.91	3.18
C18:2n6t (Linoleadik asit)	0.16	-	-	-	-	-
C18:3 (Linolenik asit)	2.11	1.52	1.39	1.15	1.19	0.81
C20:2 (Eikosadienoik asit)	0.73	0.39	0.48	1.98	2.10	1.07
C20:3 (cis-8-11-14 Eicosatrienoik asit)	-	0.09	0.08	-	-	0.16
C20:4n6 (Araşidonik asit)	2.00	-	-	0.33	0.48	-
C20:5 (EPA)	4.63	7.77	7.08	7.81	9.26	5.01
C22:2 (cis-13-16 docosadienoik asit)	-	0.76	0.87	-	-	1.59
C22:6 (DHA)	10.59	11.99	12.62	8.33	7.36	12.65
Σ PUFA	33.24	28.37	31.98	33.16	30.30	24.44
ω 3	17.33	20.61	20.68	17.29	17.81	17.37
ω 6	15.91	7.74	11.33	15.87	12.49	5.07
ω3 / ω6	1.09	2.66	1.83	1.09	1.43	3.43

SFA: Doymuş yağ asitleri, MUFA: Tekli doymamış yağ asitleri, PUFA: Çoklu doymamış yağ asitleri, EPA: Eikosapentaenoik asit, DHA: Dokosaheksaenoik asit, *Erdem ve ark., (2009), **Fuentes ve ark., (2010)

Çalışmada kullandığımız levrek balığının yağ asit kompozisyonu Çizelge

5.1.3.2'deki farklı bölgelerde yetiştirilen balıklar ile kıyaslandığında, doymuş yağ asitleri miktarı bakımından daha düşük, tekli ve çoklu doymamış yağ asitleri miktarı bakımından da yüksek değerlere sahip olduğu belirtilebilir.

Yunanistan ve İspanya'da yetiştirilen levrek balıklarının tekli doymamış yağ asitleri (MUFA) miktarı doymuş yağ asitleri (SFA) miktarından yüksek olup çalışmamızla benzerdir. Diğer bölgelerden elde edilen balıkların MUFA içerikleri SFA'dan düşüktür. Çizelge 5.1.3.2'de de görüldüğü gibi SFA içerisinde en yüksek miktarı palmitik asit oluşturmuştur. Çalışmamızda oleik asit miktarı ise tüm gruplardan daha yüksek bulunmuştur. Fuentes ve ark. (2010), Erdem ve ark. (2009), Alasalvar ve ark. (2002) hem kültür hem de doğal levrek balıkları için oleik asitin birincil tekli doymamış yağ asiti, palmitik asitin ise birincil doymuş yağ asiti olduğunu bildirmiştir. Linoleik asit miktarı, Yunanistan'da yetiştirilen levrek balıkları ile benzerlik gösterirken, diğer bölgelerden yüksek saptanmıştır. EPA içeriği diğer bölgelere göre düşük olan balık etinin DHA içeriği Yunanistan ve İspanya'dan yüksek diğer bölgelerden düşüktür. Omega 3 miktarı, Yunanistan ve İspanya'da yetiştirilen levrekler ile Sinop bölgesinde avlanan levrek balıkları ile benzer bulunmuş buna rağmen Muğla ve Sinop'ta yetiştirilen levrek balıklarının $\omega 3$ miktarından daha düşük olmuştur. Levrek balığının omega 6 yağ asitleri miktarı Yunanistan ile benzer bulunmuş olup diğer bölgelerdeki balıklardan oldukça yüksektir. Çalışmamızda $\omega 3/\omega 6$ oranı Yunanistan'da yetiştirilen levrek balığı ile benzerlik gösterirken doğal yolla avlanan balıklardan ise oldukça düşük bulunmuştur.

Deniz ürünlerindeki yağ ve yağ asit kompozisyonlarının farklı olması, beslenme şekli, coğrafik şartlar, çevre sıcaklığı, mevsim, avlanma bölgesi, balık büyüklüğü, cinsiyet ve tür gibi farklı faktörlere bağlıdır (Alasalvar ve ark., 2002; Çaklı, 2007).

5.1.4. Kolesterol Miktarı

Levrek balığı (*Dicentrarchus labrax*)'nın kolesterol miktarı $42 \pm 0.00 \text{ mg/100g}$ olarak tespit edilmiştir. Balıktaki kolesterol miktarı benzer türlerde dahi farklılık göstermektedir (Çizelge 5.1.4.1).

Levrek balığının, Çizelge 5.1.4.1'de yer alan su ürünlerinden salmon dışında daha düşük miktarda kolesterol (42 mg/100g) içerdiği görülmektedir. Gökoğlu (2002), kabukluların ve yılan balığının kolesterol miktarının daha yüksek olduğunu bildirmiştir.

Çizelge 5.1.4.1. Bazı su ürünlerinin kolesterol miktarları (Gökoğlu, 2002)

Gıda Maddesi (100g)	Kolesterol (mg)
Alabalık (<i>Salmo trutta</i>)	55
Salmon (<i>Salmo salar</i>)	35
Tatlı su levreği (<i>Perca fluviatilis</i>)	68-76
Yılan Balığı	142
Midye (<i>Mytilus edulis</i>)	110-185
Karides (<i>Crangon crangon</i>)	125-150

Birçok yenilebilir balık türü içerdikleri yağ miktarına bağlı olmaksızın yaklaşık 50 mg/100g, karides eti ise en az 150-160 mg/100g kolesterol içermektedir (Ackman, 1994).

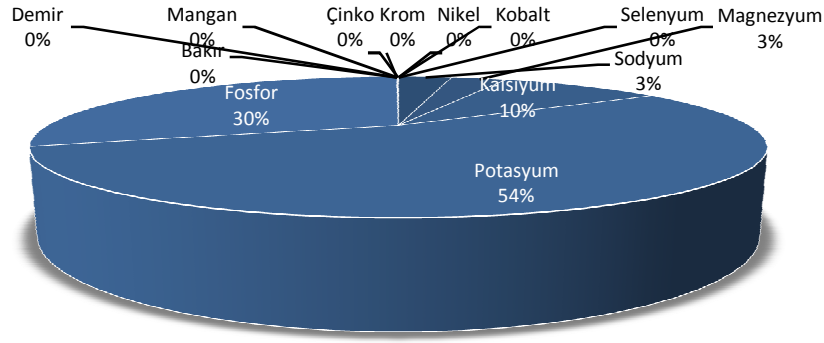
Piironen ve ark. (2002), balık etinin yağ içeriği ile kolesterol miktarı arasında bir ilişkinin olmadığını belirtmiş, yağ miktarları sırasıyla %6.5, %12.6, %0.6 olan Baltık ringası (*Clupea harengus* spp.), gökkuşağı alabalığı (*Salmo gairdneri*) ve turna balığının (*Esox lucius*) kolesterol değerlerini; 77 mg/100g, 65 mg/100g ve 63 mg/100g olarak tespit etmiştir. Ackman (1994), benzer ya da farklı türlerin kolesterol içeriklerinin incelendiği çalışmalarda farklı sonuçlar bulunduğunu ve bu farklılığın birincil olarak kolesterol analizinde kullanılan metotlardan kaynaklandığını bildirmiştir.

5.1.5. Mineral Madde Miktarları

Çizelge 5.1.5.1. ve Şekil 5.1.5.1’de çalışmamızda kullanılan levrek balığının mineral madde miktarları, Çizelge 5.1.5.2’de günlük diyetle alınması tavsiye edilen mineral miktarları verilmiştir.

Çizelge 5.1.5.1. Levrek balığının mineral madde kompozisyonu

Mineraller			
Makro elementler		Mikro elementler	
Sodyum	36.60±2.00 mg/100g	Demir	<0.38±0.00 mg/kg
Magnezyum	38.05±0.85 mg/100g	Bakır	<0.106 ±0.00 mg/kg
Kalsiyum	110.20±0.10 mg/100g	Krom	<1.00±0.00 mg/kg
Potasyum	628.75 ±8.65 mg/100g	Mangan	0.24±0.01 mg/100g
Fosfor	344.39±5.41 mg/100g	Çinko	0.84±0.00 mg/100g
		Kobalt	<1.00±0.00 mg/kg
		Nikel	<0.50±0.00 mg/kg
		Selenyum	0.018±0.00 mg/100g



Şekil 5.1.5.1. Balık eti mineral madde içeriği (%)

Çizelge 5.1.5.2. Günlük diyetle alınması tavsiye edilen mineral miktarları (Demirci, 2003)

<i>Mineraller</i>			
<i>Makro elementler</i>	<i>Tavsiye edilen miktar (µg)</i>	<i>Mikro elementler</i>	<i>Tavsiye edilen miktar (µg)</i>
Sodyum	5000*	Bakır	1.5-3
Magnezyum	350 (erkek) 300 (kadın)	Demir	10 (erkek) 15 (kadın)
Kalsiyum	900	Krom	-
Potasyum	2000*	Mangan	2-5
Fosfor	1400	Kobalt	-
		Nikel	-
		Selenyum	30-70**
		Çinko	15 (erkek) 12 (kadın)

* Günlük tahmini minimum ihtiyaç miktarı, **Çaklı (2007)'den alınmıştır, - Belirlenmemiş

Analiz sonuçlarına göre 100g levrek balığı eti, makro elementlerden potasyum, fosfor ve kalsiyumu, mikro elementlerden ise çinko ve manganı yüksek oranda içermektedir. Organizmada birçok önemli fonksiyona sahip olan mineral maddeler kemik dokunun yapı taşı oluşturur ve vücudun elektrolit dengesini sağlarlar. Enzim kofaktörü, hormon ve vitamin bileşeni olarak görev yaparlar ve kanda hemoglobinin taşınmasına yardımcı olurlar. Pek çok önemli göreve sahip olan mineral maddelerin günlük diyetle alınması gerekir. 100g levrek balığı günlük diyetle alınması gereken fosfor, potasyum, kalsiyum, magnezyum ve sodyum miktarının tamamını karşılamaktadır.

Gökoğlu (2002), tatlı su levreğinin (*Perca fluviatilis*) Na, K, Ca miktarlarını sırasıyla; 37-69, 220-390, 20 mg/100g olarak bildirmiştir. Bu mineral maddelerden sadece Na içeriği çalışmamız ile benzer bulunmuştur.

Erkan ve Özden (2007), levrek balığının (*Dicentrarchus labrax*), Na, K, Ca, P, Mg, Mn, Fe, Zn, Se, I içeriklerini sırasıyla; 77.3, 45.97, 63.6, 373.6, 32.6, 0.0547, 2.47, 0.2833, 0.0282, 32.3 mg/100g olarak belirtmiştir. Çalışmada kullandığımız levrek balığının Na, P, Fe, Se miktarları bu literatür verilerinden düşük, K, Ca, Mn, Zn, Mg miktarları ise yüksek bulunmuştur.

Balık türleri aynı olsa bile bölge ve avlanma şekilleri (doğal ya da yetiştiricilik) balık etinin diğer besin öğelerinde olduğu gibi mineral madde içeriğini de etkilemektedir. Çizelge 5.1.5.3’de farklı bölgelerden yetiştiricilik ve doğal yollarla elde edilen levrek balığının mineral madde içeriği verilmiştir.

Çizelge 5.1.5.3. Yetiştiricilik ve doğal yollarla elde edilen levrek balığının (*Dicentrarchus labrax*) mineral madde içeriği

<i>Makro elementler (mg/100g)</i>	<i>Mevcut Çalışma</i>	<i>Yunanistan *</i>	<i>İspanya *</i>	<i>Doğal (İspanya) *</i>
Na	36.60	25.00	28.00	29.00
Mg	38.05	11.00	8.00	12.00
Ca	110.20	20.00	10.00	11.00
K	628.75	73.00	134.00	152.00
P	344.39	37.00	29.00	37.00
<i>Mikro elementler (mg/100g)</i>				
Fe	<0.38	0.11	0.17	0.16
Cu	<0.106	0.03	0.03	0.02
Mn	0.24	0.01	0.01	0.01
Zn	0.84	0.23	0.17	0.16

*Fuentes ve ark., 2010

Levrek balığında; makro elementlerden; Na, Mg, Ca, K, P, mikro elementlerden ise, Fe, Cu, Mn, Zn miktarı; Yunanistan ve İspanya’da avlanan levrek balıklarından oldukça yüksek bulunmuştur. Bu farklılıklar avlama bölgesi, avlanma sezonu, biyolojik farklılıklar gibi çeşitli faktörlerden kaynaklanabilir.

5.1.6. Ağır Metal Miktarları

Karadeniz levrek balığı etinde tespit edilen ağır metaller ve miktarları Çizelge 5.1.6.1.’de verilmiştir.

Çizelge 5.1.6.1. Balık eti ağır metal içeriği (mg/kg)

<i>Ağır Metaller</i>	<i>mg/kg</i>	<i>Ağır Metaller</i>	<i>mg/kg</i>
Arsenik	<0.0006±0.00	Kadmiyum	0.002±0.00
Civa	<0.001±0.00	Kurşun	0.035±0.00

Mineral maddelerin bir çoğu insanlar için esansiyeldir. Ancak bakır ve çinko gibi mikroelementler ve arsenik, civa, kadmiyum ve kurşun gibi ağır metaller, belli limitlerin üzerinde vücuda alındığında sağlık sorunlarına yol açmaktadır. Tarım Bakanlığı Su Ürünleri Yönetmeliği'ne göre 1 kg yaş balık etindeki civa, kadmiyum ve kurşun için kabul edilebilir sınır değerler sırasıyla; 0.5, 0.05, 0.3 mg dır (Anonim, 2008).

Çizelge 5.1.6.1.'de de görüldüğü gibi levrekteki arsenik ve civa miktarı yok denecek miktarlardadır. Levrek balığı etinin kurşun miktarı diğer ağır metallere oranla yüksek bulunmasına rağmen Su Ürünleri Yönetmeliği'nde verilen sınır değeri (0.30 mg/kg yaş ağırlık) geçmemiştir. Keza kadmiyum da 0.002mg/kg gibi çok düşük bir miktarda tespit edilmiştir. Gökoğlu (2002), balıklardaki civa miktarının genel olarak 0.02-0.20mg/kg arasında, kadmiyum miktarının 0.10mg/kg'ın altında, kurşun miktarının 0.90mg/kg, arsenik miktarının ise 0.50mg/kg'ın altında olduğunu bildirmiştir. Civa genelde yoğun kirli körfez bölgelerinde yüksek oranda bulunur. Bu çalışmadaki balıkların temin edildiği çiftlik oldukça temiz, sanayi ve evsel atıklardan uzak bir bölgede bulunduğu için balık eti civa miktarı kabul edilebilir sınır değer (0.5mg/kg yaş ağırlık) oldukça altında bulunmuştur.

Cid Pérez ve ark. (2001), Portekiz Ria de Aveiro bölgesinden elde edilen levrek (*Dicentrarchus labrax*) balıklarının kadmiyum miktarını 0.00619mg/kg, kurşun miktarını ise 0.0380mg/kg olarak belirtmiştir. Çalışmada kullanılan levrek balığının kurşun içeriği bu kaynak ile benzerlik gösterirken, kadmiyum miktarı çok daha düşük bulunmuştur. Bu farklılığın bölge, deniz suyu ve çevresel farklılıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Dalman ve ark. (2006), Ege Denizi Güllük Körfezi'nde yetiştirilen levrek balıklarının (*Dicentrarchus labrax*) Pb, Cd içeriklerini sırasıyla; <0.02-0.40, 0.01-0.40 mg/kg olarak bildirmiştir. Bu değer araştırılmamızda bulunan kurşun değeri ile benzer ancak kadmiyum ile farklı olması çevresel faktörlerden kaynaklanabilir.

Custódio ve ark. (2010), doğal yolla avlanan levrek balıklarının toksik metal (Cd, Hg, Pb) içeriğinin yetiştiricilik yoluyla elde edilenlerden daha yüksek olduğunu fakat bu sonuçların verilen limit değerleri aşmadığını bildirmiştir. Deniz suyunda bulunan ağır metallerin miktarı; genel olarak çevresel faktörler, insan ve antropojenik (endüstri, tarım, botonik, ulaşım vb.) faktörlerden kaynaklanır. Bu faktörler göz önünde

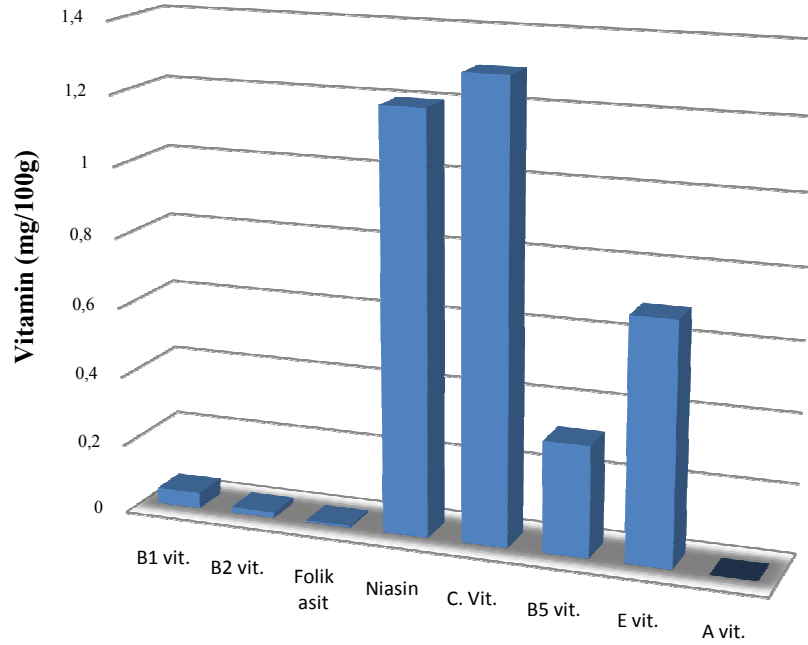
tutulduğunda bu elementlerin miktarları doğal yolla avlanan balık türlerinde daha yüksek olabilmektedir. Yetiştiricilik tesislerinde balıkların kontrollü koşullarda yetiştirilmesi, su kalitesinin kontrolü, yem içeriği bu sonucu olumlu yönde etkileyebilmektedir.

5.1.7. Vitamin Miktarları

Çalışmada kullanılan Karadeniz levrek balığının vitamin içeriği Çizelge 5.1.7.1 ve Şekil 5.1.7.1.'de verilmiştir.

Çizelge 5.1.7.1. Balık eti vitamin içeriği (mg/100g)

<i>Vitaminler</i>	<i>mg/100g</i>
B1 vitamini (Tiamin)	0.046±0.00
B2 vitamini (Riboflovin)	0.016±0.00
Folik asit	0.006±0.00
Niasin (Nikotinamid)	1.200±0.00
C vitamini (Askorbik asit)	1.300±0.01
B5 vitamini (pantotenik asit)	0.320±0.00
E vitamini (Tokoferol)	0.690±0.01
A vitamini (All-trans retinol)	Tespit edilmedi



Şekil 5.1.7.1. Balık eti vitamin içeriği (mg/100g)

Vitaminler ara metabolizma ürünleridir. İnsan ve hayvan organizmaları için; organizmada hiç üretilmeyen ya da yeterli miktarda sentezlenemeyen özel fonksiyonları olan esansiyel maddelerdir (Demirci, 2003). Genel olarak sebze ve meyveler vitamince zengindir. Su ürünlerinde bulunduğu bilinen vitaminler; A, D, B1, B2, niasin, B6, pantotenik asit, B12 ve C vitaminidir. Balık yağı da yağda eriyen vitaminlerden A ve D vitamininin önemli bir taşıyıcısıdır (Gökoğlu, 2002). Balık etinin niasin ve C vitamini oranı diğer suda eriyen vitaminlere oranla yüksek bulunmuştur. B1 ve B2 vitamin miktarları ise sırasıyla; 0.046 ve 0.016 mg/100g'dır. Balık etleri kırmızı et ürünleri ile karşılaştırıldığında B1 ve B2 vitaminlerini daha az oranda içerirler. Yağlı balık türlerinde tiaminaz enziminin bulunması spesifik bir problemdir. Bu enzim tiamini parçalar (Varlık ve ark., 2004). Tiamin vücudun proteini kullanabilmesi, karbonhidratlardan enerji üretilmesi, beyin fonksiyonları ve sindirim sistemi için gerekli olan bir vitamindir. Yağ oranı 10.72 g/100g olarak belirlenen levrek balığının B1 vitamini içeriğinin düşük olması tiaminaz enzim aktivitesinden kaynaklanabilir.

B2 vitamini balık etinde az miktarda bulunur. Özellikle balık gözü retinası ile metabolik olarak aktif dokular, melanin derisi, koyu renkli kaslar ve pelajik türlerde bu vitamin oranı fazladır (Gökoğlu, 2002).

Adenin dinükleotid fosfatın yapı taşı olan nikotinamid vitamini balık etinde C vitamininden sonra 2. sırada tespit edilmiştir. Yüksek niasin miktarının balık eti yağ oranının yüksek olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Zira Gökoğlu (2002), yağlı balık etlerinin niasin içeriğinin yağsız balık türlerine oranla fazla olduğunu bildirmiştir. Levrek etinde yağda eriyen bir vitamin olan tokoferol (E vitamini) yüksek oranda bulunmuştur. Tokoferol antioksidan özelliğe sahip bir vitamindir ve yağlı balıklarda yüksek oranda bulunur. 100 g levrek etinin tokoferol içeriği (0.69 mg/100g) günlük ihtiyacın (0.012 mg) çok daha fazlasını karşılamaktadır. Karadeniz levrek balığı etinde A vitamini tespit edilememiştir. Bunun nedeni A vitaminin daha çok balık yağı ve karaciğerinde bulunması olabilir. Varlık ve ark. (2004), morina, uskumru ve yılan balığı kas etinin yağ ve A vitamini miktarlarını sırasıyla; %0.3, 0.015mg/100g; %8, 0.015mg/100g; %20, 1.36mg/100g olarak bildirmiştir. Su ürünlerinin yetiştirildikleri bölge, yemdeki vitamin miktarları ve çeşitleri, ısıtma işlem uygulamaları gibi faktörler balık eti vitamin içerik ve miktarlarını etkilemektedir.

Yapılan vitamin analizi sonuçlarına göre 100g Karadeniz levrek balığı etinde

bulunan tokoferol dışındaki vitaminler günlük alınması gereken en az vitamin ihtiyacını karşılamaya yetmemektedir.

5.2. Fiziksel Analiz Bulguları

5.2.1. Ağırlık Kaybı

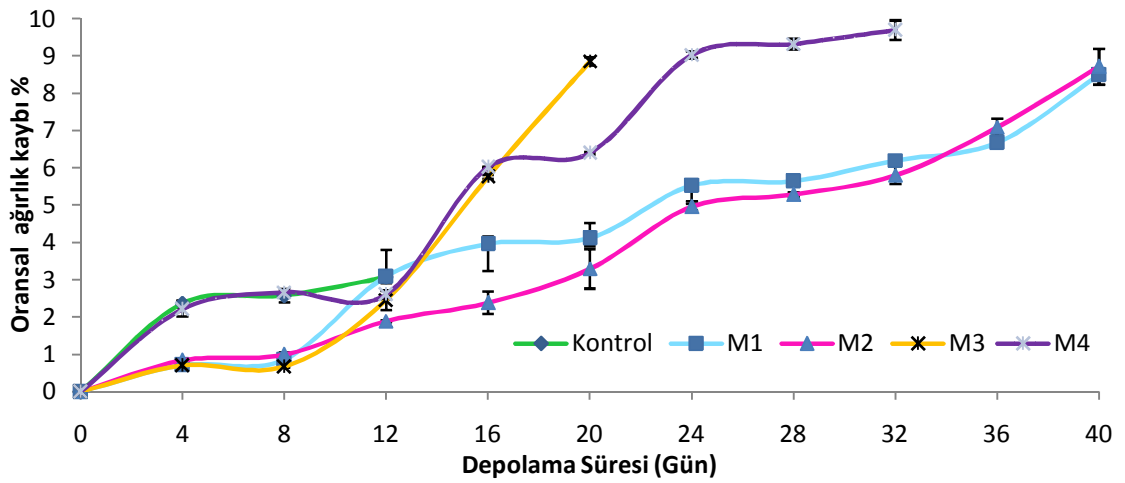
Farklı modifiye atmosfer koşullarında paketlenen ve buzdolabı koşullarında muhafaza edilen levrek balığına ait oransal ağırlık kaybı (%) bulguları Çizelge 5.2.1.1. ve Şekil 5.2.1.1.'de verilmiştir.

Çizelge 5.2.1.1. Farklı gaz karışımları ile paketlenen balıkların depolama süresince oransal ağırlık kaybı değerleri (%)

Gün	Kontrol (Hava)	M1 (%75 CO ₂ + %25 N ₂)	M2 (%60 CO ₂ + %40 N ₂)	M3 (%30 CO ₂ + %30 O ₂ + %40 N ₂)	M4 (Vakum)
0	0.00 ± 0.00 ^{aA}	0.00 ± 0.00 ^{aA}	0.00 ± 0.00 ^{aA}	0.00 ± 0.00 ^{aA}	0.00 ± 0.00 ^{aA}
4	2.36 ± 0.09 ^{bA}	0.71 ± 0.00 ^{abB}	0.84 ± 0.01 ^{abB}	0.70 ± 0.01 ^{bB}	2.21 ± 0.20 ^{bA}
8	2.58 ± 0.18 ^{bcA}	0.85 ± 0.02 ^{abB}	0.99 ± 0.06 ^{abB}	0.67 ± 0.03 ^{baB}	2.66 ± 0.02 ^{bA}
10	2.93 ± 0.18 ^{c-}	-	-	-	-
12	3.07 ± 0.02 ^{cA}	3.09 ± 0.17 ^{bA}	1.89 ± 0.03 ^{bcB}	2.46 ± 0.27 ^{cAB}	2.60 ± 0.11 ^{bAB}
16		3.96 ± 0.72 ^{bcA}	2.38 ± 0.30 ^{cdA}	5.76 ± 0.05 ^{dB}	6.01 ± 0.01 ^{cB}
20		4.12 ± 0.21 ^{bcA}	3.30 ± 0.53 ^{dA}	8.86 ± 0.11 ^{eB}	6.40 ± 0.04 ^{cC}
24		5.52 ± 0.41 ^{dA}	4.95 ± 0.08 ^{eA}		9.03 ± 0.09 ^{dB}
28		5.63 ± 0.05 ^{dA}	5.28 ± 0.06 ^{eA}		9.32 ± 0.15 ^{dB}
32		6.20 ± 0.04 ^{deA}	5.80 ± 0.24 ^{efA}		9.69 ± 0.26 ^{dB}
36		6.67 ± 0.04 ^{eA}	7.09 ± 0.24 ^{fA}		
40		8.49 ± 0.26 ^{fA}	8.71 ± 0.49 ^{gA}		

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

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



Kontrol: Hava, M1: %75 CO₂ + %25 N₂, M2: %60CO₂ + %40 N₂, M3: %30CO₂ + %30 O₂ + %40 N₂, M4: Vakum

Şekil 5.2.1.1. Farklı gaz karışımları ve depolama süresine göre oransal ağırlık kaybı

değerleri (%)

Şekil 5.2.1.1.'de görüldüğü gibi tüm gruplarda depolama başından itibaren balık ağırlık kayıplarında düzenli bir artış gözlenmiştir. Yapılan varyans analizi sonucunda, tüm gruplarda ağırlık kaybı bakımından 4. ve 8. günler arasında gözlenen farklılıklar istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$). Bu artış 12. günden sonra M3 ve M4 grubunda daha fazla olmuştur. Kontrol ve M1 grubundaki balıkların oransal ağırlık kaybı 12. günde sırasıyla %3.07 ve %3.09 olarak belirlenmiştir. MAP uygulanan (M1, M2 ve M3) grupların 4. ve 8. günlerdeki ağırlık kaybı %0.99'u geçmezken, kontrol ve M4 grubunda %2.66'ya ulaşmıştır. Oksijen içeren M3 grubunun ağırlık kaybı değeri 20 günlük depolama süresi sonunda %8.86 olarak belirlenmiştir. Çalışma süresince saptanan maksimum ağırlık kaybı (%9.69), vakum uygulanan M4 grubunda 32. günde tespit edilmiştir.

Balıkların 4. ve 8. gündeki ağırlık kayıpları bakımından Kontrol ve M4 grubu arasında gözlenen farklar ile MAP uygulanan gruplar arasında gözlenen farklar istatistiksel açıdan farksız bulunmuştur ($p>0.05$). 12. günde, en az ağırlık kaybı %60CO₂ + %40N₂ içeren M2 grubunda tespit edilmekle beraber, O₂ içeren M3 ve vakum uygulanan M4 grubunda tespit edilen ağırlık kaybı değerleri ile istatistiksel açıdan farksız olmuştur ($p>0.05$). Oksijen içeren M3 grubunun bozulduğu depolamanın 16. gününde belirlenen ağırlık kaybı, vakum paketli grup ile benzer olmuştur. Çizelge 5.2.1.1.'de de görüldüğü gibi depolama süresi boyunca M1 ve M2 gruplarının ağırlık kaybı 12. gün dışında benzerdir ($p>0.05$). 20. ve 32. günler arasında M4 grubunun ağırlık kaybı M1 ve M2'den önemli derecede ($p<0.05$) daha fazla tespit edilmiştir.

MAP uygulamalarında CO₂ balık eti yüzeyinde absorblandığından; paketlenme sonrası yapılan ilk ölçümlerde MAP uygulanan balıkların oransal ağırlık kaybı değerleri kontrol ve vakum grubundakilerden daha düşük bulunmuştur. Zira depolama süresince CO₂ oranı M3'ten daha fazla olan M1 ve M2 gruplarındaki ağırlık kaybı diğer gruplara oranla daha düşük saptanmıştır. Guðjónsdóttir ve ark. (2008), balık eti yüzeyinde CO₂ absorblandığını ya da damlacıklar şeklinde bulunduğunu, ağırlık kaybının CO₂ ile paketlenen gruplarda minimum kaydedildiğini belirtmiştir.

Oksijen içeren Kontrol ve M3 grubunun bozulma süreci diğer gruplara oranla daha çabuk başlamıştır. Oksijen varlığı nedeniyle mikrobiyal gelişme ve oksidasyon

hızlanmış, mikrobiyal enzimler ve kimyasal enzim faaliyetleri sonucunda depolamanın ilerleyen süreçlerinde balık eti kas proteinleri denatüre olarak, bu proteinlere bağlı olan su açığa çıkmış ve balıklarda ağırlık kaybı hızla artmıştır. M1 ve M2 grubunda paketlenmede kullanılan CO₂ gazı hem mikrobiyal hem de enzimatik aktiviteyi yavaşlatarak 40 günlük depolama süresi sonunda ağırlık kaybının %91.29 düzeyinde kalmasını sağlamıştır.

Depolama süresince en yüksek ağırlık kaybı ilk 8 günde kontrol ve vakum uygulanan grupta saptanmıştır. 20. günden sonra ise vakumlanan balıklardaki ağırlık kaybı, MAP uygulanan M1 ve M2 gruplarındaki balıklara göre önemli derecede ($p < 0.05$) fazla olmuştur. Paketleme işlemi esnasında paket içerisine verilen yüksek basınç ve daha sonra uygulanan vakum işlemi nedeniyle balık eti kas dokusunda bulunan serbest suyun bir kısmı dokuyu terk eder. Benzer şekilde Hansen ve ark. (2009), MA ve vakum uygulanarak paketlenen salmon balıklarında en yüksek ağırlık kaybının vakum uygulanan grupta gözlemlendiğini bildirmiştir.

5.2.2. Paket İçi Gaz Miktarları

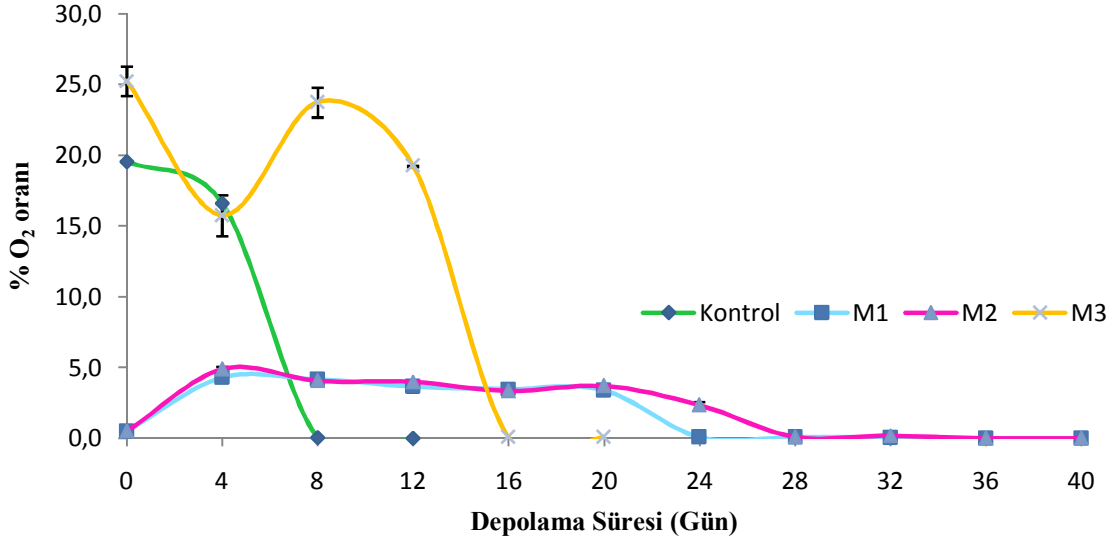
Kontrol, M1, M2 ve M3 gruplarına ait paket içi O₂ gazı ölçüm sonuçları Çizelge 5.2.2.1 ve Şekil 5.2.2.1.'de, CO₂ gazı ölçüm sonuçları ise Çizelge 5.2.2.2. ve Şekil 5.2.2.2'de verilmiştir.

Çizelge 5.2.2.1. Farklı gaz karışımları içeren paketlerin depolama süresince O₂ değerleri (%)

Gün	Kontrol (Hava)	M1 (%75 CO ₂ + %25 N ₂)	M2 (%60 CO ₂ + %40 N ₂)	M3 (%30 CO ₂ + %30 O ₂ + %40 N ₂)
0	19.55 ± 0.05 ^{aA}	0.50 ± 0.20 ^{aB}	0.50 ± 0.40 ^{aeB}	25.25 ± 1.05 ^{aC}
4	16.60 ± 0.00 ^{bA}	4.30 ± 0.20 ^{bB}	4.90 ± 0.20 ^{bB}	15.75 ± 1.45 ^{bA}
8	0.05 ± 0.05 ^{cA}	4.15 ± 0.15 ^{bB}	4.05 ± 0.05 ^{bcB}	23.75 ± 1.05 ^{aC}
10	0.01 ± 0.05 ^c	-	-	-
12	0.00 ± 0.10 ^{cA}	3.65 ± 0.35 ^{bB}	4.00 ± 0.00 ^{bcB}	19.25 ± 0.05 ^{cbC}
16		3.50 ± 0.20 ^{bA}	3.35 ± 0.15 ^{cA}	0.10 ± 0.00 ^{eB}
20		3.40 ± 0.15 ^{bA}	3.70 ± 0.10 ^{aeB}	0.10 ± 0.00 ^{eC}
24		0.10 ± 0.00 ^{aA}	2.35 ± 0.25 ^{dB}	
28		0.10 ± 0.00 ^{aA}	0.10 ± 0.00 ^{eA}	
32		0.05 ± 0.05 ^{aA}	0.20 ± 0.10 ^{eA}	
36		0.00 ± 0.00 ^{aA}	0.00 ± 0.00 ^{eA}	
40		0.00 ± 0.00 ^{aA}	0.00 ± 0.00 ^{eA}	

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

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



Kontrol: Hava, M1: %75 CO₂ + %25 N₂, M2: %60CO₂ + %40 N₂, M3: %30CO₂ + %30 O₂ + %40 N₂

Şekil 5.2.2.1. Farklı gaz karışımları içeren paketlerin depolama süresince O₂ değerleri (%)

Hava ile paketlenen Kontrol grubunun başlangıç oksijen miktarı %19.55'tir. Bu değer depolama sonu olan 8. günde %0.05 olarak ölçülmüştür. M3 grubunun başlangıç oksijen miktarı %25.25'iken, bu oran balıkların hem mikrobiyolojik ve kimyasal hem de duyuşal açıdan bozulduğu 16. günde %0.10'dur. Başlangıçta %0.50 oranında oksijen tespit edilen M1 ve M2 gruplarında ise önce bir miktar artış daha sonra azalış olmuş ve 40 günlük depolama süresi sonunda paket içerisinde oksijen bulunmamıştır. M1 ve M2 gruplarında zamanla paket içerisindeki oksijen miktarının artmasının nedeni paket materyalinin oksijen geçirgenliğinin olmasındandır. Günde 47.6 ml/m² oksijen geçirgenliği olan pakitleme materyali ile paketlenen M1 ve M2 grubunun depolama süresince paket içi oksijen gazı ölçüm sonuçları %4.90'ı geçmemiştir.

Kontrol ve %30 O₂ içeren M3 grubunun paket içi oksijen miktarları arasındaki farklılıklar sadece 4. gün önemsizdir (p>0.05). Kontrol grubunun paket içerisindeki oksijen miktarının tükendiği 12. günde başlangıçta %30 O₂ içeren M3 grubunun %19.25 O₂'ne sahip olduğu görülmektedir. M3 grubunun %0.10 oranında oksijen gazı içerdiği 20. günde başlangıçta hiç oksijen içermeyen M1 ve M2 grubu yaklaşık %3.5 civarlarında oksijen içermektedir. 20. ve 24. günlerde oksijen içeriği bakımından farklılık (p<0.05) gösteren M1 ve M2 grubunun oksijen gazı ölçümleri 28. günden itibaren istatistiksel açıdan farksız (p>0.05) bulunmuştur.

Depolama başlangıcında kontrol grubu ve M3 grubu yüksek oranda oksijen içermektedir. Gruplarda zamanla paket içerisindeki oksijen miktarı azalmıştır. Hava ile paketlenen kontrol grubunun O₂'ni depolamanın son gününe kadar mikroorganizmalar tarafından harcanarak tükenmiştir. Benzer şekilde Randell ve ark. (1997), başlangıçta %20.9 oksijen içeren streç filmle paketlenmiş balık etlerinin, paket içi oksijen içeriğinin depolama sonunda %0'a düştüğünü belirtmiştir. Metin (1999), oksijensiz gaz karışımı ile paketlenen alabalık burgerinin paket içi O₂ gazı miktarında artış gözlemlendiğini ve bunun sebebinin paket materyalinde meydana gelebilecek oksijen sızıntısından olduğunu bildirmiştir.

M1 ve M2 gruplarında ise başlangıçta iz miktarda tespit edilen oksijen gazı önce artmış sonra azalarak %0.00'a inmiştir. Paket içerisindeki O₂ miktarındaki azalış ortamdaki oksijenin mikroorganizmalar tarafından solunuma harcanmasından kaynaklanmıştır (Lannelongue ve ark., 1982; Metin, 1999). Benzer bir araştırmada %75 CO₂ + %25 N₂ karışımı ile paketlen Tilapya filetolarının O₂ konsantrasyonu önce artış göstererek %6 seviyelerine çıkmış, 40 günlük depolama süresi sonunda %0'a inmiştir. Bu azalışın sebebi post mortem metabolik ve mikrobiyal aktivite olarak belirtilmiştir (Reddy ve ark., 1996).

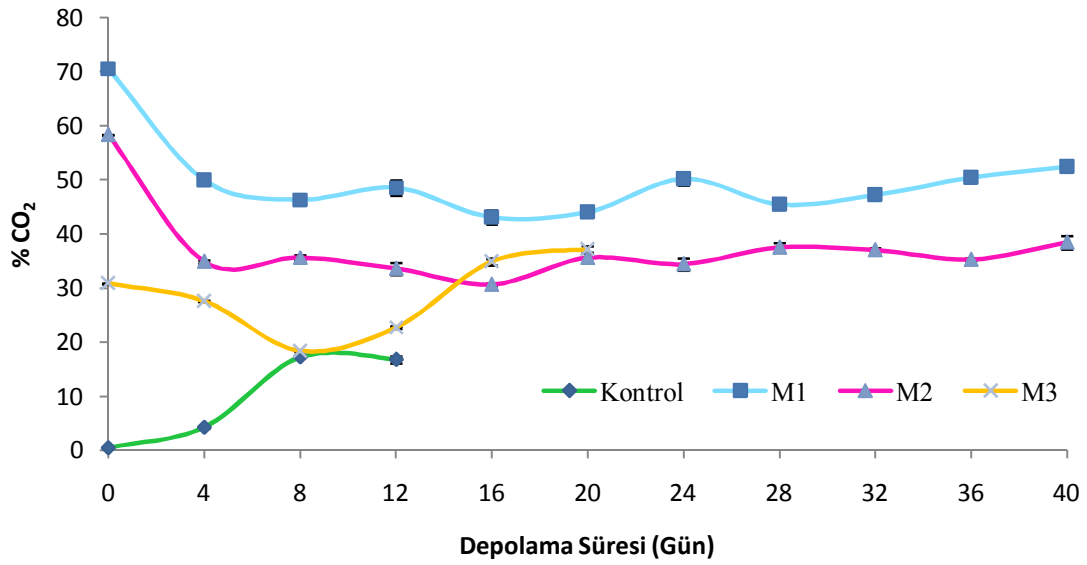
Farklı gaz karışımları içeren paketlerdeki karbondioksit gazı değişimine ilişkin sonuçlar Çizelge 5.2.2.2. ve Şekil 5.2.2.2.'de verilmiştir.

Çizelge 5.2.2.2. Farklı gaz karışımları içeren paketlerin depolama süresince CO₂ değerleri (%)

<i>Gün</i>	<i>Kontrol (Hava)</i>	<i>M1 (%75 CO₂ + %25 N₂)</i>	<i>M2 (%60 CO₂ + %40 N₂)</i>	<i>M3 (%30 CO₂ + %30 O₂ + %40 N₂)</i>
0	0.45 ± 0.05 ^{aA}	70.60 ± 0.20 ^{aB}	58.35 ± 0.05 ^{aC}	30.85 ± 0.15 ^{aD}
4	4.30 ± 0.20 ^{bA}	50.00 ± 0.30 ^{bdB}	34.90 ± 0.30 ^{bC}	27.60 ± 0.10 ^{bD}
8	17.25 ± 0.05 ^{cA}	46.35 ± 0.15 ^{bcdB}	35.70 ± 0.50 ^{bC}	18.40 ± 0.10 ^{cA}
10	17.20 ± 0.00 ^c	-	-	-
12	16.85 ± 0.65 ^{cA}	48.60 ± 1.40 ^{bdB}	33.60 ± 1.10 ^{bC}	22.80 ± 0.20 ^{dA}
16		43.10 ± 1.30 ^{cA}	30.70 ± 0.20 ^{cB}	34.90 ± 0.60 ^{eB}
20		44.05 ± 0.45 ^{cA}	35.60 ± 0.90 ^{bB}	37.20 ± 0.60 ^{fB}
24		50.20 ± 1.10 ^{dfghA}	34.45 ± 1.15 ^{bcB}	
28		45.45 ± 0.45 ^{efA}	37.50 ± 0.90 ^{bB}	
32		47.20 ± 0.10 ^{fgA}	37.05 ± 0.35 ^{bB}	
36		50.45 ± 0.25 ^{ghA}	35.30 ± 0.20 ^{bB}	
40		52.40 ± 0.30 ^{hA}	38.45 ± 1.25 ^{bB}	

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

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



Kontrol: Hava, **M1:** %75 CO₂ + %25 N₂, **M2:** %60CO₂ + %40 N₂, **M3:** %30CO₂ + %30 O₂ + %40 N₂

Şekil 5.2.2.2. Farklı gaz karışımları içeren paketlerin günlere göre paket içi CO₂ gazı değişimi

Depolama başında grupların (kontrol, M1, M2, M3) paket içi karbondioksit miktarları sırasıyla, %0.45, %70.60, %58.35 ve %30.85'tir. Muhafaza süresince hava ile paketlenen kontrol grubunda karbondioksit miktarı maksimum %17.25, M3 grubunda ise maksimum %37.20 olarak tespit edilmiştir. Başlangıç CO₂ oranı yüksek olan M1 ve M2 grubunun paket içi CO₂ gazı ölçüm sonuçları depolama süresince minimum %43.10 ve %30.70 olarak belirlenmiştir. Depolamanın 0. ve 4. günlerinde CO₂ değerleri bakımından tüm gruplar istatistiksel açıdan birbirinden farklı bulunmuştur ($p < 0.05$). Depolama süresince M1 ve M2 gruplarının CO₂ içerikleri arasındaki fark önemli bulunurken ($p < 0.05$), kontrol ve M3 grubunun 8. ve 12. günlerdeki karbondioksit miktarları arasındaki fark önemsiz bulunmuştur ($p > 0.05$).

Karbondioksitçe zenginleştirilen M1, M2 ve M3 gruplarının CO₂ değerleri başlangıçta düşmüş daha sonra düzensiz azalış ve artışlar göstermiştir. M3 grubundan daha yüksek oranda CO₂ içeren M1 ve M2 gruplarının 4. gündeki CO₂ ölçüm değerlerinde yaklaşık %20'lik bir kayıp olduğu görülmektedir. 4. günden sonraki ölçümlerde ise M2 grubunda depolama süresince gözlenen farklılıklar 16. gün dışında önemsiz olmuştur ($p > 0.05$). Farklı araştırmacılar depolama sürecinde CO₂ miktarındaki azalmanın, gazın dokularda çözünmesinden ya da filmin

geçirgenliğinden kaynaklanabileceğini belirtmektedir (Reddy ve ark., 1996; Metin, 1999; Ruiz-Capillas ve Moral, 2001). Paketlemeden bir kaç gün sonra, önce azalan ve sonra mikrobiyal aktivite sonucu artan (Ruiz-Capillas ve Moral, 2001) CO₂ konsantrasyonunun stabil duruma yaklaşabileceği de belirtilmektedir (Randell ve ark., 1997; Guðjónsdóttir ve ark., 2008). M3 grubunun CO₂ içeriği depolama süresince önce azalmış sonra artmıştır. CO₂ içeriğindeki düşüşün sebebi diğer gruplarda olduğu gibi CO₂'in karbonik asite dönüşerek balık tarafından absorblanması, sonra ki artışın sebebinin ise mikroorganizmalarca solunumda kullanılan oksijenin tükenerek CO₂'e dönüşmesinin olduğu düşünülmektedir. Araştırmamızda MA paketlenmiş ürünlerde, çeşitli araştırmalarla benzer olarak (Randell ve ark., 1997; Reddy ve ark., 1996; Metin, 1999; Ruiz-Capillas ve Moral, 2001; Guðjónsdóttir ve ark., 2008; Hansen ve ark., 2009), depolama süresince oksijen azalmış, karbondioksit ise önce azalmış sonra artmıştır.

5.3. Kimyasal Analiz Bulguları

5.3.1. pH Değeri

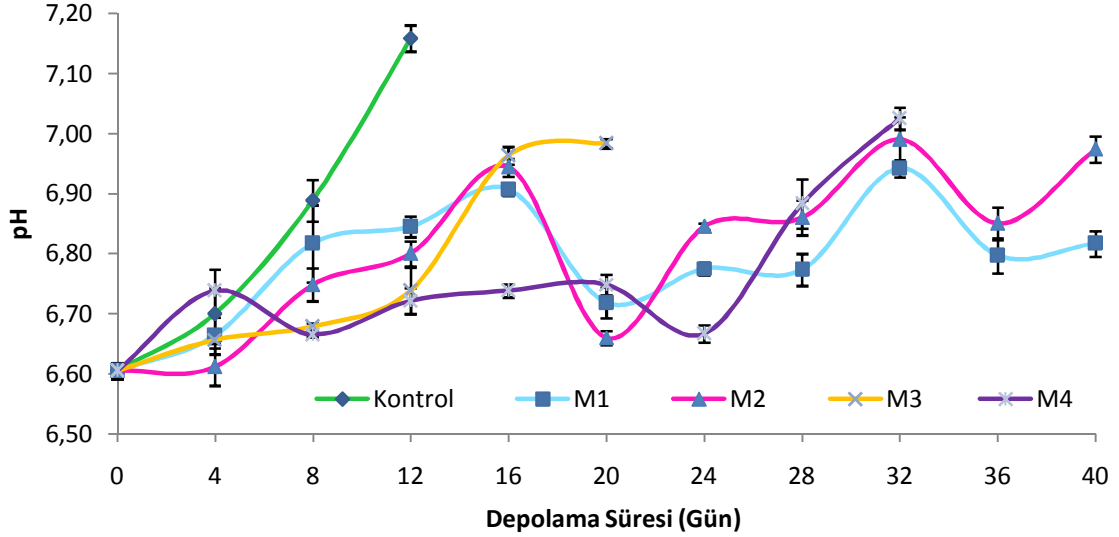
Başlangıç pH değeri 6.61 olan ve hava, vakum ve farklı gaz karışımları ile paketlenen levrek balığının pH değerindeki değişimleri Çizelge 5.3.1.1. ve Şekil 5.3.1.1.'de verilmiştir.

Çizelge 5.3.1.1. Farklı gaz karışımları ile paketlenen balıkların depolama süresince pH değerleri

Gün	Kontrol (Hava)	M1 (%75 CO ₂ + %25 N ₂)	M2 (%60 CO ₂ + %40 N ₂)	M3 (%30 CO ₂ + %30 O ₂ + %40 N ₂)	M4 (Vakum)
0	6.61 ± 0.01 ^{aA}	6.61 ± 0.01 ^{aA}	6.61 ± 0.01 ^{aA}	6.61 ± 0.01 ^{aA}	6.61 ± 0.01 ^{aA}
4	6.70 ± 0.04 ^{aA}	6.66 ± 0.03 ^{adA}	6.61 ± 0.03 ^{aA}	6.66 ± 0.01 ^{aA}	6.74 ± 0.04 ^{bA}
8	6.89 ± 0.03 ^{bA}	6.82 ± 0.06 ^{bceAB}	6.75 ± 0.03 ^{bdABC}	6.68 ± 0.01 ^{abBC}	6.67 ± 0.00 ^{abC}
10	6.90 ± 0.02 ^b	-	-	-	-
12	7.16 ± 0.02 ^{cA}	6.85 ± 0.02 ^{bceffB}	6.80 ± 0.02 ^{bBC}	6.74 ± 0.04 ^{bC}	6.72 ± 0.02 ^{bC}
16		6.91 ± 0.01 ^{beA}	6.94 ± 0.01 ^{ceAB}	6.96 ± 0.01 ^{cB}	6.74 ± 0.01 ^{bC}
20		6.72 ± 0.03 ^{caAC}	6.66 ± 0.01 ^{adA}	6.98 ± 0.01 ^{cB}	6.75 ± 0.02 ^{bC}
24		6.78 ± 0.01 ^{dbcA}	6.85 ± 0.01 ^{bcAB}		6.67 ± 0.01 ^{abB}
28		6.77 ± 0.03 ^{dbcA}	6.86 ± 0.03 ^{bcA}		6.88 ± 0.04 ^{cA}
32		6.94 ± 0.01 ^{eA}	6.99 ± 0.04 ^{eA}		7.03 ± 0.02 ^{dA}
36		6.80 ± 0.03 ^{bcA}	6.85 ± 0.03 ^{bcA}		
40		6.82 ± 0.02 ^{ecA}	6.97 ± 0.02 ^{ecB}		

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

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



Kontrol: Hava, **M1:** %75 CO₂ + %25 N₂, **M2:** %60CO₂ + %40 N₂, **M3:** %30CO₂ + %30 O₂ + %40 N₂, **M4:** Vakum

Şekil 5.3.1.1. Farklı gaz karışımları ile paketlenen balıkların depolama süresince pH değeri değişimi

Henüz paketlenmemiş balık etinin pH değeri 6.61 olarak ölçülmüş ve bu değer depolamanın 4. gününde gruplarda sırasıyla 6.70, 6.66, 6.61 , 6.66 ve 6.74 olarak tespit edilmiştir ($p>0.05$). Depolama süresince grupların pH değerleri dalgalanmalar göstererek artmış ve sırasıyla, maksimum 7.16, 6.94, 6.99, 6.98 ve 7.03 olarak ölçülmüştür.

Depolamanın 28. ve 32. gününde M1, M2 ve M4 grubunun pH değerleri istatistiksel açıdan farksız bulunmuştur ($p>0.05$). Şekil 5.3.1.1.'de görüldüğü gibi depolama süresince M1 ve M2 gruplarının pH değerleri birbirine oldukça yakın seyretmiş, grupların pH değerleri arasındaki farklar 40. gün dışında istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$).

Depolama süresince grupların pH değerleri genel olarak 6.61 ile 7.16 arasında değişmiştir. MAP, vakum ve hava ile paketlenen farklı balıkların pH değerlerinin, kılıç balığında; 6.9-7.2 (Pantazi ve ark., 2008), berlam balığında; 6.7-7.7 (Ordónéz ve ark., 2000), salmonda; 6.0-6.6 (De La Hoz ve ark., 2000) arasında değiştiği bildirilmiştir.

Çalışmada kullanılan balıklar avlandıktan 2 saat sonra temizlenerek paketlenmiştir. Bu nedenle yapılan analiz sonucunda pH düşük bulunmuş fakat ilerleyen süreçte oluşan bozulma metabolitleri nedeniyle pH artmıştır. Genellikle balık öldükten sonra pH 7.07-7.2'den 6.2-6.5'e düşer ve kastaki düşük pH ilerleyen süreçte uçucu aminlerin artışıyla tekrar artar (FAO, 1986).

Grupların mikrobiyolojik ve duyuşal açıdan bozulduğu günlerde pH değeri, Varlık ve ark. (1993) tarafından verilen “tüketilebilir” limitler (6.8-7.0) arasında bulunmuştur. Bu nedenle, pH analizi normal atmosfer koşullarında ve MAP uygulanarak paketlenen balık eti için tazelik tespitinde tek başına kalite kriteri olarak kullanılamaz. Benzer şekilde Erkan ve ark. (2006), depolama süresince artan pH değeri bozulma kriteri olmadığını ve bunun kimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşal analizlerle desteklenmesi gerektiğini bildirmiştir.

Başlangıç pH değeri 6.61 olan levrek balığının pH’sı depolama süresince tüm gruplarda artış göstermiştir. Benzer şekilde Erkan ve Özden (2006), iç organları çıkarılan levrek balığının pH’sının 6.55 olduğunu ve depolama süresince pH’nın arttığını bildirmiştir. Torrieri ve ark. (2006)’da, avlandıktan sonra 2 saat içerisinde laboratuvara getirilerek MA paketlenen levrek balıklarının başlangıç pH’sını 6.6 olduğunu, MAP paketlenen ürünlerde paketlenme sonrası ilk ölçümlerde pH’nın düştüğünü (6.5-6.3), hava ile paketlenen grupta ise pH artışının olduğunu bildirmiştir. Araştırma verileri bu literatür sonuçları ile benzerlik göstermektedir.

5.3.2. Toplam Asit (Laktik asit cinsinden) Miktarı

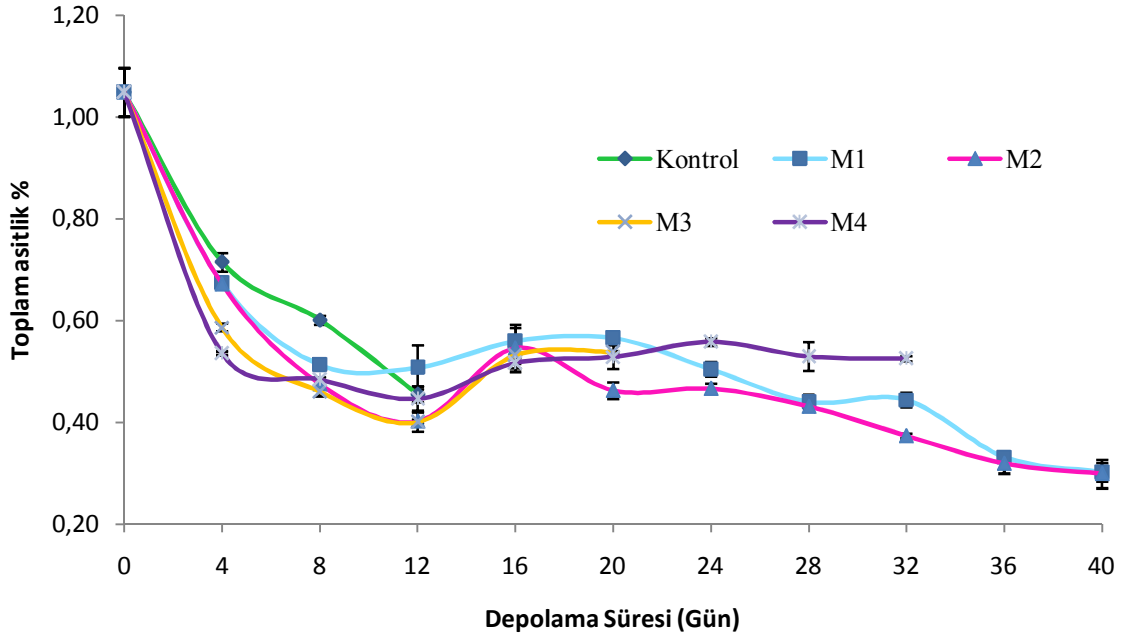
Farklı paketlenme metotları ile paketlenen levrek balığı etinin toplam asit miktarları Çizelge 5.3.2.1. ve Şekil 5.3.2.1.’de verilmiştir.

Çizelge 5.3.2.1. Farklı gaz karışımları ile paketlenen balıkların toplam asit miktarları (%)

Gün	Kontrol (Hava)	M1 (%75 CO ₂ + %25 N ₂)	M2 (%60 CO ₂ + %40 N ₂)	M3 (%30 CO ₂ + %30 O ₂ + %40 N ₂)	M4 (Vakum)
0	1.05 ± 0.05 ^{aA}	1.05 ± 0.05 ^{aA}	1.05 ± 0.05 ^{aA}	1.05 ± 0.05 ^{aA}	1.05 ± 0.05 ^{aA}
4	0.71 ± 0.02 ^{bA}	0.67 ± 0.00 ^{bB}	0.67 ± 0.00 ^{bB}	0.59 ± 0.01 ^{bdC}	0.54 ± 0.00 ^{bcD}
8	0.60 ± 0.01 ^{bcA}	0.51 ± 0.00 ^{cdB}	0.47 ± 0.01 ^{cdC}	0.46 ± 0.01 ^{ceC}	0.48 ± 0.00 ^{bcCB}
10	0.50 ± 0.03 ^{cd}	-	-	-	-
12	0.45 ± 0.02 ^{dAB}	0.51 ± 0.04 ^{cdA}	0.40 ± 0.00 ^{ceB}	0.40 ± 0.02 ^{cb}	0.45 ± 0.02 ^{bAB}
16		0.56 ± 0.03 ^{ca}	0.55 ± 0.04 ^{dA}	0.53 ± 0.02 ^{deA}	0.52 ± 0.02 ^{bcA}
20		0.57 ± 0.01 ^{bcA}	0.46 ± 0.02 ^{cdB}	0.54 ± 0.00 ^{deA}	0.53 ± 0.02 ^{bcA}
24		0.50 ± 0.01 ^{cdA}	0.47 ± 0.01 ^{cdA}		0.56 ± 0.01 ^{cB}
28		0.44 ± 0.01 ^{deA}	0.43 ± 0.01 ^{ca}		0.53 ± 0.03 ^{bcB}
32		0.44 ± 0.01 ^{deA}	0.37 ± 0.00 ^{ceB}		0.52 ± 0.01 ^{bcC}
36		0.33 ± 0.01 ^{efA}	0.32 ± 0.02 ^{ea}		
40		0.30 ± 0.02 ^{fa}	0.30 ± 0.03 ^{ea}		

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

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



Kontrol: Hava, **M1:** %75 CO₂ + %25 N₂, **M2:** %60CO₂ + %40 N₂, **M3:** %30CO₂ + %30 O₂ + %40 N₂, **M4:** Vakum

Şekil 5.3.2.1. Farklı gaz karışımları ile paketlenen balıkların depolama süresince toplam asit miktarları değişimi (%)

Balık etinin başlangıç asitlik değeri %1.05 olarak bulunmuş ve tüm gruplarda depolama süresince asitlik miktarında azalma gözlenmiştir. 4. günde grupların asitlik miktarları hızlı bir düşüş göstererek sırasıyla, %0.71, % 0.67, %0.67, %0.59, %0.54 olarak tespit edilmiştir. 16. günde grupların asitlik sayılarında bir miktar artış gözlenirse de bu artış önceki günlerle karşılaştırıldığında istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$).

Kontrol grubundaki balıkların toplam asit miktarındaki azalış, diğer gruplara kıyasla daha düzenli seyretmiştir. Depolama süresince toplam asit miktarları bakımından gruplar arasında farklılıklar belirlenmiştir ($p<0.05$). M1 ve M2 8., 12., 20. ve 32. günler dışında farklı bulunmamıştır. Aynı şekilde M3 ile M4 arasındaki farklılıklar sadece 4. günde önemlidir ($p<0.05$).

MA paketlenen balık etlerinde paketlenme sonrası CO₂'in balık eti yüzeyinde absorblanması ve balık eti pH'sının düşmesi sonucunda asitliğin yükselmesi beklenir. Depolamanın ilk günlerinde karbonik asit oluşumu nedeniyle beklenen, pH düşüşü net olarak gözlenememiş fakat asitlik derecesi oldukça yüksek bulunmuştur. Birçok balık türü, kaslarında çok düşük miktarda karbonhidrat (% <0.5) içerir ve post-mortem

dönemde çok düşük miktarda laktik asit üretirler (Stamatis ve Arkoudelos, 2007a). Bu nedenle post-mortem dönemde balık etinin pH'sı düşük, asitliği yüksektir.

Genel olarak depolamanın ilerleyen günlerinde (24. günden sonra) vakum uygulanan M4 grubunun asitlik derecesi MAP uygulanan diğer gruplardan, CO₂ oranı daha fazla olan M1 grubunun toplam asitlik değerleri ise 20. güne kadar M2 ve M3'den genellikle yüksek seyretmiştir. Çalışmamıza benzer olarak Stamatis ve Arkoudelos (2007a), modifiye atmosfer paketlenen sardalye balığı etinin laktik asit miktarının depolama süresince azaldığını vakum uygulanan grubun asitlik değerlerinin MAP'a oranla daha yüksek olduğunu bildirmiştir.

5.3.3. Toplam Uçucu Bazik-Azot (TVB-N) Miktarı

Depolama süresince tespit edilen TVB-N değeri Çizelge 5.3.3.1 ve Şekil 5.3.3.1' de verilmiştir. Levrek balığının başlangıçtaki TVB-N miktarı 6.20 mg/100g olarak bulunmuş ve bu değer depolama süresince tüm gruplarda artmıştır.

Çizelge 5.3.3.1. Farklı gaz karışımları ile paketlenen balıkların TVB-N değerleri (mgN/100g)

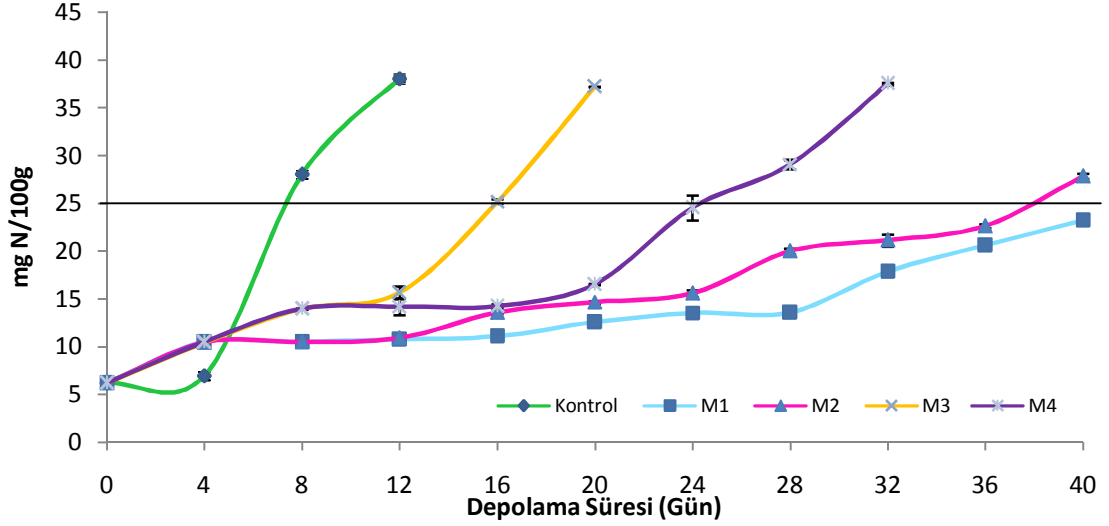
Gün	Kontrol (Hava)	M1 (%75 CO ₂ + %25 N ₂)	M2 (%60 CO ₂ + %40 N ₂)	M3 (%30 CO ₂ + %30 O ₂ + %40 N ₂)	M4 (Vakum)
0	6.20 ± 0.15 ^{aA}	6.20 ± 0.15 ^{aA}	6.20 ± 0.15 ^{aA}	6.20 ± 0.15 ^{aA}	6.20 ± 0.15 ^{aA}
4	6.97 ± 0.01 ^{aA}	10.49 ± 0.02 ^{bB}	10.46 ± 0.01 ^{bB}	10.46 ± 0.02 ^{bB}	10.49 ± 0.02 ^{bB}
8	28.02 ± 0.01 ^{bA}	10.48 ± 0.02 ^{bB}	10.48 ± 0.02 ^{bB}	13.98 ± 0.04 ^{cC}	13.98 ± 0.02 ^{cC}
10	29.49 ± 0.60 ^c	-	-	-	-
12	38.05 ± 0.10 ^{dA}	10.76 ± 0.02 ^{bB}	10.90 ± 0.47 ^{bB}	15.68 ± 0.65 ^{dC}	14.22 ± 0.87 ^{cC}
16		11.08 ± 0.24 ^{bA}	13.57 ± 0.08 ^{cB}	25.20 ± 0.04 ^{cC}	14.24 ± 0.03 ^{aB}
20		12.57 ± 0.27 ^{cdA}	14.68 ± 0.12 ^{cdB}	37.19 ± 0.04 ^{fC}	16.54 ± 0.64 ^{dB}
24		13.54 ± 0.12 ^{cA}	15.64 ± 0.36 ^{dA}		24.55 ± 1.32 ^{eB}
28		13.60 ± 0.39 ^{cA}	19.98 ± 0.32 ^{eB}		29.08 ± 0.49 ^{fC}
32		17.89 ± 0.26 ^{dA}	21.15 ± 0.62 ^{eA}		37.53 ± 0.13 ^{gB}
36		20.62 ± 0.25 ^{eA}	22.64 ± 0.22 ^{fB}		
40		23.24 ± 0.23 ^{fA}	27.87 ± 0.27 ^{gB}		

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

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

Paketleme sonrasında ilk ölçüm olan 4. günde en düşük TVB-N miktarı kontrol grubunda saptanmış ve diğer gruplardan önemli derecede (p<0.05) farklı bulunmuştur. Ancak kontrol grubunda 4. günden sonra TVB-N değeri hızla artarak 12. günde 38.05 mg/100g'a ulaşmıştır ve diğer gruplardan önemli derecede (p<0.05) farklı bulunmuştur.

4., 8., ve 12. günlerde, M1 ve M2 grubunun TVB-N değerindeki artış istatistiksel açıdan önemsiz ($p>0.05$) bulunurken, oksijen içeren M3 grubunun değerleri ile arasındaki artış depolama süresince önemli bulunmuştur ($p<0.05$).



Kontrol: Hava, **M1:** %75 CO₂ + %25 N₂, **M2:** %60CO₂ + %40 N₂, **M3:** %30CO₂ + %30 O₂ + %40 N₂, **M4:** Vakum

Şekil 5.3.3.1. Depolama süresince grupların TVB-N değeri değişimi (mgN/100g)

Araştırma süresince CO₂'ce zengin paketlerin TVB-N değerleri yavaş yavaş artarak en fazla 27.87 mg/100g ile M2 grubunda olmuştur. Yüksek oranda CO₂ içeren M1 grubunda genellikle M2 grubundan daha düşük TVB-N değerleri gözlenmiş olup, Kyran ve Lougavis (2002) tarafından verilen taze levrek balığı eti için “kabul edilebilir” TVB-N limit değerini (25 mg/100g) 40. günde dahi geçmemiştir. Diğer gruplar ise (Kontrol, M2, M3 ve M4) sırasıyla; 8., 40., 16. ve 24. günden sonra limit değeri aşmıştır. %30 oranında O₂ içeren M3 grubu ile vakum uygulanan M4 grubunun TVB-N değerlerindeki artış 16. güne kadar benzer ($p>0.05$) olmuş ancak daha sonraki günlerde M3 grubunda daha yüksek ($p<0.05$) TVB-N değerleri tespit edilmiştir. Tüm grupların TVB-N miktarları incelendiğinde en etkili uygulamanın M1 grubundan elde edildiği ve bunu M2, vakum, M3 ve kontrol grubunun takip ettiği görülmektedir. Buradan, CO₂ kullanımının TVB-N gelişimini baskıladığı, ortamdaki oksijenin ise TVB-N artışını etkilediği anlaşılmaktadır.

Yüksek CO₂ oranı kullanılan M1 grubunun TVB-N değeri 40. günün sonunda bile iyi değerlerde bulunmuştur. M2 grubunda da M1 grubuna benzer sonuçlar tespit edilmiş fakat TVB-N değeri 40. günde taze levrek balıkları için kabul edilebilir limit

değeri aşmıştır. Vakum uygulanan M4 grubu 20. günde bozulmuş fakat TVB-N değeri (16.54 mg/100g) kabul edilebilir sınırlar içinde bulunmuştur. MAP ve vakum uygulanan levrek balıklarının kimyasal kalite kriterlerinin belirlenmesinde TVB-N analizinin çok güvenilir sonuçlar vermediği, ancak hava ve oksijen içeren gruplar için kullanılabileceği söylenebilir. Benzer şekilde Giménez ve ark. (2002 b), MAP uygulanan gökkuşağı alabalığı filetoalarının TVB-N değerinin 24 günlük depolama süresi sonunda 25 mg/100g'ı aşmadığını bildirmiştir. Ayrıca Banks ve ark. (1980), balıkların CO₂ ile muhafazası süresince TVB-N değerinin düşük tespit edildiğini ve TVB-N analizinin MAP ürünlerin tazeliğinin tespitinde kullanılamayacağını belirtmiştir.

Çalışmada kullandığımız farklı MAP karışımlarının %CO₂ oranı arttıkça TVB-N değerinin azaldığı tespit edilmiştir. Benzer sonuçlar pek çok araştırmacı tarafından; levrek balığında (Masniyom ve ark., 2002, 2005; Arashisar ve ark., 2004) ve diğer balık türlerinde (Giménez ve ark., 2002b; Fagan ve ark., 2004; Çarbaş, 2008; Yılmaz ve ark., 2009) belirlenmiştir.

5.3.4. Tiyoarbitürik Asit (TBA) Sayısı

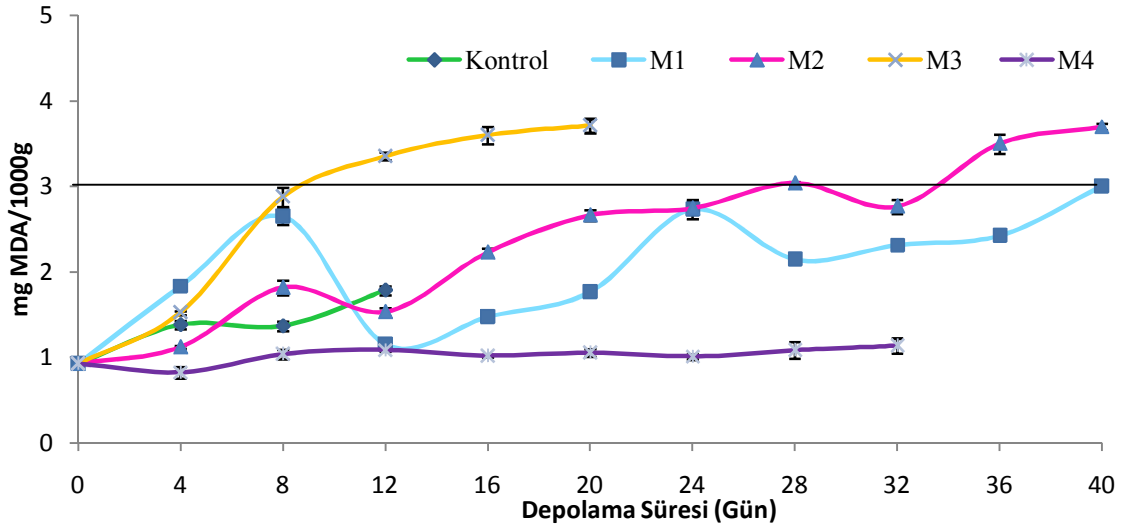
Farklı gaz karışımları, hava ve vakum uygulanarak paketlenen levrek balığı etine ait TBA analiz sonuçları Çizelge 5.3.4.1. ve Şekil 5.3.4.1.'de verilmiştir.

Çizelge 5.3.4.1. Farklı gaz karışımları ile paketlenen balıkların TBA değerleri (mg MDA/1000g)

Gün	Kontrol (Hava)	M1 (%75 CO ₂ + %25 N ₂)	M2 (%60 CO ₂ + %40 N ₂)	M3 (%30 CO ₂ + %30 O ₂ + %40 N ₂)	M4 (Vakum)
0	0.92 ± 0.02 ^{aA}	0.92 ± 0.02 ^{aA}	0.92 ± 0.02 ^{aA}	0.92 ± 0.02 ^{aA}	0.92 ± 0.02 ^{acA}
4	1.38 ± 0.05 ^{bA}	1.83 ± 0.04 ^{bfB}	1.12 ± 0.02 ^{aC}	1.52 ± 0.02 ^{bA}	0.82 ± 0.07 ^{aD}
8	1.37 ± 0.05 ^{bA}	2.65 ± 0.10 ^{cgB}	1.81 ± 0.09 ^{bC}	2.88 ± 0.11 ^{cB}	1.04 ± 0.05 ^{abA}
10	1.46 ± 0.01 ^b	-	-	-	-
12	1.78 ± 0.05 ^{cA}	1.15 ± 0.03 ^{dB}	1.53 ± 0.05 ^{bC}	3.35 ± 0.04 ^{dD}	1.09 ± 0.02 ^{bcB}
16		1.47 ± 0.03 ^{eA}	2.23 ± 0.05 ^{cB}	3.60 ± 0.10 ^{deC}	1.02 ± 0.01 ^{abD}
20		1.76 ± 0.03 ^{fA}	2.66 ± 0.07 ^{dB}	3.71 ± 0.08 ^{eC}	1.05 ± 0.05 ^{acD}
24		2.73 ± 0.11 ^{gA}	2.75 ± 0.06 ^{deA}		1.01 ± 0.03 ^{abB}
28		2.14 ± 0.03 ^{hA}	3.03 ± 0.02 ^{eB}		1.08 ± 0.10 ^{abC}
32		2.31 ± 0.05 ^{hiA}	2.76 ± 0.08 ^{deB}		1.13 ± 0.09 ^{abC}
36		2.42 ± 0.04 ^{eiA}	3.50 ± 0.11 ^{fB}		
40		3.00 ± 0.04 ^{iA}	3.70 ± 0.04 ^{fB}		

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

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



Kontrol: Hava, M1: %75 CO₂ + %25 N₂, M2: %60CO₂ + %40 N₂, M3: %30CO₂ + %30 O₂ + %40 N₂, M4: Vakum

Şekil 5.3.4.1. Depolama süresince grupların TBA değeri değişimi (mgMDA/1000g)

Taze balık etindeki başlangıç TBA değeri 0.92 mgMDA/1000g olarak tespit edilmiştir. Kyrana ve Lougovois (2002), taze levrek balığının TBA değerini 0.37 mgMDA/kg olarak bildirmiştir. Çalışmada kullandığımız levrek balığının TBA değeri ise bu değer yaklaşık 3 katı (0.92 mgMDA/1000g) kadar bulunmuştur. Bu farklılığın iki çalışmada kullanılan balıkların yağ miktarlarının farklı olmasından (4.81 g/100g ve 10.72 g/100g) kaynaklandığı düşünülmektedir.

Tüm gruplarda depolama süresi arttıkça TBA değerinde de genelde bir artış olmuştur. 12. güne kadar TBA miktarında önemsiz derecede artışlar tespit edilen kontrol grubunda en son belirlenen TBA değeri 1.78 mgMDA/1000g'dır. CO₂ miktarının daha az, nitrojenin de daha fazla olduğu M2 grubunda 24. gün dışında, 12. günden itibaren tespit edilen TBA değerleri M1 grubuna göre önemli derecede daha fazla olmuştur (p<0.05). %30 O₂ içeren M3 grubunda elde edilen TBA değerleri ise, hem hava ile paketlenen kontrol grubundaki balıkların, hem de O₂ içermeyen M1 ve M2 grubundaki balıkların TBA değerlerinden önemli (p<0.05) derecede daha yüksek bulunmuştur. O₂ içermeyen M2 grubunda 40. günde belirlenen 3.70 mgMDA/1000g TBA değeri, O₂ içeren M3 grubunda 20. günde (3.71 mg MDA/1000g) belirlenmiştir. Vakum uygulanan balıkların (M4) depolama boyunca TBA değerlerindeki önemsiz (p>0.05) değişimler de göz önüne alındığında, ortamdaki oksijenin TBA artışında ne kadar etkili olduğu anlaşılmaktadır. En az TBA değeri vakum grubunda saptanmakla beraber tüm gruplar çok iyi (3 mgMDA/1000g'a kadar) ve iyi sınırlar (5-

8mgMDA/1000g) içerisinde kalmıştır.

Depolamanın ilk günlerinde %75 CO₂ içeren M1 grubunun TBA değeri %60 CO₂ içeren gruptan daha yüksek bulunmuştur. Masniyom ve ark. (2002, 2005), CO₂'ce zengin, O₂ ve N₂ içeren gaz karışımları ile paketlenen deniz levreğinde CO₂ konsantrasyonu arttıkça TBARS değerinin arttığını belirtmiştir. Yine, Masniyom ve ark. (2005), %80 CO₂+%10 O₂+%10 N₂ gaz karışımıyla paketlediği levreklerde atmosferik hava ile paketlenenlere göre daha yüksek TBA değeri tespit etmiştir. Poli ve ark. (2006), MAP uygulanarak paketlenen levrek balıklarının TBA değerinin hava ile paketlenenlere oranla daha yüksek olduğunu bildirmiştir. CO₂'ce zengin paketlerde yüksek TBA değerinin görülmesinin nedeni; kaslarda antioksidatif enzimlerin karbondioksit etkisi ile inaktive olması ve hemoglobinin denatürasyonu sonucu pro-oksidant olarak görev yapmasıdır. Çalışmamızda da MAP uygulanan grupların TBA değerleri hava ve vakum uygulanarak paketlenen gruplara oranla daha yüksek bulunmuştur.

Giménez ve ark. (2002b) tarafından MAP uygulanan gökkuşağı alabalığı filetoları üzerinde yapılan çalışmada en yüksek TBARS değeri en fazla O₂ içeren grupta, en düşük değer ise vakum uygulanan grupta saptanmıştır. Benzer olarak Giménez ve ark. (2002a), O₂ içermeyen MA ve vakum uygulanarak paketlenen çipura balığında oksidasyonun daha düşük olduğunu, streçle sarılmış ve oksijen içeren gruplarda ise oksijen oranı arttıkça oksidasyonun arttığını bildirmiştir. Yine benzer şekilde farklı araştırmacılar tarafından (Göktepe ve Moody, 1998; Goulas ve Kontominas, 2007; Arashisar ve ark., 2004) oksijen içeren gaz karışımları ile modifiye atmosfer paketlenmiş balık ve balık ürünlerinde oksijen konsantrasyonu arttıkça oksidasyonun arttığı tespit edilmiştir. Çalışmamızda da hava ile paketlemeye oranla daha yüksek oranda O₂ içeren (%30) M3 grubunda en yüksek TBA değeri saptanmıştır. Ayrıca vakum uygulanan M4 grubunda TBA değeri 32 günlük depolama süresince yaklaşık 1 mg MDA/1000g civarında kalmıştır. Arashisar ve ark. (2004) da MA paketlenen gökkuşağı alabalığının TBA değerinin vakum uygulanan grupta en düşük olduğunu belirtmiştir.

5.3.5. Trimetilamin Azot (TMA-N) Miktarı

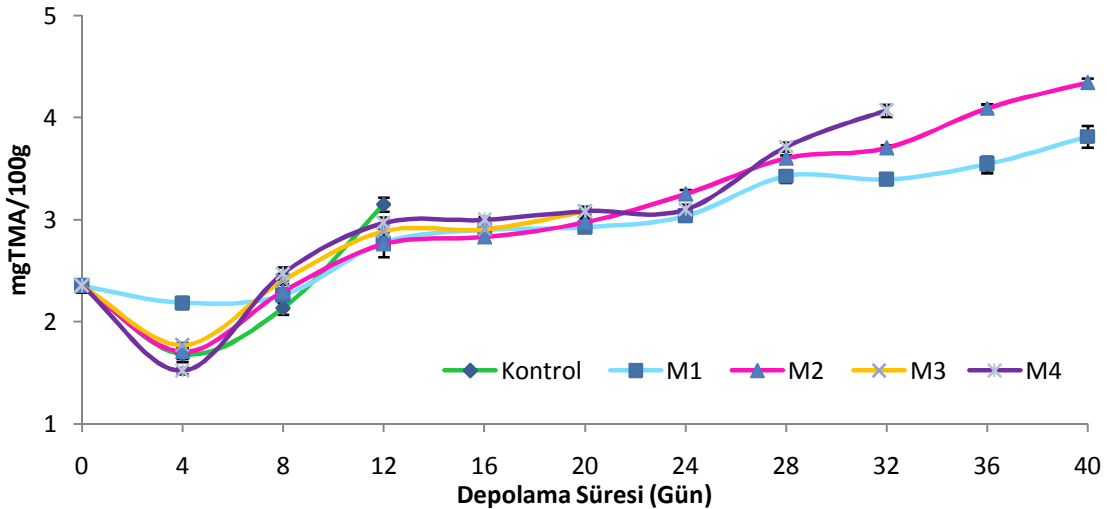
Balıkların TMA-N değerlerindeki değişimler Çizelge 5.3.5.1. ve Şekil 5.3.5.1.'de verilmiştir.

Çizelge 5.3.5.1. Farklı gaz karışımları ile paketlenen balıkların TMA-N değerleri (mg/100g)

Gün	Kontrol (Hava)	M1 (%75 CO ₂ + %25 N ₂)	M2 (%60 CO ₂ + %40 N ₂)	M3 (%30 CO ₂ + %30 O ₂ + %40 N ₂)	M4 (Vakum)
0	2.35 ± 0.06 ^{acA}	2.35 ± 0.06 ^{aA}	2.35 ± 0.06 ^{acA}	2.35 ± 0.06 ^{acA}	2.35 ± 0.06 ^{aA}
4	1.68 ± 0.07 ^{bA}	2.19 ± 0.06 ^{aB}	1.70 ± 0.06 ^{bAC}	1.77 ± 0.03 ^{bA}	1.52 ± 0.03 ^{bC}
8	2.14 ± 0.06 ^{cA}	2.26 ± 0.07 ^{aAB}	2.29 ± 0.08 ^{cAB}	2.40 ± 0.07 ^{cAB}	2.47 ± 0.06 ^{acB}
10	3.06 ± 0.07 ^d	-	-	-	-
12	3.15 ± 0.07 ^{dA}	2.78 ± 0.05 ^{bB}	2.76 ± 0.12 ^{dB}	2.88 ± 0.08 ^{dAB}	2.97 ± 0.06 ^{dAB}
16		2.90 ± 0.03 ^{bAB}	2.83 ± 0.04 ^{dA}	2.91 ± 0.02 ^{dAB}	3.00 ± 0.03 ^{dB}
20		2.93 ± 0.02 ^{bA}	2.97 ± 0.04 ^{deA}	3.08 ± 0.05 ^{dA}	3.08 ± 0.03 ^{dA}
24		3.04 ± 0.04 ^{bA}	3.25 ± 0.05 ^{eB}		3.10 ± 0.06 ^{dAB}
28		3.43 ± 0.06 ^{cA}	3.60 ± 0.04 ^{fAB}		3.72 ± 0.04 ^{eB}
32		3.39 ± 0.02 ^{cA}	3.70 ± 0.04 ^{fB}		4.07 ± 0.06 ^{fC}
36		3.54 ± 0.08 ^{cdA}	4.09 ± 0.04 ^{gB}		
40		3.82 ± 0.11 ^{dA}	4.34 ± 0.05 ^{gB}		

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

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



Kontrol: Hava, M1: %75 CO₂ + %25 N₂, M2: %60CO₂ + %40 N₂, M3: %30CO₂ + %30 O₂ + %40 N₂, M4: Vakum

Şekil 5.3.5.1. Depolama süresince grupların TMA-N değeri değişimi (mg/100g)

Başlangıç TMA-N değeri 2.35 mg/100g olan levrek balıklarının paketlenmenin 4. günündeki TMA-N değerleri kontrol grubunda 1.68, M2 grubunda 1.70, M3 grubunda 1.77, M4 grubunda ise 1.52'ye düşmüştür. TMA-N değerindeki bu düşüş M1 grubu dışında istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur (p<0.05). Aynı gün diğer gruplara göre

daha yüksek oranda TMA-N saptanan ($p<0.05$) M1 grubunun değerinde 0. güne oranla düşüş gözlenmiş fakat fark istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$). 4. gündeki düşüşün ardından tüm grupların TMA-N değerleri depolama süresince artmıştır.

Kontrol grubunun TMA-N değeri 4. günden itibaren 12 gün boyunca düzenli olarak artmış, 10. ve 12. günler dışındaki artışlar istatistiksel açıdan farklı bulunmuştur ($p<0.05$). M1 grubunun 10. ve 24. günleri ile 28 ve 36. günleri arasında TMA-N değerinde görülen artışlar istatistiksel açıdan önemsizdir ($p>0.05$). M2 grubunda depolama süresince saptanan artışlar M1 grubuna oranla daha belirgindir. M3 grubundaki TMA-N değerlerindeki değişim ilk 12 gün önemli ($p<0.05$) olurken sonraki günlerde önemsiz ($p>0.05$) olmuştur. Benzer şekilde vakum uygulanan balıklarda da TMA-N artışları ilk 12 gün önemli derecede ($p<0.05$) olurken 24. güne kadar önemsiz artışlar göstermiştir. Kontrol grubu için depolama süresi bitimi olan 12. günde belirlenen 3.15 mg/100g TMA-N değeri, yüksek miktarda CO₂ içeren M1 ve M2 grubundaki TMA-N değerlerinden önemli derecede yüksek ($p<0.05$) iken düşük miktarda CO₂ içeren M3 grubu ile vakum uygulanan grupta elde edilen değerlerle istatistiksel açıdan farksız ($p>0.05$) bulunmuştur. Aynı şekilde 12. gündeki TMA-N değerleri bakımından kontrol grubu dışındaki tüm gruplar da birbiri ile benzer ($p>0.05$) olmuştur. Yani yüksek CO₂ oranı TMA-N gelişimini yavaşlatıcı etki göstermiştir. Kontrol grubunda 12. günde belirlenen değer (3.15 mg/100g TMA-N) MAP ve vakum uygulanan diğer gruplarda ancak 24. günde tespit edilmiştir. M1, M2 ve vakum grupları arasındaki kesin farklılıklar 28. günden sonra ortaya çıkmış ve 40. güne kadar en düşük TMA-N değeri M2'den daha fazla CO₂ içeren M1 grubunda elde edilmiştir.

Bakteriyel bozulma ürünü olan TMA-N su ürünlerinin kalitesinin ve raf ömrünün tespitinde kullanılan kimyasal kalite indeksinden biridir. 40 günlük depolama süresi sonunda hiçbir grubun TMA-N değeri; FAO (1986)'ya göre maksimum "kabul edilebilir" TMA-N değeri olan 8mg/100g'ı geçmemiştir. Benzer şekilde Reddy ve ark. (1996) %75 CO₂ +%25 N₂ içeren gaz karışımı ile paketlenerek +4°C'de depolanan Tilapia'nın TMA-N değerinin 30 günlük süreçte düzenli olarak arttığını fakat verilen sınır değeri geçmediğini bildirmiştir. Ayrıca Kyrana ve Lougovois (2002), buzda depolanan levrek balığının TMA-N değerlerinin çok yavaş arttığını, 22 günlük depolama süresi sonunda değerin sadece 1.25 mg TMA /100g olduğunu, düşük TMA-N

değerinin nedeninin ise balık etinin mikrobiyal florasının özelliğinden ve düşük pH değerinden kaynaklanabileceğini vurgulamıştır. Bakteriyel TMAO-indirgeyen enzimler için optimum pH 7.2-7.4'tür. Bu yüzden TMA-N üreten bakteriler depolama süresi sonuna doğru daha aktiftir.

5.4. Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları

5.4.1. Toplam Mezofil Aerob Bakteri

Farklı gaz karışımları, hava ve vakum uygulanarak ambalajlanan baş ve iç organları çıkarılmış levrek balığında soğukta muhafaza ($2.9 \pm 0.2^\circ\text{C}$) süresince toplam aerob mezofilik bakteri sayılarında görülen değişimler Çizelge 5.4.1.1. ve Şekil 5.4.1.1.'de verilmiştir.

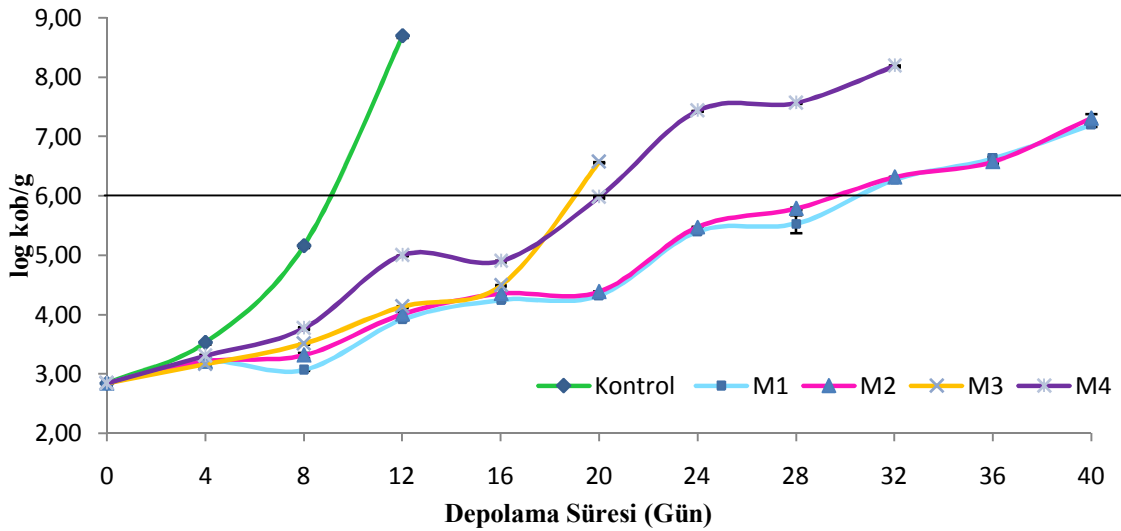
Çalışmamızda, hava ile paketlenen baş ve iç organları ayrılmış levrek balıklarının başlangıç toplam mezofil aerob bakteri yükü, farklı araştırmacılar tarafından bulunan başlangıç bakteri yüklerine göre; 4, 3.5, 4.2, 4, 3.32, logkob/g (Papadopoulos ve ark., 2003; Talidourou ve ark., 2003; Paleologos ve ark., 2004; Masniyom ve ark., 2005; Erkan ve Özden, 2006) oldukça düşük ve çok iyi düzeyde bulunmuştur.

Çizelge 5.4.1.1. Farklı gaz karışımları ile paketlenen levrek balıklarının toplam mezofil aerob bakteri sayıları (log kob/g)

Gün	Kontrol (Hava)	M1 (%75 CO ₂ + %25 N ₂)	M2 (%60 CO ₂ + %40 N ₂)	M3 (%30 CO ₂ + %30 O ₂ + %40 N ₂)	M4 (Vakum)
0	2.83 ± 0.02 ^{aA}	2.83 ± 0.02 ^{aA}	2.83 ± 0.02 ^{aA}	2.83 ± 0.02 ^{aA}	2.83 ± 0.02 ^{aA}
4	3.53 ± 0.02 ^{bA}	3.21 ± 0.02 ^{bB}	3.21 ± 0.06 ^{bB}	3.16 ± 0.01 ^{bB}	3.30 ± 0.03 ^{bB}
8	5.16 ± 0.03 ^{cA}	3.06 ± 0.01 ^{abB}	3.31 ± 0.05 ^{bC}	3.51 ± 0.07 ^{cD}	3.77 ± 0.02 ^{cE}
10	6.76 ± 0.03 ^d	-	-	-	-
12	8.69 ± 0.02 ^{eA}	3.92 ± 0.00 ^{cB}	4.00 ± 0.05 ^{cB}	4.13 ± 0.01 ^{dC}	5.00 ± 0.01 ^{dD}
16		4.25 ± 0.02 ^{dA}	4.35 ± 0.01 ^{dB}	4.49 ± 0.01 ^{eC}	4.90 ± 0.02 ^{eD}
20		4.32 ± 0.01 ^{dA}	4.38 ± 0.02 ^{eA}	6.57 ± 0.01 ^{fB}	5.98 ± 0.02 ^{fC}
24		5.39 ± 0.00 ^{eA}	5.47 ± 0.01 ^{fB}		7.44 ± 0.01 ^{gC}
28		5.53 ± 0.15 ^{eA}	5.78 ± 0.02 ^{gA}		7.56 ± 0.00 ^{hB}
32		6.27 ± 0.01 ^{fA}	6.31 ± 0.01 ^{hA}		8.19 ± 0.01 ^{iB}
36		6.62 ± 0.03 ^{gA}	6.57 ± 0.03 ^{iA}		
40		7.20 ± 0.16 ^{hA}	7.31 ± 0.08 ^{jA}		

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

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



Kontrol: Hava, **M1:** %75 CO₂ + %25 N₂, **M2:** %60CO₂ + %40 N₂, **M3:** %30CO₂ + %30 O₂ + %40 N₂, **M4:** Vakum

Şekil 5.4.1.1. Depolama süresince grupların toplam mezofil aerob bakteri sayısı (logkob/g)

Baslangıçta 2.83 logkob/g seviyesinde olan toplam aerob bakteri sayısı kontrol grubunda daha fazla olmak üzere tüm gruplarda zamanla artış göstermiştir. Şekil 5.4.1.1.'de görüldüğü gibi kontrol, M3 ve vakum grubunda depolama süresinin başından sonuna kadar her 4 günde bir gözlenen artışlar önemli ($p < 0.05$) olurken, M2 grubunda 8. günden sonra, M1 grubunda ise 28. günden sonra bariz artışlar ($p < 0.05$) olmuştur. Hava ile paketlenen kontrol grubunun 4., 8. ve 12. günlerdeki toplam mezofil bakteri sayısı diğer gruplara göre daha yüksek tespit edilmiş ve istatistiksel açıdan bu farklılık önemli bulunmuştur ($p < 0.05$).

Depolama süresinin 12. gününde bakteri sayısı, kontrol grubunda 8.69 logkob/g, M1'de 3.92 logkob/g, M2'de 4.00 logkob/g, M3'te 4.13 logkob/g, M4'te ise 5.00 logkob/g olarak tespit edilmiştir. 8., 16. ve 24. günler dışında M1 ve M2 gruplarının toplam mezofil bakteri sayıları genel olarak benzerlik göstermiştir. Balık etinin toplam mezofil bakteri yükü için kabul edilebilir maksimum değerin 10^6 olduğu göz önüne alındığında; kontrol grubu 10., M1 ve M2 grubu 32., M3 grubu 20. ve M4 grubu 20-24. günlerde bu limit değeri aşmıştır.

Papadopoulos ve ark. (2003), levrek balığının başlangıç mezofil bakteri yükünü 4 logkob/g olarak bulmuş ve balık kalitesini "iyi" olarak değerlendirmiştir. İç organları çıkarıldıktan sonra buzda depolanan levrek balıklarının toplam mezofil bakteri yükü

depolamanın 9. gününde 7 logkob/g'ı geçmiştir. Paleologos ve ark. (2004), 7 logkob/g'lık değerlere 9. günde ulaşırken, çalışmamızda oldukça düşük başlangıç bakteri yükü sayesinde hava ile paketlenen grupta 10-12. günler arasında bu değerlere ulaşılmıştır.

Masniyom ve ark. (2005), hava ile paketlenen, fosfatla muamele edilerek ve edilmeden MAP (%80 CO₂+ %10 O₂+ % 10 N₂) uygulanan levrek etindeki başlangıç mezofil bakteri yükünün 4 logkob/g olduğunu, hava ile paketlenen kontrol grubunun toplam bakteri sayısının 21 günlük depolama süresinde hızla artarak 10⁸'e çıktığını, diğer muamele şekillerinin hepsinde toplam bakteri yükünün 21. günde dahi 10⁶'yı geçmediğini bildirmiştir. Çalışmamızda ise yüksek CO₂ (M1, M2) içeren modifiye atmosfer koşullarında paketlediğimiz levrek balıklarının mezofil bakteri yükü 32. günde ancak tüketilebilir sınır olan 10⁶'yı aşmıştır. Balıkların bu kadar uzun süre dayanmasının sebebi, başlangıç toplam mezofil bakteri yükünün oldukça düşük, gaz karışımındaki CO₂ oranının yüksek ve paket oksijen geçirgenliğinin düşük olmasıdır.

Grupların toplam mezofil bakteri artış hızı; kontrol>M4>M3>M2≥M1 şeklinde sıralanabilir. Pek çok araştırmacı da, hava, vakum ve MA pakitleme ile ilgili çalışmalarında, en hızlı aerob mezofil bakteri gelişiminin hava ile paketlenen grupta olduğunu, artan CO₂ miktarının bakteri gelişimini inhibe ettiğini bildirmektedir (Randell ve ark., 1997; López-Gálvez ve ark., 1998; Göktepe ve Moody, 1998; De La Hoz ve ark., 2000; Masniyom ve ark., 2005; Del Nobile ve ark., 2009). Benzer şekilde Metin ve ark. (2002), MAP uygulanan balık salatasında mikrobiyal gelişimin hava ile paketlenen kontrol grubuna oranla daha yavaş olduğunu bildirmiştir.

Yılmaz ve ark. (2009), hava ve MAP ile paketlenen gökkuşağı alabalığı filetolarında en düşük toplam bakteri yükünün %90 CO₂ içeren grupta saptandığını, artan CO₂ oranı ve düşük depo sıcaklığının balıklarda mikrobiyal gelişimin lag fazını uzattığını bildirmiştir.

5.4.2. Toplam Psikrofil Aerob Bakteri

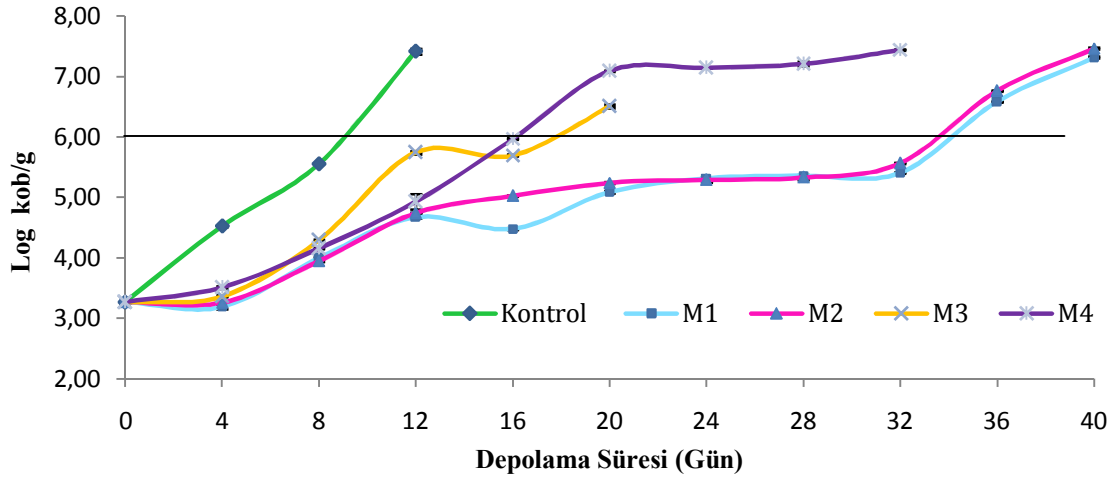
Farklı gaz karışımları, hava ve vakum uygulanarak ambalajlanan levrek balıklarının soğukta muhafaza süresince tespit edilen psikrofil bakteri sayıları Çizelge 5.4.2.1. ve Şekil 5.4.2.1.'de verilmiştir.

Çizelge 5.4.2.1. Farklı gaz karışımları ile paketlenen levrek balıklarının toplam psikrofil bakteri sayıları (log kob/g)

Gün	Kontrol (Hava)	M1 (%75 CO ₂ + %25 N ₂)	M2 (%60 CO ₂ + %40 N ₂)	M3 (%30 CO ₂ + %30 O ₂ + %40 N ₂)	M4 (Vakum)
0	3.27 ± 0.01 ^{aA}	3.27 ± 0.01 ^{aA}	3.27 ± 0.01 ^{aA}	3.27 ± 0.01 ^{aA}	3.27 ± 0.01 ^{aA}
4	4.53 ± 0.01 ^{bA}	3.19 ± 0.03 ^{aB}	3.26 ± 0.02 ^{aB}	3.37 ± 0.01 ^{bC}	3.51 ± 0.02 ^{bD}
8	5.56 ± 0.01 ^{cA}	3.99 ± 0.01 ^{bB}	3.95 ± 0.02 ^{bB}	4.29 ± 0.02 ^{cC}	4.16 ± 0.01 ^{cD}
10	6.74 ± 0.00 ^d	-	-	-	-
12	7.41 ± 0.05 ^{eA}	4.67 ± 0.02 ^{cB}	4.74 ± 0.01 ^{cB}	5.74 ± 0.02 ^{dC}	4.93 ± 0.13 ^{dB}
16		4.48 ± 0.01 ^{dA}	5.03 ± 0.01 ^{dB}	5.70 ± 0.02 ^{dC}	5.97 ± 0.01 ^{eD}
20		5.09 ± 0.02 ^{eA}	5.24 ± 0.02 ^{EB}	6.51 ± 0.03 ^{eC}	7.09 ± 0.01 ^{fD}
24		5.32 ± 0.01 ^{fA}	5.29 ± 0.04 ^{eA}		7.14 ± 0.00 ^{fB}
28		5.36 ± 0.01 ^{fA}	5.33 ± 0.04 ^{eA}		7.21 ± 0.04 ^{fB}
32		5.41 ± 0.01 ^{gA}	5.56 ± 0.01 ^{fB}		7.44 ± 0.01 ^{gC}
36		6.58 ± 0.01 ^{hA}	6.76 ± 0.01 ^{gB}		
40		7.31 ± 0.01 ^{iA}	7.46 ± 0.01 ^{hB}		

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

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



Kontrol: Hava, **M1:** %75 CO₂ + %25 N₂, **M2:** %60CO₂ + %40 N₂, **M3:** %30CO₂ + %30 O₂ + %40 N₂, **M4:** Vakum

Şekil 5.4.2.1. Depolama süresince grupların toplam psikrofil bakteri sayısı (logkob/g)

Depolamanın 8. gününe kadar birbiri ile benzer olan M1 ve M2 grubunun bakteri sayısı diğer gruplardan önemli derecede düşük ($p < 0.05$) olmuştur. 12. günde ise sadece hava ile paketlenen kontrol grubunda yüksek bakteri sayısının saptanması MAP ve vakum uygulamanın psikrofil bakteri sayısının gelişimini azaltıcı etkiye olduğunu göstermektedir. Ancak bu etki, %30 CO₂ uygulanan M3 grubunda çok fazla olmamıştır. Depolama süresinin ilerlemesiyle yüksek CO₂ uygulaması diğer uygulamalardan önemli derecede etkili sonuçlar vermiştir. Bir süre daha (24. ve 28. günler arasında) M1 ve M2 grubundaki psikrofil bakteri sayısı benzer olmuş ve bu sürelerde vakum

grubundan daha düşük sayılar ($p<0.05$) elde edilmiştir. 32. günden 40. güne kadar ise daha yüksek CO₂ kullanımı (M1 grubu) psikrofil bakteri gelişimini inhibe etmiştir.

Çalışmamızda Kontrol, M3 ve M4 gruplarının toplam psikrofil bakteri yükleri hızla artarken yüksek oranda CO₂ gazı ile paketlenen gruplarda bakteri gelişimi daha yavaş olmuştur. Benzer şekilde Masniyom ve ark. (2005), hava ile paketlenen levrek balıklarının psikrofil bakteri yükünün 21 günde 10⁸'i geçtiğini, MAP ve fosfat+MAP uygulanan grupların bakteri sayılarının 10⁶'dan düşük olduğunu bildirmiştir. Ayrıca çalışmamız sonuçlarına benzer olarak, Giménez ve ark. (2002a), farklı şekillerde paketlenen çipura balığında en yüksek psikrofil bakteri sayısının, streç (hava), sonra vakum ve en son MA paketlenen gruplarda olduğunu bildirmiştir.

Sivertsvik ve ark. (2003), %60 CO₂ + %40 N₂ karışımı ile paketlenerek süper soğutma (-2°C) ve soğuk muhafaza (+4°C) şartlarında muhafaza edilen salmon filetolarının psikrofil bakteri yüklerinin depolama süresince sırasıyla; soğuk muhafaza+hava> soğuk muhafaza + MAP> süper soğutma + hava> süper soğutma + MAP şeklinde olduğunu bildirmiştir. Yani bu çalışmada da MAP uygulaması psikrofil bakteri gelişimini yavaşlatıcı etkiye olmuştur.

Yılmaz ve ark. (2009), yaptıkları çalışmada en düşük toplam psikrofil bakteri yükünün yüksek CO₂ (%90) içeren grupta olduğunu bildirmiştir. Çalışmamızda da en düşük psikrofil bakteri yükü yüksek CO₂ (%75) içeren grupta tespit edilmiştir.

Erkan ve ark. (2007) kolyoz balığının başlangıç psikotropik bakteri yükünün 3 logkob/g'dan düşük olduğunu, 13 günlük depolama süresi sonunda bu değerin hava ile paketlenen grupta 7.30 logkob/g, vakum uygulanan grupta 7.09 logkob/g ve MAP (%70 CO₂+%25 N₂+%5 O₂) uygulanan grupta ise 6.77 logkob/g olduğunu bildirmiştir. Çalışmamızda da artan CO₂ oranı ile birlikte psikrofil bakteri gelişiminin yavaşladığı, vakum uygulamanın yüksek O₂ içeren MAP'tan daha etkili, yüksek CO₂ içeren (%75-%60) MAP'ın ise vakumdan daha etkili olduğu açıkça görülmektedir.

5.4.3. Toplam Mezofil Anaerob Bakteri

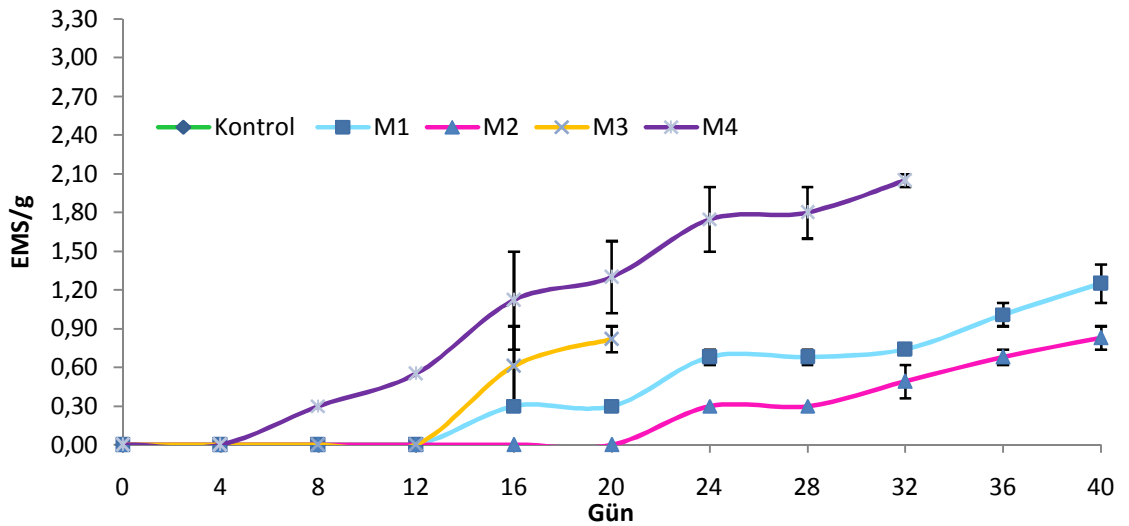
Farklı atmosfer koşullarında ambalajlanan levrek balıklarının soğukta muhafaza süresince tespit edilen toplam mezofil anaerob sayıları Çizelge 5.4.3.1. ve Şekil 5.4.3.1.'de verilmiştir.

Çizelge 5.4.3.1. Farklı gaz karışımları ile paketlenen levrek balıklarının toplam mezofil anaerob bakteri sayıları (EMS/g)

Gün	Kontrol (Hava)	M1 (%75 CO ₂ + %25 N ₂)	M2 (%60 CO ₂ + %40 N ₂)	M3 (%30 CO ₂ + %30 O ₂ + %40 N ₂)	M4 (Vakum)
0	<0.30 ± 0.00 ^{aA}	<0.30 ± 0.00 ^{aA}	<0.30 ± 0.00 ^{aA}	<0.30 ± 0.00 ^{aA}	<0.30 ± 0.00 ^{aA}
4	<0.30 ± 0.00 ^{aA}	<0.30 ± 0.00 ^{aA}	<0.30 ± 0.00 ^{aA}	<0.30 ± 0.00 ^{aA}	<0.30 ± 0.00 ^{aA}
8	<0.30 ± 0.00 ^{aA}	<0.30 ± 0.00 ^{aA}	<0.30 ± 0.00 ^{aA}	<0.30 ± 0.00 ^{aA}	0.30 ± 0.00 ^{abA}
10	<0.30 ± 0.00 ^{a-}	-	-	-	-
12	<0.30 ± 0.00 ^{aA}	<0.30 ± 0.00 ^{aA}	<0.30 ± 0.00 ^{aA}	<0.30 ± 0.00 ^{aA}	0.55 ± 0.19 ^{abB}
16		0.30 ± 0.00 ^{aA}	<0.30 ± 0.00 ^{aA}	0.61 ± 0.31 ^{abA}	1.12 ± 0.38 ^{bcA}
20		0.30 ± 0.00 ^{aAB}	<0.30 ± 0.00 ^{aA}	0.82 ± 0.10 ^{bBC}	1.30 ± 0.28 ^{bcC}
24		0.68 ± 0.06 ^{bA}	0.30 ± 0.00 ^{bA}		1.75 ± 0.25 ^{cB}
28		0.68 ± 0.06 ^{bA}	0.30 ± 0.00 ^{bA}		1.80 ± 0.20 ^{cB}
32		0.74 ± 0.00 ^{bcA}	0.49 ± 0.13 ^{bcA}		2.05 ± 0.05 ^{cB}
36		1.01 ± 0.09 ^{cdA}	0.68 ± 0.06 ^{cdA}		
40		1.25 ± 0.15 ^{dA}	0.83 ± 0.09 ^{dA}		

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

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



Kontrol: Hava, M1: %75 CO₂ + %25 N₂, M2: %60CO₂ + %40 N₂, M3: %30CO₂ + %30 O₂ + %40 N₂, M4: Vakum

Şekil 5.4.3.1. Depolama süresince grupların toplam mezofil anaerob bakteri sayısı (EMS/g)

Balık etinde paketlenmeden önceki anaerobik bakteri yükü <0.30 EMS/g olarak tespit edilmiştir. Şekil 5.4.3.1.'de de görüldüğü gibi, vakum uygulanan grup hariç diğer grupların toplam mezofil anaerob bakteri yükleri 12. günden sonra artış göstermiştir. Vakum uygulanan grubun anaerobik bakteri yükü 4. günden itibaren düzenli olarak artmıştır. Hava ile paketlenen kontrol grubunun anaerobik bakteri yükü ise depolama süresince <0.30 EMS/g'ı geçmemiştir. %75 CO₂ içeren M1 grubunun anaerobik bakteri

yükü 12. günden sonra M2 grubundan daha fazla olsa da istatistiksel açıdan önemsiz ($p>0.05$) olmuştur. Oksijen içeren M3 grubunda 12. günden sonra artış saptanmış 20.günde 0.82 EMS/g'a ulaşmıştır. M4 grubunda sürekli saptanan artış 16 ile 32. günler arasında istatistiksel açıdan farksız bulunmuştur.

Tüm gruplar 12. güne kadar anaerob bakteri sayısının birbirinden farksız bulunurken ($p>0.05$), 12. günde vakum grubu tüm gruplardan daha yüksek sayıda bakteri bulundurmıştır ($p<0.05$). %75 ve %60 CO₂ içeren M1 ve M2 gruplarının anaerob bakteri yükü depolama süresince benzer olurken ($p>0.05$), vakum grubundan ise genellikle ilerleyen günlerde farklı ($p<0.05$) bulunmuştur.

Gıda mikrobiyolojisini ilgilendiren anaeroblardan kasıt *Clostridium* türleridir. Başka anaerob ya da fakültatif anaerob bakteriler de gıdalarda bulunsalar da analizlerde belirlenenler genellikle bu türlerdir (Halkman, 2005). Çalışmamızda anaerob başlığı altında *Clostridium* türleri incelenmiştir.

Vakum uygulanan grupta ortamın anaerobik üremeye elverişli olması, CO₂'ce zenginleştirilen gruplarda ise CO₂ gazının anaerob bakteri gelişimini artırıcı etkisi nedeniyle üreme olmuştur. Ancak %75 ya da %60 CO₂ oranının bakteri artışı üzerindeki etkisi farklı olmamıştır ($p>0.05$). Yine Ulusoy (2008), modifiye atmosfer paketlenmiş midye dolmaların anaerob bakteri sayısı üzerine artan karbondioksit oranının gelişmeyi artırıcı etkisi olduğunu belirtmiştir. *Clostridium* türleri artan CO₂ oranına en dayanıklı olan bakterilerdir (Jay, 2000).

Modifiye atmosfer paketlenmiş taze tilapya filetoları %100 O₂, %75 CO₂ +% 25 N₂ gaz karışımları ve vakum ile paketlenmiş ve buzdolabında 4°C, 8°C, 16°C'lerde depolanmıştır. Vakum ve MAP uygulanan filetolarda 16 °C'de toksin gelişimi duyusal bozulma ile farkedilmiştir. 8°C'de paketlenmiş filetoların hepsinde toksin gelişimi duyusal bozulmadan sonra, 7-23 günde meydana gelmiştir. 4°C'de MA paketlenmiş filetoların hiçbiri duyusal bozulmadan sonraki 10. güne kadar toksik hale gelmemiştir. Çalışılan paketleme şekillerinde ve sıcaklıkların hepsinde *C. botulinum* toksin gelişimi duyusal bozulmadan önce meydana gelmemiştir (Reddy ve ark., 1996).

Erkan ve ark. (2007), kolyoz balığının başlangıç anaerob *Clostridium* sp. (sülfid indirgeyen) yükünün 1.48 logEMS/g olduğunu, depolama süresi sonunda *Clostridium* sp. sayısının, hava ve vakum ambalajlanan balıkta 4.04 logEMS/g, MAP (%70

CO₂+%25 N₂+%5 O₂) uygulananda ise 2.32 logEMS/g olduğunu bildirmiştir. Yine Erkan ve ark. (2006), başlangıç anaerob *Clostridium* sp. (sülfid indirgeyen) yükü 0.47-0.48 logEMS/g olan sardalya balığının $\pm 4^{\circ}\text{C}$ 'de 9 günlük depolama süresi sonundaki bakteri sayısını Kontrol (hava) grubunda 0.87 logEMS/g, %60 N₂+%35 CO₂+%5 O₂ ve %25 N₂+%70 CO₂+%5 O₂ gaz karışımları ile paketlenmiş gruplarda ise 0.96 logEMS/g olarak belirtmiştir.

Çalışmada anaerob bakteri sonuçları literatür verileri ile benzerlik göstermemektedir. Bunun nedeni çalışmada kullandığımız gaz karışımlarının ve balık türünün farklı olmasıdır.

5.4.4. *Pseudomonas* spp.

Soğuk muhafaza koşullarında depolanan farklı gaz karışımları ile paketlenmiş levrek balıklarına ait *Pseudomonas* spp. sayımı sonuçları Çizelge 5.4.4.1. ve Şekil 5.4.4.1.'de verilmiştir.

Çizelge 5.4.4.1. Farklı gaz karışımları ile paketlenen levrek balığının *Pseudomonas* spp. sayıları (logkob/g)

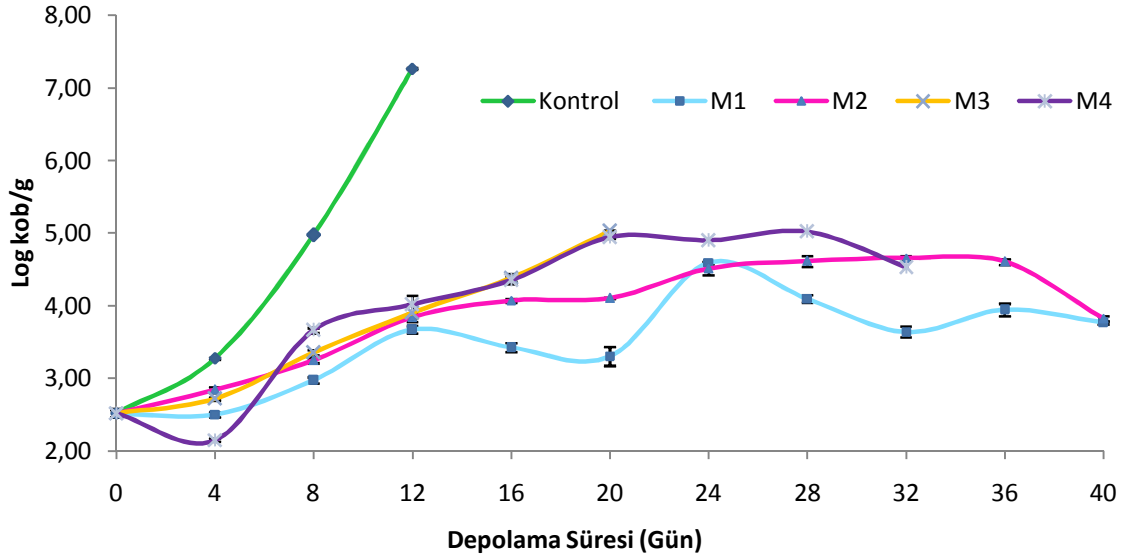
Gün	Kontrol (Hava)	M1 (%75 CO ₂ + %25 N ₂)	M2 (%60 CO ₂ + %40 N ₂)	M3 (%30 CO ₂ + %30 O ₂ + %40 N ₂)	M4 (Vakum)
0	2.52 $\pm$ 0.05 ^{aA}	2.52 $\pm$ 0.05 ^{aA}	2.52 $\pm$ 0.05 ^{aA}	2.52 $\pm$ 0.05 ^{aA}	2.52 $\pm$ 0.05 ^{aA}
4	3.27 $\pm$ 0.01 ^{bA}	2.50 $\pm$ 0.04 ^{aB}	2.84 $\pm$ 0.04 ^{bC}	2.72 $\pm$ 0.02 ^{aCB}	2.15 $\pm$ 0.12 ^{aD}
8	4.97 $\pm$ 0.01 ^{cA}	2.97 $\pm$ 0.04 ^{bB}	3.24 $\pm$ 0.03 ^{cC}	3.35 $\pm$ 0.04 ^{bC}	3.66 $\pm$ 0.02 ^{bD}
10	6.61 $\pm$ 0.03 ^d	-	-	-	-
12	7.26 $\pm$ 0.01 ^{eA}	3.67 $\pm$ 0.05 ^{cgB}	3.84 $\pm$ 0.01 ^{dBC}	3.90 $\pm$ 0.12 ^{cBC}	4.02 $\pm$ 0.01 ^{bcC}
16		3.42 $\pm$ 0.06 ^{cdA}	4.07 $\pm$ 0.03 ^{eB}	4.39 $\pm$ 0.05 ^{dC}	4.35 $\pm$ 0.01 ^{cC}
20		3.30 $\pm$ 0.13 ^{dA}	4.10 $\pm$ 0.01 ^{eB}	5.03 $\pm$ 0.01 ^{eC}	4.94 $\pm$ 0.02 ^{dC}
24		4.59 $\pm$ 0.02 ^{eA}	4.51 $\pm$ 0.09 ^{fA}		4.90 $\pm$ 0.21 ^{deA}
28		4.10 $\pm$ 0.05 ^{fA}	4.61 $\pm$ 0.08 ^{fB}		5.02 $\pm$ 0.04 ^{dC}
32		3.64 $\pm$ 0.08 ^{gcA}	4.65 $\pm$ 0.04 ^{fB}		4.52 $\pm$ 0.05 ^{eB}
36		3.94 $\pm$ 0.09 ^{gfA}	4.60 $\pm$ 0.04 ^{fB}		
40		3.76 $\pm$ 0.02 ^{gA}	3.82 $\pm$ 0.03 ^{dA}		

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

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

Levrek balıklarının paketlenmeden önceki *Pseudomonas* spp. sayısı 2.52 logkob/g olarak bulunmuştur. Levrek balığının başlangıç *Pseudomonas* spp. sayısı; Erkan ve Özden (2006) tarafından 2.48 logkob/g, Paleologos ve ark. (2004) tarafından ise 3.9 logkob/g, olarak bildirilmiştir. M1, M3 ve M4 gruplarının 4. günde *Pseudomonas* spp. sayılarındaki artış önemsiz ($p > 0.05$), Kontrol ve M2 gruplarındaki artış önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Hava ile paketlenen kontrol grubunun *Pseudomonas*

spp. sayısı 10. günde 10^6 kob/g'ı geçerken, diğer grupların hiçbiri bu değeri aşmamıştır. Farklı oranlarda CO₂ içeren M1 ve M2 gruplarının *Pseudomonas* spp. sayıları depolama süresince genel olarak birbirinden farklı bulunmuştur ($p < 0.05$).



Kontrol: Hava, **M1:** %75 CO₂ + %25 N₂, **M2:** %60 CO₂ + %40 N₂, **M3:** %30 CO₂ + %30 O₂ + %40 N₂, **M4:** Vakum

Şekil 5.4.4.1. Farklı gaz karışımları ile paketlenen levrek balığının *Pseudomonas* spp. sayıları (log kob/g)

Daha yüksek oranda CO₂ içeren M1 grubunun *Pseudomonas* spp. sayısı depolama süresince daha düşüktür. %30 oksijen içeren M3 grubunun *Pseudomonas* spp. sayısı depolama süresince hızla artarak toplam mezofil bakteri yükünün de 6.57 log kob/g olduğu 20. günde 5.03 log kob/g'a ulaşmıştır. Yüksek CO₂'li modifiye atmosfer uygulanan 2 grup ta M3 grubunun ulaştığı bu değere 40 günlük depolama süresince ulaşmamıştır. Vakum uygulanan grubun bakteri sayısı 28. güne kadar düzenli bir şekilde artış göstermiş, 32. günde ise az miktarda düşerek 4.52 log kob/g'a ulaşmıştır.

Depolamanın 4. gününde en yüksek *Pseudomonas* spp. sayısı Kontrol grubunda en düşük *Pseudomonas* spp. sayısı ise vakum uygulanan grupta tespit edilmiştir. Kontrol grubunun diğer gruplardan önemli derecede farklı olduğu ($p < 0.05$) 8. günde sadece M2 ve M3 grubu arasındaki fark önemsiz ($p > 0.05$) bulunmuştur. 12. günden sonra M1 grubundaki balıklarda *Pseudomonas* sp. sayısının diğer tüm gruplara nazaran önemli derecede ($p < 0.05$) az olması yüksek oranda CO₂'in etkili olduğunu göstermektedir. Tabi burada diğer uygulamalara göre %60 CO₂'in de *Pseudomonas* spp.

gelişimini engelleyici etkide olduğu açıktır.

Hava ve %30 oksijen içeren gaz karışımı ile paketlenen M3 grubunun *Pseudomonas* spp. sayısı depolama süresince daha hızlı artış göstermiş ve daha yüksek değerlere çıkmıştır. Benzer şekilde Banks ve ark. (1980) hava ile paketlenen ve düşük sıcaklıklarda muhafaza edilen balıklarda *Pseudomonas* spp. gibi gram negatif bakterilerin gelişiminin hızlı olduğunu bildirmiştir. Yine Pantazi ve ark. (2008) hava, vakum ve MAP uygulanarak paketlenen kılıç balığının (*Xiphias gladius*) *Pseudomonas* spp. sayısının sırasıyla 6, 11-12 ve 16. günde 10^7 kob/g' a ulaştığını, vakum ve MAP uygulanan grupların bakteri sayısının daha düşük olduğunu belirtmiştir.

Su ürünlerinde kullanılan paketleme metotlarından vakum ve CO₂'ce zengin MA koşullarında paketleme gram negatif aerob bakteri gruplarının (özellikle *Pseudomonas*) gelişimini inhibe eder (Françoise, 2010). Çalışmamızda *Pseudomonas* spp. sayısının Kontrol grubunda hızla artarken MAP uygulanan gruplarda birbirine yakın değerlerde seyretmesi, CO₂'in bu bakteri gelişimini inhibe ettiğinin bir göstergesidir. Benzer şekilde Stamatis ve Arkoudelos (2007a), *Pseudomonas* spp. gelişiminin yüksek oksijen ve düşük karbondioksit oranı nedeniyle hava ile paketlenen grupta en yüksek olduğunu bunu sırasıyla vakum ve %50 CO₂+%50 N₂ içeren grubun izlediğini bildirmiştir.

Çalışma süresince, en yüksek *Pseudomonas* spp. sayısı (7.26 logkob/g) kontrol grubunda, 12. günde saptanmıştır. *Pseudomonas* spp., baş ve iç organları çıkarılarak atmosfer koşullarında düşük sıcaklıklarda muhafaza edilen Karadeniz levrek balığı mikrobiyotasında baskın bir bakteri türü olarak tespit edilmiştir. Papadopoulos ve ark. (2003) ve Taliadourou ve ark. (2003), iç organları çıkarılarak buzda aerobik koşullarda depolanan çiftlik levreklerinde *Pseudomonas* spp.'nin baskın bakteri türlerinden biri olduğunu bildirmiştir. Çalışmamız bu literatür verileri ile benzerlik göstermektedir.

5.4.5. H₂S Üreten Bakteriler (*S. putrefaciens* dahil)

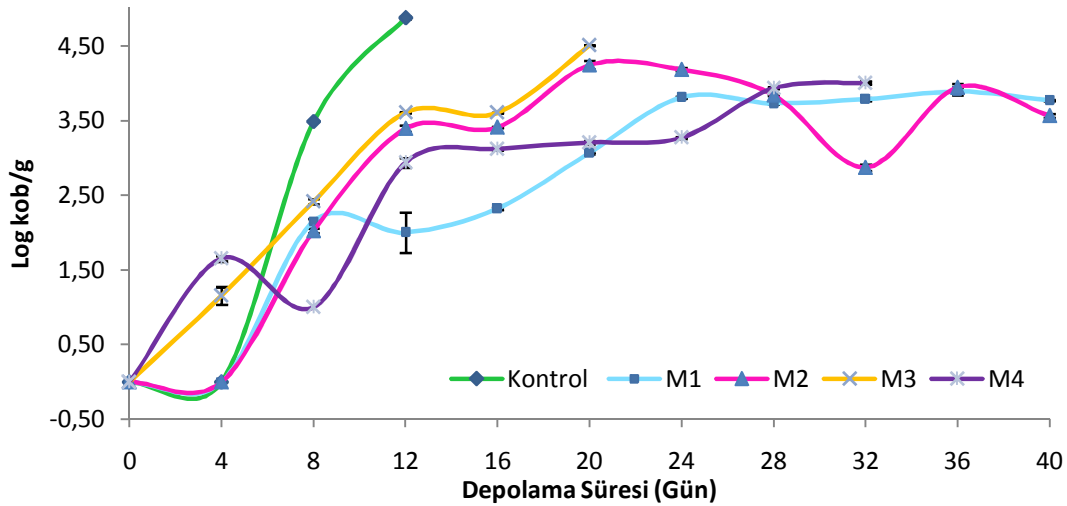
Farklı gaz karışımları ile paketlenen levrek balığının soğukta muhafazası sırasında H₂S üreten bakteri (*S. putrefaciens* dahil) sayıları Çizelge 5.4.5.1 ve Şekil 5.4.5.1.'de verilmiştir.

Çizelge 5.4.5.1. Farklı gaz karışımları ile paketlenen levrek balıklarının H₂S üreten bakteri sayıları (logkob/g)

Gün	Kontrol (Hava)	M1 (%75 CO ₂ + %25 N ₂)	M2 (%60 CO ₂ + %40 N ₂)	M3 (%30 CO ₂ + %30 O ₂ + %40 N ₂)	M4 (Vakum)
0	<1 ± 0.00 ^{aA}	<1 ± 0.00 ^{aA}	<1 ± 0.00 ^{aA}	<1 ± 0.00 ^{aA}	<1 ± 0.00 ^{aA}
4	<1 ± 0.00 ^{aA}	<1 ± 0.00 ^{aA}	<1 ± 0.00 ^{aA}	1.15 ± 0.12 ^{bB}	1.65 ± 0.04 ^{bC}
8	3.49 ± 0.00 ^{bA}	2.15 ± 0.03 ^{bB}	2.03 ± 0.03 ^{bC}	2.41 ± 0.03 ^{cD}	1.00 ± 0.00 ^{cE}
10	4.10 ± 0.03 ^c	-	-	-	-
12	4.87 ± 0.02 ^{dA}	2.00 ± 0.27 ^{bcB}	3.39 ± 0.04 ^{cCD}	3.61 ± 0.01 ^{dC}	2.93 ± 0.06 ^{dD}
16		2.32 ± 0.02 ^{bcA}	3.41 ± 0.01 ^{cgB}	3.60 ± 0.01 ^{dC}	3.12 ± 0.02 ^{ed}
20		3.06 ± 0.01 ^{cA}	4.24 ± 0.06 ^{dB}	4.51 ± 0.00 ^{ec}	3.20 ± 0.02 ^{ed}
24		3.81 ± 0.01 ^{dA}	4.18 ± 0.02 ^{dB}		3.27 ± 0.01 ^{ic}
28		3.73 ± 0.01 ^{dA}	3.84 ± 0.01 ^{eb}		3.93 ± 0.01 ^{gC}
32		3.78 ± 0.02 ^{dA}	2.87 ± 0.04 ^{fb}		4.00 ± 0.02 ^{gC}
36		3.89 ± 0.05 ^{dA}	3.94 ± 0.05 ^{eA}		
40		3.77 ± 0.01 ^{dA}	3.56 ± 0.03 ^{gB}		

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

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



Kontrol: Hava, M1: %75 CO₂ + %25 N₂, M2: %60CO₂ + %40 N₂, M3: %30CO₂ + %30 O₂ + %40 N₂, M4: Vakum

Şekil 5.4.5.1. Farklı gaz karışımları ile paketlenen levrek balığının H₂S üreten bakteri (*S.putrefaciens* dahil) sayısı (logkob/g)

Taze levrek balığında (0. gün) H₂S bakteri sayısı saptanabilir sınırın (<1 logkob/g) altında tespit edilmiştir. Depolama süresince tüm gruplarda H₂S üreten bakteri sayısı en çok 4.87 logkob/g ile kontrol grubunda olmuş ve tüm gruplarda 5 logkob/g'ı geçmemiştir. Kontrol, M1 ve M2 gruplarının 4. gün sayılarında artış gözlenmezken, M3 ve M4 grubundaki artış istatistiksel açıdan önemlidir (p<0.05). Toplam mezofil bakteri yükü bakımından 16. günde depolama süresini tamamlayan M3 grubunun aynı gün H₂S üreten bakteri sayısı; 3.60 logkob/g, M2 grubunun 3.41

logkob/g, M4 grubunun 3.12 logkob/g, M1 grubunun ise 2.32 logkob/g olarak tespit edilmiştir. 24. günden itibaren M1 grubunun bakteri sayısı 3.73 ile 3.89 logkob/g arasında değişmiş fakat günler arasındaki bu değişiklik istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$). M2 grubunun 20. ve 40. günler arasındaki bakteri yükü 2.87-4.24 logkob/g arasında değişmektedir. M4 grubunun bakteri sayısı depolama süresince düzenli olarak artış ($p<0.05$) göstererek 32. günde 4.00 logkob/g'a ulaşmıştır.

Depolamanın ilk 4 gününde 1 logkob/g'ın altında olan kontrol grubundaki H₂S üreten bakteri sayısı özellikle 8. günden sonra hızla artarak diğer tüm gruplardan daha yüksek ($p<0.05$) seviyelerde olmuştur. Depolamanın 4. gününde M3 ve M4 grubunun (vakum) H₂S bakteri sayıları ilk güne göre vakumda daha fazla olmak üzere ($p<0.05$) artış göstermiştir. Yüksek oranda CO₂ içeren M1 ve M2'de ise H₂S üreten bakteri gelişimi <1 logkob/g olarak belirlenmiştir. Depolamanın 12. ve 28. günleri arasında farklı oranlarda CO₂ gazı içeren M1(%75 CO₂) ve M2 (%60 CO₂) gruplarının H₂S üreten bakteri sayıları M1 grubunda daha düşük olmuştur ($p<0.05$). Genel olarak değerlendirildiğinde, 12. günde gruplar H₂S üreten bakteri sayılarına göre $M1<M4\leq M2\leq M3<\text{Kontrol}$ şeklinde sıralanabilir. 16. günden sonra ise M1 grubunda daha az sayıda bakteri tespit edilmiştir ($p<0.05$). M2 grubunun H₂S bakteri miktarı 20-24. günlerde artarak 4 log kob/g'ı geçmiş, 28. ve 32. günlerde ise 3.84-2.87 logkob/g'a düşmüştür. Bu iniş ve çıkışların sebebi olarak kullanılan balık büyüklüklerinin ve başlangıç mikrobiyal yüklerinin farklı olması, depolama süresince gözlenen CO₂ miktarlarındaki değişiklikler gösterilebilir.

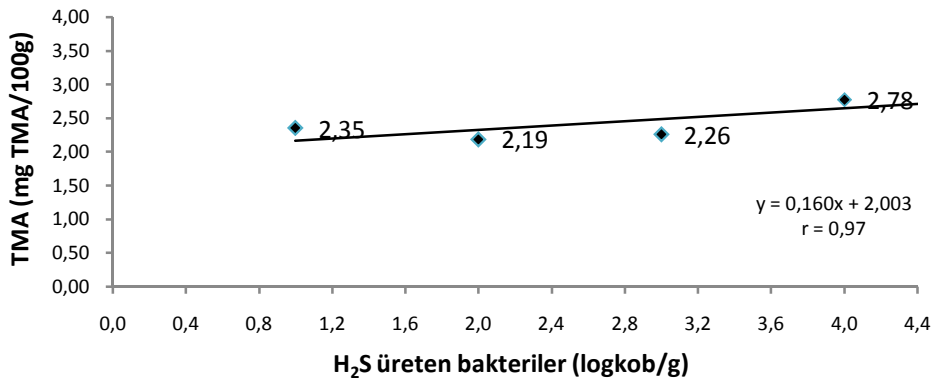
H₂S üreten bakteriler aerobik şartlarda ve MAP uygulanarak soğukta muhafaza edilen balık etlerinde görülen spesifik bozulma bakterileridir (Koutsoumanis ve ark., 1999). Bütün balık etlerinde görülen *S. putrefaciens* gibi H₂S üreten bakteriler, düşük oksijen düzeylerini çok iyi tolere edebilir (Guðjónsdóttir ve ark., 2008), fakat yüksek ve artan CO₂ konsantrasyonu ile vakum uygulamaları bakteri gelişimini inhibe etmektedir (Lyhs ve ark., 2001). Çalışmamızda da görüldüğü gibi hem oksijen içeren kontrol ve M3 grubunda hem de diğer gruplarda H₂S bakteri üremesi gözlenmiş ve depolama süresince en yüksek bakteri yükü (4.87 logkob/g) hava ile paketlenen kontrol grubunda saptanmıştır. Araştırma bulguları ile benzerlik gösteren çalışmalarda; iç organları çıkarılarak buzda aerobik koşullarda depolanan levrek balıklarının mikroflorasında H₂S üreten bakterilerin (*S. putrefaciens* dahil) baskın bir tür olduğu vurgulanmış fakat

Pseudomonas spp.'nin H₂S üreten bakterilerden daha fazla olduğu da bildirilmiştir (Papadopoulos ve ark., 2003; Taliadourou ve ark., 2003, Paleologos ve ark. 2004). Gram ve Dalgaard (2002), *Shewanella* spp.'nin buzda ve atmosfer koşullarında muhafaza edilen balık ve su ürünlerinde daha baskın olarak geliştiğini vurgulamıştır.

Pantazi ve ark. (2008), atmosfer koşullarında depolanan kılıç balığında H₂S üreten bakterilerin (*S.putrefaciens* dahil) dominant olduğunu, farklı atmosfer koşullarında paketlenmiş gruplarda da bu bakterilerin geliştiğini fakat 8.0 logkob/g düzeyine çıkmadığını bildirmiştir.

Erkan ve Özden (2006), ılıman sularda yetiştirilen levrek balıkları için bakteriyel bozulma bakterisinin TMAO'ı indirgeyemeyen *Pseudomonas* spp. olduğunu ve bunun neticesinde balıkların TMA-N değerlerinin düşük bulunduğunu bildirmiştir. Çalışmamızda H₂S üreten bakteri sayısı tüm gruplarda 5 logkob/g'ı geçmemiş ve TMA-N değerleri tüketilebilir değerlerde kalmıştır.

H₂S üreten bakterilerin gelişimi ve bunların oluşturdukları TMA seviyesi özellikle yüksek CO₂ konsantrasyonuna sahip MA şartlarında daha düşüktür (Dalgaard 1995). M1 grubunun H₂S üreten bakteri sayısı ve TMA miktarı depolama süresince genel olarak diğer gruplardan daha düşük tespit edilmiş ve iki değer doğru orantılı olarak değişmiştir (Şekil 5.4.5.2). M1 grubunun H₂S üreten bakteri miktarı ile TMA değeri arasında $y = 0,1602x + 2,003$ ($r = 0,97$) kuvvetli bir ilişki bulunmuştur. Benzer şekilde Erkan ve Özden (2006) iç organları çıkarılarak buzda muhafaza edilen levrek balıklarının TMA-N miktarı ile H₂S üreten bakteri sayısı arasında güçlü bir korelasyon ($r = 0,91$) olduğunu bildirmiştir.



Şekil 5.4.5.2. M1 grubunun TMA değerleri ile H₂S üreten bakteri sayısı arasındaki ilişki

5.4.6. Laktik Asit Bakterileri (LAB)

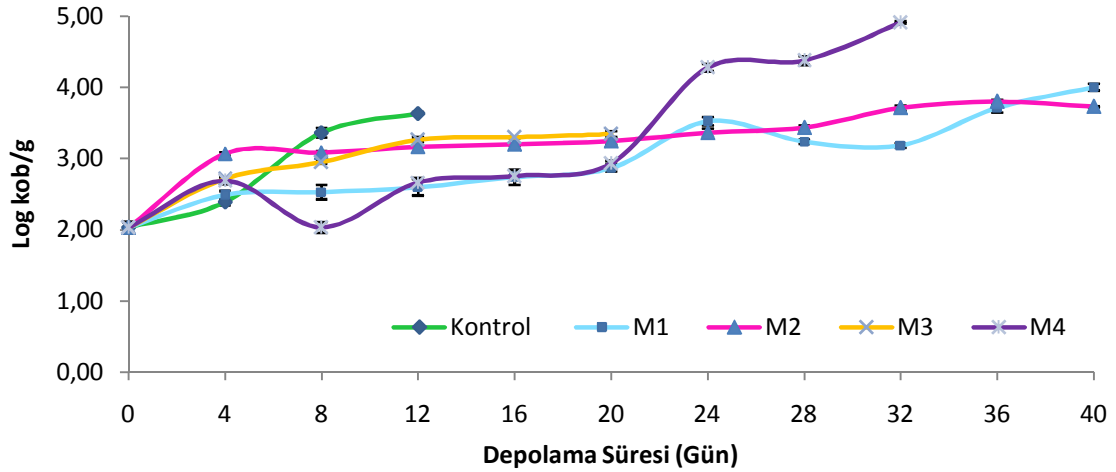
Soğuk muhafaza koşullarında depolanan farklı gaz karışımları ile paketlenmiş levrek balıklarına ait LAB sayımı sonuçları Çizelge 5.4.6.1 ve Şekil 5.4.6.1.'de verilmiştir.

Çizelge 5.4.6.1. Farklı gaz karışımları ile paketlenmiş levrek balıklarının laktik asit bakterileri sayısı (logkob/g)

Gün	Kontrol (Hava)	M1 (%75 CO ₂ + %25 N ₂)	M2 (%60 CO ₂ + %40 N ₂)	M3 (%30 CO ₂ + %30 O ₂ + %40 N ₂)	M4 (Vakum)
0	2.03 ± 0.08 ^{aA}	2.03 ± 0.08 ^{aA}	2.03 ± 0.08 ^{aA}	2.03 ± 0.08 ^{aA}	2.03 ± 0.08 ^{aA}
4	2.39 ± 0.04 ^{bA}	2.49 ± 0.06 ^{bA}	3.07 ± 0.02 ^{bB}	2.72 ± 0.02 ^{bC}	2.69 ± 0.05 ^{bdeC}
8	3.36 ± 0.07 ^{cAC}	2.53 ± 0.10 ^{bcB}	3.09 ± 0.02 ^{bCD}	2.95 ± 0.02 ^{cd}	2.03 ± 0.08 ^{caE}
10	3.51 ± 0.07 ^{cd}	-	-	-	-
12	3.64 ± 0.02 ^{dA}	2.60 ± 0.11 ^{bcB}	3.17 ± 0.01 ^{bc}	3.27 ± 0.04 ^{dC}	2.67 ± 0.06 ^{dB}
16		2.74 ± 0.10 ^{bcA}	3.20 ± 0.02 ^{bcB}	3.30 ± 0.01 ^{dB}	2.75 ± 0.02 ^{deA}
20		2.87 ± 0.05 ^{cA}	3.24 ± 0.04 ^{bcB}	3.35 ± 0.04 ^{dB}	2.93 ± 0.04 ^{eA}
24		3.52 ± 0.06 ^{deA}	3.36 ± 0.06 ^{cdA}		4.28 ± 0.05 ^{FB}
28		3.24 ± 0.03 ^{dA}	3.43 ± 0.04 ^{dB}		4.38 ± 0.06 ^{FC}
32		3.19 ± 0.03 ^{dcA}	3.71 ± 0.04 ^{eB}		4.91 ± 0.02 ^{GC}
36		3.71 ± 0.06 ^{efA}	3.80 ± 0.0 ^{2eA}		
40		4.01 ± 0.05 ^{fA}	3.73 ± 0.01 ^{eB}		

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

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



Kontrol: Hava, M1: %75 CO₂ + %25 N₂, M2: %60CO₂ + %40 N₂, M3: %30CO₂ + %30 O₂ + %40 N₂, M4: Vakum

Şekil 5.4.6.1. Farklı gaz karışımları ile paketlenen levrek balığının Laktik asit bakterileri sayısı (logkob/g)

Levrek balığının başlangıç (0.gün) LAB sayısı 2.03 logkob/g olarak bulunmuştur. Depolama süresince maksimum bakteri sayısı (4.91 logkob/g) ile M4 grubunda 32. günde saptanmıştır. Hava ile paketlenen kontrol grubunun LAB sayısı 12

günlük depolama süresi sonunda 3.64 logkob/g'a ulaşmıştır. Kontrol grubunun 12. günde ulaştığı bu değere M1 grubu 36., M2 grubu 32., M4 grubu ise 20-24. günler arasında ulaşmıştır. %30 oranında O₂ içeren M3 grubu ise 20 günlük depo süresi sonunda bu değere ulaşamamıştır. Vakum uygulanan M4 grubunun LAB sayısı toplam mezofil bakteri sayısı bakımından bozulduğu 24. günde hızla artarak 4.28 logkob/g'a yükselmiştir.

Kontrol grubunun LAB sayısının tüm gruplardan yüksek ve istatistiksel açıdan farklı bulunduğu ($p<0.05$) 12. günde, 2.6 logkob/g civarında bakteri yüküne sahip M1 ve M4 grubu ile M2 ve M3 arasındaki fark istatistiksel açıdan önemsizdir ($p>0.05$). Yani depolamanın ilk günlerinde gruplar arasında çok bariz farklılıklar olmaması yapılan uygulamaların LAB üzerindeki etkilerinin zayıf olduğunu göstermektedir. Yine depolamanın 16. ve 20. günlerinde de %75 CO₂ içeren grup (M1) ile vakum uygulanan grubun (M4) ve M2 ile M3 grubunun LAB sayıları arasındaki fark istatistiksel yönden farksızdır ($p>0.05$). Genellikle 28. günden sonra, paketlenmede yüksek oranda CO₂ uygulaması LAB üzerine etkili olmuştur.

LAB levrek balığı etinin başlangıç mikrobiyal florasında temel olarak bulunan bir bakteri türüdür, fakat levrek balığının bozulma süresince gelişen dominant bir bakteri türü değildir. Françoise (2010); aerobik ya da vakum ve MAP uygulanarak paketlenen su ürünleri üzerine LAB'ların çok fazla etkili olmadığını, özellikle hafif korumalı su ürünlerinde (marine balık, tuzlu balık, soğuk dumanlanmış balık vb.) etkili olduğunu vurgulamıştır.

Kontrol, M1, M2 ve M3 gruplarının toplam mezofil aerob bakteri yükleri açısından raf ömrünü tamamladıkları günlerde grupların LAB sayıları 3 logkob/g civarında saptanmıştır. LAB'ın farklı gaz karışımları ile saklanan ve buzdolabında muhafaza edilen Karadeniz levrek balığında bozulmaya neden olan bir bakteri türü olduğu fakat baskın olmadığı söylenebilir. Benzer şekilde LAB; hava, vakum ve MA paketlenen kolyoz balığının (Stamatis ve Arkoudelos, 2007b), yılan balığının (Arkoudelos ve ark., 2007) ve kılıç balığının (Pantazi ve ark., 2008) mikroflorasında da tespit edilmiştir.

Balık eti başlangıç LAB yükü, *Pseudomonas* spp. gibi aerobik bakterilerin yükünden daha az tespit edilmiş fakat zamanla artış göstermiştir. Çalışmamıza benzer olarak Metin (1999) yaptığı çalışmada, alabalık burgerlerinin başlangıç *Lactobacillus*

spp. yükünü 2.7 log kob/g olarak bildirmiş ve depolama süresince bakteri yükünün arttığını belirtmiştir. Ayrıca başlangıç yükünün aerobik bakterilerden düşük olduğunu bildirmiştir.

5.4.7. *Brochothrix thermosphacta* (BrT)

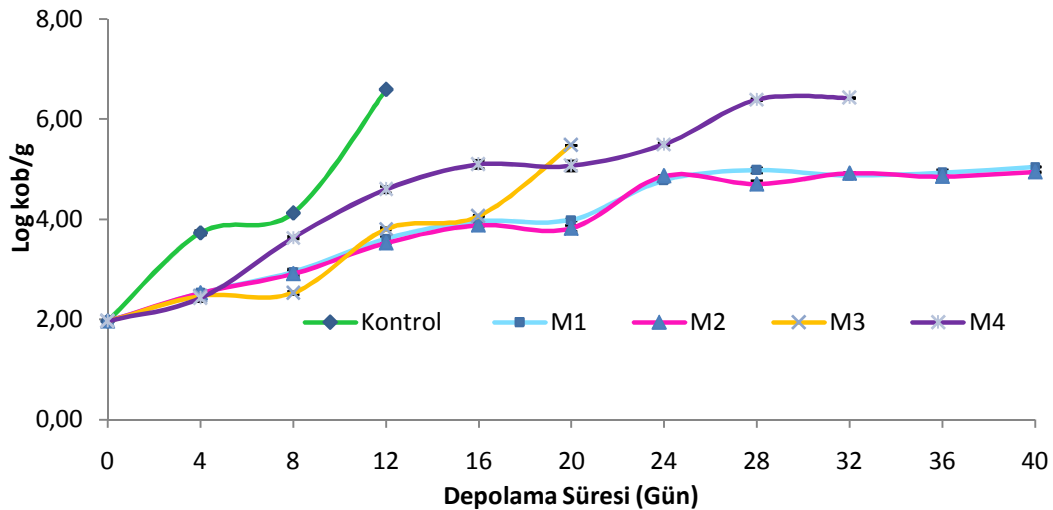
Hava, modifiye atmosfer ve vakum uygulanarak paketlenen levrek balıklarının buzdolabında muhafazası süresince saptanan BrT sayıları Çizelge 5.4.7.1. ve Şekil 5.4.7.1.'de verilmiştir.

Çizelge 5.4.7.1. Farklı gaz karışımları ile paketlenen levrek balıklarının BrT sayıları (logkob/g)

Gün	Kontrol (Hava)	M1 (%75 CO ₂ + %25 N ₂)	M2 (%60 CO ₂ + %40 N ₂)	M3 (%30 CO ₂ + %30 O ₂ + %40 N ₂)	M4 (Vakum)
0	1.96 ± 0.00 ^{aA}	1.96 ± 0.00 ^{aA}	1.96 ± 0.00 ^{aA}	1.96 ± 0.00 ^{aA}	1.96 ± 0.00 ^{aA}
4	3.73 ± 0.05 ^{bA}	2.52 ± 0.05 ^{bB}	2.53 ± 0.03 ^{bB}	2.47 ± 0.03 ^{bB}	2.42 ± 0.06 ^{bB}
8	4.13 ± 0.01 ^{cA}	2.95 ± 0.05 ^{cB}	2.91 ± 0.06 ^{cB}	2.53 ± 0.03 ^{bC}	3.63 ± 0.03 ^{cD}
10	5.38 ± 0.02 ^d	-	-	-	-
12	6.60 ± 0.01 ^{eA}	3.62 ± 0.05 ^{dB}	3.53 ± 0.01 ^{dB}	3.81 ± 0.03 ^{cC}	4.60 ± 0.06 ^{dD}
16		3.96 ± 0.01 ^{eA}	3.88 ± 0.03 ^{eA}	4.06 ± 0.01 ^{dA}	5.10 ± 0.08 ^{eB}
20		3.99 ± 0.02 ^{eA}	3.82 ± 0.06 ^{eA}	5.48 ± 0.00 ^{eB}	5.07 ± 0.01 ^{eC}
24		4.78 ± 0.03 ^{fA}	4.86 ± 0.01 ^{fA}		5.50 ± 0.03 ^{fB}
28		4.98 ± 0.05 ^{gA}	4.70 ± 0.07 ^{fB}		6.39 ± 0.02 ^{gC}
32		4.87 ± 0.06 ^{gfA}	4.92 ± 0.02 ^{gA}		6.43 ± 0.01 ^{gB}
36		4.93 ± 0.06 ^{gfA}	4.85 ± 0.05 ^{gA}		
40		5.05 ± 0.01 ^{gA}	4.94 ± 0.01 ^{gB}		

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

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



Kontrol: Hava, **M1:** %75 CO₂ + %25 N₂, **M2:** %60CO₂ + %40 N₂, **M3:** %30CO₂ + %30 O₂ + %40 N₂, **M4:** Vakum

Şekil 5.4.7.1. Farklı gaz karışımları ile paketlenen levrek balığının *Brochothrix thermosphacta* sayısı (logkob/g)

Taze levrek balığında (0.gün) BrT sayısı oldukça düşüktür (10^2 kob/g). Papadopoulos ve ark. (2003), iç organları çıkarılarak buzda aerobik koşullarda muhafaza edilen levrek balıkları mikrobiyasında BrT saptamıştır. Balıkların başlangıç BrT yükü çalışmamıza benzer olarak 2 logkob/g olarak verilmiştir.

Depolama süresince tüm grupların BrT sayılarında genel olarak artış gözlenmiştir ($p<0.05$). Kontrol grubunda depolama süresince saptanan tüm değerler istatistiksel açıdan birbirinden önemli derecede farklı olmuş ve depolama sonunda 6.60 logkob/g olarak belirlenmiştir ($p<0.05$). M1 grubunun BrT sayısındaki artış 16. güne kadar önemli olurken ($p<0.05$), 20. günde ise önemsiz ($p>0.05$) bulunmuştur. 28. günde 4.98 logkob/g'a ulaşan BrT sayısı 40. güne kadar küçük miktarlarda ($p>0.05$) artış göstererek 5.05 logkob/g'a ulaşmıştır. M2 grubunun BrT yükü 16. güne kadar sürekli artmış ($p<0.05$), daha sonraki günlerde ise çok önemli derecede artışlar olmamıştır. 24. günden sonra M2 grubunun BrT sayısı 4.70-4.94 logkob/g arasında değişmiştir. O₂ içeren M3 grubu, kontrol grubuna benzer olarak hızla artarak 20. günde 5.48 logkob/g gibi yüksek değerlere ulaşmıştır. En yüksek bakteri yükü kontrol grubundan sonra vakum uygulanan grupta saptanmıştır.

Kontrol grubu depolama süresince diğer tüm gruplardan önemli derecede daha yüksek miktarda BrT içermiştir ($p<0.05$). Depolamanın 4. günü tüm grupların BrT sayısı bir miktar artmış ($p<0.05$) fakat bu artış sadece kontrol grubunda çok yüksek olmuştur ($p<0.05$). Yani 4. günde kontrol dışındaki tüm grupların BrT sayısı benzerdir ($p>0.05$). 16. günde MAP uygulanan grupların (M1, M2, M3) BrT sayıları istatistiksel açıdan birbirinden farksız ($p>0.05$), M4 (vakum) grubundan ise farklıdır ($p<0.05$). 16. günden itibaren M1 ve M2 grubundaki BrT sayıları 28. ve 40. günler dışında benzer olmuştur. 20. günden sonra geriye kalan 3 grup içinde (M1, M2 ve M4) vakum uygulanan M4 grubunun BrT sayısı diğer gruplardan daha yüksektir ($p<0.05$).

Taliadourou ve ark. (2003), BrT'nin bütün olarak ya da fileto çıkarılarak buzda depolanan levrek balıklarının bozulmasında rol oynayan spesifik bir bakteri türü olduğunu vurgulamıştır. Araştırmacılar bütün haldeki balığın başlangıç BrT yükünü 2 logkob/g, fileto haline getirilende ise 3.2 logkob/g olarak bulmuşlardır. Benzer şekilde çalışmamızda levrek balığının başlangıç yükü 1.96 logkob/g olarak bulunmuştur. 12 günlük depolama süresi sonunda hava ile paketlenen kontrol grubunun BrT sayısı 6.60

logkob/g'a yükselmiştir.

Papadopoulos ve ark. (2003), buzda depolanan levrek balığında bozulmaya neden olan dominant bakterilerin sırasıyla; *Pseudomonas* spp., H₂S üreten bakteriler ve BrT olduğunu bildirmiştir. Çalışmamızda bu araştırmadan farklı olarak, hava ile paketlenerek soğukta muhafaza edilen Karadeniz levrek balıklarının bozulmasına neden olan BrT'nin, H₂S üreten bakterilerinden daha baskın olduğu belirlenmiştir.

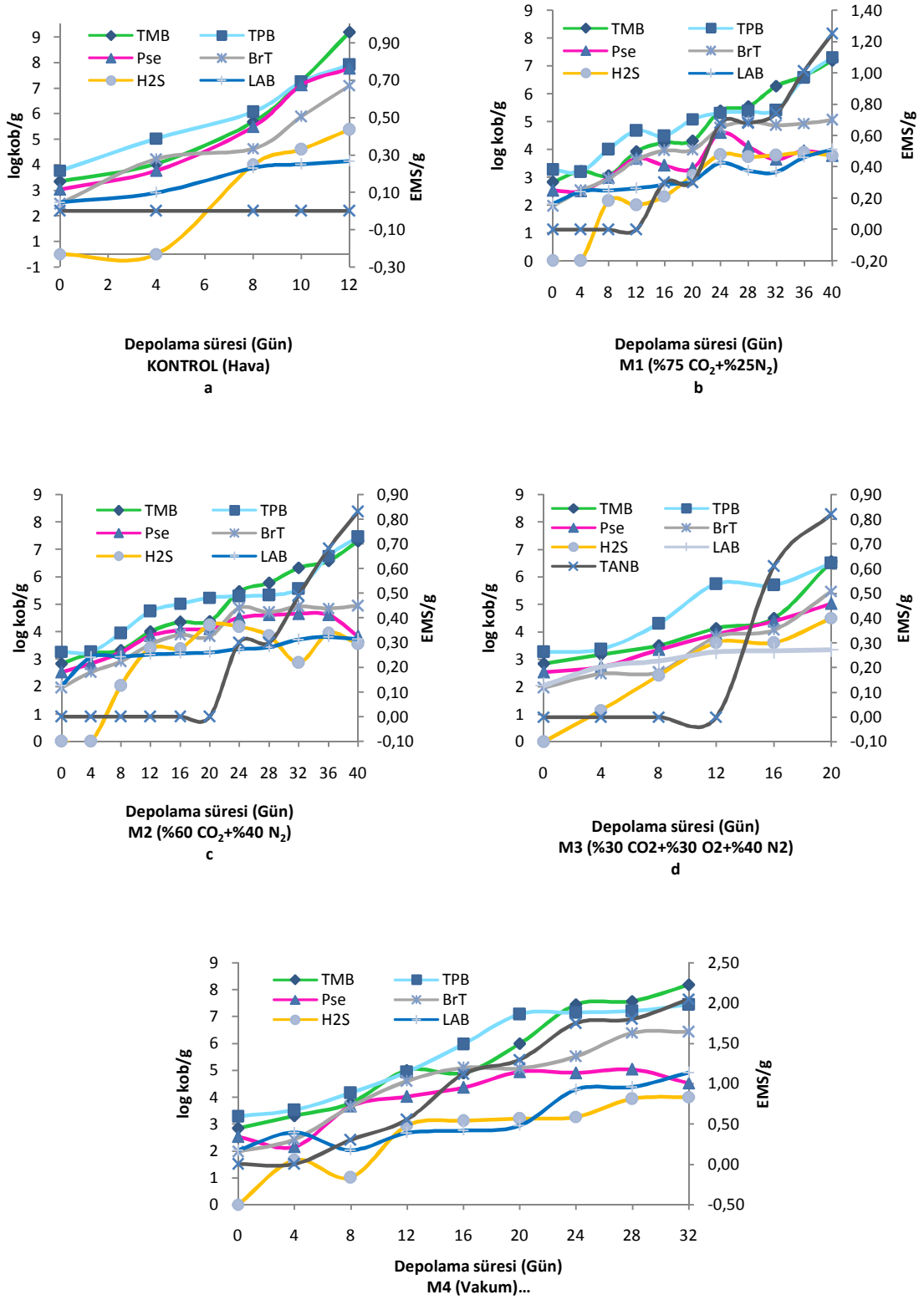
Paleologos ve ark. (2004), levrek balığının başlangıç BrT yükünün 2 logkob/g olduğunu, buzda muhafaza edilen balıkların 16 gün sonundaki BrT sayısının 7.2 logkob/g'a ulaştığı bildirilmiştir. Ayrıca, Taliadourou ve ark. (2003) levrek balıklarında baskın birincil mikroorganizmaların soğuk ve sıcak sularda yetişen diğer balıklarda olduğu gibi gram negatif, fermentatif olmayan, psikotropik bakteriler (*Pseudomonas* spp.) ve gram pozitif bakterilerden (*B. thermosphacta*) oluştuğunu, ikincil florada ise *Enterobacteriaceae*'dan oluştuğunu bildirmiştir.

Erkmen (2010), vakum uygulanan yüksek pH'lı gıdalarda Laktik asit bakterileri ve *Brochotrix thermosphacta*'nın baskın türler olduğunu vurgulamıştır. BrT, CO₂'i tolere eden bir bakteri türüdür (Sivertsvik ve ark., 2003). Çalışmamızda oksijen içeren Kontrol ve M3 gruplarının BrT sayısı hızla artmış, M4 (vakum) grubunun bakteri sayısı M1, M2 gruplarına oranla daha yüksek bulunmuştur.

5.4.8. Mikrobiyolojik Bulguların Genel Değerlendirmesi

Canlı balık eti steril olmasına rağmen deri, mukoz, solungaç ve iç organlar farklı bakteri türlerini içermektedir. Bu bakteri tür ve miktarları; balık türü, sıcaklık, su tuzluluk ve oksijen seviyesi, kirlilik derecesi, besleme, stres vb. gibi bir çok faktöre bağlıdır (Françoise, 2010). Bu faktörlerin değişiklik göstermesi balık etinde üreyen bakteri çeşit ve miktarlarını etkilemektedir. Farklı paketlenme tekniklerinin kullanıldığı çalışmamızda, balık etinin önce iç organ ve başı hijyenik koşullarda çıkarılmış ardından farklı atmosfer koşullarında paketlenmiştir. Paketleme aşamasına kadar aynı işlemlerin uygulandığı balık etleri, bu aşamadan sonra paket içi atmosfer koşullarının değişmesi nedeniyle farklı mikrobiyolojik özellikler göstermiştir.

Şekil 5.4.8.1'de 2.9±0.2 °C'de muhafaza edilen farklı atmosfer koşulları altında paketlenmiş taze levrek balığı etindeki mikrobiyal değişiklikler gösterilmiştir.



Şekil 5.4.8.1. (a, b, c, d, e) Farklı gaz karışımları ile paketlenen levrek balığı etindeki mikrobiyolojik değişimler; TMB: Toplam mezofil bakteri, TPB: Toplam psikrofil bakteri, Pse: *Pseudomonas* spp., BrT: *Brochotrix thermosphacta*, LAB: Laktik asit bakterileri, TPB: Toplam psikrofil bakteri, H₂S: H₂S üreten bakteriler (*S. putrefaciens* dahil) (log kob/g), TANB: Toplam anaerob bakteri (EMS/g)

Paketlemede kullanılan gaz karışımları ve depolama süresi levrek balığında gelişen mikroorganizma tür ve yoğunlukları üzerine etkili olmuştur (Şekil 5.4.8.1. (a, b, c, d, e)).

Şekil 5.4.8.1.a'da görüldüğü gibi hava ile paketlenen (Kontrol grubu) ve $2.9 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 'de depolanan levrek balığında depolama süresince tespit edilen baskın bakteri türleri sırasıyla; *Pseudomonas* spp.> BrT> H₂S üreten bakteriler (*S. putrefaciens* dahil)> LAB'dır. *Pseudomonas* spp. atmosferik koşullarda depolanan levrek balığında bozulmaya neden olan birincil baskın bakteridir. Bu sonuçlar çeşitli araştırma bulgularıyla (Taliadourou ve ark., 2003; Papadapoulos ve ark., 2003; Paleologos ve ark., 2004) uyumludur.

Vakum uygulanan M4 grubunda (Şekil 5.4.8.1.e) depolama süresince tespit edilen baskın bakteriler, BrT> *Pseudomonas* spp.> LAB> H₂S üreten bakteriler (*S. putrefaciens* dahil) dir. Vakum uygulanan grupta MAP uygulananlardan farklı olarak LAB gelişimi H₂S üreten bakterilerden daha yoğun bulunmuştur.

Hava ile paketlenen gruplarda *Pseudomonas* spp. gibi aerob ve gram negatif bakteri yoğunluğunun fazla olması (Jay, 2000), vakum uygulanan ortamlarda anaerob, düşük O₂ içerenlerde ise O₂ düzeylerini tolere edebilen (*S. putrefaciens* gibi H₂S üreten bakteriler) (Guðjónsdóttir ve ark., 2008) bakterilerin gelişmesi beklenir. CO₂, *Pseudomonas* spp. ve *Shewanella* spp. gibi gram negatif bakteriler üzerine bakteriostatik etki gösterir (Debevere ve Boskou, 1996; Gram ve Huss, 1996; Boskou ve Debevere, 1997; Pantazi ve ark., 2008).

Mezofil bakteri gelişiminin en hızlı olduğu grup bir çok çalışmayla benzer olarak (Randell ve ark., 1997; Erkan ve ark., 2000, Erkan ve ark., 2007); hava ile paketlenen grup olmuştur. Anaerob bakteri gelişimi en çok vakum uygulanan grupta gözlenmiştir. Hava ile paketlenen kontrol grubunun laktik asit bakteri yükü H₂S ve *Pseudomonas* spp. sayısından daha az bulunmuştur. Benzer sonuçlar kılıç balığı (*Xiphias gladius*) (Pantazi ve ark., 2008) ve kupeste (*Boops boops*) (Koutsomanis ve Nychas, 1999) de bildirilmiştir. Arkoudelos ve ark. (2007), farklı koşullarda paketlenerek 0°C'de muhafaza edilen yılan balığında baskın mikrobiyal floranın; hava ile paketlenende; *Pseudomonas* spp., *Shewanella* spp., vakum paketlenende; *Pseudomonas* spp. olduğunu bildirmiştir. Depolama süresince *Pseudomonas* spp. kontrol grubunda birincil, vakum uygulan grupta ise ikincil baskın bakteri türü olarak belirlenmiştir.

%75CO₂ + %25 N₂ ve %60 CO₂ + %40 N₂ içeren gaz karışımları ile paketlenen M1 (Şekil 5.4.8.1.b) ve M2 (Şekil 5.4.8.1.c) grubunda depolama süresince gelişen baskın bakteri türleri sırasıyla, BrT> *Pseudomonas* spp.> H₂S üreten bakteriler (*S. putrefaciens* dahil)> LAB'dır. CO₂'ce zengin gruplarda artan CO₂ oranı ile *Pseudomonas* spp. gelişimi baskılanmış ve bozulmada etkin olan birincil baskın bakteri olarak BrT tespit edilmiştir. De La Hoz ve ark. (2000), CO₂'ce zenginleştirilmiş atmosfer koşullarında paketlenen salmon balığında gelişen LAB sayısının *Enterobacteria* ve BrT'den daha yavaş geliştiğini bildirmiştir. Çalışmamızda da benzer şekilde LAB gelişimi BrT'den düşük seviyede olmuştur.

%30 O₂ + %30 CO₂ + %40 N₂ içeren gaz karışımı ile paketlenen M3 (Şekil 5.4.8.1.d) grubunda depolama süresince gelişen baskın bakteriler ise *Pseudomonas* spp.> BrT> H₂S üreten bakteriler (*S. putrefaciens* dahil)> LAB'dır. Oksijence zengin atmosfer koşullarında paketlenen levrek balığının birincil baskın bakteri türü, aerobik koşullarda depolanan levrek balığında olduğu gibi *Pseudomonas* spp.'dir.

5.5. Duyusal Analiz Sonuçları

5.5.1. Çiğ Balığın Duyusal Analiz Sonuçları

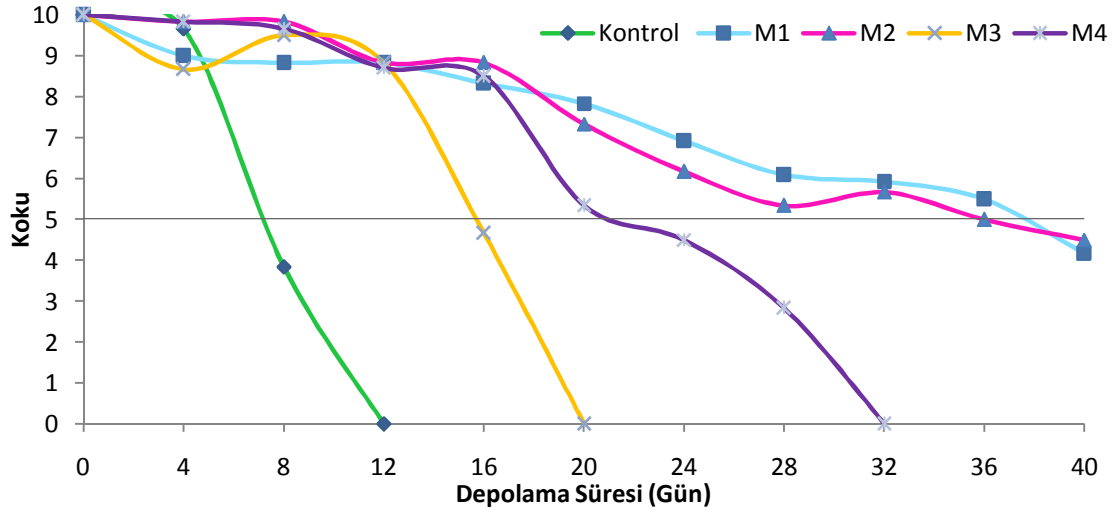
Buzdolabı koşullarında 40 gün depolanan, farklı gaz karışımları ile paketlenmiş balıkların duyusal değerlendirmeleri, 3 eğitimli panelist tarafından gerçekleştirilmiş, koku ile ilgili değerlendirme sonuçları Çizelge 5.5.1.1. ve Şekil 5.5.1.1'de verilmiştir.

Çizelge 5.5.1.1. Farklı gaz karışımları ile paketlenen çiğ balığın koku değerleri

Gün	Kontrol (Hava)	M1 (%75 CO ₂ + %25 N ₂)	M2 (%60 CO ₂ + %40 N ₂)	M3 (%30 CO ₂ + %30 O ₂ + %40 N ₂)	M4 (Vakum)
0	10.0 ± 0.00 ^{aA}	10.0 ± 0.00 ^{aA}	10.0 ± 0.00 ^{aA}	10.0 ± 0.00 ^{aA}	10.0 ± 0.00 ^{aA}
4	9.67 ± 0.21 ^{aA}	9.00 ± 0.26 ^{abAB}	9.83 ± 0.17 ^{aA}	8.67 ± 0.21 ^{bB}	9.83 ± 0.17 ^{aA}
8	3.83 ± 0.17 ^{bA}	8.83 ± 0.31 ^{bcB}	9.83 ± 0.17 ^{aC}	9.50 ± 0.22 ^{caCB}	9.67 ± 0.21 ^{abCB}
10	0.00 ± 0.00 ^c	-	-	-	-
12	0.00 ± 0.00 ^{cA}	8.83 ± 0.17 ^{bcB}	8.83 ± 0.17 ^{bB}	8.83 ± 0.17 ^{cbB}	8.70 ± 0.30 ^{bcB}
16		8.33 ± 0.21 ^{bcA}	8.83 ± 0.17 ^{bA}	4.67 ± 0.21 ^{dB}	8.50 ± 0.34 ^{cA}
20		7.83 ± 0.17 ^{cdA}	7.33 ± 0.21 ^{cA}	0.00 ± 0.00 ^{eB}	5.33 ± 0.21 ^{dC}
24		6.92 ± 0.42 ^{deA}	6.17 ± 0.31 ^{dA}		4.50 ± 0.22 ^{dB}
28		6.08 ± 0.20 ^{efA}	5.33 ± 0.17 ^{dfB}		2.83 ± 0.17 ^{cC}
32		5.92 ± 0.08 ^{efA}	5.67 ± 0.21 ^{deA}		0.00 ± 0.00 ^{fB}
36		5.50 ± 0.22 ^{fA}	5.00 ± 0.00 ^{efB}		
40		4.17 ± 0.17 ^{gA}	4.50 ± 0.22 ^{fA}		

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

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



Kontrol: Hava, **M1:** %75 CO₂ + %25 N₂, **M2:** %60CO₂ + %40 N₂, **M3:** %30CO₂ + %30 O₂ + %40 N₂, **M4:** Vakum

Şekil 5.5.1.1. Çiğ balığın koku değerlerindeki değişim

Paketleme sonrası ilk örnekleme olan 4. günde, kontrol grubunun koku puanı 9.67'ye düşmüştür ($p>0.05$). Taze balık kokusuna en yakın koku M2 ve M4'te hissedilmiştir. Kontrol grubunun duyuşal olarak bozulduğu 8. günde diğer gruplar 8.83 ve 9.83 puanları arasında değerlendirilmiştir. Depolama süresince gruplar arasında koku puanı bakımından önemli/önemsiz farklılıklar tespit edilmiştir. 12. günde; kontrol grubu dışında ($p<0.05$) diğer tüm grupların puanları benzer bulunmuştur ($p>0.05$). 16. günde %30 O₂ içeren M3 grubu hariç ($p<0.05$) yüksek CO₂ içeren M1 ve M2 ile vakum uygulanan gruplar koku puanı bakımından benzer ($p>0.05$) olmuştur. Koku puanı bakımından bazen birbirinden farklı bazen de benzer olan M1 ve M2, özellikle 20. günden sonra vakum grubundan daha iyi durumda bulunmuştur. 16. gün TBA değerinin 3.60 mgMDA/1000g olduğu M3 grubunda ransit koku tespit edilirken amonyak kokusu hissedilmemiştir. 20. günde toplam mezofil bakteri yükü açısından bozulmuş olarak değerlendirilen M4 grubunun çiğ balık duyuşal analiz sonuçları da 24. günde 5 puanın altına inmiştir. Çalışmada %75 CO₂ içeren grupta bile tüketiciyi olumsuz derecede etkileyecek derecede CO₂ kokusu hissedilmemiştir. Çok ağır amonyak kokusu öncelikle hava ile paketlenen kontrol grubunda, ardından M3 ve M4 gruplarında hissedilmiş, CO₂ gazı içeren M1 ve M2 gruplarında hiç hissedilmemiştir. Bunun, CO₂'in bozulma bakterilerinin gelişimini geciktirmesi ve karbonik asit şeklinde balık etinde absorblanarak pH'yı düşük tutmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Çalışmamıza benzer olarak Torrieri ve ark. (2006), hava ile paketlenen levrek balıklarının

depolamanın 9. gününde paket açıldıktan sonraki koku değerinin 0.9 olduğunu, %70 CO₂ ve %50 CO₂ içeren gruplarda ise 5'in üstünde olduğunu ve kötü kokunun hissedilmediğini belirtmiştir.

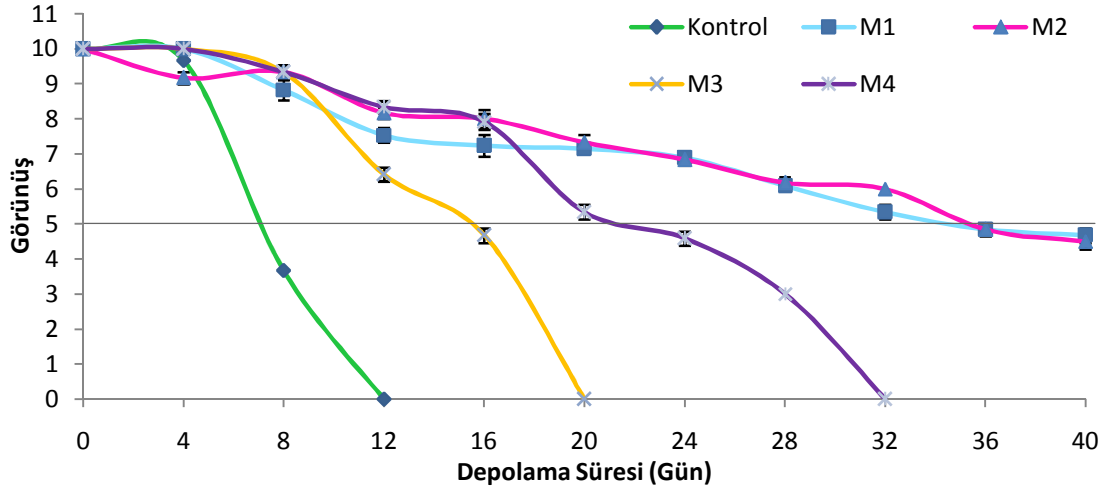
Farklı gaz karışımları ile paketlenen levrek balıklarına ait görünüş değerleri Çizelge 5.5.1.2. ve Şekil 5.5.1.2.'de verilmiştir.

Çizelge 5.5.1.2. Farklı gaz karışımları ile paketlenen çığ balığının görünüş değerleri

Gün	Kontrol (Hava)	M1 (%75 CO ₂ + %25 N ₂)	M2 (%60 CO ₂ + %40 N ₂)	M3 (%30 CO ₂ + %30 O ₂ + %40 N ₂)	M4 (Vakum)
0	10.00 ± 0.00 ^{aA}	10.00 ± 0.00 ^{aA}	10.00 ± 0.00 ^{aA}	10.00 ± 0.00 ^{aA}	10.00 ± 0.00 ^{aA}
4	9.67 ± 0.21 ^{aA}	10.00 ± 0.00 ^{aA}	9.17 ± 0.17 ^{aB}	10.00 ± 0.00 ^{aA}	10.00 ± 0.00 ^{aA}
8	3.67 ± 0.42 ^{bA}	8.83 ± 0.31 ^{bB}	9.33 ± 0.21 ^{aB}	9.33 ± 0.21 ^{aB}	9.33 ± 0.21 ^{aB}
10	0.00 ± 0.00 ^c	-	-	-	-
12	0.00 ± 0.00 ^{cA}	7.53 ± 0.21 ^{cB}	8.17 ± 0.17 ^{bBD}	6.42 ± 0.20 ^{bC}	8.33 ± 0.17 ^{bD}
16		7.23 ± 0.31 ^{cA}	8.00 ± 0.26 ^{bA}	4.67 ± 0.21 ^{cB}	7.92 ± 0.22 ^{bA}
20		7.15 ± 0.10 ^{cA}	7.33 ± 0.21 ^{bcA}	0.00 ± 0.00 ^{dB}	5.33 ± 0.21 ^{cC}
24		6.88 ± 0.11 ^{cdA}	6.83 ± 0.17 ^{cdA}		4.58 ± 0.20 ^{dB}
28		6.08 ± 0.08 ^{deA}	6.17 ± 0.17 ^{dA}		3.00 ± 0.00 ^{eB}
32		5.33 ± 0.21 ^{efA}	6.00 ± 0.00 ^{dB}		0.00 ± 0.00 ^{fC}
36		4.83 ± 0.17 ^{fA}	4.83 ± 0.17 ^{eA}		
40		4.67 ± 0.21 ^{fA}	4.50 ± 0.22 ^{eA}		

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

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



Kontrol: Hava, **M1:** %75 CO₂ + %25 N₂, **M2:** %60CO₂ + %40 N₂, **M3:** %30CO₂ + %30 O₂ + %40 N₂, **M4:** Vakum

Şekil 5.5.1.2. Çığ balığının görünüş değerlerindeki değişim

Grupların görünüş puanları incelendiğinde, 4. günde en düşük puanı alan M2 grubu istatistiksel açıdan tüm gruplardan farklıdır (p<0.05). Kontrol grubunun 8. gündeki görünüş değeri (3.67) diğer tüm gruplardan önemli derecede düşük (p<0.05) olmuştur. Koku puanında olduğu gibi 20. günden itibaren genellikle birbirinden farksız

olan M1 ve M2 grubu vakum grubundan daha iyi sonuçlar vermiştir. Depolamanın 12. gününde vakum uygulanan M4 grubu MAP uygulanan gruplardan daha yüksek puan almış ($p<0.05$) ancak M2 grubu ile arasındaki fark önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$). Bu günde vakum paketlenmiş balık eti yüksek oranda CO_2 uygulanan (%75) balığa oranla daha parlak ve canlı bir görünüme sahiptir.

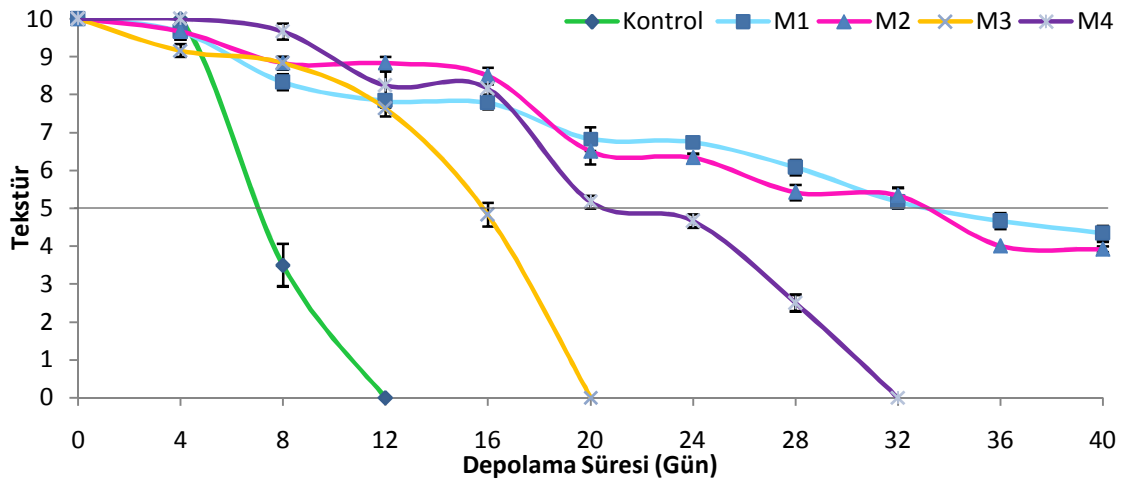
Çiğ durumdaki levrek balığının tekstür değerleri Çizelge 5.5.1.3. ve Şekil 5.5.1.3.'de görülmektedir.

Çizelge 5.5.1.3. Farklı gaz karışımları ile paketlenen çiğ balığın tekstür değerleri

Gün	Kontrol (Hava)	M1 (%75 CO_2 + %25 N_2)	M2 (%60 CO_2 + %40 N_2)	M3 (%30 CO_2 + %30 O_2 + %40 N_2)	M4 (Vakum)
0	10.00 $\pm$ 0.00 ^{aA}	10.00 $\pm$ 0.00 ^{aA}	10.0 $\pm$ 0.00 ^{aA}	10.00 $\pm$ 0.00 ^{aA}	10.00 $\pm$ 0.00 ^{aA}
4	10.00 $\pm$ 0.00 ^{aA}	9.67 $\pm$ 0.21 ^{abAB}	9.67 $\pm$ 0.21 ^{aAB}	9.17 $\pm$ 0.17 ^{bB}	10.00 $\pm$ 0.00 ^{aA}
8	3.50 $\pm$ 0.56 ^{bA}	8.33 $\pm$ 0.21 ^{bcB}	8.83 $\pm$ 0.17 ^{bBC}	8.83 $\pm$ 0.17 ^{bBC}	9.67 $\pm$ 0.21 ^{aC}
10	0.00 $\pm$ 0.00 ^c	-	-	-	-
12	0.00 $\pm$ 0.00 ^{cA}	7.83 $\pm$ 0.17 ^{bcB}	8.83 $\pm$ 0.17 ^{bC}	7.63 $\pm$ 0.20 ^{cBD}	8.25 $\pm$ 0.36 ^{bBC}
16		7.78 $\pm$ 0.16 ^{cA}	8.50 $\pm$ 0.22 ^{bA}	4.83 $\pm$ 0.31 ^{dB}	8.17 $\pm$ 0.17 ^{bA}
20		6.83 $\pm$ 0.31 ^{dA}	6.50 $\pm$ 0.34 ^{cA}	0.00 $\pm$ 0.00 ^{eB}	5.17 $\pm$ 0.17 ^{cC}
24		6.75 $\pm$ 0.11 ^{dA}	6.33 $\pm$ 0.11 ^{cA}		4.67 $\pm$ 0.17 ^{cB}
28		6.08 $\pm$ 0.20 ^{eA}	5.42 $\pm$ 0.20 ^{cA}		2.50 $\pm$ 0.22 ^{dB}
32		5.17 $\pm$ 0.17 ^{eA}	5.33 $\pm$ 0.21 ^{dA}		0.00 $\pm$ 0.00 ^{eB}
36		4.67 $\pm$ 0.21 ^{fA}	4.00 $\pm$ 0.00 ^{dB}		
40		4.33 $\pm$ 0.21 ^{fA}	3.92 $\pm$ 0.08 ^{dA}		

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

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



Kontrol: Hava, **M1:** %75 CO_2 + %25 N_2 , **M2:** %60 CO_2 + %40 N_2 , **M3:** %30 CO_2 + %30 O_2 + %40 N_2 , **M4:** Vakum

Şekil 5.5.1.3. Çiğ balığın tekstür değerlerindeki değişim

Çiğ balık tekstür puanlarına bakıldığında görünüş ve koku puanlarındaki tabloyu görmek mümkündür. Genellikle gruplar arasındaki kesin farklılıklar her grubun

depolama süresi sonunda ortaya çıkmıştır. Kontrol grubu 8. günde, M3 grubu 16. günde, vakum grubu da 20. günde sahip olduğu en düşük puanlarla diğer gruplardan önemli derecede farklıdır. 20. güne kadar olan süreçte M4 grubunda balık pulları oldukça sert, tekstürü oldukça iyi düzeydedir. M1 ve M2 gruplarında ise depolamanın 12. ve 36. günleri dışında ($p < 0.05$) tekstür bakımından farklılık saptanmamıştır ($p > 0.05$).

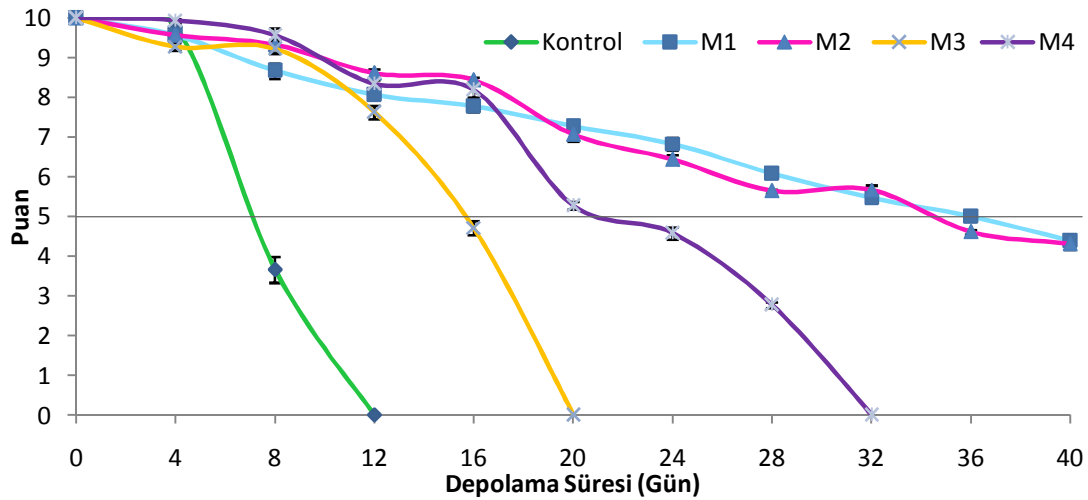
Çiğ durumdaki levrek balığının genel duyusal değerleri Çizelge 5.5.1.4. ve Şekil 5.5.1.4.'de verilmektedir.

Çizelge 5.5.1.4. Farklı gaz karışımları ile paketlenen çiğ balığın genel duyusal değerleri

Gün	Kontrol (Hava)	M1 (%75 CO ₂ + %25 N ₂)	M2 (%60 CO ₂ + %40 N ₂)	M3 (%30 CO ₂ + %30 O ₂ + %40 N ₂)	M4 (Vakum)
0	10.00 ± 0.00 ^{aA}	10.00 ± 0.00 ^{aA}	10.00 ± 0.00 ^{aA}	10.00 ± 0.00 ^{aA}	10.00 ± 0.00 ^{aA}
4	9.78 ± 0.11 ^{bA}	9.56 ± 0.11 ^{aAB}	9.56 ± 0.11 ^{abAB}	9.28 ± 0.10 ^{bB}	9.94 ± 0.06 ^{aB}
8	3.67 ± 0.33 ^{cA}	8.67 ± 0.19 ^{bB}	9.33 ± 0.12 ^{bBC}	9.22 ± 0.11 ^{bBC}	9.56 ± 0.19 ^{aC}
10	0.00 ± 0.00 ^d	- -	- -	- -	- -
12	0.00 ± 0.00 ^{dA}	8.07 ± 0.10 ^{cBD}	8.61 ± 0.10 ^{cC}	7.63 ± 0.17 ^{cD}	8.34 ± 0.11 ^{bBC}
16		7.78 ± 0.14 ^{cdA}	8.44 ± 0.07 ^{cB}	4.72 ± 0.18 ^{dC}	8.19 ± 0.19 ^{bAB}
20		7.27 ± 0.13 ^{deA}	7.06 ± 0.16 ^{dA}	0.00 ± 0.00 ^{eB}	5.28 ± 0.10 ^{cC}
24		6.83 ± 0.16 ^{eA}	6.44 ± 0.11 ^{eA}		4.58 ± 0.15 ^{dB}
28		6.08 ± 0.11 ^{fA}	5.64 ± 0.05 ^{fB}		2.78 ± 0.07 ^{cC}
32		5.47 ± 0.09 ^{gA}	5.67 ± 0.12 ^{fB}		0.00 ± 0.00 ^{cC}
36		5.00 ± 0.12 ^{gA}	4.61 ± 0.06 ^{gB}		
40		4.39 ± 0.13 ^{hA}	4.31 ± 0.14 ^{gA}		

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

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



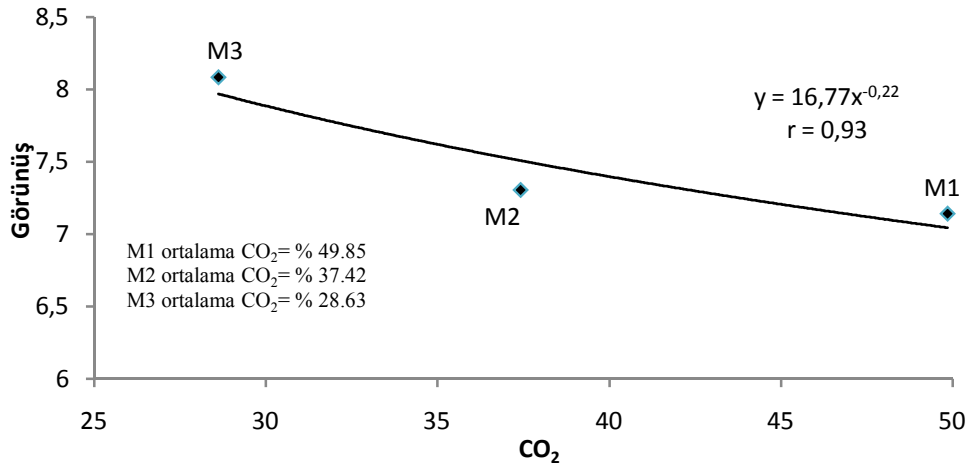
Kontrol: Hava, M1: %75 CO₂ + %25 N₂, M2: %60CO₂ + %40 N₂, M3: %30CO₂ + %30 O₂ + %40 N₂, M4: Vakum

Şekil 5.5.1.4. Çiğ balığın genel duyusal özelliklerindeki değişim

4. gün koku, görünüş ve tekstür değerleri açısından en yüksek puanı vakum

uygulanan M4 grubu almıştır. Ancak kontrol grubu hariç ($p < 0.05$), diğer gruplar arasındaki farklılıklar önemsiz olmuştur ($p > 0.05$). Hava ile paketlenen levrek balığının 8. gün genel değerlendirme sonucu 3.67 olarak bulunmuştur. Aynı gün Kontrol grubunun mezofil bakteri yükü 10^6 'yı geçmemiş ancak çiğ balık genel duyusal değeri kabul edilebilir (5 puan) sınırların altına düşmüştür. %30 oranında O_2 içeren M3 grubunun 16. günde koku, görünüş ve tekstür değerleri sırasıyla; 4.67, 4.67, 4.83'tür. Aynı gün M3 grubu ile diğer gruplar arasındaki fark önemli ($p < 0.05$) bulunmuştur. CO_2 'ce zenginleştirilmiş MA şartlarında paketlenen M1 ve M2 grupları sırasıyla 36. ve 32. günden sonra, vakum uygulanan M4 grubu ise 20. günden sonra 5 puanın altında değerlendirilmiştir.

MAP uygulanarak paketlenen M1, M2 ve M3 gruplarının paket içi CO_2 gazı miktarları farklıdır. Çalışmada 3 grubun depolama süresince ölçülen ortalama CO_2 değerleri arttıkça ortalama çiğ balık görünüş puanlarının azaldığı, aralarında ters orantı ($r = 0.93$) olduğu belirlenmiştir (Şekil 5.5.1.5).



Şekil 5.5.1.5. Depolama süresince paket içi ortalama CO_2 gazı miktarı ile çiğ balık ortalama görünüş değerleri arasındaki ilişki

5.5.2. Pişmiş Balığın Duyusal Analiz Sonuçları

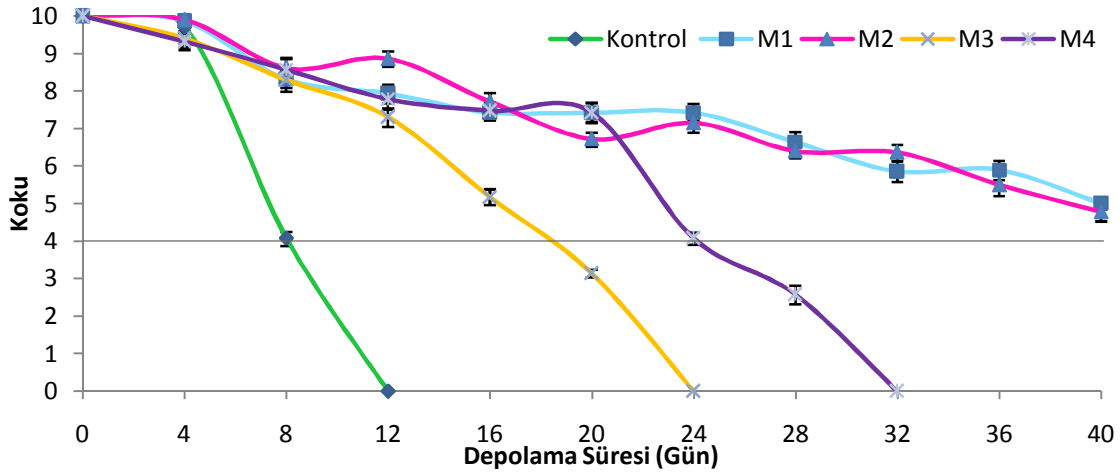
Pişmiş balığın duyusal analizi 7 deneyimli panalist tarafından yapılmış ve 40 günlük depolama süresince elde edilen koku değerleri Çizelge 5.5.2.1 ve Şekil 5.5.2.1'de verilmiştir.

Çizelge 5.5.2.1. Pişmiş balığın koku değerleri

Gün	Kontrol (Hava)	M1 (%75 CO ₂ + %25 N ₂)	M2 (%60 CO ₂ + %40 N ₂)	M3 (%30 CO ₂ + %30 O ₂ + %40 N ₂)	M4 (Vakum)
0	10.00 ± 0.00 ^{aA}	10.00 ± 0.00 ^{aA}	10.00 ± 0.00 ^{aA}	10.00 ± 0.00 ^{aA}	10.00 ± 0.00 ^{aA}
4	9.71 ± 0.13 ^{aA}	9.86 ± 0.10 ^{aA}	10.00 ± 0.08 ^{aA}	9.39 ± 0.22 ^{aA}	9.32 ± 0.22 ^{abA}
8	4.07 ± 0.19 ^{bA}	8.31 ± 0.22 ^{bB}	9.89 ± 0.28 ^{bcB}	8.29 ± 0.29 ^{bB}	8.57 ± 0.29 ^{bcB}
10	2.00 ± 0.27 ^c	-	-	-	-
12	0.00 ± 0.00 ^{dA}	7.93 ± 0.24 ^{bB}	8.86 ± 0.21 ^{bc}	7.30 ± 0.25 ^{cB}	7.79 ± 0.28 ^{cdB}
16		7.43 ± 0.17 ^{bcA}	7.71 ± 0.24 ^{cA}	5.18 ± 0.21 ^{dB}	7.46 ± 0.24 ^{dA}
20		7.43 ± 0.27 ^{bcA}	7.71 ± 0.19 ^{Ad}	3.14 ± 0.10 ^{eB}	7.43 ± 0.25 ^{dA}
24		7.43 ± 0.23 ^{bcA}	6.71 ± 0.25 ^{dcA}		4.07 ± 0.16 ^{eB}
28		6.64 ± 0.17 ^{cdA}	7.14 ± 0.17 ^{deA}		2.57 ± 0.25 ^{fB}
32		5.86 ± 0.27 ^{deA}	6.39 ± 0.21 ^{deA}		0.00 ± 0.00 ^{gB}
36		5.89 ± 0.26 ^{deA}	6.36 ± 0.29 ^{efA}		
40		5.00 ± 0.15 ^{eA}	5.50 ± 0.15 ^{fA}		

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

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



Kontrol: Hava, M1: %75 CO₂ + %25 N₂, M2: %60CO₂ + %40 N₂, M3: %30CO₂ + %30 O₂ + %40 N₂, M4: Vakum

Şekil 5.5.2.1. Pişmiş balığın koku değerlerindeki değişim

Tüm gruplarda pişirme işleminden sonra belirlenen koku puanları 40 günlük depolama süresince düzenli olarak azalmıştır. Paketleme sonrasındaki ilk örneklemede (4.gün) pişmiş taze balık kokusuna en yakın grup %60 CO₂ içeren grup olarak belirlenirken, depolamanın 8. gününe kadar ne gruplar içinde ne de gruplar arasında koku puanı bakımından gözlenen farklılıklar önemli olmamıştır (p>0.05). 12. günde tüm panelistlerden puan alamayan kontrol grubu ile panelistlerden en yüksek puanı alan M2 grubu diğer gruplardan önemli derecede farklı (p<0.05) bulunmuştur. 16. günde ise en düşük koku puanı ile M3 grubu diğer gruplardan önemli derecede farklı (p<0.05)

bulunmuştur. 24. günden itibaren CO₂ ile paketlenen M1 ve M2 grubunun koku puanlarındaki değişimler birbirine benzer olmuş ve vakum grubundaki balıkların koku puanlarından önemli derecede daha yüksek olmuştur (p<0.05).

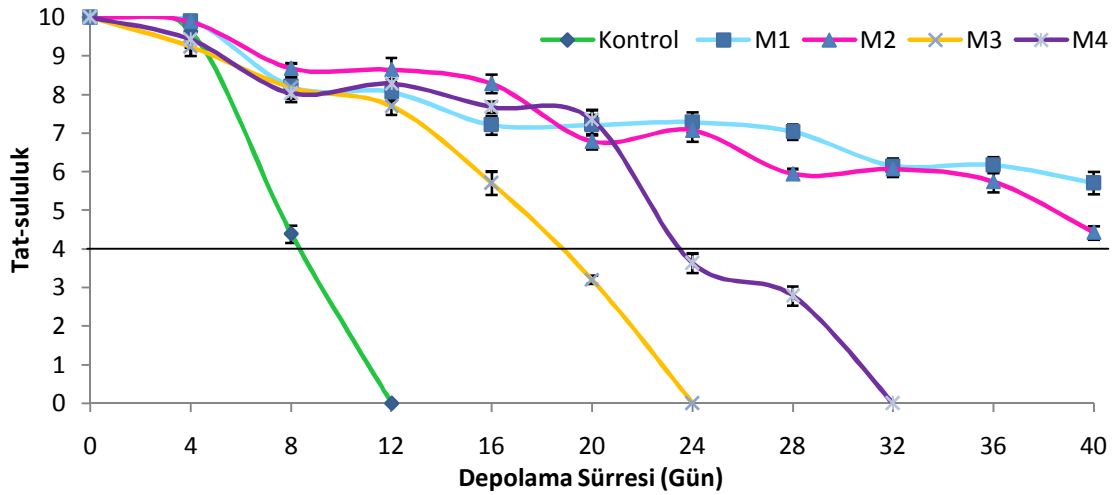
Pişmiş balığın tat/sululuk değerlerine ilişkin sonuçlar Çizelge 5.5.2.2. ve Şekil 5.5.2.2.'de verilmektedir.

Çizelge 5.5.2.2. Pişmiş balığın tat/ sululuk değerleri

Gün	Kontrol (Hava)	M1 (%75 CO ₂ + %25 N ₂)	M2 (%60 CO ₂ + %40 N ₂)	M3 (%30 CO ₂ + %30 O ₂ + %40 N ₂)	M4 (Vakum)
0	10.0 ± 0.00 ^{aA}	10.0 ± 0.00 ^{aA}	10.0 ± 0.00 ^{aA}	10.0 ± 0.00 ^{aA}	10.0 ± 0.00 ^{aA}
4	9.64 ± 0.13 ^{aAB}	9.93 ± 0.07 ^{aA}	9.89 ± 0.08 ^{aA}	9.25 ± 0.24 ^{aB}	9.43 ± 0.20 ^{aAB}
8	4.39 ± 0.22 ^{bA}	8.21 ± 0.19 ^{bBC}	8.68 ± 0.14 ^{bB}	8.18 ± 0.28 ^{bC}	8.04 ± 0.22 ^{bBC}
10	2.57 ± 0.14 ^c	-	-	-	-
12	0.00 ± 0.00 ^{dA}	8.07 ± 0.22 ^{bcB}	8.64 ± 0.31 ^{bB}	7.69 ± 0.21 ^{bB}	8.29 ± 0.13 ^{bB}
16		7.21 ± 0.24 ^{cA}	8.29 ± 0.24 ^{bB}	5.71 ± 0.30 ^{cC}	7.68 ± 0.15 ^{bcAB}
20		7.21 ± 0.26 ^{cdA}	6.79 ± 0.19 ^{cdA}	3.21 ± 0.11 ^{dB}	7.36 ± 0.25 ^{cA}
24		7.29 ± 0.27 ^{bcdA}	7.07 ± 0.29 ^{cA}		3.64 ± 0.25 ^{dB}
28		7.04 ± 0.20 ^{cdeA}	5.94 ± 0.14 ^{deB}		2.79 ± 0.25 ^{ec}
32		6.16 ± 0.19 ^{efA}	6.07 ± 0.20 ^{deA}		0.00 ± 0.00 ^{fB}
36		6.18 ± 0.21 ^{efA}	5.75 ± 0.27 ^{eA}		
40		5.71 ± 0.29 ^{fA}	4.43 ± 0.17 ^{fB}		

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

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



Kontrol: Hava, M1: %75 CO₂ + %25 N₂, M2: %60CO₂ + %40 N₂, M3: %30CO₂ + %30 O₂ + %40 N₂, M4: Vakum

Şekil 5.5.2.2. Pişmiş balığın tat-sululuk değerlerindeki değişim

Grupların tat-sululuk sonuçlarına göre; paketlenme sonrası ilk örnekleme günü olan 4. günde CO₂'ce zengin M1 ve M2 gruplarının puanları sadece M3 grubundan daha yüksek (p<0.05) olup diğer grupların puanları benzer olmuştur (p>0.05). 8. günde

kontrol grubunun puanı bozuk balık eti puanına oldukça yakın ve tüm gruplardan önemli derecede farklıdır ($p<0.05$). Kontrol grubunun hiç puan alamadığı 12. günde diğer grupların puanları arasında istatistiksel açıdan fark saptanmamıştır ($p>0.05$). 16. ve 20. günde en düşük puanı %30 O₂ içeren M3 grubu almıştır. 24. günden depolama süresi sonuna kadar, 28. ve 40. günler hariç diğer günlerde M1 ve M2 grubunun puanları birbirine benzer olup ($p>0.05$), M4 grubundan ise daha yüksek ($p<0.05$) olmuştur.

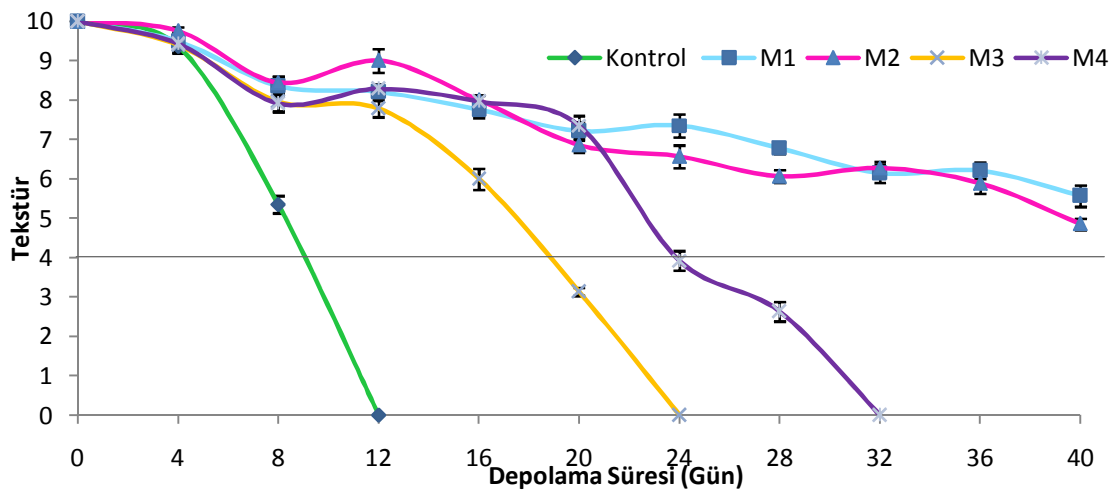
Pişmiş balığın tekstür değerlerine ilişkin sonuçlar Çizelge 5.5.2.3. ve Şekil 5.5.2.3.'de verilmektedir.

Çizelge 5.5.2.3. Pişmiş balığın tekstür değerleri

Gün	Kontrol (Hava)	M1 (%75 CO ₂ + %25 N ₂)	M2 (%60 CO ₂ + %40 N ₂)	M3 (%30 CO ₂ + %30 O ₂ + %40 N ₂)	M4 (Vakum)
0	10.00 ± 0.00 ^{aA}	10.00 ± 0.00 ^{aA}	10.00 ± 0.00 ^{aA}	10.00 ± 0.00 ^{aA}	10.00 ± 0.00 ^{aA}
4	9.36 ± 0.13 ^{bA}	9.50 ± 0.23 ^{aA}	9.75 ± 0.11 ^{acA}	9.39 ± 0.20 ^{aA}	9.43 ± 0.20 ^{aA}
8	5.36 ± 0.22 ^{cA}	8.36 ± 0.25 ^{bB}	8.44 ± 0.16 ^{bcB}	7.96 ± 0.23 ^{bbB}	7.91 ± 0.22 ^{bcB}
10	2.93 ± 0.07 ^d	-	-	-	-
12	0.00 ± 0.00 ^{eA}	8.21 ± 0.15 ^{bcB}	9.00 ± 0.30 ^{cC}	7.79 ± 0.21 ^{bbB}	8.29 ± 0.13 ^{bbC}
16		7.75 ± 0.19 ^{bcdA}	8.00 ± 0.13 ^{bA}	6.00 ± 0.27 ^{cbB}	7.96 ± 0.15 ^{bcA}
20		7.22 ± 0.23 ^{cdA}	6.86 ± 0.18 ^{dA}	3.14 ± 0.10 ^{dB}	7.36 ± 0.25 ^{cA}
24		7.36 ± 0.29 ^{cdA}	6.57 ± 0.29 ^{deA}		3.93 ± 0.25 ^{dB}
28		6.79 ± 0.15 ^{deA}	6.07 ± 0.16 ^{deB}		2.64 ± 0.25 ^{cC}
32		6.14 ± 0.23 ^{efA}	6.29 ± 0.16 ^{deA}		0.00 ± 0.00 ^{fB}
36		6.21 ± 0.21 ^{efA}	5.89 ± 0.26 ^{eA}		
40		5.57 ± 0.27 ^{fA}	4.86 ± 0.14 ^{fB}		

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

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



Kontrol: Hava, M1: %75 CO₂ + %25 N₂, M2: %60CO₂ + %40 N₂, M3: %30CO₂ + %30 O₂ + %40 N₂, M4: Vakum

Şekil 5.5.2.3. Pişmiş balığın tekstür değerlerindeki değişim

Gruplar tekstür puanlarına göre değerlendirildiğinde, 8. güne kadar önemli bir farklılık görülmezken, 8. ve 12. günde kontrol grubu tüm gruplardan önemli derecede ($p<0.05$) daha düşük puan almıştır. 16. ve 20. günlerde M3 grubunun tüm gruplardan daha kötü tekstüre sahip olduğu bulunmuştur. 24. günden sonra 28. ve 40. günler hariç, M1 ve M2 grubu puanları benzer olurken, M4 grubu (vakum) daha düşük ($p<0.05$) tekstür puanları almıştır.

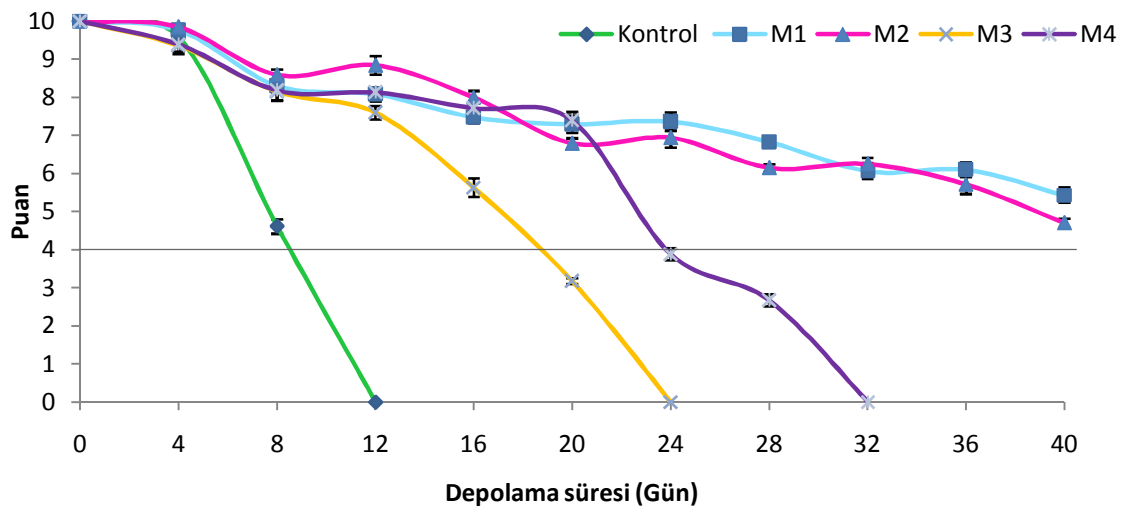
Pişmiş balığın genel duyusal analiz sonuçları Çizelge 5.5.2.4. ve Şekil 5.5.2.4.'de verilmektedir.

Çizelge 5.5.2.4. Pişmiş balığın genel duyusal analiz değerleri

Gün	Kontrol (Hava)	M1 (%75 CO ₂ + %25 N ₂)	M2 (%60 CO ₂ + %40 N ₂)	M3 (%30 CO ₂ + %30 O ₂ + %40 N ₂)	M4 (Vakum)
0	10.00 ± 0.00 ^{aA}	10.00 ± 0.00 ^{aA}	10.00 ± 0.00 ^{aA}	10.00 ± 0.00 ^{aA}	10.00 ± 0.00 ^{aA}
4	9.57 ± 0.11 ^{bA}	9.76 ± 0.11 ^{aA}	9.85 ± 0.08 ^{aA}	9.35 ± 0.21 ^{aA}	9.39 ± 0.20 ^{aA}
8	4.61 ± 0.19 ^{cA}	8.29 ± 0.18 ^{bB}	8.58 ± 0.15 ^{bcB}	8.14 ± 0.24 ^{bB}	8.17 ± 0.25 ^{bB}
10	0.00 ± 0.00 ^d	- -	- -	- -	-
12	0.00 ± 0.00 ^{dA}	8.07 ± 0.19 ^{bcB}	8.83 ± 0.24 ^{bC}	7.59 ± 0.18 ^{bB}	8.12 ± 0.10 ^{bB}
16		7.46 ± 0.14 ^{cdA}	8.00 ± 0.16 ^{cA}	5.63 ± 0.24 ^{cB}	7.70 ± 0.18 ^{bcA}
20		7.29 ± 0.23 ^{cdA}	6.79 ± 0.13 ^{deA}	3.17 ± 0.08 ^{dB}	7.38 ± 0.23 ^{cA}
24		7.36 ± 0.24 ^{dA}	6.93 ± 0.26 ^{dA}	0.00 ± 0.00 ^{dB}	3.88 ± 0.16 ^{dC}
28		6.82 ± 0.14 ^{deA}	6.14 ± 0.10 ^{efB}		2.67 ± 0.16 ^{eC}
32		6.05 ± 0.21 ^{efA}	6.24 ± 0.17 ^{efA}		0.00 ± 0.00 ^{fB}
36		6.10 ± 0.19 ^{efA}	5.71 ± 0.26 ^{fA}		
40		5.43 ± 0.20 ^{fA}	4.69 ± 0.12 ^{gB}		

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

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



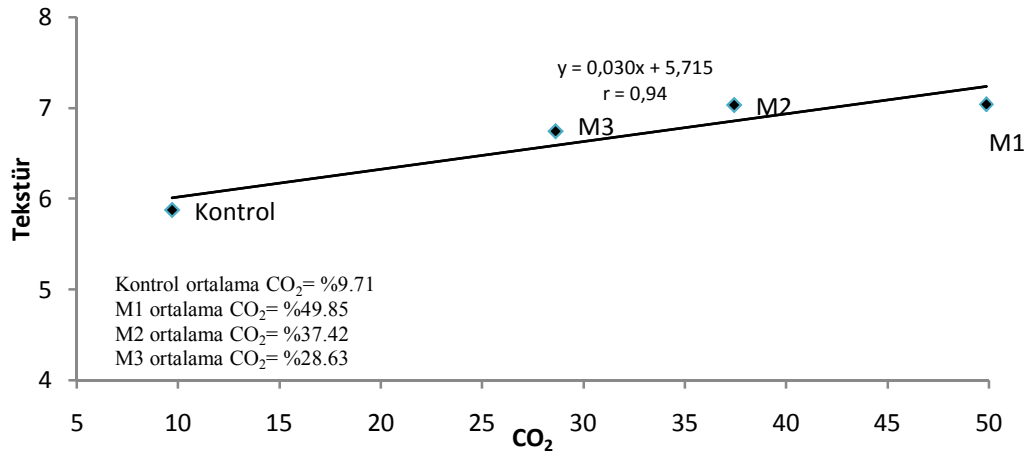
Kontrol: Hava, **M1:** %75 CO₂ + %25 N₂, **M2:** %60CO₂ + %40 N₂, **M3:** %30CO₂ + %30 O₂ + %40 N₂, **M4:** Vakum

Şekil 5.5.2.4. Pişmiş balığın genel duyusal özelliklerindeki değişim

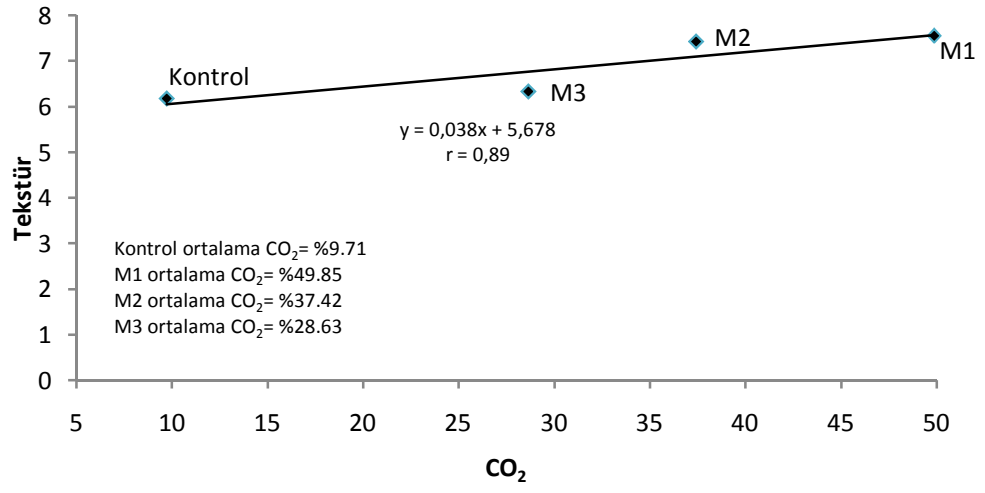
Tüm gruplarda pişirildikten sonra yapılan duyusal analiz sonucunda koku, tat/sululuk ve tekstür puanları 40 günlük depolama süresince düzenli olarak azalmıştır. 8. günde ortalama 3.67 puan alan ve bozulmuş olarak değerlendirilen çiğ balık eti (kontrol), pişirme sonrasındaki duyusal analiz sonuçlarına göre tüketilebilir nitelikte bulunmuş (4.61), pişirme bozuk ürün koku ve lezzetini az da olsa maskeleymiştir. 8. günde tüm grupların genel sonuçları kontrol grubu ($p<0.05$) hariç farksızdır ($p>0.05$). M3 grubunun 20. gün ortalama puanı 3.17 iken, M1, M2 ve M4 gruplarının sırasıyla; 7.29, 7.12, 7.38'dir. M3 grubunun 20. gün ortalaması 4'ün altına düştüğünden ürün duyusal açıdan "bozulmuş" olarak değerlendirilmiştir. M4 grubu toplam mezofil bakteri yükünün limit değere çok yakın olduğu 20. günde, "iyi" olarak değerlendirilmiş ve 24. günde bozulmuştur. Yüksek CO₂ oranları ile paketlenen M1 ve M2 gruplarındaki balıklar 40 günlük depolama süresi sonunda "tüketilebilir" düzeyde bulunmuştur.

CO₂ konsantrasyonu arttıkça balık etinde absorblanan miktar da artmakta, karbonik asit dokuyu asitleştirmektedir. Bunun sonucunda düşük pH sırasıyla balığın su absorblama kapasitesini ve tekstür özelliklerini etkilemektedir (Torrieri ve ark. 2006).

Kontrol, M1, M2 ve M3 gruplarında depolama süresince ölçülen CO₂ gazı değerlerinin ortalamaları ile ortalama çiğ ve pişmiş balık tekstür değerleri arasındaki ilişki incelenmiştir. Ortalama CO₂ gazı ölçüm oranları arttıkça çiğ ve pişmiş balık ortalama tekstür değerlerinin doğrusal (Şekil 5.5.2.5-5.5.2.6) olarak arttığı saptanmış ve aralarında sırasıyla; $y=0.0305x+5.7158$ ($r=0.94$) ve $y=0.038x+5.678$ ($r=0.89$) şeklinde bir ilişki bulunmuştur. CO₂ değerleri ile çiğ balık tekstür değerleri arasındaki ilişkinin pişmiş balığa göre çok daha güçlü olduğu söylenebilir.



Şekil 5.5.2.5. CO₂ gazı ile çiğ balık tekstür puanı arasındaki ilişki



Şekil 5.5.2.6. CO₂ gazı ile pişmiş balık tekstür puanı arasındaki ilişki

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Karadeniz’de yetiştirilen levrek balığının kalitesi üzerine MA paketlemenin etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla oluşturulan 5 farklı grup (Hava, %75 CO₂ + %25 N₂, %60 CO₂ + % 40 N₂, %30 CO₂+%30 O₂+%40 N₂, vakum) paketlenerek 2.9±0.02°C’de 40 gün boyunca muhafaza edilmiştir. Çalışmanın ilk günü taze balık etinden alınan örneklerle balık etinin besin kompozisyonu ve ağır metal bileşimi, kimyasal, duyuşal, fiziksel ve mikrobiyolojik özellikleri belirlenmiş, paketlenme sonrasında deneme planında belirtilen periyotlarda fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşal analizler yapılmıştır. Elde edilen verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesi neticesinde aşağıdaki genel sonuç ve öneriler çıkarılmıştır.

1. Çalışmamızda kullanılan levrek balığının protein içeriği % 18.63, yağ içeriği % 10.72, kül içeriği %1.34, enerji miktarı ise 171 kcal/100g’dır. Balık eti proteini yüksek oranda glutamik asit, aspartik asit ve lisin aminoasitini içermektedir. Balık yağının doymuş yağ asiti miktarı düşük, tekli ve çoklu doymamış yağ asiti oranı ise yüksektir. Tekli doymamış yağ asitlerinden oleik asiti, çoklu doymamış yağ asitlerinden ise linoleik asiti çokca içermektedir. Levrek balığının kolesterol içeriği düşük (42 mg/100g), potasyum, fosfor, çinko ve mangan içeriği ise yüksektir. Sonuçta levrek balığının yüksek besin değeri, düşük doyum değeri (kolay sindirilebilirlik) ve diyetetik değere sahip olduğu söylenebilir.
2. Levrek balığının ağır metal içeriği yasal limit değerlerin oldukça altındadır. Bu nedenle materyali temin ettiğimiz balık çiftliğinin ağır metal içeriği açısından oldukça temiz bir bölgede olduğu ve balık etinin güvenle tüketilebileceği söylenebilir.
3. Depolamanın ilk günlerinde CO₂’ce zengin gruptaki (M1, M2) CO₂, karbonik asit şeklinde et yüzeyinde absorblandığından bu gruptaki oransal ağırlık kaybı diğer gruplara oranla düşük bulunmuştur. İlerleyen süreçte ağırlık kaybı en çok vakum uygulanan grupta saptanırken M1 ve M2 grubunun ağırlık kaybı 40. gün sonunda %8.49 ve %8.71 olmuştur.
4. Başlangıçta oksijen miktarı yüksek olan grupların (Kontrol, M3) oksijen içeriği depolama süresince azalmış, oksijen içermeyen grupların ise önce artmış sonra azalmıştır. Oksijen içermeyen gruplarda oksijen artışının sebebi paketin gaz geçirgenliği, azalışın sebebi ise depolama süresince paket içerisinde bulunan oksijenin mikroorganizmalarca harcanmasıdır. Yüksek oranda CO₂ içeren paketlerin CO₂

içeriğinin önce azaldığı sonra bir miktar artarak sabitlendiği, oksijen içeren grubun ise CO₂ içeriğinin önce azaldığı ve sonra mikrobiyolojik olaylar sonucunda arttığı belirlenmiştir.

5. Depolama süresince grupların pH değeri 6.61 ile 7.16 arasında değişmiştir. Grupların mikrobiyolojik ve duyusal açıdan bozulduğu günlerde pH değerleri “tüketilebilir” limitler (6.8-7.0) arasında bulunmuştur. pH analizinin tek başına normal atmosfer koşullarında ve MAP uygulanarak paketlenen balık eti için tazelik tespitinde kullanılması doğru olmaz.

6. Genel olarak depolama süresince vakum uygulanan grubun asitlik derecesi MAP uygulanan diğer gruplardan yüksek, CO₂ oranı daha yüksek olan M1 grubunda da M2 ve M3’den daha yüksek olmuştur. Ancak depolama süresince tüm grupların laktik asit miktarı bozulma metabolitlerinin oluşumu sonucunda azalmıştır.

7. Taze levrek balığı eti için 25mg/100g TVB-N, tüketilebilir sınır değer olarak alındığında, Kontrol, M1, M2, M3 ve M4 grupları sırasıyla, 8., 40. günden sonra, 40. günden önce, 16. ve 24. günde bu değeri aşmıştır. Paketlemede kullanılan CO₂ oranı arttıkça TVB-N değeri azalmakta ve daha yavaş artmaktadır. Toplam mezofil bakteri ve duyusal analiz sonuçları sadece Kontrol ve M3 grubunun TVB-N değerini desteklemektedir. TVB-N analizi, hava ve %30 O₂ içeren gaz karışımı ile paketlenmiş levrek balığı için tazelik tespitinde kullanılabilir, fakat vakum ve yüksek oranda CO₂ içeren grupların tazelik tespitinde kullanılması doğru olmayabilir.

8. Artan CO₂ oranı kaslarda bulunan antioksidatif enzimleri inaktive eder ve hemoglobinin denatürasyonu sonucu pro-oksidan olarak görev yapmasına neden olur. Yüksek oranda CO₂ içeren grupların TBA sayısı depolamanın ilk günlerinde hava ve vakumla paketlenen gruplara oranla daha yüksek tespit edilmiştir. Paketlemede kullanılan O₂ gazı miktarı arttıkça TBA artar, buna karşın vakum uygulama TBA artışını engeller. Depolama süresince grupların TBA değerleri 5 mg MDA/1000g’ı geçmemiş ve “iyi” olarak değerlendirilmiştir.

9. Artan CO₂ oranı depolamanın ilerleyen sürecinde TMA gelişimini inhibe etmektedir. 40 günlük depolama süresi sonunda hiçbir grubun TMA değeri; FAO (1986)’ya göre maksimum “kabul edilebilir” TMA değeri olan 8mg/100g’ı geçmemiştir. Sonuç olarak TMA analizi hem hava hem de MAP koşullarında paketlenen levrek balığında tazelik indikatörü olarak kullanılamaz.

10. Taze balık etinin (0.gün) toplam mezofil aerobik bakteri yükü 2.83 logkob/g'dır. Kontrol grubu 10. günde, M1 ve M2 grubu 32. günde, M3 grubu 20. günde ve M4 grubu ise 20 ile 24. günler arasında 10^6 kob/g'ı geçmiştir. En hızlı mezofil aerob bakteri gelişimi hava ve %30 O₂ içeren gaz karışımı ile paketlenen gruplarda gözlenmiştir. Vakum uygulanan M4 grubunun bakteri yükü M1 ve M2 gruplarına oranla daha hızlı artmış ve grupların CO₂ oranı artıkça bakteri inhibisyonunun arttığı belirlenmiştir. Grupların toplam psikrofil bakteri yükleri mezofil bakteri ile benzer sonuçlar göstermiştir. Kontrol grubu 10. günde, M1 ve M2 grubu 36. günde, M3 grubu 20. ve M4 grubu ise 16. ve 20. günler arasında 10^6 'yı aşmıştır.

11. Depolama başında balık etinin toplam anaerob bakteri sayısı tespit edilebilir limitlerin altında bulunmuştur. Hava ile paketlenen Kontrol grubunda depolama süresince bakteri gelişimi tespit edilemezken, diğer gruplarda gözlenmiştir. Vakum uygulanan grubun anaerob bakteri sayısı diğerlerine oranla daha yüksektir. Yine artan CO₂ oranının anaerob bakteri gelişimini artırdığı belirlenmiştir.

12. Su ürünleri florasının büyük bir kısmını oluşturan *Pseudomonas* spp. taze levrek balığı eti florasında da tespit edilmiştir. Kontrol grubunun *Pseudomonas* spp. sayısı diğer gruplara oranla daha yüksektir. Oksijen içeren M3 grubunun bakteri sayısı 5.03 logkob/g'a ulaşırken, M1, M2 ve M4 grubunun *Pseudomonas* spp. sayısı daha düşük bulunmuştur. Bu sonuç hem yüksek CO₂ kullanımının hem de vakum uygulamanın *Pseudomonas* spp. gelişimini sınırlandırdığını göstermektedir.

13. Taze levrek balığı etinde H₂S bakteri (*S. putrefaciens* dahil) gelişimi <1'in altındadır. Depolama süresince tüm gruplarda bu bakteri gelişimi gözlenmiş fakat çalışma süresince bakteri yükü 4.87 logkob/g'ı geçmemiştir. M1 grubunun H₂S üreten bakteri sayısı ve TMA miktarı depolama süresince genel olarak diğer gruplardan daha düşük tespit edilmiş ve iki değer arasında güçlü bir korelasyon bulunmuştur.

14. Laktik asit bakterileri taze balık etinin başlangıç florasında bulunan *Pseudomonas* spp.'den sonra tespit edilen ikincil baskın bakteri türüdür. Depolama süresince en yüksek bakteri yükü vakum uygulanan grupta saptanmıştır. LAB sayısı depolama süresince çok fazla artış göstermediğinden bu bakterinin hem MAP, hem vakum hem de hava ile paketlenen levrek balığının bozulmasında rol oynayan baskın bir bakteri türü olmadığı söylenebilir.

15. Başlangıç BrT yükü 1.96 logkob/g olarak tespit edilen levrek balığında, farklı gaz karışımları ve depolama süresi BrT sayısı üzerine etkili olmuştur. Tüm grupların

BrT sayısı depolama süresince düzenli olarak artmıştır. M1, M2 ve M4 gruplarında BrT bozulmaya neden olan birincil, kontrol ve M3 gruplarında ise ikincil baskın bakteri türüdür.

16. Çalışmada %75 CO₂ içeren M1 grubu dahil MAP uygulanan gruplarda yoğun CO₂ kokusu depolama süresince hissedilmemiştir. Ağır amonyak kokusu kontrol, M3 ve M4 grubunda hissedilirken diğer iki grupta depolamanın 40. gününde dahi amonyak kokusu hissedilmemiştir. Ransit koku sadece %30 O₂ içeren M3 grubunda tespit edilmiştir. Depolama süresi başında yüksek O₂ oranı balık yüzeyinin daha parlak ve canlı görümesine neden olurken, paketlemede yüksek CO₂ miktarının balık eti görünüşü üzerine olumsuz etkisinin olduğu ve iki faktör arasında ters orantılı güçlü bir korelasyon olduğu bulunmuştur. Çiğ balık analizi sonuçlarına göre Kontrol grubu 8., M3 grubu 16., M4 grubu 24. günde, M1 ve M2 grubu 36. günde “tüketilemez“ olarak değerlendirilmiştir.

17. Kontrol grubu 8. günde, M3 grubu 16. günde çiğ balık duyusal analizleri açısından bozulmuş olarak değerlendirilse de pişirildikten sonra yapılan duyusal değerlendirmede tüketilebilir özelliklerde bulunmuştur. Pişirme, balık etinin olumsuz duyusal özelliklerini baskılamaktadır. Artan CO₂ gazı miktarı, çiğ ve pişmiş balık eti tekstür değerleri ile doğrusal ilişki göstermektedir. Yani CO₂ miktarı arttıkça balık eti tekstürü daha iyi olmaktadır. Pişmiş balık duyusal değerlendirme açısından kontrol grubu 10. günde, M3 grubu 20. günde, M4 grubu 24. günde, M1 ve M2 grubu ise 40 günlük depolama süresi sonunda bile tüketilebilir nitelikte bulunmuştur. Farklı gaz karışımları ve vakum uygulayarak paketleme balık etlerinin duyusal özelliklerini etkilemektedir. Artan CO₂ oranı vakum uygulamaya oranla balık etinin duyusal açıdan bozulmasını daha fazla geciktirmektedir.

18. Grupların duyusal, kimyasal ve mikrobiyolojik analiz sonuçları birlikte değerlendirildiğinde; çalışmada kullanılan paketleme materyali ile muhafaza edilen baş ve iç organları çıkarılmış levrek balığının; hava, %75 CO₂ + %25 N₂, %60 CO₂ + %40 N₂, %30 CO₂ + %30 O₂ + %40 N₂ ve vakum şartlarında en iyi açıdan “tüketilebilir“ olduğu günler sırasıyla; 4., 28., 28., 16., 20. gün iken “tüketilemez“ olduğu günler sırasıyla; 8., 32., 32., 20., 24. gündür. Sonuç olarak baş ve iç organları çıkarıldıktan sonra temizlenerek %75 CO₂ + %25 N₂ koşullarında paketlenen levrek balığı 32 güne kadar güvenle tüketilebilir. Bütün ve iç organları çıkarılarak buzda muhafaza edilen levrek balığının raf ömrü sırasıyla 7-15, 8-11 gündür (Papadopoulos ve ark., 2003;

Taliadourou ve ark., 2003; Grigorakis ve ark., 2004; aklı ve ark., 2006a, 2006b; Erkan ve zden, 2006). Çalışmamızda hava ile paketlenen levrek balığının 8. günde bozulduğu, buna karşın vakum uygulamanın balığın raf ömrünü 3 kat, MAP uygulamanın ise yaklaşık 4 kat artırdığı saptanmıştır.

Araştırmada elde edilen veriler genel olarak değerlendirildiğinde, farklı gaz karışımları ve vakum uygulayarak paketlemenin balık eti mikrobiyal florası, fiziksel ve kimyasal değişiklikleri üzerine etkili olduğu, artan CO₂ oranının TVB-N, TBA, TMA ve bakteriyel gelişimi sınırlandırdığı, %75 ve %60 CO₂ içeren gaz karışımları ile depolamanın oksijen içeren karışımlar ve vakum uygulamaya oranla daha etkili olduğu, yağ oksidasyonunun önlenmesinde en etkili yolun vakum uygulama olduğu, TVB-N ve TMA gibi kimyasal kalite tespit analizlerinin, vakum ve CO₂'ce zengin modifiye atmosfer koşullarında paketlenen balık etleri için uygun olmadığı, baş ve iç organları çıkarılarak soğukta muhafaza edilecek levrek balığı için en uygun gaz karışımının %75 CO₂ + % 25 N₂ olduğu sonucuna varılmıştır.

Su rnlerinin muhafazasında kullanılan başlıca temel metotlar dondurma, konserve, dumanlama, tuzlama ve kurutma iken günümüzde su ürünlerinin taze muhafaza süresinin artırılması amacıyla vakum ve modifiye atmosfer paketleme teknolojisinden yararlanılmaktadır. Su rnlerinin modifiye atmosfer paketleme teknolojisi ile muhafazası, hızla gelişen ve yenilenen bir uygulamadır. Modifiye atmosfer paketleme; taze su ürünleri dışında, haşlanmış, tuzlanmış, soğuk dumanlanmış, marine gibi yarı korumalı, ya da midye dolma, balık salatası, surimi, balık köftesi gibi işlenmiş su ürünlerine de uygulanabilir. Marketlerde satılan bir çok taze ürünün (pasta, tatlı, kırmızı et, dumanlanmış balık, salam, sosis vb.) ambalajlanmasında sıkça kullanılan ve tüketicisi tarafından benimsenen bu teknoloji, ürünün kalitesini geliştirmekte, tazelik ve raf ömrünü uzatmakta, tketicisiye kolaylık sağlamakta ve ürünün değerini artırmaktadır. Çalışmamız balık materyali olan levrek balığı, hem besin içeriği hem de lezzet açısından tüketiciler tarafından tercih edilen değerli bir balık türüdür. MA paketlenen taze balık eti sayesinde tüketicisi tıpkı tavuk etlerinde olduğu gibi marketten aldığı balık etini evinde rahatlıkla tketebilecektir. Bundan sonraki MAP uygulamalarını iyileştirmek ve geliştirmek için; çalışmalarda paket içi gaz içeriğinin ayarlanması amacıyla, isteğe göre; aktif ambalaj sistemleri, depolama süresince azalan CO₂ oranının artırılması için karbondioksit yayıcıların

kullanımı önerilebilir. MAP uygulanan su ürünlerinde kimyasal ve mikrobiyolojik bozulmayı geciktirmek, lezzet ve görünüşü geliştirmek amacıyla, bakteriosinler, sentetik ve doğal katkı maddeleri, ön tuzlama, kekik ve limon gibi bitki uçucu yağları kullanılabilir. Depolama süresince balık etinden sızan suyu tutmak ve paket içi görünüşü iyileştirmek amacıyla su tutucu pedler balık altına yerleştirilebilir. MAP'ta balık etinin başlangıç kalitesi, tazelik derecesi, kullanılan balık türü, depolama sıcaklığı, MAP uygulanacak ürünlere kullanılacak paketleme materyali ve gaz karışım oranları ürünün raf ömrünü etkiler. Bu yüzden farklı gaz karışımları, farklı paketleme materyalleri ve farklı depolama sıcaklıkları denenerek en iyi depolama koşulları belirlenebilir. MA paketleme, özel paket materyali, farklı gaz karışımları, makine ve soğuk muhafaza şartları gereksinimi nedeniyle pahalı bir teknolojidir. Bu nedenle özellikle MA paketlenen pahalı balıklar, avlanır avlanmaz paketlenmeli ve soğukta muhafaza edilmelidir.

7. KAYNAKLAR

- Ackman, R.G. 1994.** Seafood lipids. In: Seafood Chemistry; processing technology and quality of seafoods. Departments of biochemistry and chemistry, Memorial University of Newfoundland. Inspection Branch Canada Department of Fishery and Ocean. Chapter 4, 34-48p.
- Adams, M.R., Moss, M.O. 2008.** Food Microbiology, Third edition, RSC Publishing. ISBN 978-0-85404-284-5
- Akçelik, M., Ayhan, K., Çakir, İ., Doğan, H.B., Gürgün, V., Halkman, K., Kaleli, D., Kuleaşan, H., Özkaya, D.F., Tunail, N., Tükel, Ç. 2000.** Gıda Mikrobiyolojisi ve Uygulamaları. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Gıda Müh. Böl., 2. Baskı.
- Alasalvar, C., Taylor, K.D.A., Zubcov, E., Shahidi, F., Alexis, M. 2002.** Differentiation of cultured and wild sea bass (*Dicentrarchus labrax*): total lipid content, fatty acid and trace mineral composition. Food Chemistry, 79:145-150.
- Alpbaz, A. 2005.** Su Ürünleri Yetiştiriciliği. Alp Yayınları. 197-198 s. İzmir.
- Altuğ, T. 1993.** Duyusal Test Teknikleri. E.Ü. Müh. Fak. Ders Kitapları, Yayın No: 28, İzmir.
- Anonim, 1998.** Amino acid analyzer LC 3000 operation manual (AAAOM) sample preparation for physiological fluids (Tissue Extract). In: Manual version 4.1. of Eppendorf Biotronik Co., pp 65-81.
- Anonim, 2008.** Su Ürünleri Yönetmeliği. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Koruma Kontrol Genel Müdürlüğü. Degisiklik:RG-21/9/2008-27004).Ek-9
- Anonim, 2009.** http://www.oxid.com/UK/blue/prod_detail/prod_detail.asp?pr=SR0162&org=14&sec=2&c=UK&lang=EN; (Erişim tarihi; 01.10.2009).
- Anonim, 2010a.** <http://www.tuik.gov.tr/balickilikdagitimapp/balickilik.zul> (Erişim tarihi, 09.07.2010).
- Anonim, 2010b.** <http://faostat.fao.org/site/610/DesktopDefault.aspx?PageID=610#ancor> (Erişim tarihi 09.07.2010).
- Anonim, 2010c.** http://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=170317. (Erişim tarihi, 23.06.2010).
- Anonim, 2010d.** <http://www.aiam.info/images/stories/4%20fao.gif>. (Erişim tarihi, 23.06.2010).
- Anonim, 2010e.** http://www.meat-ims.org/symposium_proceeding.pdf. 18p. (Erişim tarihi, 22.06.2010).
- Anonim, 2010f.** http://www.arrowscientific.com.au/Brochothrix_thermospHacta.html. (Erişim tarihi, 22.06.2010).
- Anonim, 2010g.** www.unido.org/fileadmin/import/32124_23Modifiedatmospherepackaging.5.pdf (Erişim tarihi, 02.04.2010).
- Anonim, 2010h.** [http://fr.vwr.com/fr_FR/content/thematics/microbiology/pdf/Pseudomonas%20Selective%20Agar,%20Base%20\(Cetrimide%20Agar\).pdf](http://fr.vwr.com/fr_FR/content/thematics/microbiology/pdf/Pseudomonas%20Selective%20Agar,%20Base%20(Cetrimide%20Agar).pdf),

(Erişim tarihi, 01.03.2010).

- Anonim, 2010i.** <http://www.unu.edu/Unupress/food/8F173e/8F173E03.htm>. (Erişim tarihi, 26.07.2010).
- AOAC, 1995.** Official Methods of Analysis, Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD, USA.
- AOAC, 2000.** Official Methods of Analysis. 17th Ed. Association of Official Analytical Chemists. Gaithersburg, MD, USA.
- AOAC, 2005.** Official Methods of Analysis 18th Ed., Association of Official Analytical Chemists. Gaithersburg, MD, USA.
- Arashisar, ř., Hisar, O., Kaya, M., Yanik, T., 2004.** Effects of modified atmosphere and vacuum packaging on microbiological and chemical properties of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets, Int. Journal of Food Microbiology, 97: 209–214.
- Arkoudelos, J., Stamatis, N. Samaras, F. 2007.** Quality attributes of farmed eel (*Anguilla anguilla*) stored under air, vacuum and modified atmosphere packaging at 0°C. Food Microbiology, 24: 728-735.
- Aubourg, S.P., 2010.** Lipid Compounds. In: Nollet, L.M.L., Toldrá, F. (Editors). Handbook of seafood and seafood product analysis (Chapter 6). 70-82. CRC Press. Taylor& Francies Group. Boca Raton. New York.
- Banks, H., Nickelson II, R., Finne, G. 1980.** Shelf-life studies on carbon dioxide packaged finfish from the gulf of Mexico. Journal of Food Science, 45:157-162.
- Beklevik, G., Polat, A., Özoğul, F. 2005.** Nutritional value of sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fillets during frozen (-18°C) storage. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences, 29: 891-895.
- Boland, F.E., Paige, D.D. 1971.** Collaborative study of a method for the determination of trimethylamine nitrogen in fish. Division of Food Chemistry and Technology, Food and Drug Administration. Journal of the AOAC, 54(3):725-727.
- Boskou, G., Debevere, J. 1997.** Reduction of trimethylamine oxide by *Shewanella spp.* under modified atmospheres in vitro. Food Microbiology, 14: 543- 553.
- Boskou, G., Debevere, J. 1998.** In vitro study of TMAO reduction by *Shewanella putrefaciens* isolated from cod fillets packed in modified atmosphere. Food Additives and Contaminants, 15(2):229-236.
- Boskou, G., Debevere, J. 2000.** Shelf-life extension of cod fillets with an acetate buffer spray prior to packaging under modified atmospheres. Food Additives and Contaminants, 17(1):17-25.
- British Nutrition Foundation, 1992.** Unsaturated Fatty Acids. Nutritional and phsysiological significance (Report of British Nutirition Foundation). Chapman & Hall, London, 156-157.
- Brown, V.I., Lowbury, E.J.L. 1965.** Use of improved cetrimide agar medium ad other culture methods for *Pseudomonas aureginosa*, Journal of Clinical Pathology,

- Capillas-Ruiz, C., Moral, A. 2001.** Chilled bulk storage of gutted hake (*Merluccius merluccius* L) in CO₂ and O₂ enriched controlled atmospheres, Food Chemistry, 74: 317-325.
- Cid Pérez, B., Boia, C., Pombo, L., Rebelo, E. 2001.** Determination of trace metals in the fish species of the Ria de Aveiro (Portugal) by electrothermal atomic absorption spectrometry. Food Chemistry. 75:93-100.
- Custódio, P.J., Pessanha, S., Pereira, C., Carvalho, M.L., Nunes, M.L. 2010.** Comparative study of elemental content in farmed and wild sea bass and gilthead bream from four different sites by FAAS and EDXRF. Food Chemistry. DOI: 10.1016/j.foodchem.2010.06.020.
- Çağlak, E., Çaklı, Ş., Kılınç, B. 2008.** Microbiological, chemical and sensory assessment of mussels (*Mytilus galloprovincialis*) stored under modified atmosphere packaging. European Food Research and Technology, 226: 1293-1299.
- Çaklı, Ş., Kılınç, B., Cadun, A., Dinçer, T., Tolasa, S. 2006a.** Effect of uncutting on microbiological, chemical and sensory properties of aquacultured sea bream (*Sparus aurata*) and sea bass (*Dicentrarchus labrax*) stored in ice. European Food Research and Technology, 222: 719-726.
- Çaklı, Ş., Kılınç, B., Cadun, A., Dinçer, T., Tolasa, S. 2006b.** Effects of gutting and uncutting on microbiological, chemical, and sensory properties of aquacultured sea bream (*Sparus aurata*) and sea bass (*Dicentrarchus labrax*) stored in ice. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 46:519-527.
- Çaklı, Ş. 2007.** Su Ürünleri İşleme Teknolojisi -1 (Su Ürünleri İşleme Teknolojisinde Temel Konular). Ege Üniversitesi Yayınları, Su Ürünleri Fakültesi Yayın no:76. İzmir.
- Çaklı, S., Kılınç, B., Cadun, A., Dincer, T., Tolasa, S. 2007.** Quality differences of whole uncut sea bream (*Sparus aurata*) and sea bass (*Dicentrarchus labrax*) while stored in ice. Food Control, 18:391-397.
- Çaklı, Ş. 2008.** Su Ürünleri İşleme Teknolojisi 2 (Alternatif su ürünleri işleme teknolojisi). Ege Üniv. Basımevi. Bornova, İzmir.
- Çarbaş, A. 2008.** Potasyum sorbat uygulamasının vakum ve modifiye atmosferde ambalajlanmış Gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) filetolarının raf ömrü üzerine etkisi, Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Dalgaard, P. 1995.** Qualitative and quantitative characterization of spoilage bacteria from packed fish. Int. J. Food Microbiology, 26:319-333.
- Dalman, Ö., Demirak, A., Balci, A. 2006.** Determination of heavy metals (Cd, Pb) and trace elements (Cu, Zn) in sediments and fish of the Southeastern Aegean Sea (Turkey) by atomic absorption spectrometry. Food Chemistry, 95:157-162.
- Davies, A.R. 1995.** Advances in modified-atmosphere packaging. In: Gould, G.W. (Editor). New methods of food preservation. 304-320. Glaskow, UK. (From: Phillips, C.A., 1996. Review: Modified atmosphere packaging and its effects

on the microbiological quality and safety of produce. International Journal of Food Science & Technology, 31:463-479).

- De La Hoz, L., López-Gálvez D.E., Fernández, M., Hierro, E., Ordóñez, J.A. 2000.** Use of carbon dioxide enriched atmospheres in the refrigerated storage (2°C) of Salmon (*Salmo salar*) steaks. European Food Research and Technology, 210:179-188.
- Debevere, J., Boskou, G. 1996.** Effect of modified atmosphere packaging on the TVB/TMA-producing microflora of cod fillets. International Journal of Food Microbiology, 31:221-229.
- Del Nobile, M.A., Corbo, M.R., Speranza, B., Sinigaglia, M., Conte, A., Caroprese, M. 2009.** Combined effect of MAP and active compounds on fresh blue burger, International Journal of Food Microbiology. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro. 2009.07.024.
- Demirci, M. 2003.** Beslenme. Trakya Üniversitesi, Tekirdağ Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Tekirdağ. 261-277.
- Demirsoy, A. 2001.** Yaşamın Temel Kuralları (Omurgalılar/ Anamniyota). Cilt III. 5. Baskı. Hacettepe Üniversitesi, Ankara, 684.
- Devlieghere, F., Debevere, J., Van Impe, J. 1998.** Effect of dissolved carbon dioxide and temperature on the growth of *Lactobacillus sake* in modified atmospheres. Int. Jour. of Food Microbiology, 41: 231-238. (From: Sivertsvik, M., Jeksrud, W.K., Rosnes, J.T., 2002. A review of modified atmosphere packaging of fish and fishery products-significance of microbial growth, activities and safety. International Journal of Food Science and Technology, 37:107-127).
- Emborg, J., Laursen, B.G., Rathjen, T., Dalgaard, P. 2002.** Microbial spoilage and formation of biogenic amines in fresh and thawed modified atmosphere-packed salmon (*Salmo salar*) at +2°C. Journal of Applied Microbiology, 92:790-799.
- Erdem, M.E., Baki, B., Samsun, S. 2009.** Fatty acid and amino acid composition of cultured and wild sea bass (*Dicentrarchus labrax* L. 1758) from different regions in Turkey. Journal of Animal and Veterinary Advances, 8(10):1959-1963.
- Erkan, N., Metin, S., Varlık, C., Baygar, T., Özden, Ö. 2000.** Modifiye atmosferle paketlenmenin (MAP) paneli alabalık marinatlarının raf ömrü üzerine etkisi, Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences, 24:585-591.
- Erkan, N., Özden, Ö. 2006.** Gutted and un-gutted Sea Bass (*Dicentrarchus labrax*) stored in ice: influence on fish quality and shelf-life, International Journal of Food Properties, 9:331-345.
- Erkan, N., Özden, Ö., Üçok Alakavuk, D., Yıldırım, Ş.Y., İnuğur, M. 2006.** Spoilage and shelf life of sardines (*Sardina pilchardus*) packed in modified atmosphere. European Food Research and Technology, 222:667-673.
- Erkan, N., Özden, Ö., İnuğur, M. 2007.** The effects of modified atmosphere and vacuum packaging on quality of chub mackarel. International Journal of Food Science & Technology, 42(11):1297-1304.
- Erkan, N., Özden, Ö. 2007.** Proximate composition and mineral contents in aqua

cultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*), sea bream (*Sparus aurata*) analyzed by ICP-MS, Food Chemistry, 10:721-725.

Erkmen, O. 2010. Gıda Mikrobiyolojisi. Elif Yayınevi, Ankara.

Ersoy, B., Yanar, Y., Küçükgülmez, A., Çelik, M. 2006. Effects of four cooking methods on the heavy metal concentrations of sea bass fillets (*Dicentrarchus labrax* Linne, 1785). Food Chemistry, 99:748-751.

Fagan, J.D., Gormley, T.R., Uí Mhuircheartaigh, M.M. 2004. Effect of modified atmosphere packaging with freeze-chilling on some quality parameters of raw whiting, mackerel and salmon portions, Innovative Food Science and Emerging Technologies, 5: 205–214.

Falch, E., Overrien, I., Solberg, C., Slizyte, R. 2010. Composition and calories. In: Nollet, L.M.L., Toldrá, F. (Editors), Seafood and Seafood Product Analysis. Part III (Chapter 16), CRC Press. Taylor & Francis Group. Boca Raton. New York. pp 257-288.

FAO, 1986. Food and nutrition paper manuals of food quality control food analysis: quality, adulteration, and tests of identity. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

Fenton, M., Sim, J.S. 1991. Determination of egg yolk cholesterol content by on-column capillary gas chromatography. Journal of Chromatography, Amsterdam. 540:323-329.

Fernández, K., Aspe, E., Roecke, M. 2009. Shelf-life extension on fillets of Atlantic Salmon (*Salmo salar*) using natural additives, superchilling and modified atmosphere packaging. Food Control, 20:1036–1042.

Françoise, L. 2010. Occurrence and role of lactic acid bacteria in seafood products. Food Microbiology, 1-12. Doi: 10.1016/j.fm.2010.05.016.

Frankel, E.N. 1980. Lipid oxidation. Prog. Lipid Res. 19:1-22.

Fuentes, A., Fernández-Segovia, I., Serra, J.A., Barat, J.M. 2010. Comparison of wild and cultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*) quality. Food Chemistry, 119:1514-1518.

Genigeorgis, C.A. 1985. Microbial and safety implications of the use of modified atmospheres to extend the storage life of fresh meat and fish. International Journal of Food Microbiology, 1:237-251.

Gibson, D.M., Davis, H.K. 1995. Fish and shellfish products in sous-vide and modified atmosphere packs. In: Farber, J.M., Doods, K.L. (Editors). Principles of modified-atmosphere and sous vide product packaging, 153-172.

Giménez, B. Sánchez-Escalante, A., Torrescano, G., Roncalés, P., Beltrán, J.A. 2002a. Different packaging conditions to improve shelf life of filleted gilt-head Sea Bream (*Sparus aurata*), Journal of Aquatic Food Product Technology, 11(3/4):275-286.

Giménez, B., Roncalés, P., Beltrán, J.A. 2002b. Modified atmosphere packaging of filleted rainbow trout. Journal of the Science of Food and Agriculture, 82:1154-1159.

- Goulas, A.E., Kontominas, M.G. 2007.** Effect of modified atmosphere packaging and vacuum packaging on the shelf life of refrigerated chub mackerel (*Scomber japonicus*) : biochemical and sensory attributes. European Food Research and Technology, 545-553.
- Gökoğlu, N. 2002.** Su Ürünleri İşleme Teknolojisi. Su Vakfı Yayınları, İstanbul. ISBN: 975-9703-48-3. 157 s.
- Göktan, D.1990.** Gıdaların Mikrobiyal Ekolojisi, cilt 1, Et Mikrobiyolojisi, Ege Üniv. Basımevi, Mühendislik Fakültesi yayınları, No:21, İzmir, 61-66 s.
- Göktepe, I., Moody, M.W. 1998.** Effect of modified atmosphere packaging on the quality of smoked catfish. Journal of Muscle Foods, 9:375-389.
- Gram, L., Trolle, G., Huss, H.H. 1987.** Detection of spesific spoilage bacteria from fish stored at low (0°C) and high (20°C) temperatures. International Journal of Food Microbiology, 4:65-72.
- Gram, L., Huss, H.H. 1996.** Microbiological spoilage of fish and fish products, International Journal of Food Microbiology, 33:121-137.
- Gram, L., Dalgaard, P. 2002.** Fish spoilage bacteria-problems and solutions. Current Opinion in Biotechnology, 13:262–266. DOI 10.1016/S0958-1669 (02) 00309-9.
- Gram L., Ravn, L., Rasch, M., Bruhn, J.B., Christensen, A.B., Givskov, M. 2002.** Food spoilage-interactions between food spoilage bacteria. International Journal of Food Microbiology, 78:79-97.
- Grigorakis, K., Alexis, M., Gialamas, I., Nikolopoulou, D. 2004.** Sensory, microbiological, and chemical spoilage of cultured common sea bass (*Dicentrarchus labrax*) stored in ice: a seasonal differentiation. European Food Research and Technology, 219:584-587.
- Guðjónsdóttir, M., Magnússon, H., Sveinsdóttir, K., Margeirsson, B., Lauzon, H.L., Reynisson, E., Martinsdóttir, E. 2008.** Effect of modified atmosphere packaging (MAP) and superchilling on the shelf life of fresh cod (*Gadus morhua*) loins of different degrees of freshness at packaging. Matis Food Research, Innovation & Safety- Report, 1-37.
- Halkman, A.K. 2005.** Gıda Mikrobiyolojisi ve Uygulamaları, Ankara Üniversitesi.
- Han, J.H. 2005.** New technologies in food packaging: Overview. In. Han, J.H. (Editor) Innovations in food packaging (3-11). http://www.google.com/books?hl=tr&lr=&id=MbVtx091tCUC&oi=fnd&pg=PR13&dq=INNOVAT%C4%B0ONS+IN+FOOD+PACKAG%C4%B0NG&ots=-_Z1_mNf4P&sig=5iNZeiUlucmfuLn8mZ2n0QPa4hE#v=onepage&q=&f=false (Erişim tarihi, 05.04.2009).
- Hansen, A.Å, Mørkøre, T., Rudi, K., Rødbotten, M., Bjerke, F., Eie, T. 2009.** Quality changes of prerigor filleted Atlantic Salmon (*Salmo salar* L) packaged in modified atmosphere using CO₂ emitter, traditional MAP, and vacuum. Journal of Food Science, 74(6):242-249.
- Heidmann Soccol, M.C., Oetterer, M. 2003.** Use of modified atmosphere in seafood preservation, Brazilian Archives of Biology and Technology, 46(4):569-580.

- Hovda, M.B., Lunestad, B.T., Sivertsvik, M., Rosnes, J.T. 2007.** Characterisation of the bacterial flora of modified atmosphere packaged farmed Atlantic cod (*Gadus morhua*) by PCR-DGGE of conserved 16S r RNA gene regions. *Int. Journal of Food Microbiology*, 117: 68-75.
- Hussain, M.M., Uddin, M.H. 1995.** Quality control and marketing of fish and fish products: needs for infrastructure and legal support, National workshop on fisheries resources development and management in Bangladesh-Bay of Bengal Programme, FAO, 9 p.
- IUPAC, 1979.** Standart Methods for Analysis of Oils, Fats and Derivatives 6th Edition (Fifty Edition Method II.D.19), Pergamon Pres, Oxford, 96-102 p.
- Iwasaki, M, Harada, R. 1985.** Proximate and amino acid composition of the roe and muscle of selected marine species. *Journal of Food Science*, 50:1585-1587.
- Jacquot A.R. 1961.** Organic constituents of fish and other aquatic animal foods. Fish as food. Borgstrom G. (Editor), Vol I: Chapter 6, Academic press inc. New York.
- Jay, J.M. 2000.** Food preservation with modified atmospheres. Chapter 14. In: *Modern Food Microbiology*, Sixth Ed., Hardcover.
- Jayasinghe, P.S., Rajakaruna, R.M.A.G.G. 2005.** Bacterial contamination of fish sold in fish markets in the central province of Sri Lanka, *J. Natn. Sci. Foundation Sri Lanka*, 33(3):219-221.
- Jones, N.R., Murray, J. 1962.** Degradation of adenine-and hypoxanthine-nucleotide in the muscle of chill stored cod (*Gadus callarias*) *J. Sci. Food Agri.*, 13, 475-81. (From: Shaidi, F., Botta, J.R. 1994. *Seafood Chemistry; Processing Technology and Quality of Seafoods*. Departments of biochemistry and chemistry, Memorial University of Newfoundland. Inspection Branch Canada Department of Fishery and Ocean).
- Kanner, J., Rosenthal, I. 1992.** An assessment of lipid oxidation in foods (Technical report). *Pure and Applied Chemistry*, 64(12):1959-1962.
- Khayat, A., Schwall, D. 1983.** Lipid oxidation in seafoods. *Food Technology*. July. 130-140.
- Kılınç, B., Çaklı, Ş. 2001.** Paketleme tekniklerinin balık ve kabuklu su ürünleri mikrobiyal florası üzerine etkisi. *E. Ü. Su Ürünleri Dergisi*, 18:279-291.
- Kılınç, B., Çaklı, Ş., Cadun, A., Dinçer, T., Tolasa, S. 2007.** Comparison of effects of slurry ice and flake ice pretreatments on the quality of aqua cultured sea bream (*Sparus aurata*) and sea bass (*Dicentrarchus labrax*) stored at 4°C. *Food Chemistry*, 104:1611-1617.
- Kostaki, M., Giatrakou, V., Savvaiddis, I.N., Kontominas, M.G. 2009.** Combined effect of MAP and thyme essential oil on the microbiological, chemical and sensory attributes of organically aquacultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fillets. *Food Microbiology*, 26(5):475-482.
- Koutsoumanis, K., Nychas, G.J.E. 1999.** Chemical and sensory changes associated with microbial flora of Mediterranean boque (*Boops boops*) stored aerobically at 0, 3, 7 and 10°C. *Applied and Environmental Microbiology* 65: 698.
- Kykkidou, S., Giatrakou, V., Papavergou, A., Kontominas, M.G., Savvaiddis, I.N.**

- 2009.** Effect of thyme essential oil and packaging treatments on fresh Mediterranean swordfish fillets during storage at 4°C. *Food Chemistry*, 115(1): 169-175.
- Kyranas, V.R., Lougovois, V.P. 2002.** Sensory, chemical and microbiological assessment of farm-raised European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) stored in melting ice. *Int. Journal of Food Science and Technology*, 37:319-328.
- Lannelongue, M., Finne, G., Hanna, M.O., Nickelson, R., Vanderzant, G. 1982.** Storage characteristics of brown shrimp (*Penaeus aztecus*) stored in retail packages containing CO₂-enriched atmosphere. *Journal of Food Science*, 47:911-923.
- Limbo, S., Sinella, N., Torri, L., Riva, M. 2009.** Freshness decay and shelf life predictive modeling of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) applying chemical methods and electronic nose. *LWT-Food Science and Technology* 42:977-984.
- Linados Santos, C.A.M., James, D., Teutscher, F. 1981.** Guidelines for chilled fish storage experiments. FAO Fish Tech. paper.
- Lindsay, R.C. 1994.** Flavour of fish. In: Shaidi, F., Botta, J.R. (Editors). *Seafood chemistry; processing technology and quality of seafoods*. Departments of biochemistry and chemistry, Memorial University of Newfoundland. Inspection Branch Canada Department of Fishery and Ocean. Chapter 6, 75-84p.
- Lu, S. 2009.** Effects of bactericides and modified atmosphere packaging on shelf life of Chinese shrimp (*Fenneropenaeus chinensis*). *Food Science and Technology*, 42(1):286-291.
- Ludorf, W., V. Meyer., 1973.** *Fische und fischerzeugnisse*. Verlag Paul Parey, Printed in Germany bei A. W. Hayn's Erben.
- Lunn, J., Theobald, H.E. 2006.** The health effects of dietary unsaturated fatty acids. (Briefing Paper). *British Nutrition Foundation Nutrition Bulletin*, 31:178-224.
- Lyhs, U., Lahtinen, J., Fredriksson-Ahomaa, M., Hyytiä-Trees, E., Elfing, K., Korkeala, H. 2001.** Microbiological quality and shelf life of vacuum-packaged 'gravad' rainbow trout stored at 3 and 8°C. *Int. Journal of Food Microbiology*, 70:221-230.
- López-Gálvez, D.E., Hoz, L. de la, Blanco, M., Ordóñez, J.A. 1998.** Refrigerated storage (2°C) of sole (*Solea solea*) fillets under CO₂-enriched atmospheres. *Journal Agricultural and Food Chemistry*, 46:1143-1149.
- Maitland, P.S., 1983.** *Der Kosmos-Fischführer*. Der Kosmos-Fischführer: d. Süßwasserfische Europas in Farbe. Stuttgart. ISBN 3-440-05241-9. LAND255.
- Manthey, M., Karnop, G., Rehbein, H. 1988.** Quality changes of European catfish (*Silurus glanis*) from warm water aquaculture during storage in ice. *International Journal of Food Science and Technology*, 23:1-9.
- Maqsood, S., Benjakul, S. 2010.** Synergistic effect of tannic acid and modified atmospheric packaging on the prevention of lipid oxidation and quality losses

- of refrigerated striped catfish slices. Food Chemistry, 121:29-38.
- Masniyom, P., Benjakul, S., Visessanguan, W. 2002.** Shelf-life extension of refrigerated seabass slices under modified atmosphere packaging. Journal of The Science of Food and Agriculture, 82:873-880.
- Masniyom, P., Benjakul, S., Visessanguan, W. 2005.** Combination effect of phosphate and modified atmosphere on quality and shelf-life extension of refrigerated seabass slices. LWT Food Sci Technol., 38:745-756.
- Mendes, R., Gonçalves, A. 2008.** Effect of soluble CO₂ stabilisation and vacuum packaging in the shelf life of farmed sea bream and sea bass fillets. Int. Jour. of Food Science and Technology, 43:1678-1687.
- Metin, S. 1999.** Modifiye atmosferde ambalajlama tekniğinin alabalık (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum 1972) ürünlerinin kalite ve dayanma sürelerine etkisi. Doktora Tezi. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul.
- Metin, S., Erkan, N., Baygar, T., Özden, Ö. 2002.** Modified atmosphere packaging of fish salad. Fisheries Science, 68:204-209.
- Muşabak, C. 2008.** Kitosanla kaplama ve modifiye atmosfer ambalajlamanın palamut (*Sarda sarda*) filetolarının kimyasal parametreleri üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, 32 s.
- Nilson, K., Ekstrand, B. 1994.** Refreezing rate glazing affects cod and rainbow trout muscle tissue. Journal of Food Science, 59(4):797-798.
- Nollet, L.M.L., Toldrá, F. 2010.** Handbook of seafood and seafood product analysis. CRC Press. Taylor& Francies Group. Boca Raton. New York.
- Oladapo, A. A., Salau, A.M.A., Olusegun, L.O. 1984.** Quality changes of Nigerian traditionally processed freshwater fish species. II. Chemical composition. Journal of Food Technology, 19:341-348.
- Olafsdottir, G., Lauzon, H.L., Martinsdóttir, E., Oehlenschläger, J., Kristbergsson, K. 2006.** Evaluation of shelf life of superchilled cod (*Gadus morhua*) fillets and the influence of temperature fluctuations during storage on microbial and chemical quality indicators. Journal of Food Science, 71-2:97-109.
- Ordóñez, J.A., López-Gálvez, D.E., Fernández, M., Hierro, E., De La Hoz, L. 2000.** Microbial and physicochemical modifications of hake (*Merluccius merluccius*) steaks stored under carbon dioxide enriched atmospheres. Journal of The Science of Food and Agriculture, 80:1381-1840.
- Özden, Ö., Erkan, N. 2008.** Comparison of biochemical composition of three aqua cultured fishes (*Dicentrarchus labrax*, *Sparus aurata*, *Dentex dentex*) International Journal of Food Sciences and Nutrition, 59(7-8):545-557.
- Özoğul, F., Taylor, K.D.A., Quantick, P., Özoğul, Y. 2000.** Chemical, microbiological and sensory evaluation of Atlantic herring (*Clupea harengus*) stored in ice, modified atmosphere and vacuum pack, Food Chemistry, 71:267-273.
- Özoğul, F., Polat, A., Özoğul, Y. 2004.** The effects of modified atmosphere packaging and vacuum packaging on chemical, sensory and microbiological changes of sardines (*Sardina pilchardus*), Food Chemistry, 85:49-57.

- Özoğul, Y., Özoğul, F., Küley, E. 2006.** Modifiye edilmiş atmosfer paketlemenin balık ve balık ürünlerine etkisi, E.Ü. Su Ürünleri Dergisi, 23(1-2):193–200.
- Özyurt, G., Polat, A. 2006.** Amino acid and fatty acid composition of wild sea bass (*Dicentrarchus labrax*): a seasonal differentiation. European Food Research and Technology, 222:316-320.
- Paleologos, E.K., Savvaidis, I.N., Kontominas, M.G. 2004.** Biogenic amines formation and its relation to microbiological and sensory attributes in ice-stored whole, gutted and filleted mediterranean sea bass (*Dicentrarchus labrax*). Food Microbiology, 21:549-557.
- Pantazi, D., Papavergou, A., Pournis, N., Kontominas, M.G., Savvaidis, I.N. 2008.** Shelf-life of chilled fresh Mediterranean swordfish (*Xiphias gladius*) stored under various packaging conditions: Microbiological, biochemical and sensory attributes. Food Microbiology, 25:136–143.
- Papadopoulos, V., Chouliara, I., Badeka, A., Savvaidis, I.N., Kontominas, M.G. 2003.** Effect of gutting on microbiological, chemical and sensory properties of aquacultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*) stored in ice. Food Microbiology, 411-420.
- Pearson, D. 1970.** The Chemical Analysis of Foods (Sixth edition). J.&A. Churchill 104 Gloucester Place, London.
- Phillips, C.A. 1996.** Review: Modified atmosphere packaging and its effects on the microbiological quality and safety of produce. International Journal of Food Science and Technology, 31:463-479.
- Piironen, V., Toivo, J., Lampi, A.M. 2002.** New data for cholesterol contents in meat, fish, milk, eggs and their products consumed in Finland. Journal of Food Composition and Analysis, 15:705-713.
- Poli, M. B., Messini, A., Parisi, G., Scappini, F., Vigiani, V., Giorgi, G., Vincenzini, M. 2006.** Sensory, pshysical, chemical and microbiological changes in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fillets packed under modified atmosphere/air of prepared from whole fish stored in ice. International Journal of Food Science and Technology, 41:444-454.
- Pons-Sánchez-Cascado, S., Vidal-Carou, M.C., Nunes, M.L., Veciana-Nogués, M.T. 2006.** Sensory analysis to assess the freshness of Mediterranean anchovies (*Engraulis encrasicolus*) stored in ice. Food Control, 17:564-569.
- Randell, K., Hattula, T., Ahvenainen, R. 1997.** Effect of packaging method on the quality of rainbow trout and baltic herring fillets. Lebensm. Wiss. u.-Technol., 30:56-61.
- Ravi Sankar, C.N., Lalitha, K.V., Jose, L., Manju, S., Gopal, T.K.S. 2008.** Effect of packaging atmosphere on the microbial attributes of pearlspot (*Etroplus suratensis* Bloch) stored at 0-2°C. Food Microbiology, 25:518-528.
- Reddy, N.R., Paradis, A., Roman, M.G., Solomon, H.M., Rhodehamel, E.J. 1996.** Toxin development by *Clostridium botulinum* in modified atmosphere-packaged fresh tilapia fillets during storage. Journal of Food Science, 61-(3):632-635.

- Ruiz-Capillas, C., Moral, A. 2001.** Chilled bulk storage of gutted hake (*Merluccius merluccius* L.) in CO₂ and O₂ enriched controlled atmospheres. Food Chemistry, 74:317-325.
- Russo, F., Ercolini, D., Mauriello, G., Villani, F. 2006.** Behaviour of *Brochotrix thermosphacta* in presence of other meat spoilage microbial groups. Food Microbiology, 23(8):797-802.
- Sanguandeeikul, R., Siripatrawan, U., Narakaew, V. 2008.** Changes in the quality of abalone (*Haliotis asinina* Linnaneus) packed under atmospheric air, vacuum and modified atmosphere. Packaging Technology and Science, 21:159-164.
- Santos, E.E.M., Regenstein, J.M. 1990.** Effect of vacuum packaging, glazing, and erythorbic acid on the shelf-life of frozen white hake and mackerel. Journal of Food Science, 55(1):64-70.
- Sea Fish, 1985.** Guidelines for the handling of fish packed in a controlled atmosphere, Sea Fisheries House, 10 Young Street Edinburgh, ISBN: 090394126 0. 37 p.
- Shakkashiri, Z.B. 2007.** Chemical of the Week, Gases of the air. Chemistry 103-1. Nov. 2007. In: <http://scifun.chem.wisc.edu/chemweek/pdf/airgas.pdf>.
- Sikorski, Z.E., Kolakowska, A., Burt, J.R. 1990.** Postharvest biochemical and microbial changes: Seafood: Resources nutritional composition and preservation, CRC Press, Boca Raton, Florida, 55-75. In: <http://www.google.com/books?hl=tr&lr=&id=vXIwSnmjJ4sC&oi=fnd&pg=PA55&dq=Sikorski,+Z.+E.,+Kolakowska,+A.,+Burt,+J.R..+1990.+Postharvest+biochemical+and+microbial+changes.&ots=CwMI3K3goe&sig=akCXxQNgSvIzOmxyrMfFDWtX6MA#> (Erişim tarihi, 18.06.2010).
- Siverstsvik, M., Rosnes, J.T., Vorre, A., Randell, K., Ahvenainen, R., Bergslien, H. 1999.** Quality of whole gutted salmon (*Salmo salar*) in various bulk packages. Journal of Food Quality, 22:387-401.
- Sivertsvik, M., Rosnes, J.T., Bergslien, H. 2002.** Modified atmosphere packaging. Minimal Processing Technologies in The Food Industry. CRC Press, Boston, New York Washington, DC; 61-86.
- Sivertsvik, M., Rosnes, J.T., Kleiberg, G.H. 2003.** Effect of modified atmosphere packaging and superchilled storage on the microbial and sensory quality of Atlantic salmon (*Salmo salar*) fillets. Journal of Food Science, 68(4):1467-1472.
- Sivertsvik, M. 2007.** The optimized modified atmosphere for packaging of prerigor filleted farmed cod (*Gadus morhua*) is 63 ml/100ml oxygen and 37 ml/100ml carbon dioxide. LWT-Food Science and Technology, 40(3):430-438.
- Stamatis, N., Arkoudelos, S.J. 2007a.** Effect of modified atmosphere and vacuum packaking on microbial, chemical and sensory quality indicators of fresh, filleted *Sardina pilchardus* at 3°C. Journal of the Science of Food and Agriculture, 87:1164-1171.
- Stamatis, N., Arkoudelos, S.J. 2007b.** Quality asessment of *Scomber japonicus* under modified atmosphere and vaccum packaging. Food Control, 18:292-300.

- Sümbüloğlu, K., Sümbüloğlu, V. 2007.** Biyoistatistik, Hatipoğlu Yayınları, 299 s.
- Swiderski, F., Russel S., Waszkiewicz-Robak B., Cholewinska E. 1997.** Evaluation of vacuum-packaged poultry meat and its products. Journal of the Science of Food and Agriculture, 48:193-200.
- Şahin, İ., Başoğlu, F. 2002.** Gıda Mikrobiyolojisi, Uludağ Ün. Ziraat Fak. Ders Notları No:89. Bursa.
- Taliadourou, D., Papadopoulos, V., Domvridou, E., Savvaidis, I.N., Kontominas, M.G. 2003.** Microbiological, chemical and sensory changes of whole and filleted Mediterranean aquacultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*) stored in ice. Journal of the Science of Food and Agriculture, 83:1373–1379.
- Tarladgis, B., Watts, B.M., Yonathan, M., Dugan, L.Jr. 1960.** Distillation method for determination of malonaldehyde in rancidity food. Journal of the American Oil Chemists' Society, 37(1):44-48.
- TGKY, 2008.** Türk Gıda Kodeksi, Renklendiriciler ve Tatlandırıcılar Dışındaki Gıda Katkı Maddeleri Tebliği, T.C. Resmi Gazete, Sayı: 26883. Ankara.
- Torrieri, E., Cavella, S., Villani, F., Masi, P. 2006.** Influence of modified atmosphere packaging on the chilled shelf life of gutted farmed bass (*Dicentrarchus labrax*). Journal of Food Engineering, 77:1078-1086.
- Turan, H. 2002.** Balık dondurma teknolojisinde değişik balıklarda dondurma öncesi ve sonrası yapılacak işlemlerin ürün kalitesi ve depo ömrüne etkilerinin incelenmesi. Doktora Tezi. OMÜ, Su Ürünleri Fakültesi. Sinop.
- TÜİK, 2008.** Su Ürünleri İstatistikleri 2007 (Fishery Statistics 2007), Türkiye İstatistik Kurumu Matbaası, Yayın no: 3178. Ankara.
- TÜİK, 2010.** Su Ürünleri 2009 Haber Bülteni, Sayı: 122-7 Temmuz 2010-10:00.
- Türkkan, A.U., Çaklı, Ş., Kılınç, B. 2008.** Effects of cooking methods on the proximate composition and fatty acid composition of seabass (*Dicentrarchus labrax*, Linnaeus, 1758). Food and Bioproducts Processing, 86:163–166.
- Ucherek, M. 2004.** An integrated approach to factors affecting the shelf life of products in modified atmosphere packaging (MAP). Food Reviews International, 20(3):297-307.
- Ulusoy, Ş. 2008.** Midye dolmaların modifiye atmosferle paketlenmesi. Yüksek Lisans, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Avlama ve İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı, İstanbul, Tezi 72s.
- U.S. EPA (Environmental Protection Agency) 1992.** Methods for the determination of metals in environmental samples. Arsenic (Atomic absorption, gaseous hydride), EPA Method No: 7061A, U.S. EPA, Washington, DC.
- U.S. EPA (Environmental Protection Agency) 1994.** Methods for the determination of metals in environmental samples. EPA Method No: 7471, U.S. EPA, Washington, DC.
- Uylaşer, V., Başoğlu, F. 2001.** Gıda Analizlerine Giriş Uygulamaları. Uludağ Ün. Ziraat Fak. Uygulama Kılavuzu No: 9, Bursa.
- Varlık, C., Uğur, M., Gökoğlu, N., Gün, H. 1993.** Su Ürünlerinde Kalite Kontrol İlke

ve Yöntemleri. Gıda Teknolojisi Derneği. Yayın No: 17, Ankara.

- Varlık, C., Erkan, N., Baygar, T. 2004.** Su Ürünleri Besin Bileşimi. (Alıntı: Varlık, C. (Editör), Su Ürünleri İşleme Teknolojisi İstanbul Üniversitesi Yayın no: 4465, Su Ürünleri Fakültesi, İstanbul. No: 7: 1-45.
- Varlık, C., Özden, Ö., Erkan, N., Alakavuk Üçok, D. 2007.** Su Ürünlerinde Temel Kalite Kontrol. İstanbul Üniversitesi Yayın No.4662, Su Ürünleri Fakültesi Yayın no: 8, İstanbul.
- Wilhelm, K. A. 1982.** Extended fresh storage of fishery products with modified atmospheres: a survey. Marine Fisheries Review, 44(2):17-20.
- Yaşar, S. 2007.** Kültür balıkçılığı Türkiye'nin ekonomik zenginliğidir. Mesaj 32: 119s.
- Yesudhasan, P., Krishnaswamy, T., Gopal, S., Ravishankar, C.N., Lalitha, K.V., Kumar, K.N.A. 2009.** Effect of modified atmosphere packaging on chemical, textural, microbiological and sensory quality of seer fish (*Scomberomorus cemmerson*) steaks packaged in thermoformed trays at 0-2°C. Journal of Food Processing and Preservation, DOI: 10.1111/j.1745-4549.2008.00311.x.
- Yıldız, M. 2008.** Mineral composition in fillets of sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and sea bream (*Sparus aurata*): a comparison of cultured and wild fish. Journal of Applied Ichthyology, 24:589-594.
- Yılmaz, M., Ceylan, Z.G., Kocaman, M., Kaya, M., Yılmaz, H. 2009.** The effect of vacuum and modified atmosphere packaging on growth of *Listeria* in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets. Journal of Muscle Foods, 20:465-477.
- Yücel, A., Akpınar Bayizit, A. 2001.** Gıda Zehirlenmeleri ve Zoonoz Hastalıklar. Uludağ Ün. Ziraat Fak. Ders Notları. Bursa: 66s.

ÖZGEÇMİŞ

Demet KOCATEPE 1983 yılında Sinop ili, Ayancık ilçesinde doğdu. İlk, orta öğrenimini Ayancık'ta, lise öğrenimini ise Sinop Anadolu Öğretmen Lisesi'nde tamamladı. 2000 yılında Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü'ne yerleşti ve 2004 yılında Bölüm İkindiliği ile lisans öğrenimini tamamladı. 2004-2008 yılları arasında özel şirketlerde Gıda Mühendisi olarak çalıştı. 2006 yılında Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı'nda doktora öğrenimine başladı. 2008 yılında Sinop Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'ne Araştırma Görevlisi olarak atandı ve halen görevine devam etmektedir.