

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

Ali Serhat ÖZKÜTÜK

**GAMA IŞINLAMANIN TÜTSÜLENMİŞ ALABALIK (*Oncorhynchus mykiss*)
FİLETOLARININ DUYUSAL, KİMYASAL ve MİKROBİYOLOJİK
KALİTESİ ÜZERİNE ETKİLERİ**

SU ÜRÜNLERİ AVLAMA VE İŞLEME TEKNOLOJİSİ ANABİLİM DALI

ADANA, 2014

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GAMA IŞINLAMANIN TÜTSÜLENMİŞ ALABALIK (*Oncorhynchus mykiss*)
FİLETOLARININ DUYUSAL, KİMYASAL ve MİKROBİYOLOJİK
KALİTESİ ÜZERİNE ETKİLERİ**

Ali Serhat ÖZKÜTÜK

DOKTORA TEZİ

SU ÜRÜNLERİ AVLAMA VE İŞLEME TEKNOLOJİSİ ANABİLİM DALI

Bu Tez 24/12/2014 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından
Oybirliği/Oyçokluğu ile Kabul Edilmiştir.

.....
Prof. Dr. Gülsün ÖZYURT
DANIŞMAN

.....
Prof. Dr. Abdurrahman POLAT
ÜYE

.....
Prof. Dr. Fatih ÖZOĞUL
ÜYE

.....
Doç. Dr. İsmail AKYOL
ÜYE

.....
Yrd.Doç. Dr. Deniz AYAS
ÜYE

Bu Tez Enstitümüz Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Anabilim Dalında
hazırlanmıştır.

Kod No:

**Prof. Dr. Mustafa GÖK
Enstitü Müdürü**

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların
kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere
tabidir.

ÖZ

DOKTORA TEZİ

GAMA IŞINLAMANIN TÜTSÜLENMİŞ ALABALIK (*Oncorhynchus mykiss*) FİLETOLARININ DUYUSAL, KİMYASAL ve MİKROBİYOLOJİK KALİTESİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Ali Serhat ÖZKÜTÜK

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
SU ÜRÜNLERİ AVLAMA VE İŞLEME TEKNOLOJİSİ ANABİLİM DALI**

Danışman : Prof. Dr. Gülsün ÖZYURT
Yıl: 2014, Sayfa: 136
Jüri : Prof. Dr. Gülsün ÖZYURT
: Prof. Dr. Abdurrahman POLAT
: Prof. Dr. Fatih ÖZOĞUL
: Doç. Dr. İsmail AKYOL
: Yrd. Doç. Dr. Deniz AYAS

Bu çalışmada, farklı dozlarda ıslınanan (3 ve 5 kGy) tütsülenmiş alabalık filetolarının vakum paketleni olarak buzdolabı koşullarında (2 °C) depolanması süresince mikrobiyolojik, kimyasal ve duysal kalitelerindeki değışimler incelenmiştir. Tütsülenmiş alabalık filetolarının besin madde bileşenleri olan nem, ham kül, ham protein ve lipit oranları sırasıyla, % 68.82, % 3.04, % 23.53 ve % 3.12 olarak tespit edilmiştir. Tüm gruplarda tütsülü alabalık filetolarının temel yağ asitlerinin palmitik asit, oleik asit, linoleik asit ve dokosaheksaenoik asit olduğu tespit edilmiştir. Depolama başlangıcında yağ asitleri kompozisyonunun ıslınama uygulamasından etkilenmediği görülmüştür. Ancak, depolama sonunda ıslınlanmış filetolardaki toplam doymuş yağ asidi (SFA) değerlerindeki artışın, kontrol grubuna göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Toplam tekli doymuş yağ asitlerinde de (MUFA) depolama süresince farklılıklar görülmüştür. Toplam çoklu doymamış yağ asitlerinde (PUFA) ise depolama sonunda kontrol grubunda istatistiksel olarak önemli bir azalma belirlenirken, 3 ve 5 kGy dozda ıslınlanmış gruplarda bir değışim gözlenmemiştir. Kalite parametrelerinden pH ve toplam uçucu bazik azot (TVB-N) değerleri de ıslınama uygulamasından etkilenmiş ve depolama süresince ıslınlanmış gruplarda bu parametrelerin kontrol grubuna göre daha düşük düzeylerde olduğu tespit edilmiştir. Depolama sonunda kontrol, 3 ve 5 kGy ıslınlanmış grupların pH değerleri sırasıyla 6.81, 6.70 ve 6.67 olarak tespit edilirken, TVB-N değerleri sırasıyla 27.12, 25.47 ve 24.46 mg/100g olarak tespit edilmiştir. Tiyobarbitürik asit (TBA), peroksit (PV) ve serbest yağ asidi (FFA), değerlerinde ise tam tersi bir durum gözlenmiş ve ıslınama dozuyla bağlantılı olarak bu değerlerde bir artış gözlenmiştir. Depolama sonunda kontrol, 3 ve 5 kGy dozda ıslınlanmış grupların TBA değerleri sırasıyla 1.27, 1.46 ve 1.58 mg MA/kg, PV değerleri sırasıyla 6.12, 9.18 ve 9.97 meq/kg ve FFA değerleri sırasıyla % 5.36, % 5.67 ve % 6.10 (% oleik asit) olarak tespit edilmişlerdir. ıslınama ile birlikte *Enterobacteriaceae* ve *E.coli*'nin tamamen elimine edildiği belirlenmiştir. ıslınama uygulamasının toplam aerobik mezofilik bakteriler (TAMB) ve toplam psikrofilik bakteriler üzerinde belirgin etkilere sahip olduğu gözlenmiştir. Farklı dozlarda ıslınamanın (3 ve 5 kGy) hidrojen sülfür üreten bakteriler ve laktik asit bakterileri (LAB) üzerinde de önemli etkilere sahip olduğu görülmüştür. Depolama sonunda kontrol, 3 ve 5 kGy ıslınlanmış örneklerin TAMB değerleri sırasıyla 6.16, 5.51 ve 5.71 log kob/g olarak tespit edilirken, toplam psikrofilik bakterileri değerleri sırasıyla 6.71, 5.93 ve 5.78 log kob/g olarak tespit edilmiştir. Duysal değerlendirmeye göre, kontrol grubu filetolarının raf ömrü 20 hafta, 3 ve 5 kGy ıslınlanmış filetoların ise 23 hafta olarak belirlenmiştir. 3 veya 5 kGy dozda ıslınama uygulamasının raf ömrü üzerinde önemli bir farklılık yaratmadığı görülmüştür. Araştırmada, duysal analizlerden elde edilen sonuçların kimyasal ve mikrobiyolojik analizlerle desteklendiği gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Gama ıslınama, Gökkuşuğı alabalığı, *Oncorhynchus mykiss*, Tütsüleme, Soğuk depolama

ABSTRACT

PhD THESIS

EFFECTS OF GAMMA IRRADIATION ON SENSORY, CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL QUALITY OF SMOKED RAINBOW TROUT (*Oncorhynchus mykiss*) FILLETS

Ali Serhat ÖZKÜTÜK

ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF FISHING AND SEAFOOD PROCESSING
TECHNOLOGY

Supervisor : Prof.Dr. Gülsün ÖZYURT
Year: 2014, Pages: 136
Jury : Prof.Dr. Gülsün ÖZYURT
: Prof. Dr. Abdurahman POLAT
: Prof.Dr. Fatih ÖZOĞUL
: Assoc. Prof. Dr. İsmail AKYOL
: Asst. Prof. Dr. Deniz AYAS

In this study, the effects of gamma irradiation at different doses (3 and 5 kGy) on the chemical, microbiological and sensorial quality of smoked, vacuum packed rainbow trout fillets during cold storage (2 °C) were investigated. The proximate composition of the smoked rainbow trout fillets were determined as 68.82 % for moisture, 3.04 % for ash, 23.53% for crude protein and 3.12 % for lipid. In all groups, the major fatty acids of smoked trout fillets were identified as palmitic acid, oleic acid, linoleic acid and docosahexaenoic acid (DHA) . The fatty acid compositions was not affected by the irradiation process initially. However, the increase in value on the total saturated fatty acids (SFA) of irradiated fillets has been found to be higher than the control group at the end of the storage. Fluctuations were observed in total monounsaturated fatty acids (MUFA) during storage. While a significant decrease was observed in the control group of total polyunsaturated fatty acids (PUFA), no change was observed in the groups irradiated with 3 and 5 kGy doses at the end of the storage. The quality parameters of pH and total volatile basic nitrogen (TVB-N) values were affected by the irradiation process and these parameters were found to be lower in irradiated groups compared to the control groups during storage. At the end of the storage, the pH values of control, 3 and 5 kGy irradiated groups were found to be 6.81, 6.70 and 6.67, respectively and the TVB-N values were 27.12, 25.47 and 24.46 mg/100g, respectively. However an opposite situation was observed with the thiobarbituric acid (TBA), peroxide (PV) and free fatty acid (FFA) values and increases in these values associated with the irradiation doses were determined. The TBA values of the control, 3 and 5 kGy irradiated groups were found to be 1.27, 1.46 and 1.58 mg MA / kg, respectively, the PV values were 6.12, 9.18 and 9.97 meq / kg and the FFA values were 5.36%, 5.67% and 6.10% (% oleic acid), respectively, at the end of the storage. It was determined that *Enterobacteriaceae* and *E. coli* were completely eliminated by the irradiation. Irradiation process was observed to have significant effects on total aerobic mesophilic bacteria (TVC) and total psychrophilic bacteria. Irradiation at both doses were also observed to have some significant impacts on hydrogen sulfide producing bacteria and lactic acid bacteria (LAB). While the TVC values of the control, 3 and 5 kGy irradiated groups were found to be 6.16, 5.51 and 5.71 log cfu/g, the total psychrophilic bacteria values were found as 6.71, 5.93 and 5.78 log cfu/g, respectively, at the end of the storage. According to the sensory evaluation, the shelf life of the control group was found to be 20 weeks while groups irradiated with 3 and 5 kGy doses were 23 weeks. No significant differences on the shelf life were observed between groups irradiated with 3 and 5 kGy doses. In this study, it was observed that sensory assessment results have supported by the chemical and microbiological analyses.

Key Words: Gamma irradiation, Rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, Smoking, Cold Storage

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince geniş bilgi birikimi ve yardımını esirgemeyen, ihtiyaç duyduğum her an bana zaman ayıran değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Gülsün ÖZYURT'a teşekkür ederim.

Eğitim hayatımda beni her zaman destekleyen ve bu günlere gelmemde büyük bir pay sahibi olan Prof. Dr. Abdurrahman POLAT'a teşekkür ederim.

Çalışmalarımda yardımlarını esirgemeyen Prof. Dr. Yeşim ÖZOĞUL, Prof. Dr. Fatih ÖZOĞUL, Doç. Dr. Esmeray Küley BOĞA, Prof. Dr. Bahar Tokur KARAKAYA, Arş. Gör. Miray ETYEMEZ, Arş. Gör. Mustafa DURMUŞ, Arş. Gör. Yılmaz UÇAR, Arş. Gör. Ayşe ŞİMŞEK, Doktora öğrencisi Esra BALIKÇI, Doktora öğrencisi Saadet GÖKDOĞAN ve Dr. Hatice YAZGAN'a, tez materyalimin hazırlık aşamasında ıslamlama işleminin uygulandığı SANAEM Islamlama Tesis müdür ve çalışanlarına gösterdikleri yakın ilgi ve yardımlarından dolayı teşekkür ederim.

Eğitim hayatımın tüm aşamalarında maddi ve manevi destekleriyle hep yanımda olan eşim Yasemin ÖZKÜTÜK, babam emekli Prof. Dr. Kemal ÖZKÜTÜK, annem Tülay ÖZKÜTÜK, kızlarım Serya Tülin ÖZKÜTÜK ve Deniz Arya ÖZKÜTÜK'e teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER	SAYFA
ÖZ.....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER.....	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XII
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	XIV
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	5
3. MATERYAL VE METOD.....	29
3.1. Örneklerin Hazırlanması.....	29
3.2. Kimyasal Analizler.....	30
3.2.1. Biyokimyasal Kompozisyon Analiz Metotları.....	30
3.2.1.1. Kuru Madde ve Ham Kül Analizi.....	30
3.2.1.2. Ham Protein Analizi.....	31
3.2.1.3. Lipit Analizi.....	32
3.2.1.4. Yağ Asitleri Analizi.....	33
3.2.2. Kimyasal Kalite Kontrol Analizleri.....	33
3.2.2.1. pH Ölçümü.....	33
3.2.2.2. Toplam Uçucu Bazik Azot (TVB-N) Analizi.....	34
3.2.2.3. Tiyoarbitürik Asit Sayısı (TBA) Analizi.....	34
3.2.2.4. Peroksit Sayısı Analizi.....	34
3.2.2.5. Serbest Yağ Asitleri Analizi.....	35
3.2.3. Mikrobiyolojik Analiz.....	36
3.2.3.1. Toplam Mezofilik ve Psikrofilik Aerob Mikroorganizma Sayımı	36
3.2.3.2. <i>Staphylococcus aureus</i> Aranması	37
3.2.3.3. Toplam <i>Enterobacteriaceae</i> Sayımı	37
3.2.3.4. <i>E.coli</i> Analizi	37

3.2.3.5. <i>Salmonella</i> Aranması	37
3.2.3.6. <i>Listeria monocytogenes</i> Aranması	38
3.2.3.7. Toplam Laktik Asit Bakteri Sayımı	38
3.2.3.8. Sülfür Üreten Bakterilerin Sayımı	39
3.2.4. Duyusal Analizi	39
3.2.5. İstatistiksel Analizler	40
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	41
4.1. Farklı Dozlarda Işınlanmış Tütsülü Alabalık Filetolarının 2 °C’de Depolanması Süresince Biyokimyasal Kompozisyonunda Meydana Gelen Değişimler	41
4.1.1. Besin Madde Bileşenleri	41
4.1.2. Yağ Asitleri Kompozisyonu	42
4.2. Farklı Dozlarda Işınlanmış Tütsülü Alabalık Filetolarının 2 °C’de Depolanması Süresince Kimyasal Kalite Kontrol Parametrelerinde Meydana Gelen Değişimler	70
4.2.1. pH	70
4.2.2. Toplam Uçucu Bazik Azot (TVB-N)	72
4.2.3. Tiyobarbitürik Asit Sayısı (TBA)	76
4.2.4. Peroksit Sayısındaki (PV) Değişimler	79
4.2.5. Serbest Yağ Asidindeki (FFA) Değişimler	81
4.3. Farklı Dozlarda Işınlanmış Tütsülü Alabalık Filetolarının 2 °C’de Depolanması Süresince Meydana Gelen Mikrobiyolojik Değişimler	84
4.3.1. Toplam Mezofilik Bakteri Sayımı (TMBS)	84
4.3.2. Toplam Psikrofil Bakteri Sayımı	87
4.3.3. Toplam Hidrojen Sülfür (H ₂ S) Üreten Bakterilerin Sayımı	90
4.3.4. Toplam <i>Enterobacteriaceae</i> Sayımı	93
4.3.5. Toplam <i>E.coli</i> Sayımı	96
4.3.6. Toplam Laktik Asit Bakteri Sayımı	97

4.4. Farklı Dozlarda Işınlanmış Tütsülü Alabalık Filetolarının 2 °C’de Depolanması Süresince Duyusal Değerlerinde Meydana Gelen Değişimler	101
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	111
KAYNAKLAR.....	117
ÖZGEÇMİŞ.....	129
EKLER.....	131

ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 2.1. Gıda Gruplarında Belirli Teknolojik Amaçlara Göre Uygulanmasına İzin Verilen Işınlama Dozları (Anonim, 2002)	7
Çizelge 2.2. Buzdolabı Koşullarında (4 °C) Depolanan, Tuzlanmış, Vakum Paketlenmiş ve Işınlanmış (1 ve 3 kGy) Çipura Filetolarının TVB-N Değerleri (mg N/100 g)	10
Çizelge 2.3. Buzdolabı Koşullarında (4 °C) Depolanan, Tuzlanmış, Vakum Paketlenmiş ve Işınlanmış (1 ve 3 kGy) Çipura Filetolarının TBA Değerleri (mg MA/kg)	11
Çizelge 2.4. Işınlanmamış ve Işınlanmış Çipuraların Yağ Asidi Değişimleri	12
Çizelge 2.5. Depolama Başlangıcında ve 21 Günlük Depolama Sonunda Farklı Dozlarda Işınlanan Palamudun Yağ Asitlerindeki Değişimler	15
Çizelge 2.6. Farklı Gazların Kullanıldığı Modifiye Atmosfer Paketleme ve 3 kGy Işınlanmış Kültür Levreklerinin 2 °C'de Depolanması Sonucu Gelişen Mikrobiyal Sayımları	16
Çizelge 2.7. Vakum Paketlenmiş ve Işınlanmış (1.5 kGy) Uskumru Kasının 1±1 °C'de Depolanması Süresince Mikrobiyal Sayımındaki Değişimler	17
Çizelge 2.8 Farklı Dozlarda Işınlanan (0, 1 ve 2 kGy) ve Buzda Depolanan İstavritlerin Mikrobiyal Sayımlarındaki Değişimler	18
Çizelge 2.9. Farklı Dozlarda Işınlanan (0, 1 ve 2 kGy) ve Buzda Depolanan İstavritlerin Yağ Asidi Profillerindeki Değişimler	18
Çizelge 2.10. Gama Işınlamanın Köftelerin Besin Bileşenleri Üzerindeki Etkisi (%)	20

Çizelge 2.11. Farklı Dozlarda Işınlanan (0, 1, 3 ve 5 kGy) Gökkuşaağı Alabalığı Filetoları ve Kontrol Gruplarının Yağ Asidi Kompozisyonları (g / 100 g yağ asidi)	21
Çizelge 2.12. Farklı Dozlarda Işınlanmış ve 4 °C'de Depolanmış Karideslerde Mikrobiyal Sayımların Değişimi	23
Çizelge 2.13. Farklı Dozlarda Işınlanmış ve -18 °C'de Depolanmış Karideslerde Mikrobiyal Sayımların Değişimi	24
Çizelge 2.14. Işınlanmış, Tuzlanmış ve Dondurulmuş Kefallerin Depolama Süresince Mikrobiyal Değişimleri	26
Çizelge 4.1. Çiğ ve Tütsülü Alabalık Filetolarının Besin Madde Bileşenleri (%)	41
Çizelge 4.2. Işınlanmamış (0 kGy) Tütsülü Alabalık Filetolarının Soğuk Depolanması Süresince Yağ Asitleri Değişimleri	43
Çizelge 4.3. Işınlanmış (3 kGy) Tütsülü Alabalık Filetolarının Soğuk Depolanması Süresince Yağ Asitleri Değişimleri	47
Çizelge 4.4. Işınlanmış (5 kGy) Tütsülü Alabalık Filetolarının Soğuk Depolanması Süresince Yağ Asitleri Değişimleri	51
Çizelge 4.5. Farklı Dozlarda Işınlanan Tütsülü Alabalık Filetolarının Soğuk Depolanma Süresince pH Değerlerinde Meydana Gelen Değişimler	71
Çizelge 4.6. Farklı Dozlarda Işınlanan Tütsülü Alabalık Filetolarının Soğuk Depolanması Süresince Tiyobarbitürik Asit Sayısı (TBA, mg MA/kg) Değerlerinde Meydana Gelen Değişimler	76
Çizelge 4.7. Farklı Dozlarda Işınlanan Tütsülü Alabalık Filetolarının Soğuk Depolanması Süresince Peroksit Sayısında (PV, meq/kg) Meydana Gelen Değişimler	80
Çizelge 4.8. Farklı Dozlarda Işınlanan Tütsülü Alabalık Filetolarının Soğuk Depolanması Süresince Serbest Yağ Asidinde (FFA, % oleik asit) Meydana Gelen Değişimler	82

Çizelge 4.9. Farklı Dozlarda Işınlanan Tütsülü Alabalık Filetolarının Soğuk Depolanması Süresince Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri Canlı Sayımları (log kob/g)	85
Çizelge 4.10. Farklı Dozlarda Işınlanan Tütsülü Alabalık Filetolarının Soğuk Depolanması Süresince Toplam Psikrofil Bakteri Canlı Sayımları (log kob/g)	88
Çizelge 4.11. Farklı Dozlarda Işınlanan Tütsülü Alabalık Filetolarının Soğuk Depolanması Süresince Toplam Hidrojen Sülfür (H ₂ S) Üreten Bakteri Canlı Sayımları (log kob/g)	91
Çizelge 4.12. Farklı Dozlarda Işınlanan Tütsülü Alabalık Filetolarının Soğuk Depolanması Süresince Toplam <i>Enterobacteriaceae</i> Canlı Sayımları (log kob/g)	94
Çizelge 4.13. Farklı Dozlarda Işınlanan Tütsülü Alabalık Filetolarının Soğuk Depolanması Süresince Toplam <i>E.coli</i> Canlı Sayımları (log kob/g)	96
Çizelge 4.14. Farklı Dozlarda Işınlanan Tütsülü Alabalık Filetolarının Soğuk Depolanması Süresince Toplam Laktik Asit Bakterileri Canlı Sayımları (log kob/g)	98
Çizelge 4.15. Farklı Dozlarda Işınlanan Tütsülü Alabalık Filetolarının Soğuk Depolanması Süresince Renk Değerlerinde Meydana Gelen Değişimler	102
Çizelge 4.16. Farklı Dozlarda Işınlanan Tütsülü Alabalık Filetolarının Soğuk Depolanması Süresince Koku Değerlerinde Meydana Gelen Değişimler	103
Çizelge 4.17. Farklı Dozlarda Işınlanan Tütsülü Alabalık Filetolarının Soğuk Depolanması Süresince Lezzet Değerlerinde Meydana Gelen Değişimler	104
Çizelge 4.18. Farklı Dozlarda Işınlanan Tütsülü Alabalık Filetolarının Soğuk Depolanması Süresince Doku Yapısı Değerlerinde Meydana Gelen Değişimler	106

ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 3.1. Farklı Dozlarda Işınlanan Tütsülenmiş Alabalık Filetolarının Duyusal Analizinde Kullanılan Değerlendirme Formu	40
Şekil 4.1. Farklı Dozlarda Işınlanan Tütsülü Alabalık Filetolarının Soğuk Depolanması Süresince Toplam Doymuş Yağ Asidi (ΣSFA) içindeki % Palmitik Asit Değerlerinde Meydana Gelen Değişimler	55
Şekil 4.2. Farklı Dozlarda Işınlanan Tütsülü Alabalık Filetolarının Soğuk Depolanması Süresince Toplam Tekli Doymamış Yağ Asidi (ΣMUFA) içindeki % Oleik Asit Değerlerinde Meydana Gelen Değişimler	59
Şekil 4.3. Farklı Dozlarda Işınlanan Tütsülü Alabalık Filetolarının Soğuk Depolanması Süresince Toplam Çoklu Doymamış Yağ Asidi (ΣPUFA) içindeki % DHA Değerlerinde Meydana Gelen Değişimler	62
Şekil 4.4. Farklı Dozlarda Işınlanan Tütsülü Alabalık Filetolarının Soğuk Depolanması Süresince Toplam Çoklu Doymamış Yağ Asidi (ΣPUFA) içindeki % Linoleik Asit Değerlerinde Meydana Gelen Değişimler	63
Şekil 4.5. Farklı Dozlarda Işınlanan Tütsülü Alabalık Filetolarının TVB-N Değerleri (mg/100g)	73
Şekil 4.6. Farklı Dozlarda Işınlanan Tütsülü Alabalık Filetolarının Soğuk Depolanması Süresince Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri Canlı Sayımları (log kob/g)	86
Şekil 4.7. Farklı Dozlarda Işınlanan Tütsülü Alabalık Filetolarının Soğuk Depolanması Süresince Toplam Psikrofil Bakteri Canlı Sayımları (log kob/g)	89
Şekil 4.8. Farklı Dozlarda Işınlanan Tütsülü Alabalık Filetolarının Soğuk Depolanması Süresince Hidrojen Sülfür (H ₂ S) Üreten Bakteri Canlı Sayımları (log kob/g)	92

Şekil 4.9. Farklı Dozlarda Işınlanan Tütsülü Alabalık Filetolarının Soğuk Depolanması Süresince Laktik Asit Bakterileri Canlı Sayımları (log kob/g)	99
Şekil 4.10. Farklı Dozlarda Işınlanan Tütsülü Alabalık Filetolarının Soğuk Depolanması Süresince Genel Kabul Edilebilirlik Değerlerinde Meydana Gelen Değişimler	107

SİMGELER VE KISALTMALAR

DHA	: Dekosaheksaenoik asit
EPA	: Eikosapentaenoik asit
FFA	: Serbest Yağ Asidi
kGy	: Kilo Gray
LAB	: Laktik Asit Bakterileri
MA	: Malonaldehit
MUFA	: Tekli doymamış yağ asitleri
PUFA	: Çoklu doymamış yağ asitleri
PV	: Peroksit Sayısı
SFA	: Doymuş yağ asitleri
TAMB	: Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri
TBA	: Tiyobarbitürik asit
TMBS	: Toplam Mezofilik Bakteri Sayımı
TVB-N	: Toplam uçucu bazik azot
ω3	: Omega 3 Yağ Asitleri
ω6	: Omega 6 Yağ Asitleri

1. GİRİŞ

Son yıllarda gıda kaynaklı zehirlenme ve enfeksiyonlarda görülen büyük artış bu alanda yatırımların yapılması gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Özellikle gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde tüketicilerin hayat biçimlerindeki değişiklikler ve hazır gıdaya olan talebin artışı, gıda işleme ve muhafaza metotları üzerine araştırmaları hızlandırmıştır. Hazır gıdalara ve özellikle kullanıma hazır et ürünlerine uygun katkı maddelerinin eklenmemesi durumunda, raf ömürleri oldukça sınırlıdır. Et ve su ürünleri mikroorganizmalar için ideal bir ortam oluşturdukları için bu ürünlerde oluşabilecek patojenik canlılar insan sağlığı açısından büyük bir risk taşımaktadır. Son zamanlarda gıda katkı maddelerini içermeyen gıdalara olan eğilimler ve soğuk zincir uygulamalarında sık karşılaşılan problemlerden dolayı, son ürünlerde istenilen raf ömrü sağlanamamakta ve mikrobiyal yönden risk oluşumu gözlenmektedir.

Tüketicilerin katkı maddesi içeren veya dondurulmuş-çözündürülmüş olan ürünlere karşı olan isteksizlikleri ve taze ürünlere karşı olan ilgileri, üreticileri üründe minimum değişikliklere yol açarak gıda güvenliğini sağlayan yöntemlerin uygulanmasına yöneltmiştir. Gıdalarda "ışınlama uygulaması" esnasında üründe önemli bir sıcaklık artışı olmadığı için bu yönteme "soğuk sterilizasyon" ismi verilmektedir. Bu nedenle ışınlama gıdanın görünümünde minimal değişikliklere sebep olmakta ve diğer gıda işleme yöntemlerine göre gıdanın besleyici özelliklerini daha iyi koruyabilmektedir (Yagız, 2008). Işınlama ile ortamda her hangi bir kimyasal kalıntı oluşumu gözlenmemektedir. Bu sebepten dolayı da günümüzde gıdalarda kullanılan katkı maddelerinin kullanımının azaltılmasında veya çok farklı boyut ve şekillerdeki gıdaların işlenmesine imkan sağlamaktadır (Yagız, 2008).

Gıda ışınlaması en basit tanımıyla, her hangi bir besin maddesinin belirli bir tip enerji ile muamelesidir. Bu uygulamada bir paket veya kutu içerisindeki besin maddesi belirli bir süre için iyonize radyasyona maruz bırakılmaktadır. Bu işlemde gıda ne kadar süreyle radyasyona maruz kalırsa kalsın veya kullanılan dozun ne kadarı absorbe edilirse edilsin, besinin kendi yapısında bulunan normal radyoaktivitesi yükselmemektedir (ICGFI, 1999). Işınlanmış gıdaların sağlık

açısından güvenli olduğu ve insanlar üzerinde her hangi bir etkisinin olmadığı ispatlanmıştır (Tauxe, 2001). Gıda ışınlama işleminin güvenliği USDA, FDA, FSIS, IAEA, FAO, WHO gibi birçok kuruluşun çalışmalarıyla onaylanmış, gıda kalite güvenliğinin muhafazasındaki etkisi ortaya konmuştur.

Genelde, düşük dozlu ışınlamanın bir gıda işleme yöntemi olarak kullanılmasında iki avantaj mevcuttur. Bunlardan birincisi, gıdanın bozulmasından sorumlu mikroorganizmaların ve küçük canlıların DNA moleküllerini tahrip etmesi yoluyla öldürmesi ve ürünün kalitesini korurken raf ömrünü artırmasıdır. İkincisi ise, genel olarak su ürünleri ile ilişkili olan spesifik patojenik bakterilerin azaltılması veya tamamen ortadan kaldırılmasıdır (Yagız, 2008; Arvanitoyannis ve ark., 2009; Genç ve Diler, 2013). Bunların yanında gıda ışınlaması etkin patojenleri ortadan kaldırırken kullanılan doz seviyesine veya gıdanın türüne bağlı olarak ürün üzerinde bazı istenmeyen değişikliklere yol açabilmektedir. İyonize ışının 1-10 kGy arasında uygulamasında havayla temas eden gıdalarda vitamin kayıpları meydana gelmektedir. 6-10 kGy dozları balık türlerinin duyu kalitesi için kritik dozlardır. 4.5 kGy veya daha yüksek dozlarda solungaçların kırmızı renginin solduğu ve ışınlamanın hemen sonrasında yeşilimsi-sarı bir görünüm kazandığı bildirilmektedir. Daha yüksek dozlar aynı zamanda yağların oksidasyonu ve hidrolizi sonucunda koku, tekstür ve tadı da etkilemektedir. (Moini ve ark., 2009). Depolama koşullarındaki oksijen miktarı su ürünlerinde yağ oksidasyonunun, renk değişiminin ve kötü koku oluşumunun başlıca sebepleridir (Jo ve ark., 1999). Ayrıca ışınlama işlemi esnasında yok edilen mikroorganizmalar ışınlama sonrasında tekrar ürüne bulaşabilmektedir. Bu etkileri ortadan kaldırabilmek için kombine bir koruma sisteminin gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Oksijen miktarının azaltılmasının yanında kimyasal maddelerle muamele (antimikrobiyal ve antioksidanlar maddeler gibi), su aktivitesini azaltmak için tütsüleme veya tuzlama, yüksek basınç uygulaması veya laktik asit bakterilerinin metabolitlerinin kullanılması su ürünlerinin raf ömrünün uzatılmasında veya hijyen kalitesinin korunmasında oldukça etkin yöntemler olarak görülmektedir.

Türkiye’de tütsülenmiş alabalık ihracatı 2012 verilerine göre 4000 ton civarındadır. Tütsülenmiş ürün tadını değiştirmeden daha uzun raf ömrüne sahip

sağlıklı ve güvenilir ürünlerin ihracatının arttırılmasına olanak sağlamak için gama ışınlamanın uygulanması bu ürünlerin yurt dışı pazarında cazip bir ürün sınıfı oluşturabileceği düşüncesini akla getirmektedir. Bu sebeple planlanan bu projede, tütüleme ve vakum paketleme gibi gıda muhafazasında kullanılan metotlar ile birlikte düşük dozlarda (3 ve 5 kGy) ışınlamanın alabalık filetolarının raf ömrü üzerine kombine etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla, farklı dozlarda ışınlanmış tütülenmiş vakum paketli alabalık filetolarının buzdolabı koşullarında (2 °C) depolanması esnasında gelişen mikrobiyolojik (toplam mezofil ve psikrofil canlı sayımı, *Staphylococcus aureus* sayımı, *Listeria monocytogenes* sayımı, *Enterobacteriaceae*, *Escherichia coli*, *Salmonella* sayımı, sülfür üreten bakteriler, laktik asit bakterileri), kimyasal (TVBN, TBA, PV, FFA, pH, yağ asitleri, besin madde bileşenleri) ve duyu kalite değişimleri (renk, koku, tekstür, lezzet, genel kabul edilebilirlik) incelenmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Işınlama teknolojisi 1885 yılında Roentgen'in X ışınını keşfetmesi ve ardından Becquerel'in radyoaktiviteyi bulması ile başlamış ve ardından 20. yüzyılın başlarında gıdaları koruma amaçlı ilk uygulamalar gerçekleştirilmiştir. İlerleyen yıllarda Amerikan Ordusu Tıp Departmanı 1955 yılında besin güvenliğinde ışınlama uygulaması başlatmıştır. 1963 yılında Amerikan Gıda ve İlaç Yönetimi (FDA, Food and Drug Administration) ilk kez buğday ve buğday ununun ışınlanmasını kabul etmiştir. Özellikle 1972 yılından beri uzay yolcularında ışınlanmış gıdalar kullanılmaya başlanmıştır. 1980'lerde domuz eti, taze meyve, baharat ve çeşnilere ışınlanma uygulaması kabul edilmiş ve Gıda ve Tarım Organizasyonu (FAO), Uluslararası Atomik Enerji Ajansı (IAEA) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO), gıdalarda 10 kGy doza kadar ışınlamanın bir zararı olmadığını belirtmişlerdir (Brewer, 2004). 10 kGy ışınlamanın üstünde gıdalarda özellikle duyuşal olarak istenmeyen değişimler gözlenmektedir (Hampson ve ark. 1996). Türkiye'de şimdiye kadar ışınlama yapan iki tesis hizmete girmiştir. Çerkezköy'de 1994 yılında kurulan ve Co⁶⁰ radyoaktif kaynak kalemleri kullanan tesis, ticari olarak hizmet vermektedir. Diğeri ise Ankara'daki Türkiye Atom Enerjisi Kurulu (TAEK) bünyesinde hizmet vermektedir.

Gama ışınlama yaygın olarak kurutulmuş sebzelerde, baharatlarda ve hayvan yemlerinde dezenfeksiyon ve/veya sterilizasyon amaçlı ve ayrıca gıdaların raf ömürlerini arttırmak amaçlı kullanılmaktadır (Javanmard ve ark. 2006). Her ne kadar iyi hijyen ve iyi üretim uygulamaları konusunda gayret edilse ve dondurma, paketlenme, tuzlama gibi bazı teknolojiler gıdalar üzerinde uygulansa da, bir çok ülkede gıdalara patojen bulaşmaları bildirilmektedir. Işınlamanın, *Listeria monocytogenes*, *Vibrio choleraea*, *Salmonella enteritidis*, *Salmonella* sp., *Vibrio parahaemolyticus*, *Staphylococcus aureus* ve *Plesiomonas shigelloides* gibi gıdalarda yoğun bir şekilde üreyen bakterilerden korunma amacıyla uygulanabilecek etkili bir teknoloji olduğu bildirilmektedir (Genç ve Diler, 2013). Işınlama teknolojisi, sterilizasyon dozlarında bile ürünün bünyesine aldığı radyasyon enerjisi ile sıcaklığın sadece bir kaç derece artıyor olması nedeniyle, soğuk işlem uygulaması olarak da

tanımlanmaktadır. Bu sebepten dolayı ışınlama uygulaması gıdanın görünümünde minimal değişimlere sebep olmakta ve besin bileşenlerinin iyi bir şekilde korunmasını sağlamaktadır (Yagız, 2008).

Pratikte gıda ışınlama uygulamaları 3 ayrı doz kategorisinde toplanmaktadır.

Radurizasyon : Gıdalarda bozulmaya neden olan mikroorganizmaların gelişimini engelleyerek kabul edilebilir düzeye indirmek, gıdaların kalite ve raf ömrünü arttırmak, özellikle sebzelerde filizlenmeyi engellemek, tahıl ve baklagillerde, kurutulmuş gıdalarda böcek ve parazit dezenfeksiyonunu sağlamak, meyvelerde olgunlaşmanın engellenmesi amacıyla ≤ 1 kGy dozundaki ışınlamalara verilen addır.

Radisidasyon: Bozulma bakterilerinin ve spor oluşturmayan patojen mikroorganizma yükünün azaltılması amacıyla 1 ila 10 kGy arasındaki dozlardaki ışınlamalara verilen addır.

Radaperdizisyon: Virüsler hariç yaşayan mikroorganizmaların sayısını azaltmak veya sterilizasyonu sağlamak için genellikle 10 ila 50 kGy arasındaki dozlardaki ışınlamaya verilen addır (ICGPI, 1999).

Düşük dozlardaki gıda ışınlaması ürünlerdeki besinsel kaliteyi etkilemeden bakteriler üzerinde bazı genetik değişimlere sebebiyet vererek bunların DNA, RNA, proteinler ve hücresel yapılarının bozulmasını sağlar (Genç ve Diler, 2013; Etyemez, 2011; Yagız, 2008). Uygulanacak doz ise gıdanın besinsel bileşenlerine (nem, yağ, protein, karbonhidrat), ışınlama süresindeki gıdanın ve ortamın koşullarına (sıcaklık ve O_2 olmak üzere atmosfer bileşenlerine), ışınlama hızına ve spesifik patojenlere göre değişim göstermektedir (Öztürk, 2008). Özellikle ışınlama organizmada su ile etkileşime girdiklerinde, dolaylı olarak DNA'yı etkileyen geçici serbest radikallerin oluşumunu sağlamaktadırlar. Bu sebepten kuru gıdaların ışınlanmasında yüksek ışınlama dozları kullanırken, yaş gıdalarda doz azaltılabilir (Tauxe, 2001). Ayrıca Tauxe (2001)'nin bildirdiğine göre ışınlama dozu, büyük DNA molekülü kompleks organizmaları, küçük molekülü basit organizmalara göre çok daha fazla etkilemektedir. Bu sebepten böcek ve parazitler için 0.1 kGy doz yeterli olurken, daha basit yaşam formları olan patojen bakteriler için bu 1 kGy dozun üstü gerekmektedir. Oldukça kompleks olan insanlar için ise sadece 4 Gray doz ölümcül olabilmektedir (Tauxe, 2001).

Türk Gıda Işınlama Yönetmeliği ilk olarak 6 Kasım 1999 yılında Resmi Gazete'de 23868 sayı ile yayınlanmıştır. Daha sonra 15 Ekim 2002 yılında yönetmelikte değişiklik yapılmış ve Resmi Gazete'de 24907 sayı ile yayınlanmıştır. Yönetmelik, gıda maddelerinin ışınlama esas ve usulleri ile gıda ışınlama tesislerinin kuruluşları ve ışınlanmış gıdaların tüketimine ilişkin; lisans, izin, tescil, istihdam, kontrol, denetim, ithalat ve ihracata dair esas ve usulleri kapsamaktadır. Ayrıca gıda gruplarına belirli teknolojik amaçlara göre uygulanmasına izin verilen ışınlama dozlarını belirtmektedir (Çizelge 2.1.).

Çizelge 2.1. Gıda Gruplarına Belirli Teknolojik Amaçlara Göre Uygulanmasına İzin Verilen Işınlama Dozları (Anonim, 2002).

Gıda Grubu	Amaç	Minimum Doz (kGy)	Maksimum Doz (kGy)
Grup 1- Soğan, kökler ve yumrular	Depolama sırasında filizlenme, çimlenme ve tomurcuklanmayı önlemek		0,2
	a) Olgunlaşmayı geciktirmek		1,0
Grup 2- Taze meyve ve sebzeler (Grup1'in dışındakiler)	b) Böceklenmeyi önlemek		1,0
	c) Raf ömrünü uzatmak		2,5
	d) Karantina kontrolü	(x)	1,0
Grup 3- Hububat, öğütülmüş hububat ürünleri, kabuklu yemişler, yağlı tohumlar, baklagiller, kurutulmuş sebzeler ve kurutulmuş meyveler	a) Böceklenmeyi önlemek		1,0
	b) Mikroorganizmaları azaltmak		5,0
	c) Raf ömrünü uzatmak		5,0
Grup 4- Çiğ balık, kabuklu deniz hayvanları ve bunların ürünleri (taze veya dondurulmuş), dondurulmuş kurbağa bacağı	a) Bazı patojen mikroorganizmaları azaltmak	(x)	5,0
	b) Raf ömrünü uzatmak		3,0
	c) Parazitler enfeksiyonların kontrolü	(xx)	2,0
Grup 5- Kanatlı,kırmızı et ile bunların ürünleri (taze veya dondurulmuş)	a) Bazı patojenik mikroorganizmaları azaltmak	(x)	7,0
	b) Raf ömrünü uzatmak		3,0
	c) Paraziter enfeksiyonların kontrolü	(xx)	3,0
Grup 6- kuru sebzeler, baharatlar,kuru otlar,çeşniler ve bitkisel çaylar	a) Bazı patojenik mikroorganizmaları azaltmak	(x)	10,0(xxx)
	b) Böceklenmeyi önlemek		1,0
Grup 7- Hayvansal orijinli kurutulmuş gıdalar	a) Böceklenmeyi önlemek		1,0
	b) Küflerin kontrolü		3,0

(x) Minimum doz düzeyi belli bir zararlı organizma için belirlenebilir.

(xx) Minimum doz düzeyi gıdanın hijyenik kalitesini temin edecek düzeyde belirlenebilir.

(xxx) 10 kGy' in üzerindeki maksimum doz düzeyleri, gıdanın tümündeki minimum ve maksimum doz ortalaması 10 kGy'i aşmayacak şekilde uygulanır.

Yapılan araştırmalarda ışın dozunun yükselmesi ve ortamda oksijenin bulunmasıyla birlikte lipid oksidasyonunda artışın gözlemlendiği ve buna bağlı olarak istenmeyen lezzet değişikliklerinin olduğu belirtilmektedir (Etyemez 2011; Genç ve Diler 2013; Yagız 2008). Ayrıca Etyemez (2011) yağsız balıkların ışınlanmasının, yağlı balıklara göre daha iyi sonuçlar verdiğini ve yağsız balıklarda ışınlamaya bağlı renk değişimlerinin daha az olduğunu bildirmiştir. Yagız (2008) ise balık yağlarının kırmızı etlere göre yapılarında daha fazla çoklu doymamış yağ asitlerini içerdiklerini ve bu nedenle daha dayanıksız olduklarını belirtmiştir.

Kwon ve ark. (1995) gama ışınlama ve hava geçirmez şekilde paketlenme ile kaynatılmış-kurutulmuş hamsilerin (*Engraulis engrasicholus*) uzun süre depolanması süresince mikrobiyolojik ve kimyasal kalitelerini incelemişlerdir. Işınlanmamış kontrol grubu dışında 2.5 ve 5 kGy dozlarında ışınlanan örneklerde özellikle 5 kGy uygulanan grupta mikrobiyal kalitenin oda sıcaklığında 6 ay, 5-10 °C gibi düşük sıcaklıklarda ise 1 yıla kadar sağlanabildiğini tespit etmişlerdir. Yapılan çalışmada 5 kGy ışınlanmış örneklerde yağ asitlerinin PUFA değerlerinin ışınlama ile % 5 düzeyinde azaldığı ve SFA değerlerinde ise bir miktar artış olduğu tespit edilmiştir. Ancak araştırmacılar bunun istatistiksel açıdan önemli olmadığını ve 12 aylık depolama süresince yağ asidi değerlerinde bir değişim gözlenmediğini belirtmişlerdir.

Lakshmanan ve ark. (1999) 2 kGy düzeyinde ışınladıkları hamsilerin (*Stolephorus commersonii*) buzda depolanması sonucunda ışınlanmamış örneklerin depolanma ömrünün 13 gün olduğunu, ışınlanmış örneklerin depolama ömrünün ise 17 gün olduğunu tespit etmişlerdir. Aynı koşullarda paketleyerek depoladıkları örneklerde ise depolama ömrünün 20 güne kadar yükseldiğini gözlemişlerdir.

Jeevanandam ve ark. (2001) tuz ve gama ışınlama (0, 1 ve 2 kGy) uygulamalarının kılkuş mercan (*Nemipterus japonicus*)'ın raf ömrü üzerine etkisini incelemişlerdir. Taze, iç organları çıkarılmış kılkuş mercanlar öncelikle polietilen paketler içinde % 10 (w/w) soydum klotrit çözeltisinde 1 saat bekletilmiş ve ardından buzda 1 ve 2 kGy dozlarında ışınlamaya tabii tutulmuşlardır. Buzda depolanan örneklerin depolama ömürleri incelendiğinde tuzlanmamış örnekler 8 gün içinde tüketilemeyecek sınıra ulaşırken, 1 ve 2 kGy ışınlanmış örnekler sırasıyla 12

ve 22 günde kabul edilebilirlik sınırlarına ulaşmıştır. Tuzlanmış ve 0, 1 ve 2 kGy dozlarda ışınlanmış örneklerin kabul edilebilirlik sınırlarını sırasıyla 9, 14 ve 28 gün olarak bulmuşlardır. Araştırmacılar tuzlamanın özellikle daha sıkı bir doku yapısı sağlayarak paketler içinde su kaybını önlediğini belirtmişlerdir. Bu sebepten dolayı gama ışınlamanın raf ömrü üzerinde olumsuz bir etkisinin olduğu belirtilmesine karşın, ışınlama öncesi tuzlamanın balıkların kabul edilebilirlik düzeylerini arttırdığı tespit edilmiştir.

Cozzo-Siqueira ve ark. (2003) farklı dozlarda ışınlanmış (0, 1, 2.2 ve 5 kGy) ve soğuk depolanmış (0.5 °C ile -2 °C arası) tilapyaaların (*Oreochromis niloticus*) raf ömürlerini incelemişlerdir. TVB-N ve pH düzeyleri 30 günlük depolama boyunca ışınlama oranıyla ters orantılı olarak azalırken, özellikle TBARs değerleri ile tespit edilen lipid oksidasyonunun ışınlama oranı ile arttığını tespit etmişlerdir. Ortamda 1 ve 5 kGy dozlarda ışınlanan örneklerde depolama boyunca *E.coli* bulunmadığını bunun yanında kontrol grubunda *E.coli* düzeyinin 7.4×10^4 seviyesine yükseldiğini tespit etmişlerdir.

Kasımoğlu ve ark. (2003), sardalyalar (*Sardina pichardus*) üzerinde yaptıkları çalışmada, örnekleri vakum paketleyip 1, 2 ve 3 kGy düzeyinde ışınladıktan sonra 2 °C'de depolayarak kalite değişimlerini incelemişlerdir. Yapılan çalışma sonunda kontrol grubunun örnekleri 10 gün içinde tüketilemeyecek düzeye ulaşırken, 1 kGy ışınlanmış örnekler 15 günde, 2 kGy ışınlanmış örnekler 19 günde ve 3 kGy ışınlanmış örnekler ise 21 günde tüketilemeyecek seviyeye ulaşmışlardır. Çalışma başlangıcında toplam mezofilik bakterilerin sayımı kontrol, 1, 2 ve 3 kGy ışınlanmış örneklerde sırasıyla 6.20, 5.53, 4.84 ve 3.98 log₁₀ / g olarak tespit edilerek ışınlama dozunun örnekler üzerindeki bakteri yüküne önemli bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Aynı şekilde çalışma başlangıcında toplam psikrofilik bakterilerin sayımı kontrol, 1, 2 ve 3 kGy ışınlanmış örneklerde sırasıyla 2.67, <1, 3.00 ve 3.00 log₁₀ / g olarak saptanmıştır.

Chouliara ve ark. (2004) tuzlanmış, vakum paketlenmiş ve buzdolabı koşullarında (4 °C) depolanmış çipuraların (*Sparus aurata*) gama ışınlaması (1 ve 3 kGy) ile birlikte mikrobiyolojik, kimyasal ve duyuşal özelliklerini incelemişlerdir. Işınlama dozunun yükselmesi ile birlikte toplam mezofilik bakteri sayımı, hidrojen

sülfür üreten bakteriler, Enterobacteriaceae ve laktik asit bakterilerinde koloni oluşumu oldukça azalmıştır. Özellikle 42 günlük depolama sırasında 3 kGy ışınlanmış örneklerde 21 gün boyunca hidrojen sülfür üreten bakterilere, 14 gün boyunca Enterobacteriaceae ve 21 gün laktik asit bakterilerine rastlanmamıştır. Depolama başlangıcında ve devam eden süreçte TVB-N değerleri ışınlama ile ters orantılı bir şekilde az miktarda artarken (Çizelge 2.2.), TBA değerleri ışınlama dozu ile doğru orantılı olarak artış göstermiştir (Çizelge 2.3.). Araştırmada, örneklerin duyuşal değerlendirmelerinin bakteri gelişimi ile paralellik gösterdiği, tuzlanmış, vakum paketlenmiş ve ışınlanmış örneklerin raf ömrünün 27-28 gün olduğu, tuzlanmış ve ışınlanmamış örneklerin raf ömrünün ise 14-15 gün olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 2.2. Buzdolabı Koşullarında (4 °C) Depolanan, Tuzlanmış, Vakum Paketlenmiş ve Işınlanmış (1 ve 3 kGy) Çipura Filetolarının TVB-N Değerleri (mg N/100 g) (Chouliara ve ark., 2004).

Günler	Işınlanmamış	1 kGy	3 kGy
3	25.31±1.04	24.08±1.02	22.28±1.08
6	27.86±1.22	24.62±0.98	22.95±0.85
9	26.18±0.98	25.03±1.32	23.08±1.03
14	27.22±1.02	26.68±1.05	25.22±0.96
21	32.59±1.84	28.08±1.26	28.43±1.25
28	43.55±1.55	32.34±1.63	31.87±1.36
35	52.23±2.76	39.42±1.74	34.56±1.41
42	60.52±2.62	48.13±2.64	37.21±1.98

n=3

Çizelge 2.3. Buzdolabı Koşullarında (4 °C) Depolanan, Tuzlanmış, Vakum Paketlenmiş ve Işınlanmış (1 ve 3 kGy) Çipura Filetolarının TBA Değerleri (mg MA/kg) (Chouliara ve ark., 2004).

Günler	Işınlanmamış	1 kGy	3 kGy
3	0.32±0.01	0.46±0.01	0.51±0.01
6	0.85±0.02	1.08±0.03	1.24±0.08
9	1.13±0.06	2.88±0.17	3.01±0.17
14	2.83±0.18	3.06±0.15	3.25±0.19
21	3.95±0.16	4.17±0.18	4.85±0.15
28	4.04±0.11	5.12±0.16	6.10±0.18
35	2.55±0.16	3.24±0.14	4.58±0.12
42	1.01±0.05	2.15±0.17	3.26±0.19

n=3

Mendes ve ark. (2005) Atlantik uskumrularını (*Trachurus trachurus*) 1 ve 3 kGy dozlarda gama ışınlayarak 23 gün buzda depolamışlardır. Işınlanmamış örneklerin duyusal olarak raf ömrü 8 günde dolarken, ışınlanmış olanlarda bu süre 4 gün daha uzatılarak 12 gün olmuştur. Araştırmada, toplam mezofilik bakteri sayımı ve TVB-N düzeylerinde 1 kGy ışınlama düzeyinde bile ışınlanmamış örneklerle göre önemli azalmalar gözlenmiştir.

Erkan ve Özden (2007) 2.5 ve 5 kGy dozlarında uygulanan ışınlamanın 2-4 °C'de depolanan çipuraların (*Sparus aurata*) yağ asitleri kompozisyonundaki değişimleri incelemişlerdir. Çizelge 2.4'de araştırmacıların çipuralarda tespit ettiği toplam doymuş, tekli doymamış ve çoklu doymamış yağ asitlerinin ışınlama ile uygulaması sonucu değişimleri görülmektedir.

Çizelge 2.4. Işınlanmamış ve Işınlanmış Çipuraların Yağ Asidi Değişimleri (Erkan ve Özden, 2007).

Yağ Asidi (%)					0 kGy	2.5 kGy	5 kGy
Toplam Doymuş Yağ Asitleri (SFA)					28.01 ^{a,b}	27.69 ^{a,c}	28.33 ^{b,c}
Toplam	Tekli	Doymamış	Yağ	Asitleri	28.42	27.973 ^c	25.561 ^c
(MUFA)							
Toplam	Çoklu	Doymamış	Yağ	Asitleri	24.473 ^b	24.389 ^{b,c}	23.643 ^{b,c}
(PUFA)							

^a 0-2.5 kGy:p<0.05^b 0-5 kGy:p<0.05^c 2.5-5 kGy:p<0.05

Özden ve ark. (2007a) farklı dozlarda ışınlamış (2.5 ve 5 kGy) ve ışınlanmamış buz da depolanan levreklerin (*Dicentrarchus labrax*) mikrobiyal, kimyasal ve duyu kalite değişimlerini ve raf ömrünü incelemiştir. Mezofilik, psikotrofik, hidrojen sülfür üreten ve *Enterobacteriaceae*'nin incelendiği çalışmada bütün gruplarda ışınlanmamış örneklerin koloni sayımları ışınlamış olanlara göre yüksek tespit edilmiştir. 2.5 ve 5 kGy dozlarında ışınlama karşılaştırıldığında ise ışınlama miktarının artışıyla bakteri koloni sayımlarının azaldığı tespit edilmiştir. Kimyasal parametrelerden pH değeri başlangıçta bütün gruplarda 6.71 olarak tespit edilirken, depolama sonunda kontrol, 2.5 ve 5 kGy ışınlamış örneklerde sırasıyla 7.30, 6.96 ve 6.91 olarak tespit edilmiştir. Depolama sonunda ışınlanmamış örneklerde 36.44 mg/100gr olarak tespit edilen TVB-N değerlerinin ışınlamış örneklerde, ışınlama miktarı ile oransal olarak azaldığı ve 2.5 ve 5 kGy ışınlamış örnekler için sırasıyla 25.26 ve 23.61 mg/100g TVB-N olduğu tespit edilmiştir. Duyusal analiz sonuçları incelendiğinde ışınlamadan buzda depolanan levreklerin raf ömürlerinin 13 gün olarak tespit edilmesine karşın 2.5 ve 5 kGy ışınlamış örneklerin sırasıyla 15 ve 17 gün boyunca depolanabilecekleri belirtilmiştir.

Özden ve ark. (2007b) farklı dozlarda ışınlamış (2.5 ve 5 kGy) buzda depolanan çipuraların (*Sparus aurata*) mikrobiyolojik, kimyasal ve duyu kalite değişimlerini incelemiştir. TVB-N değerleri 19 günlük depolama sonunda ışınlanmamış örnekler için 38.64 mg/100g olarak tespit edilirken, 2.5 ve 5 kGy ışınlamış örneklerde sırasıyla 13.48 ve 12.06 mg/100g olarak tespit edilmiştir.

Depolama başlangıcında her grup için 6.69 olarak belirlenen pH değeri, 19 günlük depolama sonunda kontrol, 2.5 ve 5 kGy ışınlanmış örneklerde sırasıyla 7.14, 6.91 ve 6.88 olarak tespit edilmiştir. Işınlanmamış örneklerin TBA değerleri depolamanın ilk 9 gününde ışınlanmış örneklerle göre çok daha fazla yükselmiş (0.7 mg MA/kg) ve daha sonra malonaldehidin tersiyer parçalanması ile depolama sonunda 0.3 mg MA/kg seviyesine düştüğü belirtilmiştir. 2.5 ve 5 kGy ışınlanmış örnekler ise depolama sonunda sırasıyla 1.120 ve 0.928 mg MA/kg düzeyine yükseldikleri gözlenmiştir. Mikrobiyolojik analizlerde depolama süresince psikotrofik bakteriler, mezofilik aerobik bakteriler, hidrojen sülfür üreten bakteriler ve *Enterobacteriaceae* sayımları gözlenmiştir. Psikotrofik bakterilerin ışınlanmamış, 2.5 ve 5 kGy dozlarında ışınlanmış örnekler için başlangıç değeri 4.7 log kob/g olarak tespit edilmiştir. 13 günlük depolama da ışınlanmamış örneklerin sayımları 6.2 log kob/g seviyesine ulaşırken, her iki ışınlanmış grupta bu sayım 4 log kob/g seviyesinin altında kalmıştır. Depolama süresinin sonunda 19. günde ise sayımlar ışınlanmamış, 2.5 ve 5 kGy ışınlanmış örnekler için sırasıyla 7.6, 7.4 ve 7.2 log kob/g olarak tespit edilmiştir. Buzda depolanan çipuralarda, deniz balıkları için psikotrofik bakterilerin kabul edilebilirlik sınırı olan 6 log kob/g seviyesini (Lapa-Guimaraes ve ark., 2002) ışınlanmamış örnekler için 13 günde, 2.5 ve 5 kGy ışınlanmış örnekler için ise 15 ve 17 günde geçtiği tespit edilmiştir. Depolama başlangıcında mezofilik aerobik bakteri sayımı her grup için 4 log kob/g olarak belirlenmiştir. Depolama boyunca ışınlanmamış örneklerde düzenli bir artış gözlenirken 2.5 kGy ışınlanmış örneklerde 13 günden sonra, 5 kGy ışınlanmış örneklerde ise 17 günden sonra artış gözlenmiştir. Depolama sonunda hiç bir grubun sınır olarak kabul edilen 7 log kob/g seviyesine (ICMDF, 1986) ulaşmadığı, ışınlanmamış örneklerin 6.9 log kob/g seviyesinde, 2.5 ve 5 kGy ışınlanmış örneklerin ise sırasıyla 5.6 ve 4.5 log kob/g seviyesinde olduğu gözlenmiştir. Hidrojen sülfür üreten bakterilerde, ışınlanmamış örnekler depolama boyunca düzenli bir şekilde artarak 19 günlük depolama sonunda 7.6 log kob/g seviyesine ulaşmıştır. Buna karşın 2.5 ve 5 kGy ışınlanmış örneklerde depolamanın 11. gününe kadar fazla bir artış gözlenmemiş, ancak daha sonra önemli bir artış göstererek depolama sonunda sırasıyla 7.4 ve 7.1 log kob/g seviyelerine ulaşmışlardır. *Enterobacteriaceae* sayımlarında ise ışınlanamamış örnekler depolama

süresince 5.6 log kob/g seviyesine yükselirken, 2.5 kGy ışınlanmış örnekler ilk 13 gün, 5 kGy ışınlanmış örnekler ise ilk 15 gün boyunca 4 log kob/g seviyesinin altında gözlenmişlerdir. Depolama sonunda *Enterobacteriaceae* sayımları 2.5 kGy ışınlanmış örneklerde 4.6 log kob/g seviyesine ulaşırken, 5 kGy ışınlanmış örneklerde depolamanın 15 gününden sonra birden aşırı bir şekilde yükselmiş ve depolama sonunda 5.5 log kob/g seviyesine ulaştığı belirtilmiştir. Depolama süresince yapılan duyu analizlerde ışınlanmamış ve 2.5 ve 5 kGy ışınlanmış örneklerdeki kabul edilebilirlik seviyesine sırasıyla 7, 9 ve 13. günlerde ulaşılmasına karşın, kabul edilemezlik seviyelerine ışınlanmamış örneklerde 13 günde, her iki dozda ışınlanmış örneklerde ise 17 günde ulaşıldığı bildirilmiştir. Doku yapısı ve lezzet değerleri incelendiğinde kabul edilebilirlik seviyeleri ışınlanmamış örnekler için 15 gün, ışınlanmış gruplar için ise 17 gün olarak tespit edilmiştir. Koku parametresi incelendiğinde ise ışınlanmamış örnekler 13 günde kabul edilebilirlik seviyesine ulaşırken, her iki ışınlanmış grupta bu seviyeye 17. günde ulaşıldığı gözlenmiştir.

Mbarki ve ark. (2008) farklı dozlarda gama ışınlamanın soğukta depolanan (2 ± 1 °C) palamut (*Sarda sarda*)’un kalite değerleri üzerine etkilerini araştırmışlardır. Araştırmada palamutlar 0, 1.5, 3, 4.5, 6 ve 7.5 kGy dozlarında ışınlanarak 21 gün soğukta depolanmışlardır. Kontrol grubunda başlangıç mezofilik ve psikrofilik bakteri sayımı sırasıyla 8×10^2 ve 4×10^2 kob/g olarak tespit edilirken, 1.5 kGy ışınlamaya müteakip örneklerde mezofilik ve psikrofilik bakteri sayımı gözlenmemiştir. Yapılan kimyasal analizlerde başlangıçta TVB-N düzeyi 13.83 ± 0.83 mg olarak tespit edilirken, depolama sonunda 35.42 ± 0.98 mg düzeyine yükselmiştir. Bunun yanında ışınlanmış gruplarda bu değer 20 mg TVB-N/100g düzeyine ulaşmamıştır. Peroksit değerinde ise tam tersi bir durum görülmektedir. Özellikle 6 ve 7.5 kGy düzeyinde ışınlanan örnekler depolama süresince en yüksek değerlere ulaşmışlardır. Yapılan çalışmada yağ asitlerinde ışınlama dozunun yükselmesi ile birlikte DHA, EPA ve PUFA değerlerinde bir azalmanın olduğu gözlenirken, MUFA ve SFA değerlerinde ışınlama düzeyine bağlı olmadığı belirtilen değişimler gözlenmiştir (Çizelge 2.5).

Çizelge 2.5. Depolama Başlangıcında ve 21 Günlük Depolama Sonunda Farklı Dozlarda Işınlanan Palamudun Yağ Asitlerindeki Değişimler (Mbarki ve ark., 2008).

		Işınlama Dozları					
	Yağ Asitleri	0 kGy	1.5 kGy	3 kGy	4.5 kGy	6 kGy	7.5 kGy
0. Gün	PUFA	43.66±0.44e	43.47±0.10d	41.97±0.12c	41.47±0.25c	37.22±0.35b	35.60±0.35a
	MUFA	15.51±0.12b	14.42±0.04a	14.43±0.13a	15.35±0.14b	20.26±0.13c	19.86±0.06c
	SFA	33.22±0.21a	33.39±0.11ab	38.09±0.38e	34.74±0.29bc	35.32±0.40cd	36.47±0.32de
	EPA+DHA	41.50±0.37e	39.87±0.07d	38.29±0.04c	37.79±0.17c	33.78±0.32b	32.42±0.30a
21. Gün	PUFA	28.62±0.40a	38.04±0.48c	43.94±0.98e	39.99±0.15d	36.56±1.15d	31.16±0.29b
	MUFA	10.67±0.26a	14.55±0.11b	15.73±0.37b	13.87±0.29b	16.84±0.12c	22.25±0.11e
	SFA	52.56±0.69d	44.18±0.20c	32.05±0.55a	37.53±0.65b	37.57±0.46b	38.18±0.32b
	EPA+DHA	28.62±0.40a	34.47±0.29c	32.68±0.65b	31.46±0.89b	32.63±0.34b	27.07±0.20a

Aynı satırda yer alan farklı harfler (a-e) istatistiksel olarak farklılıkları göstermektedir (p < 0.05).

Reale ve ark. (2008) farklı gazların kullanıldığı modifiye atmosfer paketlenmiş ve 3 kGy dozda ışınlanmış kültür levreklerinin (*Dicentrarchus labrax*) 2 °C'de 10 gün depolanması boyunca kalite değişimlerini incelemişlerdir. Örnek gruplarını, atmosferik koşullarda depolanan kontrol grubu, 40:40:20 CO₂/N₂/O₂ gaz karışımında depolanan MAP1, 60:35:5 CO₂/N₂/O₂ gaz karışımında depolanan MAP2 ve 3 kGy dozunda ışınlama uygulanan gruplar oluşturmuştur. Çalışmada ışınlanmış örneklerde gözlenen bakteri sayımları ve TBARs değerleri diğer gruplardaki bakteri sayımlarından ve TBARs değerlerinden her zaman daha az gözlenmiştir (Çizelge 2.6.). Bununla birlikte duyu analizi sonuçlarına göre modifiye atmosferde paketlenen ürünlerin depolama ömrünün 10 gün olarak tespit edildiği çalışmada ışınlanmış ve kontrol gruplarının raf ömrü 7 gün olarak bildirilmiştir. Araştırmacılar ışınlamanın her ne kadar bakteri ve lipid oksidasyonunu azaltsa da renk, koku ve doku yapısını önemli düzeyde değiştirdiğini ve duyu kaliteyi korumada yeterli olmadığını bildirmişlerdir.

Çizelge 2.6. Farklı Gazların Kullanıldığı Modifiye Atmosfer Paketleme ve 3 kGy Işınlanmış Kültür Levreklerinin 2 °C'de Depolanması Sonucu Gelişen Mikrobiyal Sayımları (Reale ve ark., 2008).

		Laktik Asit Bakterileri	Mezofilikler	Psikotrofikler	Enterobacteriaceae	Toplam Koliformlar	Hidrojen Sülfür Üretenler
0. Gün		1.0	3.0	3.0	3.1	1.0	3.0
4. Gün	C	3.7	7.3	7.1	5.2	5.3	7.2
	M1	3.0	6.0	6.4	5.6	5.0	7.2
	M2	1.0	5.1	4.3	4.4	4.5	5.3
	I	1.0	3.6	3.3	3.0	3.4	3.3
7. Gün	C	4.0	7.0	7.0	5.7	5.3	7.4
	M1	3.5	6.2	6.2	5.6	4.8	7.2
	M2	3.2	5.3	5.3	4.2	4.6	6.9
	I	1.0	4.0	4.0	3.1	3.5	4.4
10. Gün	C	4.6	6.9	6.9	6.4	5.5	7.9
	M1	5.0	6.3	6.3	5.7	5.0	7.3
	M2	5.6	7.6	7.6	5.5	5.7	8.2
	I	1.0	5.9	5.9	5.3	4.1	5.2

C: Kontrol Örneği, I: Işınlanmış, M1: MAP1, M2:MAP2
n=2

Ahmed ve ark. (2009) farklı dozlarda ışınlama (0, 3, 5 ve 8 kGy) ve dondurmanın (-20 °C) iç organları çıkarılmış *Pampus chinensis*'lerin depolanması üzerindeki kombine etkisini incelemişlerdir. 90 günlük depolama sonunda TVB-N değerlerinin ışınlama dozunun artmasıyla ters orantılı olarak azaldığı tespit edilmiştir. Ayrıca toplam mezofilik bakteri sayımının depolama sonunda 5 ve 8 kGy ışınlanmış örneklerde sırasıyla 6.7×10^3 ve 3.5×10^3 kob/g seviyesinin üzerine yükselmediği gözlenmiştir. Duyusal analizlerde renk, koku, lezzet, kayganlık ve mukus incelemelerinde 90 günlük depolama süresince 5 ve 8 kGy ışınlanmış örneklerin tüketilebilirlik sınırlarının altına inmediği, kontrol grubu ve 3 kGy ışınlanmış örneklerin ise duyusal olarak tüketilemeyeceği tespit edilmiştir.

Mbarki ve ark. (2009a) yaptıkları çalışmada vakum paketleme ve düşük dozda ışınlama (1.5 kGy) uyguladıkları uskumruların (*Scomber japonicus*) 1 °C'de

depolaması süresince kalite değişimlerini araştırmışlardır. Çalışmanın başlangıcında vakum paketlenme ve ışınlamanın kombine etkisinin kontrol grubuna göre toplam mezofilik bakteriler üzerinde etkisi 2 log düzeyinde gözlenirken, çalışmanın sonunda bu 5 log düzeyine yükselmiştir (Çizelge 2.7.). Vakum paketli ışınlanmış örneklerde toplam koliform, *Pseudomonas*, *Stafilokok* ve hidrojen sülfür üreten bakterilere çalışma süresince rastlanmamıştır. Çalışmanın sonunda kontrol grubunun depolama ömrü 7 gün olarak tespit edilirken, vakum paketli ve ışınlanmış örneklerin depolama ömrü 14 gün olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 2.7. Vakum Paketlenmiş ve Işınlanmış (1.5 kGy) Uskumru Kasının 1±1 °C'de Depolanması Süresince Mikrobiyal Sayımındaki Değişimler (Mbarki ve ark., 2009a).

Bakteriler (log kob/g)	1. Gün				7. Gün				14.Gün			
	K	V	I	VI	K	V	I	VI	K	V	I	VI
Mezofiller	4.25	3.69	3.52	2.3	3.69	2.9	1.92	2.3	7.17	6	1.17	2
Toplam												
Koliformlar	3.62	3.3	-	-	3.49	3.78	-	-	4	2.3	-	-
<i>Pseudomonas</i>	-	-	-	-	1.75	1.07	-	-	3	1.34	-	-
<i>Stafilokok</i>	1.74	1.04	1.11	-	1.96	1.25	-	-	2.3	1.84	-	-
Hidrojen												
Sülfür Üreten	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bakteriler												

K: Kontrol; V: Vakum Paketli; I: Işınlanmış; VI: Vakum Paketli Işınlanmış

Mbarki ve ark. (2009b), farklı dozlarda ışınladıkları (0, 1 ve 2 kGy) ve 18 gün boyunca buzda depoladıkları taze istavritlerin (*Trachurus mediterraneus*) kalite değişimlerini incelemişlerdir. Mezofilikler, toplam koliformalar ve psikotrofların incelendiği araştırmada ışınlama ile birlikte değerlerde önemli derece azalmaların olduğu gözlenmiştir (Çizelge 2.8). TVB-N değerleri, 1 ve 2 kGy gibi çok düşük dozların kullanılmasına rağmen kontrol grubuna göre önemli derece düşük tespit edilmiştir. Kalite indeksi metoduna göre değerlendirilen duyu analizi sonuçları ışınlanmamış örneklerin raf ömrü 4 gün olarak tespit edilirken, 1 ve 2 kGy ışınlanmış örneklerin raf ömrü 9 gün olarak tespit edilmiştir. Buna ek olarak düşük dozlu

ışınlamanın istavritlerin PUFA seviyeleri üzerinde önemli değişimlere sebep olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 2.9).

Çizelge 2.8. Farklı Dozlarda Işınlanan (0, 1 ve 2 kGy) ve Buzda Depolanan İstavritlerin Mikrobiyal Sayımlarındaki Değişimler (Mbarki ve ark., 2009b).

Doz (kGy)	Depolama Günü					
	0			18		
	0	1	2	0	1	2
Mezofiller	4.30	3.95	3.30	6.30	4.30	4.30
Toplam Koliformlar	1.47	ABS	ABS	>6	ABS	ABS
Psikotroflar	3.69	2.69	3.47	6.30	5.47	4.47

ABS= Tespit edilemeyen

Çizelge 2.9. Farklı Dozlarda Işınlanan (0, 1 ve 2 kGy) ve Buzda Depolanan İstavritlerin Yağ Asidi Profillerindeki Değişimler (Mbarki ve ark., 2009b).

	1.Gün	3. Gün	7. Gün	12. Gün	18. Gün
Kontrol					
PUFA	40.318	38.532	37.517	36.723	32.100
MUFA	24.592	26.383	26.192	27.217	27.977
SFA	30.489	31.085	32.791	32.060	34.846
1 kGy					
PUFA	40.122	39.618	39.219	38.978	37.498
MUFA	26.169	25.942	26.065	26.217	26.141
SFA	19.141	28.440	28.716	29.305	31.860
2 kGy					
PUFA	39.804	39.411	39.312	39.064	37.794
MUFA	26.000	26.544	25.445	26.486	26.349
SFA	27.709	28.045	29.243	28.843	31.858

Moini ve ark. (2009) sodyum asetat uygulanan ve vakum paketlenen yapılan, farklı dozlarda ışınlanmış (0, 1, 3 ve 5 kGy) gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) filetolarının, 4 °C'de depolanması süresince mikrobiyolojik, kimyasal ve duyu kalitelerindeki değişimleri incelemişlerdir. Yapılan çalışmada başlangıçta

toplam mezofilik bakteri sayımı ışınlanmamış örneklerde 4.41 log kob/g olarak tespit edilirken, 1, 3 ve 5 kGy ışınlanmış örneklerde sırasıyla 3.08, 1.46 ve ≤ 1 log kob/g olarak tespit edilmiştir. 1 ve 3 kGy ışınlanmış örneklerde 42 günlük depolama sonunda *Enterobacteriaceae* sayımı sırasıyla 2.29 ve 1.45 log kob/g olarak tespit edilirken, 5 kGy dozunda ışınlanan örneklerde depolama süresince sayım yapılmamıştır. Aynı şekilde hidrojen sülfür üreten bakteriler de 5 kGy ışınlanmış örneklerde depolama boyunca gözlenmemiştir. Depolama boyunca ışınlamanın pH değerleri üzerinde net bir etkisi gözlenmemiştir. TVB-N değerleri ışınlama dozunun artmasıyla azalma gösterirken, TBA değerlerinde ise en yüksek değer 5 kGy ışınlanmış örneklerde gözlenmiştir. Duyusal değerlendirmede de örnekler bakteriyel gelişimle ters orantılı bir ilişki içinde gözlenmiş ve ışınlama dozu arttıkça bakteriyel gelişim azalırken duyusal kalitede bir artış izlenmiştir. Koku ve lezzet parametreleri incelendiğinde ışınlanmamış örneklerin kabul edilebilirlik düzeyleri sırasıyla 7 ve 14 gün olarak tespit edilirken bu değerler 1 ve 3 kGy ışınlanmış örneklerde sırasıyla 21 ve 28 gün, 5 kGy ışınlanmış örneklerde ise her iki parametre için 42 gün olarak tespit edilmiştir. Doku yapısı incelendiğinde 42 günlük depolama süresince hiç bir grupta kabul edilebilirlik seviyesinin altında bir değer ile karşılaşılmamıştır. Araştırmacılar, bunun sebebi olarak balıkların sodyum asetat gibi bir tuz ile muamele edilmesinin kastaki proteolitik enzim aktivitesini düşürerek doku yapısı değişimlerini sınırlamasından kaynaklandığını öne sürmüşlerdir.

Gecgel (2011), farklı dozlarda ışınlanan (1, 3, 5 ve 7 kGy) soğukta depolanmış (4 °C) köftelerin depolama süresince yağ asitlerinde ve fizikokimyasal yapılarındaki değişimleri incelemiştir. Yapılan çalışmada farklı düzeylerde ışınlanan köftelerin nem, protein, yağ ve ham kül düzeylerinde ışınlamaya bağlı olarak bir değişim göstermedikleri tespit edilmiştir (Çizelge 2.10). TBA ve peroksit değerlerinde ise depolama başlangıcında ışınlama dozunun artışıyla birlikte değerlerde yükselmeler gözlenmiş ve 3 haftalık depolama boyunca da TBA ve peroksit değerlerinde ışınlama dozuyla doğru orantılı olarak artışlar tespit edilmiştir. Yağ asitlerinde ise toplam SFA değerlerinde ışınlama dozuyla orantılı olarak bir yükselme gözlenirken, toplam MUFA ve PUFA değerlerinde ise azalmalar olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 2.10. Gama Işınlamanın Köftelerin Besin Bileşenleri Üzerindeki Etkisi (%) (Gecgel, 2011).

Uygulama	Nem	Protein	Yağ	Ham Kül
Kontrol	58.31±2.57	19.65±2.09	18.24±0.79	2.71±0.96
1 kGy	58.99±2.74	19.82±1.57	18.57±1.72	2.64±0.86
3 kGy	58.13±1.96	18.77±2.07	18.32±1.17	2.82±1.32
5 kGy	59.39±1.75	19.16±1.91	18.27±0.52	2.77±0.27
7 kGy	58.15±1.90	19.29±2.14	18.02±1.57	2.85±0.20

n=3

Oraei ve ark. (2011a), farklı dozlarda ışınlanan (0, 1, 3 ve 5 kGy) gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) filetolarının yağ asidi değişimlerini incelemişlerdir. Yapılan çalışmada alabalıklarda en yaygın olarak görülen yağ asitlerinin palmitik asit (16:0), oleik asit (18:1ω9) ve linoleik asit (18:2ω6) olduğunu tespit etmişlerdir. Araştırma sonunda ışınlama düzeyinin yağ asitleri üzerinde bir etkisinin olmadığı belirtilmiştir (Çizelge 2.11.).

Çizelge 2.11. Farklı Dozlarda Işınlanan (0, 1, 3 ve 5 kGy) Gökkuşluğu Alabalığı Filetoları ve Kontrol Gruplarının Yağ Asidi Kompozisyonları (g / 100 g yağ asidi) (Oraei ve ark., 2011a).

Yağ Asitleri	Uygulamalar					
	Kontrol1 (0 kGy)	1 kGy	Kontrol 3 (0 kGy)	3 kGy	Kontrol 5 (0 kGy)	5 kGy
C14:0	1.84	1.86	2.08	2.89	2.45	1.78
C14:1	0.42	0.54	0.64	0.68	0.11	0.07
C16:0	18.91	22.08	24.25	22.46	20.45	18.09
C16:1	3.01	3.25	3.95	4.96	4.68	4.36
C18:0	5.24	5.05	5.93	4.60	4.24	4.24
C18:1	29.43	33.70	30.13	36.30	35.77	35.67
C18:2	32.26	27.25	23.21	19.78	20.31	21.40
C18:3	0.34	0.20	0.16	1.42	1.40	0.47
C20:0	3.38	2.79	2.25	1.52	1.42	1.52
C20:5(EPA)	0.72	0.43	0.26	1.19	0.87	0.71
C22:6(DHA)	2.43	0.81	0.41	0.43	4.21	5.36
Diğer Yağ Asitleri	2.02	2.04	6.73	3.77	4.07	6.33
ΣSFA	29.37	31.78	34.51	31.47	28.56	25.63
Σ USFA	68.61	68.18	58.76	64.76	67.35	68.04
ΣMUFA	32.86	37.49	34.72	41.94	40.56	40.10
ΣPUFA	35.75	28.69	24.04	22.82	26.79	27.94

USFA:Doymamış yağ asidi

Oraei ve ark. (2011b) farklı dozlarda ışınladıkları (0, 1, 3 ve 5 kGy) ve dondurdukları (-20 °C) gökkuşluğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) filetolarının 5 aylık depolama süresi boyunca mikrobiyal gelişimlerini incelemişlerdir. Araştırmada toplam mezofilik bakteri sayımı, mantar ve küfler, toplam koliformlar ve *Salmonella* sayımları gözlenmiştir. Toplam mezofilik bakteri sayımları 5 aylık depolama sonunda kabul edilebilir seviyelerde kalmıştır. 3 ve 5 kGy ışınlanmış örneklerin sayımları sırasıyla 2.00 ve 2.47 log kob/g olarak tespit edilmiştir. Mantar ve küfler depolama süresince 4. aydan sonra 1 ve 5 kGy ışınlanmış örneklerde gözlenirse bile

1.00 log kob/g seviyesini geçmemiştir. Toplam koliform ve Salmonella sayımları ise yetiştirme koşullarının hijyenik oluşu, avlama, işleme, fileto çıkarma, paketlenme ve dondurmanın etkilerinden kaynaklandığı düşünülerek gözlenmemiştir.

Anwar ve ark. (2012) farklı dozlarda ışınlama (0, 3 ve 5 kGy) ve yenebilir kaplamanın (nisin içeren gluten protein kaplama), soğukta depolanan (4 °C) sığır köftelerinin kimyasal ve mikrobiyolojik kalite değişimlerini incelemiştir. Çalışmada ışınlanmamış veya ışınlanmış örneklerin besin içeriklerinde (nem, protein, yağ, ham kül ve karbonhidratlar) bir değişikliğin olmadığı tespit edilmiştir. Toplam bakteri sayımı ve psikrofilik bakteri sayımı incelendiğinde ışınlama dozu ile bağlantılı olarak mevcut bakteri sayımlarının azaldığı gözlenmiştir. Sığır köftelerinin duyusal olarak kabul edilebilirlikleri her hangi bir işlem yapılmamış olan örneklerde 9 gün olarak tespit edilirken, kaplamalı örneklerde 21 gün, 3 ve 5 kGy ışınlanmış ve kaplamış olan örneklerde ise 33 ve 42 gün olarak tespit edilmiştir.

Badr (2012) farklı dozlarda ışınlanmış (0, 1, 2, 3 ve 4 kGy) ve soğuk tütsülenmiş salmon filetolarının buzdolabında (4 °C) depolanması süresince gelişen kalite değişimlerini incelemiştir. Yapılan çalışmada farklı ışınlama dozlarının ve 6 haftalık depolamanın filetoların nem değerleri üzerinde bir değişikliğe neden olmadığı tespit edilmiştir. Çalışmada mezofilik, psikrofilik ve laktik asit bakterilerinde ışınlama dozunun yükselmesi ile birlikte önemli bir azalmanın gözlenmesi ile birlikte *Enterobacteriaceae*'de ise 2 kGy ve üzerindeki ışınlama dozlarında depolama boyunca bir koloni tespiti yapılmamıştır.

Hocaoglu ve ark. (2012) farklı dozlarda ışınlama (1, 3 ve 5 kGy) ile farklı iki sıcaklıkta (4 °C ve -18 °C) depolamanın taze karideslerin raf ömrü üzerindeki kombine etkisini incelemiştir. Her iki depolama sıcaklığında da TVB-N değerlerinde ışınlanmış örneklerde bir azalma gözlenmiş ve bu azalma derecesinin ışınlama dozunun artışıyla birlikte arttığı bildirilmiştir. TBA değerlerinde ise tam tersi olarak ışınlama dozu ile birlikte, her iki depolama derecesinde de artışlar gözlenmiştir. pH değerlerinin de ışınlama dozundan ve depolamadan etkilendiği tespit edilmiştir. Çalışmada toplam mezofilik bakteri sayımı, toplam koliform, *E.coli* ve *Staphylococcus aureus* sayıları belirlenmiş ve TMB sayılarında ışınlama ile birlikte her iki depolama sıcaklığında önemli düşüşler gözlenmiştir. Dondurulmuş

örneklerde toplam koliform ve *E.coli* sayımlarında 3 kGy ve üstünde, *S.aureus* sayımlarında ise ışınlama ile birlikte bakteri kolonilerine rastlanmamıştır (Çizelge 2.13.). Buzdolabı koşullarında yapılan çalışmada ise toplam koliformlara 5 kGy ışınlanmış örneklerde, *E.coli* ve *S.aureus* sayımlarına 3 kGy ve üstündeki dozlarda rastlanmamıştır (Çizelge 2.12.). Araştırmacılar 5 kGy ve üstü ışınlama düzeylerinin lipid oksidasyonunu arttırmasına karşın mikroorganizmaların gelişmesini ve protein oksidasyonunu azalttığını belirtmişlerdir.

Çizelge 2.12. Farklı Dozlarda Işınlanmış ve 4 °C'de Depolanmış Karideslerde Mikrobiyal Sayımların Değişimi (Hocaoglu ve ark., 2012).

		Doz	Depolama Süresi (Gün)	
			1	3
Toplam Mezofiller	Kontrol		6.33	7.18
	1 kGy		4.34	4.74
	3 kGy		3.51	4.32
	5 kGy		1.73	3.43
Toplam koliformlar	Kontrol		3.56	4.40
	1 kGy		2.53	3.61
	3 kGy		0.77	2.68
	5 kGy		0.00	0.00
<i>E.coli</i>	Kontrol		3.86	4.20
	1 kGy		2.48	3.07
	3 kGy		0.00	0.00
	5 kGy		0.00	0.00
<i>S.aureus</i>	Kontrol		3.45	4.49
	1 kGy		3.02	2.20
	3 kGy		0.00	0.00
	5 kGy		0.00	0.00

Çizelge 2.13. Farklı Dozlarda Işınlanmış ve -18 °C'de Depolanmış Karideslerde Mikrobiyal Sayımların Değişimi (Hocaoglu ve ark., 2012).

Doz		Depolama süresi (Gün)					
		1	7	21	30	60	90
TMBS	Kontrol	6.33	5.51	5.87	6.09	6.39	7.26
	1 kGy	4.34	3.41	4.28	3.49	3.60	3.85
	3 kGy	3.17	3.16	3.26	3.05	3.14	3.27
	5 kGy	1.74	1.71	2.69	2.33	2.20	2.59
TK	Kontrol	3.51	3.40	3.59	3.61	3.76	3.82
	1 kGy	2.49	2.10	2.15	2.28	2.57	2.64
	3 kGy	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5 kGy	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>E.coli</i>	Kontrol	3.38	3.78	3.17	3.41	3.77	4.44
	1 kGy	0.00	2.16	2.10	2.06	2.38	2.64
	3 kGy	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5 kGy	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>S.aureus</i>	Kontrol	2.55	3.01	3.09	2.89	2.75	2.33
	1 kGy	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	3 kGy	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5 kGy	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

TMBS: Toplam Mezofilik Bakteri Sayımı, TK: Toplam Koliform

Oraei ve ark. (2012) farklı dozlarda ışınladıkları (0, 1, 3 ve 5 kGy) ve dondurdukları (-20 °C) gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) filetolarının 5 aylık depolama süresince kimyasal ve duyuşal kalite değişimlerini incelemişlerdir. Kimyasal kalite parametrelerinde TVB-N, PV ve TBA değerlerinde depolama süresince en yüksek değerler 5 kGy ışınlanmış örneklerde gözlenirken, 3 kGy ışınlanmış örneklerde ise en düşük değerler tespit edilmiştir. Duyuşal analizlerde ise 5 aylık depolama sonunda renk, koku, lezzet ve doku yapısı olarak en iyi kalitenin 3

kGy ışınlanmış örneklerde olduğu tespit edilmiştir. Yapılan çalışma sonunda araştırmacılar gökkuşağı alabalığında kullanılabilecek optimum gama ışınlama dozunun 3 kGy olduğunu bildirmişlerdir.

Monteiro ve ark. (2013) modifiye atmosfer paketlenme (% 40 CO₂ ve % 60 N₂) ve ışınlamanın (1.5 kGy) buzdolabında depolanan Nil tilapyası (*Oreochromis niloticus*) filetoalarının raf ömürleri üzerine etkilerini incelemişlerdir. Araştırmada balıkçılık yoluyla ve kültür ortamından elde edilen tilapyaalar kullanılmış ve özellikle iyi üretim uygulamaları (GMP) sebebiyle kültür ortamında yetiştirilen tilapyaaların raf ömürleri her uygulamada balıkçılık yoluyla üretilen tilapyalardan daha iyi bulunmuştur. Bunun dışında modifiye atmosfer ve ışınlamanın kombine etkisinin çalışıldığı çalışmada, özellikle kültür ortamında yetiştirilen balıklarda mezofilik ve psikrofilik bakteri sayımları 30 günlük depolama sonunda 1 log kob/g seviyesinin üzerine çıkmamıştır. Sadece paketlenme veya sadece ışınlamanın uygulandığı gruplarda depolama sonunda bakteri sayımları 7 log kob/g'ın üzerine çıktığı tespit edilmiştir. Aynı şekilde kültür ortamından elde edilen balıklarda kombine etki uygulamanın TVB-N ve duyuşal özellikler açısından olumlu sonuçlar verdiği ve tüketilemeyecek sınırlara ulaşmadığı tespit edilmiştir.

Aly ve ark. (2014) kuru tuzlama, dondurma ve ışınlamanın (2.5 ve 5 kGy) kefallerin raf ömürleri üzerine etkilerini çalışmışlardır. Yapılan çalışmada gama ışınlamanın depolamanın başlangıcında ve 3 aylık depolama süresince tuzlanmış ve dondurulmuş kefallerin mikrobiyal yükünü önemli düzeyde ($p<0.05$) düşürdüğü tespit edilmiştir (Çizelge 2.14.). Tuzlanmış örneklerde *Salmonella* hiç bir örnek grubunda gözlenmezken, dondurulmuş örneklerde kontrol ve 2.5 kGy ışınlanmış örneklerde gözlenen *Salmonella* 5 kGy ışınlanmış örneklerde de gözlenmemiştir. Psikrofilik bakteriler üzerinde ise 2.5 kGy'in azaltıcı etkisi gözlenirken 5 kGy ışınlanmış, tuzlanmış ve dondurulmuş örneklerde psikrofil bakterilere rastlanmamıştır. Depolama başlangıcında ve depolama süresince gama ışınlamanın örneklerin görünüşü, kokusu, doku yapısı ve rengi üzerinde bir etkisinin olmadığı gözlenmiştir.

Çizelge 2.14. Işınlanmış, Tuzlanmış ve Dondurulmuş Kefallerin Depolama Süresince Mikrobiyal Değişimleri (Aly ve ark., 2014).

Mikrobiyal Tespit log kob/g	Depolama Süresi (Ay)	Uygulamalar					
		Kuru Tuzlanmış			Dondurulmuş		
		0 kGy	2.5 kGy	5 kGy	0 kGy	2.5 kGy	5 kGy
Toplam Bakteri Sayımı	0	4.839	4.681	4.041	4.991	4.826	4.322
	1	5.944	5.756	5.519	5.740	5.505	5.080
	2	6.792	6.732	6.623	6.950	6.778	6.176
	3	7.279	7.079	7.000	7.886	7.633	7.000
<i>Salmonella</i>	0	ND	ND	ND	3.991	3.785	ND
	1	ND	ND	ND	4.079	3.954	ND
	2	ND	ND	ND	5.114	4.301	ND
	3	ND	ND	ND	5.079	4.602	ND
Psikrofilik Bakteriler	0	3.832	3.556	ND	3.897	3.544	ND
	1	4.778	4.079	ND	4.770	4.591	ND
	2	4.991	4.812	ND	5.982	5.000	ND
	3	5.301	5.176	ND	5.763	5.505	ND

ND: Tespit edilemeyen

Özyurt ve Etyemez (2014), farklı dozlarda ışınlanmış (0, 4 ve 5 kGy) kurbağa (*Rana esculenta*) bacaklarının soğuk depolama süresince yağ asidi değişimlerini incelemiştir. Yapılan çalışmada, düşük dozlarda ışınlamanın yağ asidi bileşenlerinde bir değişiklik oluşturmadığı gözlenmiştir. Buna karşın 21 günlük depolama sonunda ışınlanmış örneklerde EPA ve DHA yağ asitlerinin önemli derecede azaldığı saptanmıştır. Bunun yanında ışınlanmamış örneklerde 10 günlük depolama süresince EPA ve DHA değerlerinde bir değişim gözlenmemiştir.

Cheour (2014) gama ışınlamanın (0, 0.5, 1, 2 ve 3 kGy) 21 gün boyunca soğukta depolanan (1 °C) levrekler (*Dicentrarchus labrax* L.) üzerindeki etkilerini incelemiştir. Kontrol ve 0.5 kGy dozlarında ışınlanan örneklerde 60 mg/100g seviyesini geçen TVB-N değerleri, 1, 2 ve 3 kGy dozlarında ışınlanan örneklerde depolama sonunda ancak 40 mg/100g seviyesine ulaşmışlardır. Işınlamanın pH değerleri üzerine başlangıçta bir etkisi gözlenmezken, depolama süresince ışınlama

ile ters orantılı olarak pH düzeylerinde yavaş bir yükselme gözlenmiştir. Toplam mezofilik bakteri sayımlarında özellikle 3 kGy ışınlanmış örneklerde başlangıçta bakteri kolonisi gözlenmemiş ve 21 günlük depolama sonunda 3 kGy ışınlanmış örneklerin toplam mezofilik bakteri sayımı 1.56 log kob/g seviyesini geçmemiştir.

3. MATERYAL VE METOD

3. 1. Örneklerin Hazırlanması

Araştırmada kullanılan gökkuşağı alabalıkları (*Oncorhynchus mykiss*) bölgede bulunan bir işleme tesisinden temin edilmiştir (Sasu AŞ, Adana). Ortalama ağırlıkları 238.78 ± 21.00 g olan gökkuşağı alabalıkları temizlendikten ve fileto işlemi yapıldıktan sonra tütsüleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Tütsüleme işlemi için tuz oranı ortalama % 8-9 olan salamurada 12 saat bekletilen filetolar, sıcaklığı 60-70 °C olan tütsü fırınında tütsülenmişlerdir. Tütsülenmiş filetolar daha sonra 200 g'lık bloklar halinde polietilen poşetlerde ticari şekline uygun olarak vakum paketlenmiştir. Paketlenmiş filetolar 50x30x15 cm boyutlarındaki strafor kutulara yerleştirilmiştir. Hazırlanan örnekler soğuk zincir şartları kesilmeden buz içerisinde Ankara Sarayköy Nükleer Araştırma Merkezi (SANAEM)'ne götürülmüştür.

Fileto edilmiş tütsülü gökkuşağı alabalığı örneklerinin ışınlama işlemi, kesim işleminden 24 saat sonra SANAEM ışınlama tesisinde gerçekleştirilmiştir. Işınlamanın uygulanmadığı kontrol grubu örnekleri aynı şartlarda taşınmış ancak ışınlama çemberinin dışında tutulmuştur. Filetoların ışınlama doz hızı 2.72 kGy/saat ve gücü 316.000 curries olan Co- 60 gama ışınlayıcısı (PX-g-30 Isslodovateji) kullanılarak 0, 3 ve 5 kGy'lık dozlarda ışınlanmıştır. Işınlamaya giren örneklerin aldıkları dozlar ise yüzeylerine yapıştırılan plastik özellikli 3042 Harwell Amber akrilik (perspeks) polimetilmetaakrilat (PMMA) dozimetreler ile ölçülmüştür. Dozimetreler, radyasyona karşı duyarlı boyar madde içeren polimetilmetaakrilattan yapılmıştır. Işınlama sonrasında radyasyon dozu ile orantılı bir renk değişikliği meydana gelmektedir.

Işınlama öncesi, strafor kutu üzerine ön, orta ve arka kısımda olmak üzere toplamda 6 adet dozimetre yerleştirilmiştir. Kullanılan dozimetrenin özellikleri EK 1'de verilmiştir. Işınlanmış dozimetrelerin absorbans değerleri; spektrofotometre (UV-4 ATI-UNICAM) kullanılarak 603 nm'de ölçülmüştür. Daha sonra dozimetrelerin kalınlıkları ölçülerek spesifik absorbans değerleri hesaplanmıştır. Spesifik absorbans değerlerini içeren tablo EK 2'de verilmiştir.

Bulunan bu değerden kalibrasyon eşitliği kullanılarak radyasyon dozu hesaplanmıştır. Işınlanmış dozimetrelerin absorbans değerleri 3 kGy için 3.10 kGy, 3.08 kGy ve 3.52 kGy, 5 kGy için 5.17 kGy, 5.27 kGy ve 5.24 kGy olarak hesaplanmıştır.

Araştırmada, kontrol grubu ve farklı dozlarda ışınlanmış tütümlü gökkuşağı alabalığı filetoları örnekleri soğuk zincir şartları kesilmeden Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi İşleme Teknolojisi Laboratuvarına getirilerek raf ömrü doluncaya kadar buzdolabında (2 °C) depolanmıştır. Soğuk depolama süresince raf ömrünü belirlemek amacıyla, 0, 2, 4, 6, 8, 11, 14, 17, 20 ve 23. haftalarda rastgele alınan filetolara kimyasal, mikrobiyolojik ve duyusal analizler yapılmıştır.

3.2. Kimyasal Analizler

3.2.1. Biyokimyasal Kompozisyon Analiz Metotları

Araştırmada ışınlama uygulanmayan ve uygulanan tütülenmiş alabalık filetolarının besin madde bileşenlerinin saptanması amacıyla kuru madde, ham kül, ham protein, lipit ve yağ asitleri kompozisyonları belirlenmiştir. Analiz öncesinde alabalık örnekleri bir kıyma makinesi kullanılarak homojenize edilmiş ve tüm analizler en az 3 paralel olacak şekilde uygulanmıştır.

3.2.1.1. Kuru Madde ve Ham Kül Analizi

Alabalık örneklerinin kuru madde ve ham kül tayini için kullanılacak porselen kaplar öncelikle kurutma dolabında kurutulmuştur. Ardından porselen kaplar desikatörde oda sıcaklığına kadar soğutulmuş ve 0.1 mg duyarlı hassas terazide daraları alınmıştır. Homojenize edilmiş olan örneklerden yaklaşık 3.5 - 4 g tartılarak, darsı alınmış porselen kaplara konmuştur. Porselen kaplardaki örnekler kurutma dolabında 103 °C'de 4 - 5 saat süreyle (sabit bir ağırlığa kadar) kurutulmuştur (AOAC, 1990). Bu işlem her bir muamele gurubuna ait örneklerden en az 5 paralel olacak şekilde yapılmıştır. Daha sonra, desikatörde

oda sıcaklığına kadar soğutulan örnekler ve 0.1 mg duyarlı hassas terazide tartılmıştır.

Ham kül tayini AOAC (935.47,1998) metoduna göre yapılmıştır. Örnekler, yakma fırınına yerleştirilerek 550 °C’de, 5 saat süreyle (sabit bir ağırlığa ve açık gri bir renk oluşumuna kadar) yakılmıştır. Örnekler daha sonra desikatörde oda sıcaklığına kadar soğutulmuş ve 0.1 mg duyarlı hassas terazide tartılmıştır.

Analiz sonucunda örnekler için kuru madde ve ham kül (%) oranları aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır.

$$KuruMadde(\%) = \frac{(Dara(g) + kurumadde(g)) - Dara(g)}{Örnekmiktarı(g)} \times 100$$

$$HamKül(\%) = \frac{(Dara(g) + hamkül(g)) - Dara(g)}{Örnekmiktarı(g)} \times 100$$

3.2.1.2. Ham Protein Analizi

Kjeldahl metoduna (AOAC 981.10, 1998) göre yapılan toplam ham protein oranı için homojenize edilmiş örneklerden Kjeldahl tüpleri içersine 1 g konmuştur. Daha sonra üzerlerine 2 adet katalizör kjeldahl tablet (Merck, TP826558) ve 20 mL H₂SO₄ eklenerek yakma ünitesine yerleştirilmişlerdir. Tüpler 420 °C’de 2-3 saat, içersindeki örnekler yeşil-sarı saydam bir renk oluşuncaya kadar yakılmışlardır. Yakma işleminin ardından oda sıcaklığında soğumaya bırakılan tüplere daha sonra 75 mL saf su eklenmiştir. Kjeldahl cihazının damıtma ünitesine yerleştirilen kjeldahl tüpleri ile öz (distilat) yakalama kısmına eklenen 25 mL % 40’lık borik asit (H₃BO₃) solüsyonu içeren erlenler yerleştirilerek % 40’lık NaOH ile damıtma yapılmıştır. Damıtma sonunda erlen içersindeki öz 0.1M HCl ile rengi şeffaf oluncaya kadar titre edilmiştir. Sarf edilen HCl miktarı kaydedilerek aşağıdaki formül yardımıyla ham protein miktarları bulunmuştur.

$$N(\%) = \frac{14.01 \times (A - B) \times M}{\text{Örnekmiktarı}(g) \times 10} \times 100$$

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

A:Örnek için sarf edilen HCl miktarı

B: Kör için sarf edilen HCl miktarı

M:Asit molaritesi

g: Örnek miktarı

3.2.1.3. Lipit Analizi

Lipit analizi Bligh ve Dyer (1959) metoduna göre yapılmıştır. Alabalık örneklerinin lipit analizi için önceden homojenize edilmiş olan örneklerden yaklaşık 3 g örnek, 0.1 mg duyarlı hassas terazide tartılmıştır. Her bir araştırma gurubuna ait örneklerden en az 3 paralel yapılmıştır. Örnekler üzerine 1:2 oranında 120 mL methanol kloroform karışımı eklenerek Ultra-turaksda (T 25 basic ika-werke) tekrar homojenize edilmiştir. Daha sonra bu örnekler üzerine % 0.4'lük CaCl_2 solüsyonundan 20 mL eklenerek bir süzme kağıdında (Schleicher & Schuell, 595^{1/2} 185 mm) süzülen örnekler, 105 °C'de 2 saat kurutma dolabında bekletilip darası alınmış olan balonlara süzdürülmüştür. Bu balonlar ağızları hava almayacak şekilde kapatılarak 1 gece karanlık bir ortamda bekletilmiş ve ertesi gün methanol-su'dan oluşan üst tabaka, bir ayırma hunisi yardımıyla atılmıştır. Balon içinde kalan solüsyondaki kloroform lipit kısmından kloroform, 60 °C'de su banyosu yardımıyla bir rotary evaporatör (Herdolph WB 2000, Germany) kullanılarak uçurulmuştur. Daha sonra, balonlar etüvde 1 saat süreyle 90 °C'de bekletilerek içerisindeki kloroformun tamamen uçması sağlanmış ve bir desikatör içerisinde oda sıcaklığına kadar soğutulup 0.1 mg duyarlı hassas terazide tartılmıştır. Lipit oranının hesaplanmasında aşağıdaki formül kullanılmıştır.

$$\text{Lipit}(\%) = \frac{[(\text{BalonDarası}(g) + \text{lipit}(g)) - \text{BalonDarası}(g)]}{\text{ÖrnekMiktarı}(g)} \times 100$$

3.2.1.4. Yağ Asitleri Analizi

Bligh ve Dyer (1959) yöntemi ile ekstrakte edilmiş olan lipitten, yağ asidi metil esterleri Ichihara ve ark. (1996) metoduna göre yapılmıştır. Yağ örneği (25 mg) üzerine 4 mL 2M'lık KOH VE 2 mL n-heptan ilave edilmiştir. Daha sonra oda sıcaklığında 2 dakika vortekste karıştırılmış ve 4000 rpm' de 10 dakika süreyle santifüj edilmiş ve heptan tabakası GC' de analiz için alınmıştır. Yağ asitleri kompozisyonu alev iyonizasyon detektörü (FID) ve 30m × 0.32 mm ID × 0.25µm film kalınlığında SGE kolonlu otomatik örneklemeli (Perkin Emler,USA) gaz kromatografisi (GC) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Enjektör ve detektör sıcaklıkları sırasıyla önce 220 °C sonra 280 °C'ye ayarlanmıştır. Bu esnada fırın sıcaklığı 5 dakikada 140'de tutulmuştur. Sonrasında 200 °C'ye kadar, her dakika 4 °C arttırılarak, 200 °C'den 220 °C'ye de her dakika 1°C arttırılarak getirilmiştir. Örnek miktarı 1 mL olup, taşıyıcı gazı kontrolü 16 ps' de olması sağlanmıştır. Split uygulaması 1:50 oranında gerçekleştirilmiştir. Yağ asitleri standart 37 bileşenden oluşan FAME karışımının gelme zamanlarına bağlı olarak karşılaştırılmasıyla tanımlanmıştır. Aynı şekilde yapılan iki GC analiz sonuçları ± standart sapma değerleri ile % olarak ifade edilmiştir.

3.2.2. Kimyasal Kalite Kontrol Analizleri

3.2.2.1. pH Ölçümü

Örneklerin pH değerlerinin belirlenmesi Lima Dos Santos ve ark. (1981)'e göre yapılmıştır. Örneklerdeki pH değişimleri dijital bir pH metre (WTW 315i pH meter; Weilheim, Germany) kullanılarak ölçülmüştür. 5 g alabalık örneği 50 mL saf su içersinde (1/10) 5 dakika süreyle homojenize edilmiş ve pH metre bu solüsyona daldırılarak pH değeri belirlenmiştir.

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

Toplam Uçucu Bazik Azot (TVB-N) analizi için Antonocopoulos (1973) yöntemi kullanılmıştır. Homojenize edilen 10 gr balık eti üzerine yaklaşık 0,5-0,7 g MgO ve 100 mL saf su ilave edilerek distile edilmiş ve erlene ise 10 mL % 3'lük borik asit, 100 mL su ve 6-8 damla metil kırmızısı eklenmiştir. Daha sonra 200 mL distilat biriktirilmiş ve oluşan distilat 0.1 N H₂SO₄ ile titre edilmiştir. Örneklerin toplam uçucu bazik azot miktarları aşağıdaki formülde verildiği şekilde hesaplanmıştır.

$$TVB - N(mgN / 100gÖrnek) = \frac{A \times 1,4 \times 100}{B}$$

A: mL olarak harcanan 0.1 N asit miktarı

B: Örneğin tartım ağırlığı

3.2.2.3. Tiyobarbitürik Asit Sayısı (TBA) Analizi

Tiyobarbitürik Asit Sayısı (TBA) tayini Tarladgis ve ark. (1960)'a göre spektrofotometre kullanılarak analiz edilmiştir. 10 g örnek kjeldahl tüpüne tartılmış ve üzerine 97.5 L distile su + 2.5 mL 1 : 2 'lik HCl eklenerek 200 mL destilat toplanıncaya kadar distile edilmiştir. Her bir erlen için en az 2, kör için 1 adet kapaklı tüp alınmış ve tüplere 5 mL destilat, 5 mL TBA reaktifi konmuştur. Kör için ise 5 mL saf su ve 5 mL TBA reaktifi konmuştur. Bu tüpler 35 dk kaynayan su içerisinde kaynatılıp soğutulmuş ve 538 nm dalga boyunda UV spektrofotometrede okunmuştur. Okunan değerler 7.8 ile çarpılarak 1000 g örnekte mevcut malonaldehit miktarı mg olarak saptanmıştır.

3.2.2.4. Peroksit Sayısı Analizi

Peroksit değeri Cd8-53 metoduna (AOCS, 1994) göre gerçekleştirilmiştir. Ekstrakte edilmiş 1 g lipit örneği üzerine 20mL kloroform ilave edilmiş ardından,

50 mL asetik asit:kloroform (60:40) çözeltisi ilave edilerek lipit tamamen çözülene kadar çalkalanmıştır. Lipit çözme işleminin ardından 1 mL, doymuş potasyum iyodür ilave edilerek, 20 saniye gibi bir süre döndürülerek çalkalama işleminin ardından karanlık bir ortamda 30 dakika bekletilmiştir. Daha sonra 100 mL distile su ilave edilip ardından % 1'lik nişasta solüsyonundan 4-5 damla damlatılıp berrak renk oluşana kadar 0.002 M'lık sodyum tiosülfatla titre edilmiştir. Aynı uygulama lipit olmaksızın kör için de yapılmıştır. Hesaplama ise aşağıdaki formül yardımıyla gerçekleştirilmiştir.

$$\text{Peroksit Sayısı} = \frac{2(C-B)}{W} \text{ meq O}_2/\text{kg}$$

C: Harcanan 0.002 M'lık sodyum tiosülfat (mL cinsinden)

B: Kör için harcanan 0.002 M'lık sodyum tiosülfat (mL cinsinden)

W: Örnek Ağırlığı

3.2.2.5. Serbest Yağ Asitleri Analizi

Serbest yağ asitleri analizi Ca 5a-40 metoduna (AOCS, 1994) göre belirlenmiştir. Önceden ekstrakte edilmiş lipitten 0.5 g örnek tartılarak, dietileter:etanol (25:25 mL oranında) içerisinde çözündürülmüştür. Daha sonra 1 mL % 1'lik fenolfiteleyin indikatörü ilave edilmiştir. Elde edilen bu karışım 0.1 M'lık sodyum hidroksit ile kalıcı pembe renk oluşana kadar (en az 15 saniye) titre edilmiştir. Aynı işlemler yağ kullanılmadan kör deneme için tekrarlanmıştır. % serbest yağ asitleri miktarı oleik asit cinsinden aşağıdaki formül yardımıyla hesap edilmiştir.

$$\% \text{ Serbest Yağ Asiti} = (C-B) \times 2.805 / W$$

C: Harcanan 0.1 M'lık NaOH miktarı (mL cinsinden)

B: Kör için harcanan 0.1 M'lık NaOH miktarı (mL cinsinden)

W: Örnek Ağırlığı

2.805: Dönüşüm faktörü

3.2.3. Mikrobiyolojik Analizler

3.2.3.1. Toplam Mezofilik ve Psikrofilik Aerob Mikroorganizma Sayımı

Mikrobiyolojik analizler ışınlanmamış, 3 ve 5 kGy dozlarda ışınlanmış tütsülenmiş alabalık filetolarına bozuluncaya dek (ışınlanmamış olanlar için 20 hafta; 3 ve 5 kGy ışınlanmış olanlar için 23 hafta) yapılmıştır. Mikrobiyolojik analizler için kontrol ve farklı dozlarda (3 ve 5 kGy) ışınlanmış tütsülü alabalık filetolarından aseptik koşullarda steril plastik torba içerisine 10 g tartılan örnekler üzerine 90 mL Ringer solüsyonu (Merck, 1.15525.0001) ilave edilerek, Stomacher (IUL Instrument, İspanya) ile 2 dakika süreyle homojen hale getirilmiştir. Daha sonra ondalık seyreltikler yapılarak uygun seyreltikten 0,1 mL alınarak toplam mezofilik ve psikrofil canlı sayımı için Plate Count Agar (PCA) (Fluka, 70152) bulunan petri kutusu yüzeyine 4 paralel olacak şekilde ekim yapılmıştır. Seyreltilerin absorbe olması için petri kutuları 10 dakika tezgâh üzerinde bırakılmıştır. Bakterilerin inkübasyon süresi ve sıcaklığı, toplam psikrofil ve mezofil canlı sayımı için sırasıyla 7 °C'de 10 gün ve 30 °C' de 48 saat olmuştur. Koloni oluşturan birimler (kob/g) aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır.

Koloni sayısı

$$\text{Koloni oluşturan birim sayısı (kob / g)} = \frac{\text{Aşılama miktarı} \times \text{Seyreltme faktörü}}{\text{Aşılama miktarı} \times \text{Seyreltme faktörü}}$$

Aşılama miktarı X Seyreltme faktörü

3.2.3.2. *Staphylococcus aureus* Aranması

Uygun dilüsyonlardan Baird Parker Agar (Merck 1.10675) selektif besi yeri bulunan 14 cm çaplı büyük petri kutusuna doğrudan 1 mL ekim yapılmıştır. 37 °C’de 24-48 saat inkübe edilerek şüpheli kolonilerin (koloni etrafında berrak zon) oluşup oluşmama durumuna göre yorum yapılmıştır (Merck, 1998). Şüpheli koloniler API-Staph test kitleri ile doğrulanmıştır.

3.2.3.3. Toplam *Enterobacteriaceae* Sayımı

Toplam *Enterobacteriaceae* bakteri sayımı için Violet Red Bile Agar (VRBA, Oxoid, CM0107) ile çift katlı dökme plak yöntemi (FDA, 1998) kullanılmıştır. Balık filetosundan 10’ar g örnek alınarak bu örnekler 90 mL’lik ringer solüsyonunda 2 dakika stomacher ile homojenize edilmiştir. Bu homojenatlar sonrasında 10⁻⁸’e kadar dilüsyon edilmiştir. Her bir dilüsyon serisinden 1 mL alınarak petri kutusuna yayılmış ve üzerine 45-50 °C’ ye kadar soğutulmuş 4-5 mL VRBA dökülmüştür. Petri kutusuna dökülen besiyeri katılaştıktan sonra tekrar VRBA dökülmüştür. Petri kutuları sonrasında 30 °C’de 24 saat inkübe edilmiştir.

3.2.3.4. *E.coli* Analizi

E.coli analizi için uygun dilüsyonlardan kromojenik Trptone Bile X-Glucuronide Medium (TBX, Oxoid, CM945) besiyerine 0.5 veya 1 mL aktararak yüzeye sürme yöntemi ile ekim yapılmıştır. Petriler 18-24 saat 37 °C’ de inkübasyona bırakılmıştır.

3.2.3.5. *Salmonella* Aranması

Salmonella aranması ISO 6579:2002 yöntemine göre yapılmıştır. Bunun için homojenize edilmiş 25 g örnek aseptik koşullarda 225 mL tamponlanmış peptonlu su içerisine alınarak homojenizasyon işlemi yapılmıştır. Elde edilen

homojenat 37 °C’de 18 saat inkübe edilerek bir ön zenginleştirme yapılmıştır. Bu kültürden seçici zenginleştirme besiyeri olan Rapaport- Vassiliadis Soya Peptone Broth’un (RVS Broth). 10 mL’sine 0.1 mL eklendikten sonra 37 °C’ de 24 saat inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonunda bu kültürden XLD agar (Merck 1.05287) besi yerlerine sürme ekim yapılarak 37 °C’ de 24 saat sonunda şüpheli kolonilerin oluşup oluşmama durumlarına göre Salmonella yönünden API20 E doğrulama testi gerçekleştirilmiştir.

3.2.3.6. *Listeria monocytogenes* Aranması

Listeria aranması ISO 11290-1:1996 yöntemine göre yapılmıştır. Bu amaçla 25 gr balık eti ilk ön zenginleştirme olarak 225 mL’lik Half Fraser Broth içerisine alınarak stomacher ile homojenize hale getirilmiştir. Elde edilen homojenat 30 °C’ de 24 saat inkübe edilmiştir. Sonrasında kültürden 0.1 mL alınarak Palcam ve Oxford agar içerisine aşılama yapılarak doğrulama işlemine geçilmiştir. Diğer taraftan kültürden 0.1 mL alınarak 10 mL’ lik Fraser Broth içerisinde ikinci zenginleştirme işlemi yapılmıştır. Sonrasında kültürler 30 veya 37 °C’ de 48 saat inkübe edilmiştir. Daha sonra kültürden 0.1 mL alınarak Palcam ve Oxford agar içerisine aşılama yapılmış, 37 °C’ de 24 saat sonunda şüpheli kolonilerin oluşup oluşmama durumlarına göre *Listeria* yönünden değerlendirilmiştir. Şüpheli kolonilerin *Listeria* yönünden tanımlanması için API *Listeria* test kitleri (BioMerieux, La Balme-Ies-Grottes, France) kullanılmıştır.

3.2.3.7. Toplam Laktik Asit Bakteri Sayımı

Toplam laktik asit bakteri sayımı için MRS (de man, Rogosa and Sharpe) agar kullanılmıştır. Uygun dilusyon serisinden 0.1 mL alınarak MRS agar içeren petri kutuların 4 paralel olarak aktarılmıştır. Petri kutuları sonrasında 30 °C’de 5 gün inkübe edilmiştir.

3.2.3.8. Hidrojen Sülfür Üreten Bakterilerin Sayımı

Hidrojen sülfür (H_2S) üreten bakteriler sayımı üçlü şeker demir agar (TSIA, triple sugar iron agar) besiyerine 0.1 mL aktararak petri kutusu yüzeyine 4 paralel olacak şekilde sürme yöntemi ile ekim yapılmıştır. Petriler 3 gün 25 °C’ de inkübasyona bırakılmıştır. Siyah kolonilerin, bu ortamda demir sülfidin çökmesinden yararlanılarak sayılmıştır (Sallam, 2007).

3.2.4. Duyusal Analizi

Araştırmada, depolama süresince kimyasal ve mikrobiyolojik analizler yanında, duyusal testler de yapılmıştır. Vakum paketlerden çıkarılan ısınlanmış ve tütsülenmiş alabalık filetolarının duyusal değerlendirilmesi Paulus ve ark. (1979)’ na göre yapılmıştır. Örneklerin renk, koku, lezzet, doku yapısı ve genel kabul edilebilirlik değerinde meydana gelen değişimler, 6 kişilik deneyimli bir panelist grubu tarafından değerlendirilmiştir. 1 ile 9 skalası baz alınarak yapılan duyusal değerlendirmede 9 skoru “çok iyi kaliteyi”, 7-8 skoru “iyi kaliteyi”, 5-6 skoru “kabul edilebilirlik sınırını” ve, 1-4 skoru “kötü veya kabul edilemez” olduğunu ifade etmektedir (Paulus ve ark., 1979) (Şekil 3.1).

...../...../.....

	9	8	7	6	5	4	3	2	1
	Çok iyi	İyi	Oldukça İyi	Biraz İyi	Yorumsuz	Biraz kötü	Kötü	Çok Kötü	Oldukça kötü
Renk									
Koku									
Lezzet									
Doku Yapısı									
Genel Kabul Edilebilirlik									

Yorumlarınız:

Şekil 3.1. Farklı Dozlarda Işınlanan Tütsülenmiş Alabalık Filetolarının Duyusal Analizinde Kullanılan Değerlendirme Formu

3.2.5. İstatistiksel Analizler

Farklı dozlarda ışınlanan tütsülenmiş alabalık filetolarının depolanması sürecinde kalite parametrelerinin değişimi tek yönlü varyans analizi (one-way ANOVA) ile irdelenmiş, değişimin önemli bulunduğu durumlarda hangi grupların farklılık arz ettiği t testi ve Duncan çoklu karşılaştırma yöntemi ile analiz edilmiştir (Duncan, 1955).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Farklı Dozlarda Işınlanmış Tütsülü Alabalık Filetolarının 2 °C’de Depolanması Süresince Biyokimyasal Kompozisyonunda Meydana Gelen Değişimler

4.1.1. Besin Madde Bileşenleri

Araştırmada, çiğ alabalık filetolarının ve soğuk depolanan (2 °C) tütsülenmiş vakum paketli alabalık filetolarının besin madde bileşenlerinde meydana gelen değişimler Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Çiğ ve Tütsülü Alabalık Filetolarının Besin Madde Bileşenleri (%).

	Çiğ	Tütsülü
Nem (%)	76.51±1.02 ^x	68.82±1.73 ^y
Ham Kül (%)	1.30±0.17 ^x	3.04±0.22 ^y
Ham Protein (%)	19.06±0.43 ^x	23.53±0.59 ^y
Lipit (%)	1.76±0.09 ^x	3.12±0.17 ^y

Aynı satırda yer alan farklı harfler (x-y) istatistiksel olarak farklılıkları göstermektedir (P < 0.05).
n=3

Çizelge 4.1’de görüldüğü gibi çiğ ve tütsülü alabalık filetolarının nem oranları sırasıyla % 76.51 ve % 68.82 olarak belirlenmiştir. Yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre tütsülü alabalık filetolarının nem oranının çiğ filetolara göre istatistiksel olarak önemli derecede düşük olduğu saptanmıştır (p<0.05).

Yapılan araştırma sonunda çiğ ve tütsülü filetoların protein oranları % 19.06 ve % 23.53, lipit oranları % 1.76 ve % 3.12, ham kül oranları da % 1.30 ve % 3.04 olarak gözlenmiştir. İstatistiksel analiz sonuçlarına göre tütsülü alabalık filetoların

protein, yağ ve ham kül oranlarının çiğ filetolardan istatistiksel olarak önemli derecede yüksek olduğu saptanmıştır ($p<0.05$).

Su ürünlerinin ışınlaması üzerine yapılan bir çok araştırmada ışınlama dozunun besin kompozisyonu üzerinde etkisinin bulunmadığı belirtilmektedir (Ju.-Woon ve ark. 2002; Aly ve ark. 2014; Badr 2012; Jo ve ark. 2004). Bu sebepten dolayı besin madde bileşenleri analizleri ışınlanmış filetolar üzerinde gerçekleştirilmemiştir.

Tütsülenmiş alabalık üzerinde yapılan çalışmalarda tütsüleme uygulanmış filetoların besin kompozisyonlarının çiğ materyalden istatistiksel olarak önemli derecede farklı oldukları tespit edilmiştir (Tokur 2007; Jittinandana ve ark. 2006; Gokoğlu ve ark. 2004; Fuentes ve ark. 2010; Alçiçek 2011). Tokur (2007) yaptığı araştırmada tütsülenmiş ve çiğ alabalıkların sırasıyla nem oranının % 70.67 ve % 61.14, protein oranının % 26.53 ve % 21.23, lipit oranının % 6.04 ve % 3.88 ve ham kül oranının % 1.71 ve % 1.48 olduğunu belirtmiştir. Aradaki farklılıkların balıkların elde edildikleri yer, tütsüleme teknikleri, uygulanan sıcaklık ve tuzlama rejimleri arasındaki farklılıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.1.2. Yağ Asitleri Kompozisyonu

Araştırmada, farklı dozlarda (0, 3 ve 5 kGy) ışınlanan tütsülenmiş gökkuşağı alabalığı filetolarında belirlenen yağ asitleri kompozisyonu Çizelge 4.2, Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.2. Işınlanmamış (0 kGy) Tütsülü Alabalık Filetolarının Soğuk Depolanması Süresince Yağ Asitleri Değişimleri

Depolama Süresi (Hafta)									
Yağ Asitleri	0.Gün	2	4	6	8	11	14	17	20
C12	-	0.68 (0.01) ^{dB}	-	0.34 (0.00) ^{bB}	-	0.17 (0.07) ^{aA}	0.43 (0.06) ^{bcA}	0.49 (0.01) ^{cA}	0.47 (0.01) ^{cB}
C14	2.50 (0.23) ^{abcA}	2.20 (0.01) ^{aA}	2.66 (0.10) ^{bcdB}	2.41 (0.04) ^{abA}	2.21 (0.02) ^{aA}	2.24 (0.10) ^{abAB}	2.72 (0.04) ^{cdA}	2.81 (0.06) ^{dB}	2.72 (0.25) ^{cdA}
C16	12.83 (1.00) ^{bcdA}	12.50 (0.01) ^{bcB}	12.26 (0.38) ^{bcA}	12.46 (0.13) ^{bcB}	11.46 (0.08) ^{aA}	12.45 (0.23) ^{bcA}	12.53 (0.09) ^{bcA}	13.30 (0.40) ^{cdA}	13.74 (0.05) ^{dA}
C17	0.10 (0.01) ^{bA}	0.09 (0.00) ^b	0.10 (0.01) ^{bB}	0.09 (0.00) ^b	0.06 (0.03) ^{aA}	0.08 (0.00) ^{abA}	0.09 (0.01) ^{bA}	0.09 (0.01) ^{abA}	0.09 (0.01) ^{abA}
C18	3.27 (0.51) ^{aA}	3.96 (0.01) ^{cB}	3.34 (0.34) ^{abA}	3.78 (0.01) ^{abcB}	3.55 (0.06) ^{abcA}	3.74 (0.14) ^{abcA}	3.77 (0.12) ^{abcA}	3.73 (0.05) ^{abcA}	3.88 (0.11) ^{bcA}
C20	0.12 (0.01) ^{abA}	0.11 (0.01) ^{abA}	0.11 (0.01) ^{abA}	0.12 (0.00) ^{abA}	0.11 (0.00) ^{abA}	0.12 (0.00) ^{abA}	0.10 (0.01) ^{aA}	0.13 (0.02) ^{bA}	0.10 (0.00) ^{aA}
C23	0.05 (0.01) ^{abA}	0.04 (0.00) ^{aA}	0.07 (0.01) ^{cB}	0.05 (0.00) ^{abA}	0.06 (0.00) ^{bcA}	0.06 (0.00) ^{bcA}	0.05 (0.00) ^{abA}	0.06 (0.01) ^{bcA}	0.05 (0.00) ^{abA}
C24	0.62 (0.09) ^{bcA}	0.59 (0.00) ^{abA}	0.71 (0.01) ^{dB}	0.55 (0.01) ^{abA}	0.59 (0.04) ^{abcA}	0.72 (0.02) ^{dA}	0.56 (0.00) ^{abA}	0.65 (0.01) ^{cdA}	0.52 (0.01) ^{aA}
ΣSFA	19.48 (0.82) ^{bcA}	20.14 (0.06) ^{cA}	19.24 (0.15) ^{bB}	19.79 (0.18) ^{bcB}	18.03 (0.06) ^{aA}	19.58 (0.23) ^{bcA}	20.25 (0.06) ^{cA}	21.24 (0.36) ^{dA}	21.54 (0.40) ^{dA}

Aynı satırda yer alan farklı harfler (a-d) depolanmaya bağlı gözlenen istatistiksel farklılıkları göstermektedir (p < 0.05). n=2 () : Standart sapma
Aynı hücrede yer alan farklı harfler (A-C) Çizelge 4.2., Çizelge 4.3. ve Çizelge 4.4. 'deki farklı ıslanma dozları arasındaki istatistiksel farklılıkları göstermektedir (p < 0.05).

Çizelge 4.2. (Devam)

Depolama Süresi (Hafta)									
Yağ Asitleri	0.Gün	2	4	6	8	11	14	17	20
C14:1	0.04 (0.00) ^{abA}	0.01 (0.00) ^{aA}	0.06 (0.03) ^{bA}	0.02 (0.01) ^{abA}	0.05 (0.03) ^{abA}	0.05 (0.03) ^{abA}	0.01 (0.00) ^{aA}	0.04 (0.00) ^{abA}	0.04 (0.00) ^{abA}
C15:1	0.03 (0.00) ^{abA}	0.03 (0.00) ^{abA}	0.17 (0.02) ^{cA}	0.04 (0.01) ^{abA}	0.07 (0.06) ^{bA}	0.02 (0.00) ^{abA}	0.03 (0.01) ^{abA}	0.01 (0.00) ^{aA}	0.03 (0.01) ^{abA}
C16:1	3.35 (0.30) ^{aA}	2.89 (0.01) ^{aA}	3.29 (0.13) ^{aA}	3.23 (0.03) ^{aA}	3.16 (0.44) ^{aA}	3.31 (0.38) ^{aA}	3.24 (0.09) ^{aA}	3.19 (0.19) ^{aA}	2.92 (0.09) ^{aA}
C17:1	0.12 (0.01) ^{abC A}	0.10 (0.01) ^{aA}	0.13 (0.00) ^{bcB}	0.11 (0.00) ^{abA}	0.11 (0.01) ^{abA}	0.11 (0.01) ^{abB}	0.14 (0.03) ^{cA}	0.12 (0.01) ^{abC A}	0.11 (0.01) ^{abA}
C18:1ω9	21.27 (3.22) ^{aA}	21.37 (0.01) ^{aA}	20.31 (0.15) ^{aA}	22.45 (0.21) ^{aA}	21.37 (0.04) ^{aA}	22.30 (0.28) ^{aA}	22.37 (0.73) ^{aB}	21.93 (0.93) ^{aA}	21.81 (0.28) ^{aA}
C18:1ω7	2.76 (0.01) ^{cdB}	2.71 (0.01) ^{cdA}	2.38 (0.04) ^{abA}	2.81 (0.04) ^{cdA}	2.93 (0.26) ^{dA}	2.82 (0.09) ^{cdA}	2.89 (0.04) ^{dB}	2.59 (0.08) ^{bcA}	2.14 (0.10) ^{aA}
C20:1	0.88 (0.06) ^{dA}	0.78 (0.01) ^{bcA}	0.63 (0.04) ^{aA}	0.84 (0.01) ^{cdA}	0.71 (0.00) ^{bA}	0.83 (0.04) ^{cdA}	0.82 (0.01) ^{cdA}	0.80 (0.05) ^{cA}	0.80 (0.01) ^{cC}
C22:1ω9	0.09 (0.01) ^{abC A}	0.07 (0.00) ^{aA}	0.09 (0.01) ^{abC A}	0.09 (0.00) ^{bcA}	0.08 (0.00) ^{abA}	0.10 (0.01) ^{cA}	0.07 (0.00) ^{aA}	0.09 (0.01) ^{abC A}	0.09 (0.00) ^{bcA}
C24:1	0.04 (0.00) ^{aAB}	0.08 (0.01) ^{cB}	0.06 (0.01) ^{bA}	-	0.04 (0.01) ^{aA}	0.06 (0.01) ^{bA}	-	0.04 (0.00) ^{aA}	0.04 (0.00) ^{aA}
ΣMUFA	28.56 (2.86) ^{aA}	28.04 (0.07) ^{aA}	27.08 (0.28) ^{aA}	29.58 (0.28) ^{aA}	28.65 (0.84) ^{aA}	29.58 (0.11) ^{aA}	29.56 (0.84) ^{aAB}	28.78 (1.09) ^{aA}	27.96 (0.28) ^{aA}

Aynı satırda yer alan farklı harfler (a-d) depolamaya bağlı gözlenen istatistiksel farklılıkları göstermektedir (p < 0.05). n=2 (); Standart sapma
Aynı hücrede yer alan farklı harfler (A-C) Çizelge 4.2., Çizelge 4.3. ve Çizelge 4.4. 'deki farklı ışınlama dozları arasındaki istatistiksel farklılıkları göstermektedir
(p < 0.05).

Çizelge 4.2. (Devam)

Depolama Süresi (Hafta)									
Yağ Asitleri	0.Gün	2	4	6	8	11	14	17	20
C18:2ω6	14.76 (0.96) ^{eB}	11.39 (0.01) ^{aA}	13.81 (0.61) ^{deB}	12.64 (0.50) ^{bcA}	11.38 (0.13) ^{aA}	13.95 (0.26) ^{deA}	11.81 (0.33) ^{abA}	13.40 (0.49) ^{cdA}	13.40 (0.13) ^{cdC}
C18:3ω6	0.24 (0.02) ^{aA}	0.24 (0.01) ^{abA}	0.28 (0.01) ^{bb}	0.24 (0.00) ^{abA}	0.25 (0.03) ^{abA}	0.26 (0.01) ^{abA}	0.26 (0.01) ^{abA}	0.26 (0.03) ^{abA}	0.27 (0.00) ^{abA}
C18:3ω3	2.64 (0.18) ^{cA}	2.23 (0.01) ^{aA}	2.59 (0.08) ^{bcB}	2.42 (0.01) ^{abA}	2.24 (0.04) ^{aA}	2.45 (0.08) ^{bA}	2.40 (0.06) ^{abA}	2.49 (0.08) ^{bcA}	2.66 (0.03) ^{cB}
C20:2 cis	0.70 (0.08) ^{bA}	0.83 (0.01) ^{cC}	0.70 (0.00) ^{bb}	0.69 (0.01) ^{bb}	0.70 (0.03) ^{bb}	0.68 (0.01) ^{bA}	0.68 (0.01) ^{bb}	0.63 (0.01) ^{abA}	0.60 (0.00) ^{aA}
C20:3ω6	0.26 (0.03) ^{abA}	0.25 (0.00) ^{aA}	0.29 (0.02) ^{bb}	0.24 (0.00) ^{aA}	0.23 (0.00) ^{aA}	0.25 (0.00) ^{aA}	0.26 (0.01) ^{aA}	0.25 (0.01) ^{aA}	0.23 (0.00) ^{aAB}
C20:4ω6	3.87 (0.33) ^{bA}	3.97 (0.00) ^{bb}	3.83 (0.01) ^{bA}	3.67 (0.08) ^{bA}	3.81 (0.12) ^{bA}	3.97 (0.03) ^{bA}	4.51 (0.10) ^{cC}	3.63 (0.18) ^{bA}	3.24 (0.04) ^{aA}
C20:5ω3	2.91 (0.30) ^{cdA}	2.41 (0.01) ^{abA}	2.81 (0.40) ^{bcdA}	2.58 (0.03) ^{abCA}	2.48 (0.01) ^{abCA}	3.03 (0.03) ^{dA}	2.73 (0.10) ^{bcdA}	2.66 (0.15) ^{abcdB}	2.25 (0.01) ^{aA}
C22:2 cis	0.07 (0.00) ^{bA}	0.06 (0.00) ^{aA}	0.08 (0.01) ^{bcA}	0.07 (0.00) ^{bA}	0.06 (0.00) ^{aA}	0.08 (0.00) ^{cB}	0.06 (0.00) ^{aA}	0.07 (0.00) ^{bA}	0.06 (0.00) ^{aA}
C22:6ω3	14.82 (0.38) ^{bA}	16.59 (0.01) ^{dC}	16.48 (0.34) ^{cdB}	15.27 (0.26) ^{bcB}	15.95 (0.88) ^{bcdA}	13.04 (0.33) ^{aA}	15.10 (0.74) ^{bb}	13.58 (0.81) ^{aA}	12.87 (0.37) ^{aA}
ΣPUFA	40.66 (2.86) ^{bA}	37.97 (0.03) ^{aB}	40.87 (0.01) ^{bc}	37.80 (0.33) ^{aA}	37.08 (0.82) ^{aA}	37.70 (0.62) ^{aA}	37.80 (0.35) ^{aB}	36.95 (0.25) ^{aB}	35.58 (0.57) ^{aB}

Aynı satırda yer alan farklı harfler (a-d) depolamaya bağlı gözlenen istatistiksel farklılıkları göstermektedir (p < 0.05). n=2 (): Standart sapma
Aynı hücrede yer alan farklı harfler (A-C) Çizelge 4.2., Çizelge 4.3. ve Çizelge 4.4. 'deki farklı ışınlama dozları arasındaki istatistiksel farklılıkları göstermektedir (p < 0.05).

Çizelge 4.2. (Devam)

Depolama Süresi (Hafta)									
Yağ Asitleri	0.Gün	2	4	6	8	11	14	17	20
EPA+DHA	18.13 (1.26) ^{ba}	19.00 (0.03) ^{bb}	19.29 (0.74) ^{bb}	17.85 (0.28) ^{bb}	18.43 (0.87) ^{bb}	16.07 (0.25) ^{ba}	17.83 (0.64) ^{bb}	16.24 (0.66) ^{ba}	15.12 (0.38) ^{ba}
PUFA/SFA	2.09 (0.06) ^{db}	1.89 (0.00) ^{cAB}	2.13 (0.02) ^{dc}	1.91 (0.03) ^{ca}	2.06 (0.05) ^{db}	1.93 (0.05) ^{cb}	1.87 (0.01) ^{cc}	1.74 (0.01) ^{bc}	1.65 (0.06) ^{ab}
Σω6	19.12 (1.34) ^{db}	15.85 (0.03) ^{ba}	18.22 (0.66) ^{cdb}	16.78 (0.03) ^{abA}	15.66 (0.04) ^{aA}	18.43 (0.29) ^{cdA}	16.83 (0.24) ^{abA}	17.53 (0.34) ^{bcB}	17.14 (0.16) ^{bcC}
Σω3	20.77 (1.44) ^{ca}	21.23 (0.01) ^{cb}	21.88 (0.66) ^{cb}	20.27 (0.29) ^{bcb}	20.66 (0.83) ^{ca}	18.52 (0.33) ^{aA}	20.23 (0.58) ^{bcb}	18.72 (0.58) ^{abB}	17.78 (0.41) ^{aA}
Σω6/Σω3	0.92 (0.00) ^{da}	0.75 (0.00) ^{aA}	0.83 (0.06) ^{bca}	0.83 (0.01) ^{bca}	0.76 (0.03) ^{abA}	1.00 (0.00) ^{ea}	0.84 (0.04) ^{ca}	0.94 (0.05) ^{deA}	0.96 (0.01) ^{deAB}
DHA/EPA	5.25 (0.22) ^{ba}	6.88 (0.03) ^{db}	5.93 (0.73) ^{bca}	5.92 (0.03) ^{bca}	6.45 (0.38) ^{cdA}	4.31 (0.21) ^{ab}	5.54 (0.47) ^{bcb}	5.13 (0.59) ^{abA}	5.72 (0.13) ^{bcA}
Tanımlama mayan	11.31	13.85	12.82	12.84	16.25	13.15	12.40	13.04	14.93

Aynı satırda yer alan farklı harfler (a-d) depolamaya bağlı gözlenen istatistiksel farklılıkları göstermektedir (p < 0.05), n=2 () : Standart sapma

Aynı hücrede yer alan farklı harfler (A-C) Çizelge 4.2., Çizelge 4.3. ve Çizelge 4.4. 'deki farklı ışınlama dozları arasındaki istatistiksel farklılıkları göstermektedir (p < 0.05).

Çizelge 4.3. 3 kGy Işınlanmış Tütsülü Alabalık Filetolarının Soğuk Depolanması Süresince Yağ Asitleri Değişimleri

Depolama Süresi (Hafta)										
Yağ Asitleri	0.Gün	2	4	6	8	11	14	17	20	23
C12	-	0.53 (0.01) ^{eAB}	-	0.23 (0.01) ^{abA}	-	0.14 (0.08) ^{aA}	0.28 (0.04) ^{bcA}	0.44 (0.03) ^{deA}	0.35 (0.01) ^{bcdA}	-
C14	2.58 (0.04) ^{abA}	2.35 (0.05) ^{aA}	2.27 (0.06) ^{aA}	2.30 (0.09) ^{aA}	2.35 (0.06) ^{aA}	2.73 (0.30) ^{bcB}	2.90 (0.07) ^{cA}	2.38 (0.19) ^{abA}	2.41 (0.06) ^{abA}	2.48 (0.04) ^{abA}
C16	12.06 (0.27) ^{abA}	11.95 (0.13) ^{abA}	11.78 (0.18) ^{aA}	11.64 (0.06) ^{aA}	12.89 (0.43) ^{bcB}	13.03 (1.29) ^{bcdA}	13.16 (0.20) ^{cdAB}	14.03 (0.25) ^{dA}	13.88 (0.00) ^{cdA}	13.17 (0.01) ^{cdA}
C17	0.10 (0.01) ^{bcA}	0.09 (0.00) ^{abcA}	0.08 (0.00) ^{aA}	0.09 (0.00) ^{abcA}	0.09 (0.01) ^{abA}	0.10 (0.01) ^{bcA}	0.10 (0.00) ^{cA}	0.09 (0.01) ^{abA}	0.09 (0.06) ^{abcA}	0.09 (0.00) ^{abcA}
C18	4.09 (0.06) ^{cA}	3.89 (0.08) ^{bcAB}	3.51 (0.15) ^{abA}	3.41 (0.10) ^{aA}	3.82 (0.37) ^{abcA}	3.46 (0.34) ^{abA}	3.91 (0.07) ^{cAB}	4.10 (0.19) ^{cAB}	4.08 (0.08) ^{cA}	4.12 (0.20) ^{cA}
C20	0.11 (0.00) ^{abA}	0.10 (0.03) ^{aA}	0.10 (0.00) ^{aA}	0.13 (0.00) ^{abcA}	0.12 (0.01) ^{abA}	0.14 (0.01) ^{bcA}	0.15 (0.00) ^{cb}	0.11 (0.03) ^{abA}	0.11 (0.00) ^{abA}	0.15 (0.00) ^{cA}
C23	0.06 (0.00) ^{abA}	0.06 (0.00) ^{abB}	0.06 (0.00) ^{abAB}	0.07 (0.01) ^{bB}	0.06 (0.01) ^{abA}	0.06 (0.01) ^{abA}	0.05 (0.00) ^{aA}	0.07 (0.01) ^{bA}	0.07 (0.01) ^{bB}	0.06 (0.00) ^{abA}
C24	0.62 (0.01) ^{abA}	0.69 (0.01) ^{bcC}	0.60 (0.04) ^{aA}	0.59 (0.01) ^{aB}	0.62 (0.08) ^{abA}	0.73 (0.05) ^{cA}	0.63 (0.03) ^{abA}	0.68 (0.06) ^{abcAB}	0.60 (0.00) ^{abB}	0.96 (0.01) ^{dA}
ΣSFA	19.99 (0.18) ^{bcA}	19.64 (0.32) ^{abA}	18.39 (0.30) ^{aA}	18.45 (0.03) ^{aA}	19.93 (0.82) ^{bcB}	20.37 (1.41) ^{bcdA}	21.25 (0.05) ^{cdeB}	21.88 (0.38) ^{eA}	21.59 (0.09) ^{deA}	21.02 (0.16) ^{cdeA}

Aynı satırda yer alan farklı harfler (a-e) depolamaya bağlı gözlenen istatistiksel farklılıkları göstermektedir (p < 0.05). n=2 (): Standart sapma
Aynı hücrede yer alan farklı harfler (A-C) Çizelge 4.2., Çizelge 4.3. ve Çizelge 4.4. 'deki farklı ışınlama dozları arasındaki istatistiksel farklılıkları göstermektedir (p < 0.05).

Çizelge 4.3. (Devam)

Yağ Asitleri	Depolama Süresi (Hafta)									
	0.Gün	2	4	6	8	11	14	17	20	23
C14:1	0.04 (0.00) ^{aA}	0.04 (0.00) ^{aB}	0.04 (0.01) ^{aA}	0.06 (0.02) ^{aA}	0.06 (0.02) ^{aA}	0.07 (0.04) ^{aB}	0.05 (0.01) ^{aB}	0.04 (0.01) ^{aA}	0.04 (0.00) ^{aA}	0.03 (0.00) ^{aA}
C15:1	-	0.05 (0.02) ^{aA}	0.20 (0.08) ^{bA}	0.03 (0.03) ^{aA}	0.06 (0.01) ^{aA}	0.02 (0.01) ^{aA}	0.03 (0.01) ^{aA}	-	-	-
C16:1	3.43 (0.04) ^{abcdA}	2.94 (0.06) ^{aA}	3.04 (0.06) ^{abA}	3.66 (0.31) ^{abcdA}	3.81 (0.50) ^{bcdA}	3.91 (0.38) ^{cdA}	4.26 (0.33) ^{dB}	3.79 (0.77) ^{abcdA}	3.58 (0.14) ^{abcdB}	3.27 (0.01) ^{abcA}
C17:1	0.13 (0.00) ^{cA}	0.10 (0.00) ^{abA}	0.12 (0.01) ^{abA}	0.11 (0.01) ^{abA}	0.10 (0.02) ^{aA}	0.13 (0.02) ^{bcB}	0.12 (0.00) ^{abcA}	0.12 (0.01) ^{abA}	0.11 (0.00) ^{abcAB}	0.12 (0.00) ^{abcA}
C18:1ω9	24.51 (0.68) ^{aA}	24.26 (0.69) ^{aB}	21.81 (0.51) ^{aB}	23.95 (0.26) ^{aB}	23.66 (0.96) ^{aA}	23.18 (4.75) ^{aA}	20.44 (0.40) ^{aA}	21.70 (4.45) ^{aA}	23.53 (0.39) ^{aB}	23.52 (0.01) ^{aA}
C18:1ω7	-	2.58 (0.08) ^{abA}	2.48 (0.15) ^{aA}	2.89 (0.11) ^{cdA}	2.89 (0.28) ^{cdA}	2.81 (0.01) ^{bcdA}	2.39 (0.04) ^{aA}	2.66 (0.01) ^{abcA}	2.82 (0.02) ^{bcdB}	3.07 (0.01) ^{dB}
C20:1	0.85 (0.01) ^{bcA}	0.88 (0.03) ^{cB}	0.75 (0.00) ^{aB}	0.85 (0.01) ^{bcA}	0.80 (0.06) ^{abcA}	0.98 (0.01) ^{dA}	0.99 (0.01) ^{dB}	0.86 (0.01) ^{bcA}	0.77 (0.00) ^{abB}	0.80 (0.00) ^{abcA}
C22:1ω9	0.10 (0.01) ^{abA}	0.10 (0.01) ^{abB}	0.09 (0.00) ^{abA}	0.08 (0.01) ^{aA}	0.08 (0.01) ^{aA}	0.11 (0.02) ^{bA}	0.11 (0.00) ^{bC}	0.10 (0.01) ^{abA}	0.08 (0.00) ^{aA}	0.08 (0.01) ^{aA}
C24:1	0.03 (0.00) ^{aA}	0.05 (0.00) ^{cdA}	0.04 (0.00) ^{abcA}	-	0.03 (0.00) ^{aA}	0.05 (0.01) ^{bcd}	0.05 (0.01) ^{bcdA}	0.06 (0.01) ^{dA}	0.04 (0.01) ^{abA}	0.04 (0.00) ^{abcA}
ΣMUFA	29.08 (0.72) ^{aA}	30.99 (0.84) ^{aB}	28.56 (0.52) ^{aAB}	31.61 (0.21) ^{aB}	31.69 (2.11) ^{aA}	31.24 (4.22) ^{aA}	28.42 (0.69) ^{aA}	29.30 (3.59) ^{aA}	30.96 (0.52) ^{aB}	30.92 (0.01) ^{aA}

Aynı satırda yer alan farklı harfler (a-d) depolamaya bağlı gözlenen istatistiksel farklılıkları göstermektedir (p < 0.05). n=2 () : Standart sapma
Aynı hücrede yer alan farklı harfler (A-C) Çizelge 4.2., Çizelge 4.3. ve Çizelge 4.4. 'deki farklı ışınlama dozları arasındaki istatistiksel farklılıkları göstermektedir (p < 0.05).

Çizelge 4.3. (Devam)

Yağ Asitleri	Depolama Süresi (Hafta)									
	0.Gün	2	4	6	8	11	14	17	20	23
C18:2ω6	12.93 (0.16) ^{abcA}	12.55 (0.24) ^{abb}	12.39 (0.30) ^{abA}	12.91 (0.16) ^{abca}	12.32 (0.17) ^{abAB}	13.66 (1.23) ^{ca}	13.10 (0.01) ^{bcB}	12.82 (1.20) ^{abcA}	13.02 (0.01) ^{bcB}	11.90 (0.01) ^{ab}
C18:3ω6	0.26 (0.01) ^{aA}	0.25 (0.01) ^{aA}	0.25 (0.00) ^{aA}	0.28 (0.02) ^{aA}	0.26 (0.05) ^{aA}	0.29 (0.04) ^{aA}	0.28 (0.03) ^{aA}	0.28 (0.00) ^{aA}	0.28 (0.00) ^{aA}	0.30 (0.00) ^{aA}
C18:3ω3	2.48 (0.04) ^{aA}	2.37 (0.02) ^{aB}	2.31 (0.06) ^{aA}	2.45 (0.06) ^{aA}	2.39 (0.09) ^{aAB}	2.57 (0.28) ^{aA}	2.32 (0.10) ^{aA}	2.50 (0.28) ^{aA}	2.48 (0.04) ^{aA}	2.48 (0.00) ^{aA}
C20:2 cis	0.59 (0.02) ^{aA}	0.69 (0.01) ^{cdB}	0.64 (0.01) ^{abca}	0.60 (0.01) ^{aA}	0.60 (0.01) ^{aA}	0.57 (0.01) ^{aA}	0.73 (0.01) ^{dC}	0.67 (0.06) ^{bcdA}	0.61 (0.00) ^{abA}	0.65 (0.01) ^{abca}
C20:3ω6	0.27 (0.01) ^{bcdA}	0.27 (0.01) ^{bcdA}	0.24 (0.01) ^{aA}	0.25 (0.00) ^{abca}	0.25 (0.01) ^{abca}	0.29 (0.02) ^{dA}	0.27 (0.00) ^{cdA}	0.27 (0.02) ^{bcdA}	0.23 (0.00) ^{aA}	0.24 (0.00) ^{abA}
C20:4ω6	3.56 (0.03) ^{bA}	3.42 (0.09) ^{abA}	3.46 (0.54) ^{abA}	3.60 (0.05) ^{bA}	3.20 (0.27) ^{abA}	3.42 (0.49) ^{abA}	3.71 (0.04) ^{bb}	3.57 (0.26) ^{bA}	3.07 (0.08) ^{abA}	2.91 (0.08) ^{aA}
C20:5ω3	3.12 (0.11) ^{cdA}	3.27 (0.16) ^{dB}	2.64 (0.01) ^{bA}	2.69 (0.09) ^{bA}	2.77 (0.36) ^{bca}	3.18 (0.20) ^{dA}	3.14 (0.01) ^{cdB}	2.69 (0.13) ^{bb}	2.19 (0.17) ^{aA}	1.87 (0.05) ^{aA}
C22:2 cis	0.06 (0.00) ^{aA}	0.07 (0.01) ^{abA}	0.10 (0.04) ^{bA}	0.06 (0.00) ^{abA}	0.06 (0.01) ^{aA}	0.07 (0.01) ^{abA}	0.08 (0.01) ^{abB}	0.09 (0.01) ^{abB}	0.07 (0.00) ^{abA}	0.07 (0.00) ^{abA}
C22:6ω3	12.89 (0.57) ^{abca}	14.65 (0.81) ^{cB}	14.55 (0.45) ^{bca}	14.49 (0.44) ^{bcaB}	12.43 (1.20) ^{abA}	12.08 (2.04) ^{aA}	13.85 (0.42) ^{abB}	13.70 (0.22) ^{abca}	12.35 (0.48) ^{aA}	12.88 (0.01) ^{abCB}
ΣPUFA	36.14 (0.24) ^{abA}	37.51 (0.48) ^{bb}	36.57 (0.62) ^{abb}	37.31 (0.58) ^{bA}	34.25 (1.07) ^{abA}	36.10 (4.37) ^{abA}	37.48 (0.59) ^{bb}	36.58 (0.01) ^{abB}	34.29 (0.34) ^{abA}	33.28 (0.14) ^{ab}

Aynı satırda yer alan farklı harfler (a-d) depolamaya bağlı gözlenen istatistiksel farklılıkları göstermektedir (p < 0.05). Aynı hücrede yer alan farklı harfler (A-C) Çizelge 4.2., Çizelge 4.3. ve Çizelge 4.4. 'deki farklı ışınlama dozları arasındaki istatistiksel farklılıkları göstermektedir (p < 0.05).

Çizelge 4.3. (Devam)

Yağ Asitleri	Depolama Süresi (Hafta)									
	0.Gün	2	4	6	8	11	14	17	20	23
EPA+DHA	16.01 (0.46) ^{abcA}	17.92 (0.64) ^{cB}	17.19 (0.47) ^{bcA}	17.18 (0.35) ^{bcAB}	15.19 (0.83) ^{abA}	15.26 (2.24) ^{abA}	16.99 (0.42) ^{bcB}	16.39 (0.09) ^{abcA}	14.54 (0.31) ^{aA}	14.74 (0.06) ^{aB}
PUFA/SFA	1.81 (0.01) ^{bcAB}	1.91 (0.06) ^{cdB}	1.99 (0.00) ^{dB}	2.02 (0.03) ^{dB}	1.72 (0.13) ^{bA}	1.77 (0.09) ^{cAB}	1.77 (0.04) ^{cB}	1.67 (0.03) ^{abB}	1.59 (0.01) ^{aB}	1.59 (0.02) ^{aB}
Σω6	17.01 (0.20) ^{bcAB}	16.48 (0.16) ^{abcB}	16.34 (0.23) ^{abcA}	17.03 (0.18) ^{bcA}	16.02 (0.14) ^{abA}	17.65 (1.77) ^{cA}	17.37 (0.06) ^{bcA}	16.94 (0.11) ^{bcAB}	16.59 (0.07) ^{abcB}	15.35 (0.09) ^{aB}
Σω3	18.49 (0.42) ^{abcdA}	20.28 (0.62) ^{dB}	19.50 (0.40) ^{cdA}	19.63 (0.40) ^{cdAB}	17.58 (0.92) ^{abcA}	17.82 (2.52) ^{abcA}	19.31 (0.52) ^{bcdB}	18.89 (0.18) ^{abcdB}	17.02 (0.27) ^{aA}	15.35 (0.09) ^{abA}
Σω6/Σω3	0.92 (0.03) ^{cdA}	0.82 (0.04) ^{aAB}	0.84 (0.01) ^{abA}	0.87 (0.01) ^{abcAB}	0.91 (0.14) ^{cA}	0.99 (0.04) ^{eA}	0.90 (0.01) ^{cA}	0.90 (0.00) ^{cA}	0.98 (0.01) ^{deB}	0.89 (0.00) ^{bcA}
DHA/EPA	4.15 (0.32) ^{abA}	4.50 (0.47) ^{abcdA}	5.51 (0.14) ^{cdA}	5.41 (0.35) ^{cdA}	4.56 (1.03) ^{abcdA}	3.79 (0.40) ^{aAB}	4.42 (0.14) ^{abcA}	5.10 (0.33) ^{bcdA}	5.67 (0.66) ^{dA}	6.91 (0.18) ^{eB}
Tanımlana mayan	14.79	11.86	16.50	12.63	14.14	12.30	12.86	12.25	13.17	14.79

Aynı satırda yer alan farklı harfler (a-d) depolamaya bağlı gözlenen istatistiksel farklılıkları göstermektedir (p < 0.05), n=2 () : Standart sapma

Aynı hücrede yer alan farklı harfler (A-C) Çizelge 4.2., Çizelge 4.3. ve Çizelge 4.4. 'deki farklı ışınlama dozları arasındaki istatistiksel farklılıkları göstermektedir (p < 0.05).

Çizelge 4.4. 5 kGy Işınlanmış Tütülü Alabalık Filetolarının Soğuk Depolanması Süresince Yağ Asitleri Değişimleri

Yağ Asitleri	Depolama Süresi (Hafta)									
	0.Gün	2	4	6	8	11	14	17	20	23
C12	0.42 (0.01) ^{da}	0.38 (0.06) ^{abcA}	-	0.27 (0.03) ^{aA}	0.39 (0.05) ^{abcA}	0.27 (0.12) ^{aA}	0.42 (0.05) ^{abcA}	0.43 (0.01) ^{bcA}	0.35 (0.06) ^{abA}	0.51 (0.06) ^{cA}
C14	2.99 (0.15) ^{deA}	2.44 (0.09) ^{bcb}	2.45 (0.01) ^{bcbAB}	2.40 (0.01) ^{bcbA}	2.35 (0.09) ^{bA}	2.08 (0.11) ^{aA}	3.14 (0.06) ^{eb}	2.49 (0.01) ^{bcbAB}	2.59 (0.06) ^{cA}	2.85 (0.13) ^{dB}
C16	12.43 (0.57) ^{aA}	12.64 (0.04) ^{ab}	12.42 (0.06) ^{aA}	12.69 (0.03) ^{ab}	13.50 (0.12) ^{bb}	12.67 (0.05) ^{aA}	13.73 (0.31) ^{bcb}	14.94 (0.07) ^{eb}	14.43 (0.18) ^{deB}	14.07 (0.30) ^{cdb}
C17	0.09 (0.00) ^{aA}	0.09 (0.00) ^{aA}	0.09 (0.00) ^{aAB}	0.09 (0.00) ^{aA}	0.08 (0.00) ^{aA}	0.10 (0.09) ^{aA}	0.10 (0.01) ^{aA}	0.08 (0.00) ^{aA}	0.12 (0.00) ^{aA}	0.12 (0.00) ^{aA}
C18	4.10 (0.11) ^{abA}	3.76 (0.01) ^{aA}	3.74 (0.06) ^{aA}	3.88 (0.09) ^{ab}	4.09 (0.36) ^{abA}	3.81 (0.45) ^{aA}	4.21 (0.06) ^{abcB}	4.38 (0.21) ^{bcb}	4.63 (0.11) ^{cB}	4.38 (0.28) ^{bcb}
C20	0.12 (0.01) ^{abA}	0.13 (0.03) ^{abA}	0.12 (0.01) ^{abA}	0.13 (0.01) ^{abA}	0.11 (0.01) ^{aA}	0.15 (0.01) ^{bcbA}	0.11 (0.01) ^{aA}	0.12 (0.01) ^{abA}	0.10 (0.01) ^{aA}	0.17 (0.01) ^{cB}
C23	0.06 (0.01) ^{abA}	0.08 (0.01) ^{cC}	0.05 (0.00) ^{aA}	0.06 (0.00) ^{bAB}	0.05 (0.00) ^{aA}	0.05 (0.00) ^{aA}	0.08 (0.00) ^{cB}	0.05 (0.00) ^{aA}	0.05 (0.00) ^{aA}	0.05 (0.00) ^{aA}
C24	0.75 (0.06) ^{cdeA}	0.63 (0.01) ^{abB}	0.66 (0.02) ^{abcAB}	0.58 (0.00) ^{ab}	0.70 (0.05) ^{bcdA}	0.89 (0.05) ^{fb}	0.81 (0.08) ^{efB}	0.77 (0.01) ^{deB}	0.61 (0.01) ^{abB}	1.02 (0.01) ^{gB}
ΣSFA	21.25 (0.56) ^{ba}	20.14 (0.01) ^{aA}	19.52 (0.16) ^{ab}	20.10 (0.11) ^{ab}	21.25 (0.06) ^{bb}	20.00 (0.54) ^{aA}	22.57 (0.34) ^{cC}	23.25 (0.31) ^{cB}	22.85 (0.16) ^{cB}	23.16 (0.67) ^{cB}

Aynı satırda yer alan farklı harfler (a-f) depolamaya bağlı gözlenen istatistiksel farklılıkları göstermektedir (p < 0.05), n=2 (): Standart sapma
Aynı hücrede yer alan farklı harfler (A-C) Çizelge 4.2., Çizelge 4.3. ve Çizelge 4.4. 'deki farklı ışınlama dozları arasındaki istatistiksel farklılıkları göstermektedir (p < 0.05).

Çizelge 4.4. (Devam)

Yağ Asitleri	Depolama Süresi (Hafta)									
	0.Gün	2	4	6	8	11	14	17	20	23
C14:1	0.04 (0.00) ^{abcA}	0.08 (0.01) ^{dC}	0.03 (0.02) ^{aA}	0.04 (0.01) ^{abA}	0.07 (0.01) ^{cdA}	-	0.04 (0.00) ^{abcB}	0.06 (0.02) ^{bcdA}	0.04 (0.00) ^{abcA}	0.04 (0.01) ^{abA}
C15:1	0.04 (0.00) ^{bcA}	0.01 (0.00) ^{aA}	0.11 (0.03) ^{eA}	0.06 (0.00) ^{cdA}	0.08 (0.02) ^{dA}	0.04 (0.00) ^{bcB}	0.02 (0.00) ^{abA}	-	0.02 (0.00) ^{abA}	0.01 (0.00) ^{aA}
C16:1	3.13 (0.01) ^{abA}	3.60 (0.10) ^{abB}	3.60 (0.49) ^{abA}	3.25 (0.02) ^{abA}	3.08 (0.16) ^{aA}	3.22 (0.45) ^{abA}	3.76 (0.14) ^{bAB}	3.45 (0.48) ^{abA}	3.40 (0.11) ^{abB}	3.37 (0.10) ^{abB}
C17:1	0.10 (0.03) ^{ba}	0.13 (0.01) ^{cA}	0.13 (0.00) ^{cb}	0.11 (0.00) ^{bcA}	0.11 (0.00) ^{bcA}	0.06 (0.00) ^{aA}	0.13 (0.01) ^{cA}	0.11 (0.00) ^{bcA}	0.13 (0.01) ^{cb}	0.12 (0.00) ^{bcA}
C18:1ω9	25.23 (1.43) ^{aA}	25.11 (0.09) ^{aB}	23.10 (0.52) ^{aB}	23.58 (0.35) ^{aB}	23.46 (1.37) ^{aA}	24.67 (0.34) ^{aA}	24.13 (0.26) ^{aC}	23.61 (0.26) ^{aA}	24.28 (0.06) ^{aB}	25.11 (2.26) ^{aA}
C18:1ω7	2.61 (0.01) ^{abcA}	2.61 (0.21) ^{abcA}	2.59 (0.01) ^{abA}	2.93 (0.06) ^{efA}	3.02 (0.05) ^{fA}	2.82 (0.01) ^{defA}	2.46 (0.06) ^{aA}	2.71 (0.06) ^{bcdA}	2.88 (0.08) ^{defB}	2.79 (0.06) ^{cdeA}
C20:1	0.81 (0.08) ^{abA}	0.77 (0.03) ^{aA}	0.78 (0.02) ^{aB}	0.85 (0.02) ^{abA}	0.82 (0.05) ^{abA}	0.96 (0.01) ^{cA}	0.84 (0.01) ^{abA}	0.90 (0.01) ^{bcA}	0.75 (0.00) ^{aA}	0.83 (0.04) ^{abA}
C22:1ω9	0.09 (0.00) ^{abA}	0.09 (0.00) ^{abB}	0.09 (0.00) ^{abA}	0.08 (0.01) ^{aA}	0.08 (0.00) ^{aA}	0.08 (0.00) ^{aA}	0.10 (0.01) ^{abB}	0.11 (0.02) ^{ba}	0.09 (0.01) ^{aA}	0.09 (0.01) ^{aA}
C24:1	0.05 (0.01) ^{bcB}	0.04 (0.00) ^{abA}	0.05 (0.01) ^{bcA}	-	0.04 (0.00) ^{abA}	-	0.05 (0.01) ^{bcA}	0.06 (0.01) ^{cA}	0.03 (0.00) ^{aA}	0.04 (0.00) ^{abA}
ΣMUFA	32.10 (1.46) ^{aA}	32.43 (0.21) ^{ab}	30.46 (1.10) ^{ab}	30.88 (0.45) ^{ab}	30.74 (1.65) ^{aA}	31.85 (0.05) ^{aA}	31.52 (0.04) ^{ab}	30.99 (0.22) ^{aA}	31.61 (0.01) ^{ab}	32.38 (2.33) ^{abA}

Aynı satırda yer alan farklı harfler (a-d) depolamaya bağlı gözlenen istatistiksel farklılıkları göstermektedir (p < 0.05), n=2 (); Standart sapma Aynı hücrede yer alan farklı harfler (A-C) Çizelge 4.2., Çizelge 4.3. ve Çizelge 4.4. 'deki farklı ışınlama dozları arasındaki istatistiksel farklılıkları göstermektedir (p < 0.05).

Çizelge 4.4. (Devam)

Yağ Asitleri	Depolama Süresi (Hafta)									
	0.Gün	2	4	6	8	11	14	17	20	23
C18:2ω6	12.44 (0.08) ^{cdA}	12.02 (0.18) ^{bcB}	11.19 (0.09) ^{aA}	12.68 (0.50) ^{cdA}	12.71 (0.49) ^{dB}	12.69 (0.14) ^{dA}	13.32 (0.26) ^{eB}	12.45 (0.28) ^{cdA}	12.46 (0.09) ^{cdA}	11.54 (0.31) ^{abA}
C18:3ω6	0.24 (0.01) ^{abA}	0.28 (0.03) ^{abA}	0.24 (0.00) ^{abA}	0.27 (0.03) ^{abA}	0.21 (0.10) ^{aA}	0.31 (0.01) ^{bB}	0.24 (0.00) ^{abA}	0.26 (0.03) ^{abA}	0.28 (0.04) ^{abA}	-
C18:3ω3	2.37 (0.09) ^{bcA}	2.46 (0.02) ^{cdC}	2.16 (0.01) ^{aA}	2.41 (0.02) ^{cdA}	2.46 (0.02) ^{cdB}	2.18 (0.09) ^{aA}	2.55 (0.09) ^{dA}	2.25 (0.01) ^{abA}	2.47 (0.01) ^{cdA}	2.51 (0.09) ^{dA}
C20:2 cis	0.62 (0.00) ^{abcA}	0.57 (0.01) ^{abA}	0.65 (0.01) ^{bcA}	0.68 (0.00) ^{cB}	0.58 (0.03) ^{abA}	0.62 (0.01) ^{abcA}	0.53 (0.00) ^{aA}	0.61 (0.01) ^{abA}	0.65 (0.04) ^{bcA}	0.60 (0.11) ^{abcA}
C20:3ω6	0.26 (0.02) ^{abA}	0.25 (0.00) ^{abA}	0.23 (0.00) ^{aA}	0.25 (0.01) ^{abA}	0.25 (0.01) ^{abA}	0.27 (0.01) ^{bA}	0.26 (0.01) ^{abA}	0.26 (0.00) ^{bA}	0.24 (0.00) ^{abB}	0.25 (0.01) ^{abA}
C20:4ω6	3.51 (0.39) ^{bcdA}	3.36 (0.01) ^{cdeA}	3.74 (0.11) ^{eA}	3.64 (0.13) ^{deA}	3.49 (0.24) ^{cdeA}	3.29 (0.37) ^{bcdA}	3.51 (0.04) ^{bcdA}	3.13 (0.17) ^{abA}	2.83 (0.23) ^{aA}	2.86 (0.18) ^{abA}
C20:5ω3	3.28 (0.51) ^{dA}	3.04 (0.00) ^{cdB}	2.73 (0.11) ^{bcA}	2.65 (0.01) ^{bcA}	3.06 (0.23) ^{cdA}	3.34 (0.40) ^{dA}	3.11 (0.04) ^{cdB}	2.24 (0.01) ^{abA}	1.97 (0.06) ^{aA}	1.96 (0.04) ^{abB}
C22:2 cis	0.06 (0.01) ^{abcA}	0.06 (0.01) ^{abA}	0.08 (0.00) ^{cA}	0.07 (0.01) ^{abcA}	0.05 (0.00) ^{aA}	0.07 (0.00) ^{bcAB}	0.06 (0.00) ^{abA}	0.06 (0.00) ^{abA}	0.07 (0.01) ^{bcA}	0.07 (0.01) ^{abcA}
C22:6ω3	12.32 (3.25) ^{aA}	12.97 (0.06) ^{aA}	13.55 (0.64) ^{aA}	13.76 (0.60) ^{aA}	12.88 (1.50) ^{aA}	11.30 (0.74) ^{aA}	11.07 (0.02) ^{aA}	12.90 (0.22) ^{aA}	12.63 (0.27) ^{aA}	12.20 (0.25) ^{aA}
ΣPUFA	34.85 (2.68) ^{abcA}	34.99 (0.11) ^{abA}	34.55 (0.57) ^{abA}	36.36 (0.71) ^{cA}	35.74 (1.04) ^{bcA}	33.96 (0.45) ^{abcA}	33.49 (0.35) ^{abA}	34.12 (0.24) ^{abA}	33.58 (0.18) ^{abA}	32.25 (0.31) ^{aA}

Aynı satırda yer alan farklı harfler (a-d) depolamaya bağlı gözlenen istatistiksel farklılıkları göstermektedir (p < 0.05), n=2 (); Standart sapma

Aynı hücrede yer alan farklı harfler (A-C) Çizelge 4.2., Çizelge 4.3. ve Çizelge 4.4. 'deki farklı ışınlama dozları arasındaki istatistiksel olarak farklılıkları göstermektedir (p < 0.05).

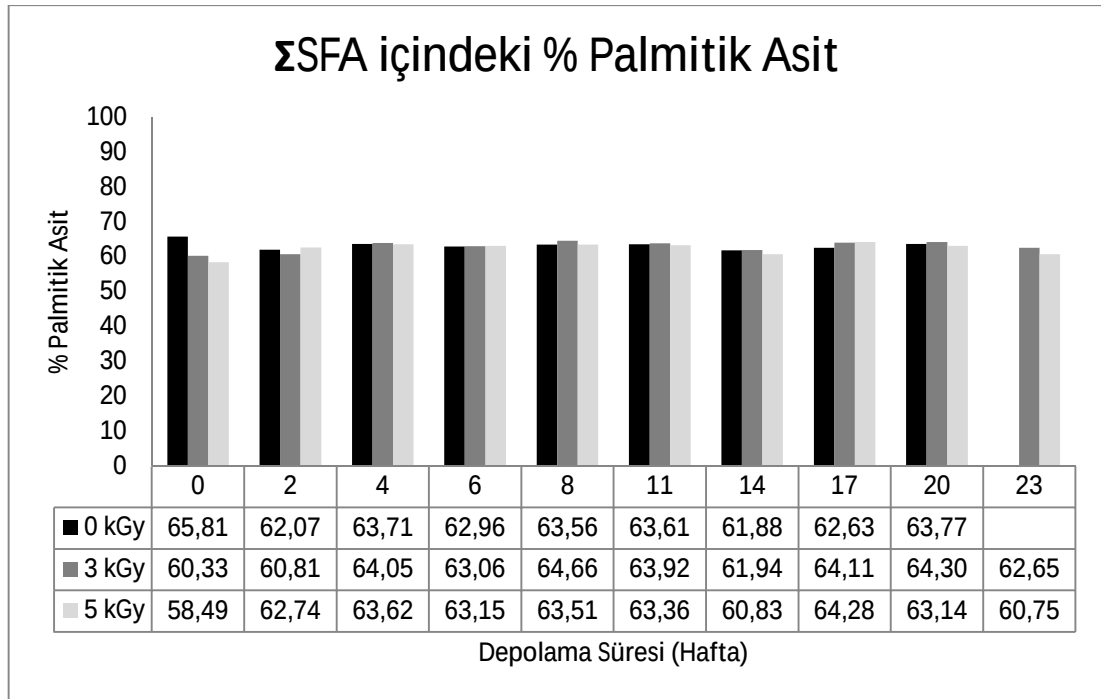
Çizelge 4.4. (Devam)

Yağ Asitleri	Depolama Süresi (Hafta)									
	0.Gün	2	4	6	8	11	14	17	20	23
EPA+DHA	15.60 (2.74) ^{aA}	16.01 (0.06) ^{aA}	16.27 (0.54) ^{aA}	16.40 (0.59) ^{aA}	15.94 (1.27) ^{aAB}	14.64 (1.13) ^{aA}	14.17 (0.06) ^{aA}	15.13 (0.21) ^{aA}	14.60 (0.33) ^{aA}	14.16 (0.21) ^{aA}
PUFA/SFA	1.64 (0.17) ^{bcA}	1.77 (0.05) ^{cdA}	1.77 (0.04) ^{cdA}	1.81 (0.04) ^{dA}	1.68 (0.06) ^{cdA}	1.70 (0.03) ^{cdA}	1.53 (0.04) ^{abA}	1.47 (0.01) ^{aA}	1.47 (0.01) ^{aA}	1.39 (0.06) ^{aA}
Σω6	16.20 (0.16) ^{cdeA}	15.91 (0.16) ^{bcA}	15.39 (0.01) ^{abA}	16.80 (0.10) ^{efA}	16.72 (0.23) ^{defB}	16.46 (0.60) ^{cdeA}	17.18 (0.31) ^{fA}	16.08 (0.45) ^{cdA}	15.79 (0.11) ^{bcA}	14.93 (0.08) ^{aA}
Σω3	17.97 (2.84) ^{aA}	18.46 (0.04) ^{aA}	18.43 (0.54) ^{aA}	18.81 (0.62) ^{aA}	18.39 (1.24) ^{aA}	16.82 (1.05) ^{aA}	16.72 (0.04) ^{aA}	17.38 (0.22) ^{aA}	17.07 (0.34) ^{aA}	16.67 (0.12) ^{ab}
Σω6/Σω3	0.92 (0.13) ^{abA}	0.86 (0.01) ^{ab}	0.84 (0.02) ^{aA}	0.90 (0.02) ^{abB}	0.91 (0.07) ^{abA}	0.98 (0.10) ^{abA}	1.03 (0.02) ^{bb}	0.93 (0.04) ^{abA}	0.93 (0.02) ^{abA}	0.90 (0.01) ^{abA}
DHA/EPA	3.88 (1.59) ^{abcA}	4.28 (0.01) ^{abcA}	4.98 (0.43) ^{bcdA}	5.20 (0.24) ^{cdA}	4.25 (0.82) ^{abcA}	3.40 (0.18) ^{aA}	3.57 (0.04) ^{abA}	5.77 (0.11) ^{dA}	6.42 (0.05) ^{dA}	6.23 (0.26) ^{dA}
Tanımlanan mayan	11.81	12.45	15.49	12.68	12.28	14.20	11.43	11.65	11.98	12.22

Aynı satırda yer alan farklı harfler (a-d) depolamaya bağlı gözlenen istatistiksel farklılıkları göstermektedir (p < 0.05), n=2 (): Standart sapma
Aynı hücrede yer alan farklı harfler (A-C) Çizelge 4.2., Çizelge 4.3. ve Çizelge 4.4. 'deki farklı ışınlama dozları arasındaki istatistiksel olarak farklılıkları göstermektedir (p < 0.05).

Araştırma sonucunda, kontrol ve ışınlanmış (3 ve 5 kGy) tütsülü gökkuşakğı alabalığı filetolarının temel yağ asitlerinin palmitik asit (C16:0), oleik asit (C18:1 ω 9), linoleik asit (C18:2 ω 6) ve dokosaheksaenoik asit (DHA, C22:6 ω 3) olduğu belirlenmiştir. Haliloğlu ve ark. (2004), Oraei ve ark. (2011a) ve Yıldız ve ark. (2006), gökkuşakğı alabalığı üzerinde yaptıkları çalışmalarda temel bileşenlerinin bu yağ asitlerinin olduğunu saptamışlardır.

Toplam doymuş yağ asitlerinin depolama başlangıcında, kontrol, 3 ve 5 kGy ışınlanmış gruplarda sırasıyla % 65.81, % 60.33 ve % 58.49'luk kısmını palmitik asidin oluşturduğu belirlenmiştir (Şekil 4.1). Bundan dolayı bu yağ asidinin temel doymuş yağ asidi olduğu söylenebilir. Harlioğlu (2012), Yıldız ve ark. (2006) ve Senadheera ve ark. (2012), gökkuşakğı alabalığı filetoları üzerinde yaptıkları çalışmalarda benzer sonuçlar elde etmişlerdir. Ayrıca Özoğul ve ark. (2007) yaptıkları çalışmalarda Kuzey Afrika kedibalığı (*Clarias gariepinus*), kadife balığı (*Tinca tinca*) ve sudak (*Sander lucioperca*) gibi tatlı su balıkları üzerinde yaptıkları çalışmalarda benzer sonuçlara varmışlardır.



Şekil 4.1. Farklı Dozlarda Işınlanan Tütsülü Alabalık Filetolarının Soğuk Depolanması Süresince Toplam Doymuş Yağ Asidi (ΣSFA) içindeki % Palmitik Asit Değerlerinde Meydana Gelen Değişimler.

Doymuş yağ asitleri (SFA) içerisinde baskın olan diğer yağ asitleri miristik asit (C14:0) ve stearik asittir (C18:0) (Çizelge 4.2, 4.3, 4.4). Başlangıçta, kontrol grubunda sırasıyla % 2.50, % 12.83 ve % 3.27 olan miristik asit, palmitik asit ve stearik asit değerleri, 3 kGy dozda ışınlanmış grupta sırasıyla % 2.58, % 12.06 ve % 4.09, 5 kGy dozda ışınlanmış grupta ise sırasıyla % 2.99, % 12.43 ve % 4.10 olarak tespit edilmiştir. Başlangıç itibariyle kontrol, 3 ve 5 kGy dozlarında ışınlanmış yağ asitleri değerleri genelde istatistiksel olarak önemli bir farklılık göstermemiştir ($p>0.05$). Soğuk depolama boyunca ise yağ asitleri değerlerinde dalgalanmalar gözlenmiştir. Kontrol ve ışınlanmış gruplar karşılaştırıldığında miristik asit değerlerinde depolama boyunca farklılıklar ($p<0.05$) gözlenmesine karşın, tespit edilen bu farklılıklarda anlamlı bir değişim belirlenememiştir. Palmitik asit ise depolama boyunca 5 kGy dozda ışınlanmış grupta diğer gruplardan önemli derecede ($p<0.05$) daha yüksek değerlerde olduğu gözlenmiştir. Kontrol grubunun palmitik asit değerleri depolama başlangıcında 3 kGy dozda ışınlanmış gruba göre daha yüksek değerlerdeyken, depolama sonuna doğru 3 kGy dozda ışınlanmış grubun palmitik asit içeriklerinin daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Benzer şekilde stearik asit oranlarının depolama boyunca 5 kGy dozda ışınlanmış grupta diğer gruplardan önemli derecede ($p<0.05$) daha yüksek oranlarda olduğu gözlenmiştir. Bunun yanında 3 kGy dozda ışınlanmış grupların stearik asit değerleri de genel olarak depolama boyunca kontrol grubundan daha fazla olduğu gözlenmiştir.

Duyusal değerlendirmelere göre kontrol grubunun red edildiği depolamanın 20. haftasında kontrol, 3 ve 5 kGy dozda ışınlanmış gruplardaki miristik asit değerleri sırasıyla % 2.72, % 2.41 ve % 2.59 olarak tespit edilmiştir. 3 ve 5 kGy dozda ışınlanmış gruplar için depolamanın devam ettiği 23. haftada ise miristik asit değerleri sırasıyla % 2.48 ve % 2.85 olarak tespit edilmiştir. Kontrol, 3 ve 5 kGy dozda ışınlanmış grupların depolama sonunda miristik asit değerlerinde önemli bir değişim gözlenmemiştir ($p>0.05$). Işınlamanın etkisi değerlendirildiğinde depolamanın 20. haftasında gruplar arasında önemli bir farklılık gözlenmezken ($p>0.05$), depolamanın 23. haftasında 5 kGy dozda ışınlanmış grubun miristik asit değerlerinin 3 kGy dozda ışınlanmış gruba göre önemli derecede yüksek olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$).

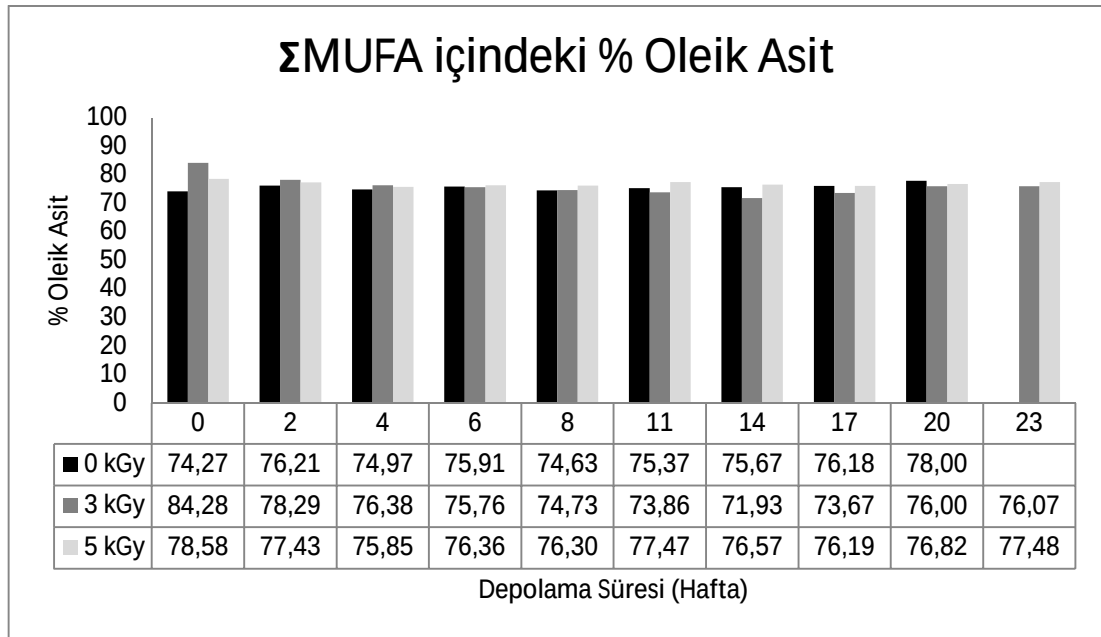
Duyusal değerlendirmelere göre kontrol grubunun red edildiği depolamanın 20. haftasında kontrol, 3 ve 5 kGy dozda ışınlanmış gruplardaki palmitik asit değerleri sırasıyla % 13.74, % 13.88 ve % 14.43 olarak tespit edilmiştir. 3 ve 5 kGy dozda ışınlanmış gruplar için depolamanın devam ettiği 23. haftada ise palmitik asit değerleri sırasıyla % 13.17 ve % 14.07 olarak tespit edilmiştir. Depolama sonunda kontrol grubunda palmitik asit değerlerinde bir değişim gözlenmezken ($p>0.05$), 3 ve 5 kGy dozda ışınlanan grupların palmitik asit değerlerinde önemli bir yükselme olduğu gözlenmiştir ($p<0.05$). Işınlama uygulamasının etkisi değerlendirildiğinde depolamanın 20. haftasında kontrol ve 3 kGy dozda ışınlanmış gruplar arasında önemli bir farklılık gözlenmezken ($p>0.05$), 5 kGy dozda ışınlanmış grubun palmitik asit değerlerinin diğer gruplara göre önemli derecede daha yüksek olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$). Depolamanın 23. haftasında da yine 5 kGy dozda ışınlanmış grubun palmitik asit değerinin 3 kGy dozda ışınlanmış gruba göre önemli derecede daha yüksek olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$).

Duyusal değerlendirmelere göre kontrol grubunun red edildiği depolamanın 20. haftasında kontrol, 3 ve 5 kGy dozda ışınlanmış gruplardaki stearik asit değerleri sırasıyla % 3.88, % 4.08 ve % 4.63 olarak tespit edilmiştir. 3 ve 5 kGy dozda ışınlanmış gruplar için depolamanın devam ettiği 23. haftada ise stearik asit değerleri sırasıyla % 4.12 ve % 4.38 olarak tespit edilmiştir. 3 ve 5 kGy dozda ışınlanmış grupların depolama sonunda stearik asit değerlerinde önemli bir değişim gözlenmezken ($p>0.05$), kontrol grubunun depolama sonunda stearik asit değerinde önemli bir yükselme olduğu gözlenmiştir ($p<0.05$). Işınlamanın etkisi değerlendirildiğinde depolamanın 20. haftasında kontrol ve 3 kGy dozda ışınlanmış gruplar arasında önemli bir farklılık gözlenmezken ($p>0.05$), 5 kGy dozda ışınlanmış gruptan diğer gruplara göre önemli derecede daha yüksek stearik asit değerleri olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$). Aynı şekilde 5 kGy dozda ışınlanmış grubun 23. haftada da 3 kGy dozda ışınlanmış gruba göre önemli derecede yüksek olduğu gözlenmiştir ($p<0.05$).

Araştırmada, toplam doymuş yağ asitleri (ΣSFA) değerlendirildiğinde, depolama başlangıcında 0, 3, ve 5 kGy dozda ışınlanmış gruplarda bu değerler sırasıyla % 19.48, % 19.99 ve % 21.25 olarak tespit edilmiş ve gruplar arasında

istatistiksel olarak önemli bir farklılık olmadığı gözlenmiştir ($p>0.05$). Duyusal değerlendirmelere göre kontrol grubunun red edildiği depolamanın 20. haftasında kontrol, 3 ve 5 kGy dozda ışınlanmış gruplardaki Σ SFA değerleri sırasıyla % 21.54, % 21.59 ve % 22.85 olarak tespit edilmiş. 3 ve 5 kGy dozda ışınlanmış gruplar için depolamanın devam ettiği 23. haftada ise Σ SFA değerleri sırasıyla % 21.02 ve % 23.16 olarak tespit edilmiştir. Kontrol ve 5 kGy dozda ışınlanmış gruplarda depolama boyunca bir yükselme gözlenirken ($p<0.05$), 3 kGy dozda ışınlanmış grupta depolama süresince bir değişim gözlenmemiştir ($p>0.05$). Işınlamanın etkisi değerlendirildiğinde depolamanın 20. haftasında kontrol ve 3 kGy dozda ışınlanmış gruplar arasında önemli bir farklılık gözlenmezken ($p>0.05$), 5 kGy dozda ışınlanmış grubun diğer gruplara göre istatistiksel olarak önemli derecede daha yüksek düzeyde Σ SFA içerdiği tespit edilmiştir ($p<0.05$). Aynı şekilde 5 kGy dozda ışınlanmış grubun Σ SFA içeriğinin 23. haftada da 3 kGy dozda ışınlanmış gruba göre istatistiksel olarak önemli derecede yüksek olduğu gözlenmiştir ($p<0.05$). Araştırmada depolama başlangıcında toplam doymuş yağ asitlerinde gruplar arasında bir farklılık gözlenmezken, depolama süresince uygulanmış olan ışınlama dozunun artışına paralel olarak toplam doymuş yağ asidi değerlerinde de bir artışın olduğu görülmektedir.

Araştırmada depolama başlangıcında toplam tekli doymamış yağ asitlerinin (MUFA) kontrol, 3 ve 5 kGy dozda ışınlanmış gruplarda sırasıyla % 74.27, % 84.28 ve % 78.58'luk kısmını oleik asidin oluşturduğu belirlenmiştir (Şekil 4.2). Bundan dolayı bu yağ asidinin temel tekli doymamış yağ asidi olduğu söylenebilir. Depolama süresince kontrol grubunda bir yükselme gözlenirken, 3 ve 5 kGy dozlarda ışınlanmış gruplarda azalma olduğu tespit edilmiştir. Benzer şekilde, Harlioğlu (2012), kültür gökkuşaağı alabalıklarının % oleik asit değerinin toplam MUFA içindeki oranının %74.13, Yıldız ve ark. (2006) ise % 74.02 olduğunu bildirmişlerdir. Sağlık Aslan ve ark. (2007) doğal ortamda yetişmiş gökkuşaağı alabalıkları için ise bu oranı % 74.36 bularak mevcut çalışma ile benzer sonuçlara ulaşmışlardır.



Şekil 4.2. Farklı Dozlarda Işınlanan Tütsülü Alabalık Filetolarının Soğuk Depolanması Süresince Toplam Tekli Doymamış Yağ Asidi (ΣMUFA) içindeki % Oleik Asit Değerlerinde Meydana Gelen Değişimler.

Tekli doymamış yağ asitleri (MUFA) içerisinde baskın olan diğer yağ asitlerinin palmitoleik asit (C16:1) ve vassenik asit (C18:1ω7) olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.2, 4.3, 4.4). Depolama başlangıcında, kontrol grubunda sırasıyla % 3.35, % 21.27 ve % 2.76 olan palmitoleik asit, oleik asit ve vassenik asit değerleri, 5 kGy dozda ışınlanmış grupta sırasıyla % 3.13, % 25.23 ve % 2.61 olarak tespit edilmiştir. 3 kGy dozda ışınlanmış grupta palmitoleik ve oleik asit değerleri sırasıyla % 3.43 ve % 24.51 olarak tespit edilirken, vassenik asit tespit edilememiştir. Işınlama uygulaması sonucunda palmitoleik ve oleik asit değerinde gözlenen farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p>0.05$). Vassenik asit değerlerinde ise, 5 kGy dozda ışınlanmış grubun vassenik asit değerinin kontrol grubundan daha az olduğu gözlenmiştir ($p<0.05$). MUFA içerisinde bulunan bütün yağ asitleri değerlerinde depolama boyunca ise dalgalanmalar gözlenmiştir. Kontrol ve ışınlanmış gruplar arasında palmitoleik asit değerinde ışınlama uygulamasının etkisi depolama başlangıcında gözlenmese de, depolamanın 14. haftasından sonra bu yağ asidinin ışınlanmış gruplarda kontrol grubuna göre önemli derecede daha yüksek olduğu gözlenmiştir ($p<0.05$). Benzer şekilde depolama boyunca 3 ve 5 kGy dozda

ışınlanmış grupların oleik asit değerlerinin genel olarak daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Vasenik asitte ise depolama süresince depolama sonu hariç gruplar arasında önemli bir farklılık gözlenmemiştir ($p>0.05$).

Duyusal değerlendirmelere göre kontrol grubunun red edildiği depolamanın 20. haftasında kontrol, 3 ve 5 kGy dozda ışınlanmış gruplardaki palmitoleik asit değerleri sırasıyla % 2.92, % 3.58 ve % 3.40 olarak tespit edilmiştir. 3 ve 5 kGy dozda ışınlanmış gruplar için depolamanın devam ettiği 23. haftada ise palmitoleik asit değerleri sırasıyla % 3.27 ve % 3.37 olarak tespit edilmiştir. Bütün gruplarda depolama sonunda palmitoleik asit değerlerinde bir değişim gözlenmemiştir ($p>0.05$). Işınlama uygulamasının etkisi değerlendirildiğinde, depolamanın 20. haftasında 3 ve 5 kGy dozda ışınlanmış grupların palmitoleik asit değerleri kontrol grubuna göre istatistiksel olarak daha yüksek gözlenmesine karşın ($p<0.05$), 3 ve 5 kGy dozda ışınlanan grupların kendi arasında önemli bir farklılığa neden olmadığı tespit edilmiştir ($p>0.05$). Depolamanın 23. haftasında ise 5 kGy dozda ışınlanmış grubun palmitoleik asit değerleri 3 kGy dozda ışınlanmış grubun değerlerine göre önemli derecede yüksek bulunmuştur ($p<0.05$).

Depolamanın 20. haftasında kontrol, 3 ve 5 kGy dozlarında ışınlanmış grupların oleik asit değerleri sırasıyla % 21.81, % 23.53 ve % 24.28 olarak tespit edilmiştir. 3 ve 5 kGy dozda ışınlanmış gruplar için depolamanın devam ettiği 23. haftada ise oleik asit değerleri sırasıyla % 23.52 ve % 25.11 olarak tespit edilmiştir. Depolama süresince kontrol, 3 ve 5 kGy dozda ışınlanmış grupların oleik asit düzeylerinde önemli bir farklılık gözlenmemiştir ($p>0.05$). Işınlama uygulamasının etkisi değerlendirildiğinde, depolamanın 20. haftasında 3 ve 5 kGy dozda ışınlanmış grupların oleik asit değerleri kontrol grubuna göre istatistiksel olarak daha yüksek gözlenmesine karşın ($p<0.05$), 3 ve 5 kGy dozda ışınlanmış gruplar arasında önemli bir farklılığın olmadığı tespit edilmiştir ($p>0.05$). Depolamanın 23. haftasında da 3 ve 5 kGy dozda ışınlanmış gruplar arasında istatistiksel bir farklılık tespit edilmemiştir ($p>0.05$).

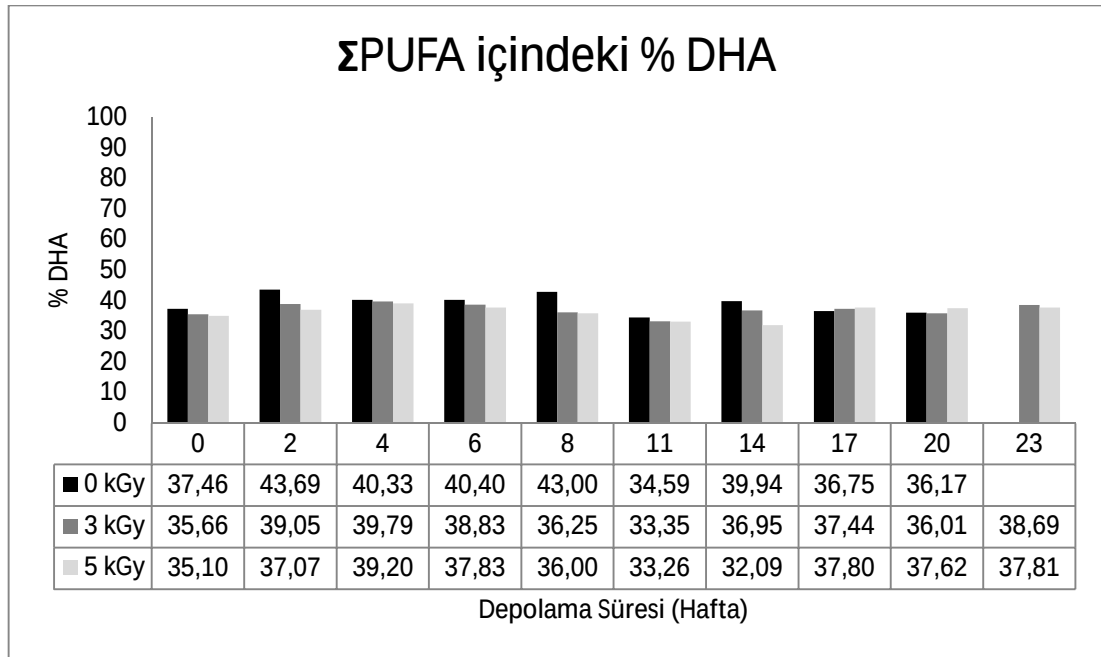
Depolamanın 20. haftasında kontrol, 3 ve 5 kGy dozda ışınlanmış grupların vasenik değerleri sırasıyla % 2.14, % 2.82 ve % 2.88 olarak tespit edilmiştir. 3 ve 5 kGy dozda ışınlanmış gruplar için depolamanın devam ettiği 23. haftada ise vasenik

asit değerleri sırasıyla % 3.07 ve % 2.79 olarak tespit edilmiştir. Kontrol grubunda vassenik asit değerlerinde depolama sonunda önemli bir azalma gözlenirken ($p<0.05$), 3 kGy dozda ışınlanmış grupta önemli bir yükselme ($p<0.05$), 5 kGy dozda ışınlanmış grupta ise önemli bir değişim tespit edilmemiştir ($p>0.05$). Işınlama uygulamasının etkisi değerlendirildiğinde depolamanın 20. haftasında 3 ve 5 kGy dozda ışınlanmış grupların değerleri kontrol grubuna göre daha yüksek olduğu ($p<0.05$), ancak 3 veya 5 kGy dozda ışınlanmış gruplar arasında bir farklılığın olmadığı gözlenmiştir ($p>0.05$). Depolamanın 23. haftasında ise 3 kGy dozda ışınlanmış grubun vassenik asit değerlerinin 5 kGy dozda ışınlanmış gruptan daha yüksek olduğu gözlenmiştir ($p<0.05$).

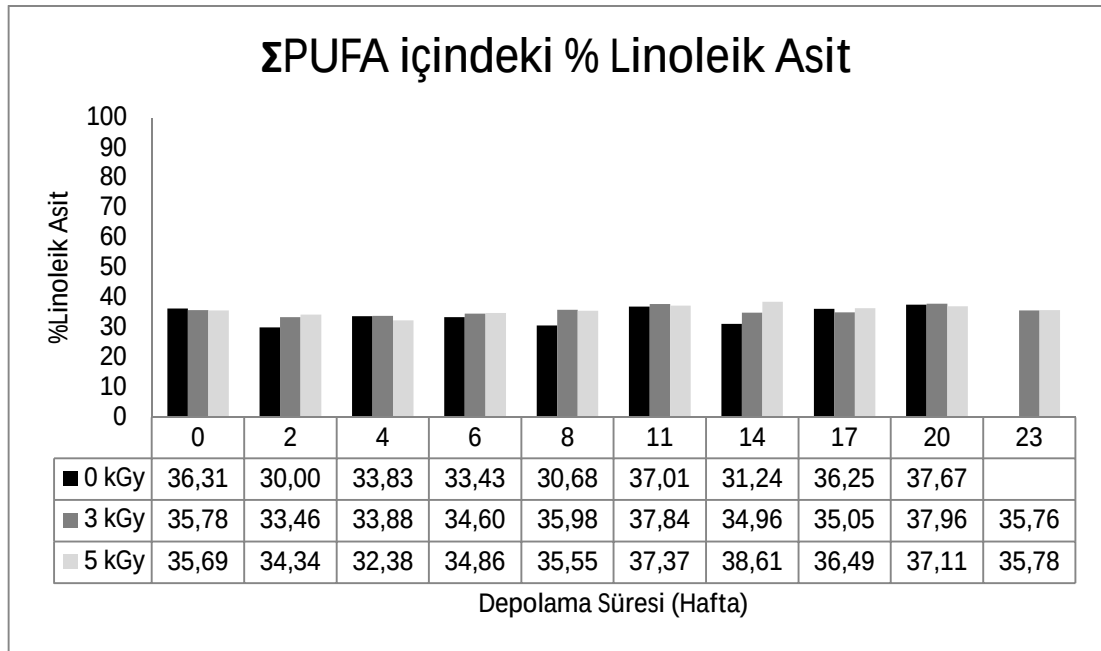
Araştırmada, toplam tekli doymamış yağ asitleri (Σ MUFA) genel olarak değerlerinde haftalar içinde dalgalanmalar gözlenmiştir. Depolamanın başlangıcında 0, 3, ve 5 kGy dozlarında ışınlanmış grupların toplam MUFA oranları sırasıyla % 28.56, 29.08 ve 32.10 olarak tespit edilmiş ve gruplar arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık gözlenmemiştir ($p>0.05$). Depolamanın 20. haftasında kontrol, 3 ve 5 kGy dozda ışınlanmış grupların Σ MUFA değerleri sırasıyla % 27.96, 30.96 ve 31.61, 23. haftada ise 3 ve 5 kGy dozda ışınlanmış grupların sırasıyla % 30.92 ve 32.38 olarak tespit edilmiştir. Bütün gruplarda depolama boyunca istatistiksel olarak önemli derecede bir değişim gözlenmemiştir ($p>0.05$). Işınlamanın etkisi değerlendirildiğinde depolamanın 20. haftasında 3 ve 5 kGy dozlarında ışınlanmış grupların toplam MUFA değerlerinin kontrol grubuna göre önemli derecede yüksek olduğu gözlenirken ($p<0.05$), 3 ve 5 kGy dozlarında ışınlanmış grupların arasında bir farklılığın olmadığı tespit edilmiştir ($p>0.05$). Benzer şekilde, depolamanın 23. haftasında da 3 ve 5 kGy dozda ışınlanmış gruplar arasında önemli bir farklılık tespit edilmemiştir ($p>0.05$).

Araştırmada, depolama başlangıcında toplam çoklu doymamış yağ asitlerinin (PUFA) kontrol, 3 ve 5 kGy dozda ışınlanmış gruplarda sırasıyla % 37.46, % 35.66 ve % 35.10'luk kısmını DHA'nın (Şekil 4.3), % 36.31, 35.78 ve 35.69'lik kısmını ise linoleik asidin oluşturduğu belirlenmiştir (Şekil 4.4.). Bundan dolayı bu iki yağ asidinin temel çoklu doymamış yağ asitleri olduğu söylenebilir. Benzer şekilde Harlioğlu (2012), gökkuşağı alabalıklarının DHA ve linoleik asit değerlerinin toplam

PUFA içindeki oranlarının sırasıyla % 32.73 ve % 31.86 olarak tespit etmiş, Yıldız ve ark. (2006) ise sırasıyla % 37.38 ve % 41.43 olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca Özoğul ve ark. (2007), kadife balığı (*Tinca tinca*) ve kutum balığı (*Rutilus frisii*) gibi tatlı su balıklarının toplam PUFA içindeki DHA oranlarının sırasıyla % 38.36 ve % 32.48, Kuzey Afrika kedi balığının toplam PUFA içindeki linoleik asit oranının % 30.08 olarak tespit etmişler ve çalışmamızla benzer sonuçlara ulaşmışlardır.



Şekil 4.3. Farklı Dozlarda Işınlanan Tütsülü Alabalık Filetolarının Soğuk Depolanması Süresince Toplam Çoklu Doymamış Yağ Asidi (ΣPUFA) içindeki DHA Değerlerinde Meydana Gelen Değişimler.



Şekil 4.4. Farklı Dozlarda Işınlanan Tütsülü Alabalık Filetolarının Soğuk Depolanması Süresince Toplam Çoklu Doymamış Yağ Asidi (ΣPUFA) içindeki Linoleik Asit Değerlerinde Meydana Gelen Değişimler.

Çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) içerisinde baskın olan diğer yağ asitleri, linolenik asit (C18:3ω3), araşidonik asit (C20:4ω6) ve eikosapentaenoik asit (EPA, C20:5ω3) olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.2, 4.3, 4.4). Depolama başlangıcında, kontrol grubunda sırasıyla % 14.76, % 2.64, % 3.87, % 2.91 ve % 14.82 olan linoleik asit, linolenik asit, araşidonik asit, EPA ve DHA değerleri, 3 kGy dozda ışınlanmış gruplarda sırasıyla % 12.93, % 2.48, % 3.56, % 3.12 ve % 12.89, 5 kGy dozda ışınlanmış gruplarda ise sırasıyla % 12.44, % 2.37, % 3.51, % 3.28 ve % 12.32 olarak tespit edilmiştir. Işınlama uygulaması sonucunda linoleik asit dışında diğer yağ asitlerinde istatistik olarak önemli bir farklılık gözlenmemiştir ($p>0.05$). Kontrol grubunda linoleik asit oranı 3 ve 5 kGy dozda ışınlanmış gruplara göre önemli derecede yüksek bulunmuştur ($p<0.05$).

PUFA içerisinde yer alan yağ asitleri değerlerinde depolama boyunca ise dalgalanmalar gözlenmiştir. Kontrol ve 3 ve 5 kGy dozlarında ışınlanmış gruplar arasında ise linoleik asitte depolama başlangıcındaki farklılık aradaki bir kaç hafta dikkate alınmadığı durumda devam etmiş ve kontrol grubunun linoleik asit

değerlerinin önemli derecede daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Linolenik asitte depolama boyunca gruplar arasında ışınlama uygulamasının etkisi değişim göstermiş ama genel olarak gruplar arasında bir farklılık gözlenmemiştir. Araşidonik asitte de genel olarak (2. ve 14. haftalar hariç) depolama boyunca istatistiksel farklılıklar gözlenmemiştir. EPA değerlerinde de kontrol ve ışınlanmış gruplar arasında depolama süresince genel olarak (17. hafta hariç) bir fark gözlenmemiştir. DHA'da ise ışınlama uygulamasının etkileri oldukça net bir şekilde gözlenmiş ve kontrol grubunun genel olarak 5 kGy dozda ışınlanan gruba göre daha yüksek değerlerde olduğu tespit edilmiştir.

Depolamanın 20. haftasında kontrol, 3 ve 5 kGy dozlarında ışınlanmış grupların linoleik asit değerleri sırasıyla % 13.40, % 13.02 ve % 12,46, 23. haftada ise 3 ve 5 kGy dozların ışınlanmış grupların linoleik asit değerleri sırasıyla % 11.90 ve % 11.54 olarak tespit edilmiştir. 3 kGy dozda ışınlanmış grup hariç kontrol ve 5 kGy ışınlanmış gruplarda depolama sonunda istatistiksel olarak önemli derecede azalmaların olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$). Işınlama uygulamasının etkisi değerlendirildiğinde depolamanın 20. haftasında kontrol grubunun linoleik asit değerinin diğer gruplara göre önemli derecede yüksek olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$). Işınlanmış gruplar arasında da, 3 kGy dozda ışınlanmış grubun linoleik asit değerinin, 5 kGy dozda ışınlanmış gruba göre önemli derecede yüksek olduğu gözlenmiştir ($p<0.05$). Depolamanın 23. haftasında da 3 kGy dozda ışınlanmış grubun linoleik asit değerinin, 5 kGy dozda ışınlanmış gruba göre önemli derecede yüksek olduğu gözlenmiştir ($p<0.05$).

Depolamanın 20. haftasında kontrol, 3 ve 5 kGy dozlarında ışınlanmış grupların linolenik asit değerleri sırasıyla % 2.66, % 2.48 ve % 2.47, 23. haftada ise 3 ve 5 kGy dozlarında ışınlanmış grupların linolenik asit değerleri sırasıyla % 2.48 ve % 2.51 olarak tespit edilmiştir. Kontrol ve 3 kGy dozda ışınlanmış gruplarda depolama sonunda bir değişim gözlenmezken ($p>0.05$), 5 kGy dozda ışınlanmış grupta ise önemli derecede bir yükselme tespit edilmiştir ($p<0.05$). Işınlama uygulamasının etkisi değerlendirildiğinde, depolamanın 20. haftasında kontrol grubunun linolenik asit değerinin, 3 ve 5 kGy dozlarında ışınlanmış gruplardan istatistiksel olarak daha yüksek olduğu gözlenmiştir ($p<0.05$). 3 veya 5 kGy

dozlarında ışınlanmış gruplar arasında ise bir farklılık gözlenmemiştir ($p>0.05$). Benzer şekilde, depolamanın 23. haftasında da 3 ve 5 kGy dozlarında ışınlanmış gruplar arasında bir farklılık tespit edilmemiştir ($p>0.05$).

Depolamanın 20. haftasında kontrol, 3 ve 5 kGy dozlarında ışınlanmış grupların araşidonik asit değerleri sırasıyla % 3.24, % 3.07 ve % 2.83, 23. haftada ise 3 ve 5 kGy dozlarında ışınlanmış grupların sırasıyla % 2.91 ve % 2.86 olarak tespit edilmiştir. Kontrol ve 3 kGy dozda ışınlanmış gruplarda depolama sonunda önemli derecede azalmaların olduğu gözlenirken ($p<0.05$), 5 kGy dozda ışınlanmış grupta depolama sonunda bir değişim olmadığı gözlenmiştir ($p>0.05$). Işınlama uygulamasının etkisi değerlendirildiğinde depolamanın 20 ve 23. haftalarında gruplar arasında istatistiksel bir farklılık gözlenmemiştir ($p>0.05$).

Depolamanın 20. haftasında kontrol, 3 ve 5 kGy dozlarında ışınlanmış grupların EPA değerleri sırasıyla % 2.25, % 2.19 ve % 1.97, 23. haftada ise 3 ve 5 kGy dozlarında ışınlanmış grupların EPA değerleri sırasıyla % 1.87 ve % 1.96 olarak tespit edilmiştir. Bütün gruplarda depolama sonunda önemli derecede azalmaların olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$). Işınlama uygulamasının etkisi değerlendirildiğinde depolamanın 20. haftasında gruplar arasında bir farklılık gözlenmemiştir ($p<0.05$). Depolamanın 23. haftasında ise 5 kGy dozda ışınlanmış grubun EPA değeri 3 kGy dozda ışınlanmış gruba göre daha yüksek tespit edilmiştir ($p<0.05$).

Depolamanın 20. haftasında kontrol, 3 ve 5 kGy dozlarında ışınlanmış grupların DHA değerleri sırasıyla % 12.87, % 12.35 ve % 12.63, 23. haftada ise 3 ve 5 kGy dozlarında ışınlanmış grupların DHA değerleri sırasıyla % 12.88 ve % 12.20 olarak tespit edilmiştir. Kontrol grubunda depolama sonunda istatistiksel olarak önemli bir azalma gözlenirken ($p<0.05$), 3 kGy ve 5 kGy dozlarında ışınlanmış gruplarda ise depolama sonunda bir değişim gözlenmemiştir ($p>0.05$). Işınlama uygulamasının etkisi değerlendirildiğinde depolamanın 20. haftasında gruplar arasında bir farklılık gözlenmemiştir ($p<0.05$). Depolamanın 23. haftasında ise 3 kGy dozda ışınlanmış grubun EPA değerlerinin, 5 kGy dozda ışınlanmış gruba göre önemli derecede daha yüksek olduğu gözlenmiştir ($p<0.05$).

Araştırmada, toplam çoklu doymamış yağ asitlerinin (Σ PUFA) genel olarak değerlerinde haftalar içinde dalgalanmalar gözlenmiştir. Depolamanın başlangıcında

0, 3, ve 5 kGy dozlarında ışınlanmış grupların Σ PUFA değerleri, toplam yağ asitleri içinde sırasıyla % 40.66, % 36.14 ve % 34.85 olarak bulunmuş ve gruplar arasında istatistiksel olarak önemli bir fark tespit edilmemiştir ($p>0.05$). Depolamanın 20. haftasında kontrol, 3 ve 5 kGy dozlarında ışınlanmış grupların toplam PUFA değerleri sırasıyla % 36.58, % 34.29 ve % 33.58, 23. haftada ise 3 ve 5 kGy dozlarında ışınlanmış grupların toplam PUFA sırasıyla % 33.28 ve % 32.25 olarak tespit edilmiştir. Kontrol grubunun toplam PUFA değerinde depolama sonunda istatistiksel olarak önemli derecede azalma gözlenirken ($p<0.05$), 3 ve 5 kGy dozlarında ışınlanan grupların toplam PUFA değerlerinde istatistiksel olarak önemli bir değişim gözlenmemiştir ($p>0.05$). Işınlama uygulamasının etkisi değerlendirildiğinde depolamanın 20. haftasında kontrol grubunun toplam PUFA değerinin, 3 ve 5 kGy dozlarında ışınlanmış gruplara göre istatistiksel olarak daha yüksek olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$). 3 ve 5 kGy dozlarında ışınlanmış gruplar arasında ise önemli bir farklılık gözlenmemiştir ($p>0.05$). Depolamanın 23. haftasında ise 3 kGy dozda ışınlanmış grubun toplam PUFA değerinin, 5 kGy dozda ışınlanmış gruba göre önemli derecede daha yüksek olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$). Yapılan çalışmada PUFA oranları genel olarak incelendiğinde, depolama süresince kontrol grubunun PUFA oranlarında bir azalma gözlenirken, 3 ve 5 kGy dozlarında ışınlanan grupların toplam PUFA oranlarında bir değişimin olmadığı gözlenmektedir. Araştırmada elde edilen verilere göre ışınlama düzeyinin artması ile birlikte PUFA oranlarında genel olarak bir azalmanın olduğu sonucu çıkarılabilir.

Araştırmada gökkuşağı alabalığı filetolarında toplam PUFA içerisinde depolama başlangıcında $\omega 6$ serisi yağ asitleri kontrol, 3 ve 5 kGy dozda ışınlanmış gruplarda sırasıyla % 19.12, % 17.01 ve % 16.20 olarak tespit edilmiştir. Aynı şekilde $\omega 3$ serisi yağ asitleri de kontrol, 3 ve 5 kGy dozda ışınlanmış gruplarda sırasıyla % 20.77, % 18.49 ve % 17.97 olarak tespit edilmiştir. Başlangıçta ışınlama uygulamasının $\omega 6$ serisi yağ asitleri oranları üzerine etkili olduğu, kontrol grubunun $\omega 6$ serisi yağ asidi değerlerinin 5 kGy dozda ışınlanan gruptan önemli derecede daha yüksek olduğu gözlenmektedir ($p<0.05$). $\omega 3$ serisi yağ asitlerinde ise ışınlama uygulamasının başlangıçta bir etkisi olmadığı gözlenmektedir ($p>0.05$).

Depolama 20. haftasında kontrol, 3 ve 5 kGy dozda ışınlanmış grupların $\omega 6$ serisi yağ asidi değerleri sırasıyla % 17.14, % 16.59 ve % 15.79, 23. haftada ise 3 ve 5 kGy dozda ışınlanmış grupların $\omega 6$ serisi yağ asidi değerleri sırasıyla % 15.35 ve % 14.93 olarak tespit edilmiştir. Bütün gruplarda depolama süresince $\omega 6$ serisi yağ asitlerinde önemli derecede azalmalar gözlenmiştir ($p < 0.05$). Işınlama uygulamasının etkisi değerlendirildiğinde depolamanın 20. haftasında kontrol grubunun $\omega 6$ serisi yağ asidi değeri, 3 ve 5 kGy dozda ışınlanmış gruplara göre önemli derecede daha yüksek olarak bulunmuştur ($p < 0.05$). Işınlanmış gruplarda da 3 kGy dozda ışınlanan grubun, 5 kGy dozda ışınlanmış gruba göre istatistiksel olarak önemli derecede daha yüksek olduğu gözlenmiştir ($p < 0.05$).

Depolamanın 20. haftasında kontrol, 3 ve 5 kGy dozlarında ışınlanmış grupların $\omega 3$ serisi yağ asidi değerleri sırasıyla % 17.78, 17.02 ve 17.07, 23. haftada ise 3 ve 5 kGy dozda ışınlanmış grupların $\omega 3$ serisi yağ asidi değerleri sırasıyla % 15.35 ve 16.67 olarak tespit edilmiştir. Depolama süresince kontrol grubunda önemli derecede bir azalmanın olduğu gözlenirken ($p < 0.05$), 3 ve 5 kGy dozda ışınlanmış gruplarda bir değişimin olmadığı gözlenmiştir ($p > 0.05$). Işınlama uygulamasının etkisi değerlendirildiğinde depolamanın 20. haftasında gruplar arasında önemli bir farklılık gözlenmezken ($p > 0.05$), 23. haftada 5 kGy dozda ışınlanmış grubun, 3 kGy dozda ışınlanmış gruba göre önemli derecede daha yüksek $\omega 3$ serisi yağ asidi içerdiği tespit edilmiştir ($p < 0.05$). $\omega 6$ ve $\omega 3$ serisi yağ asitleri genel olarak incelendiğinde ışınlamanın ve aynı zamanda ışınlama dozunun gruplar arasında değişimlere sebep olduğu gözlenmektedir. Genel olarak kontrol grubu yüksek değerler içerirken, 5 kGy dozda ışınlanmış grubun ise en düşük değerleri içerdiği gözlenmektedir.

Toplam $\omega 6/\omega 3$ oranları üzerine ışınlama uygulamasının önemli bir etkisi gözlenmemiştir. Depolama sürecinin de, aynı şekilde gruplar arasında genel olarak değişikliğe sebep olmadığı gözlenmiştir. $\omega 6/\omega 3$ oranlarında en düşük değer kontrol grubunda 2. haftada 0.75 olarak tespit edilirken, en yüksek değer 5 kGy dozda ışınlanmış grupta 14. haftada 1.03 olarak tespit edilmiştir. HSMO (1994)'de tavsiye edilen en uygun $\omega 6/\omega 3$ oranının 4.0'ın altında olması gerektiği belirtilmiştir. Elde edilen $\omega 6/\omega 3$ oranları bu değerler içerisinde yer almaktadır. Yıldız ve ark. (2006),

gökkuşağı alabalıkları üzerinde yaptıkları çalışmada $\omega 6/\omega 3$ oranının 0.80 olarak tespit etmişlerdir. Aynı şekilde Senadheera ve ark. (2012) gökkuşağı alabalığı üzerinde yaptıkları çalışmada $\omega 6/\omega 3$ oranını 0.98 olarak tespit etmişlerdir.

Araştırmada, PUFA/SFA oranları ışınlama uygulaması sonrasında kontrol, 3 ve 5 kGy dozlardada ışınlanmış gruplarda sırasıyla 2.09, 1.81 ve 1.64 olarak tespit edilmiştir. Kontrol grubunun PUFA/SFA oranının, özellikle 5 kGy dozda ışınlanmış gruba göre istatistiksel olarak daha yüksek olduğu gözlenirken ($p<0.05$), 3 kGy ve 5 kGy dozda ışınlanmış grupların PUFA/SFA oranlarında bir değişimin olmadığı gözlenmiştir. ($p>0.05$). Bütün gruplarda depolama süresince PUFA/SFA oranlarında istatistiksel olarak azalmalar gözlenmiştir ($p<0.05$). Depolama sonunda da benzer bir tablo gözlenmiş ve genel olarak 5 kGy dozda ışınlanmış grubun PUFA/SFA oranları düşük olarak gözlenirken, kontrol grubunun daha yüksek oranlarda olduğu tespit edilmiştir. Mbarki ve ark. (2008) ve Gecgel (2011)'in yaptıkları çalışmalarda veriler incelendiğinde aynı sonuçları elde edildiği gözlenmektedir. Ayrıca HMSO (1994) tarafından önerilmekte olan PUFA/SFA oranının en az 0.45 olması gerektiği bildirilmektedir. Araştırmada tespit edilen en düşük PUFA/SFA oranını 1.39 olarak tespit edilmiştir.

Oraei ve ark. (2011a) gökkuşağı alabalığı filetoalarını 0, 1, 3 ve 5 kGy düzeylerinde ışınladıkları ve yağ asidi değişimlerini inceledikleri bir çalışmada ışınlamanın başlangıçta yağ asidi düzeylerinde her hangi bir değişime sebep olmadığını tespit etmişlerdir. Bizim çalışmamızda da, başlangıçta 3 ve 5 kGy dozda ışınlama altında linoleik asit dışında diğer yağ asitlerinde ışınlamanın istatistiksel olarak önemli bir etkisi gözlenmemektedir. Ayrıca araştırmacılar bu çalışmada elde edilen sonuçlara benzer olarak toplam SFA, MUFA ve PUFA değerlerinde de başlangıçta ışınlamanın bir etkisinin olmadığını tespit etmişlerdir. Oraei ve ark. (2011a) düşük sıcaklıkların serbest radikallerin üretimini düşürdüğünü ve böylelikle yağ asidi değişimlerinin yavaşlatıldığını tespit etmişlerdir. Kwon ve Byun (1995) hava almaz şekilde paketlenmiş, haşlanmış-kurutulmuş hamsilere (*Engraulis engrasicholus*) 5 kGy dozda ışınlama uygulamışlar ve 12 gün depolamışlardır (5-10 °C). Depolama başlangıcında PUFA düzeyinde ışınlama ile birlikte % 5'lik bir azalma ve SFA düzeyinde ise az miktarda artış gözlemelerine rağmen bu

değişimlerin istatistik olarak önemli olmadığını belirtmişlerdir. Araştırmacılar, hamsi'de en baskın yağ asitlerini palmitik asit, oleik asit ve DHA olarak tespit etmişlerdir ve 5 kGy dozda ışınlamanın bu yağ asitlerinde değişime sebep vermediğini saptamışlardır. Mbarki ve ark. (2008) yaptıkları bir çalışmada 0, 1.5, 4.5, 6 ve 7 kGy düzeyinde ışınladıkları palamut balığını (*Sarda sarda*) 2 °C'de depolamışlardır. 21 günlük depolama süresince kontrol ve ışınlanmış grupların SFA değerlerinde bir artış PUFA değerlerinde önemli derecede bir azalma tespit etmişlerdir. EPA+DHA değerleri üzerine de ışınlama uygulamasının başlangıçta etkili olduğu gözlenmiş, ışınlama miktarı arttıkça EPA+DHA değerlerinde bir azalma olduğu belirtilmiştir. Araştırmacılar depolama süresince de EPA+DHA değerlerinde bir azalma olduğunu ve bu azalmanın kontrol grubunda yüksek olduğunu, buna karşın ışınlama dozu arttıkça aradaki azalma miktarının düştüğünü belirtmişlerdir. Yaptığımız çalışmada da kontrol grubunun EPA+DHA değerlerinde depolama boyunca bir azalma gözlenirken, 3 ve 5 kGy dozda ışınlanmış gruplarda depolamanın bir değişim oluşturmadığı gözlenmiştir.

Erkan ve ark. (2007) 0, 2.5 ve 5 kGy düzeyinde ışınlanan çipuraların (*Sparus aurata*) MUFA değerleri üzerinde kontrol ve ışınlanmış gruplar arasında önemli bir farklılığın olmadığını ancak, 2.5 ve 5 kGy dozda ışınlanmış gruplar arasında ışınlama uygulamasının bir farklılık yarattığını, ışınlama düzeyi arttıkça MUFA düzeyinde bir artışın olduğunu belirlemişlerdir. Toplam SFA düzeylerinde ise 2.5 kGy dozda ışınlanmış grupta zayıf bir azalma gözlenirken, 5 kGy dozda ışınlanmış grupta ise zayıf bir artış olduğunu belirtmişlerdir. Cozzo-Siqueira ve ark. (2003) 0, 1 ve 2.2 kGy düzeyinde ışınlamanın tilapyaaların (*Oreochromis niloticus*) SFA ve PUFA değerleri üzerinde bir farklılık oluşturmadığını gözlemişlerdir. MUFA değerlerinde ise ışınlama ile birlikte zayıf bir azalmanın oluştuğunu tespit etmişlerdir. Araştırmacılar, 20 günlük depolamanın sonunda SFA değerlerinde artışlar, PUFA değerlerinde ise azalmalar gözlendiğini belirtmişlerdir. Yapılan bu çalışmada depolama sonunda MUFA değerlerinde kontrol grubunda bir değişim gözlenmezken, 1 kGy dozda ışınlanmış grupta bir miktar azalma, 2.2 kGy dozda ışınlanmış grupta ise bir miktar yükselmenin olduğu belirtilmiştir. Etyemez (2011) 4 ve 5 kGy düzeylerinde ışınlanan kurbağa bacakları (*Rana esculenta*) üzerinde yaptığı çalışmada ışınlamanın SFA ve

MUFA değerleri üzerinde bir değişikliğe neden olmadığını rapor etmiştir. PUFA değerlerinde ise ışınlama ile bir dereceye kadar azalma gözlenirken, 4 veya 5 kGy dozda ışınlanmış gruplarda PUFA değerlerinde bir farklılığın olmadığı belirtilmiştir.

Sonuç olarak, araştırmada tütsülü gökkuşağı alabalığı filetolarının temel yağ asitlerinin palmitik asit (C16:0), oleik asit (18:1ω9), linoleik asit (18:2ω6) ve dokosaheksaenoik asit (DHA, C22:6ω3) olduğu belirlenmiştir. Işınlama uygulamasının tütsülü alabalık filetolarının yağ asidi bileşenlerinde (linoleik asit hariç) istatistiksel olarak önemli düzeyde bir farklılık oluşturmadığı belirlenmiştir ($p>0.05$). Depolama süresince SFA değerlerinde bir artış gözlenirken, 5 kGy ışınlanmış grubun toplam SFA düzeyindeki artışının en yüksek seviyede olduğu tespit edilmiştir. MUFA değerlerinde ise depolama süresince genelde bir dalgalanma gözlenmesine karşın, depolama sonunda gruplar arasında bir farklılığın olmadığı tespit edilmiştir. PUFA değerlerinde depolama süresince ışınlanmış grupların değerlerinin kontrol grubuna göre daha düşük olduğu gözlenmiş, depolama sonunda ise kontrol grubunun PUFA değerlerinde önemli bir azalma tespit edilirken, 3 ve 5 kGy ışınlanmış gruplarda bir değişimin olmadığı tespit edilmiştir.

4.2. Farklı Dozlarda Işınlanmış Tütsülü Alabalık Filetolarının 2 °C’de Depolanması Süresince Kimyasal Kalite Kontrol Parametrelerinde Meydana Gelen Değişimler

4.2.1. pH

Farklı dozlarda ışınlanarak soğuk depolanan (2 °C) tütsülü alabalık filetolarının depolanma süresince pH değerlerinde belirlenen değişimler Çizelge 4.5’de verilmiştir.

Çizelge 4.5. Farklı Dozlarda Işınlanan Tütsülü Alabalık Filetolarının Soğuk Depolanma Süresince pH Değerlerinde Meydana Gelen Değişimler.

Depolama Süresi (Hafta)	Kontrol (0 kGy)	3 kGy	5 kGy
0	6.33±0.02 ^{aA}	6.31±0.01 ^{aA}	6.30±0.02 ^{aA}
2	6.39±0.01 ^{bA}	6.36±0.02 ^{bA}	6.38±0.02 ^{bA}
4	6.46±0.02 ^{dB}	6.44±0.01 ^{cA}	6.42±0.01 ^{cA}
6	6.54±0.01 ^{eB}	6.45±0.01 ^{cA}	6.47±0.02 ^{dA}
8	6.44±0.02 ^{cB}	6.34±0.01 ^{bA}	6.41±0.04 ^{bcB}
11	6.47±0.01 ^{dB}	6.46±0.02 ^{cB}	6.39±0.01 ^{bA}
14	6.52±0.02 ^{eA}	6.49±0.02 ^{dA}	6.50±0.01 ^{deA}
17	6.60±0.01 ^{fC}	6.43±0.03 ^{cA}	6.51±0.01 ^{eB}
20	6.81±0.01 ^{gC}	6.62±0.01 ^{eB}	6.54±0.00 ^{fA}
23	-	6.70±0.01 ^{fB}	6.67±0.01 ^{gA}

Aynı sütunda yer alan farklı harfler (a-g) depolamaya bağlı gözlenen istatistiksel olarak farklılıkları göstermektedir (p < 0.05).

Aynı satırda yer alan farklı harfler (A-C) ışınlamaya bağlı gözlenen istatistiksel olarak farklılıkları göstermektedir (p < 0.05).

Değerler ortalama ve standart sapma olarak ifade edilmiştir, n=3.

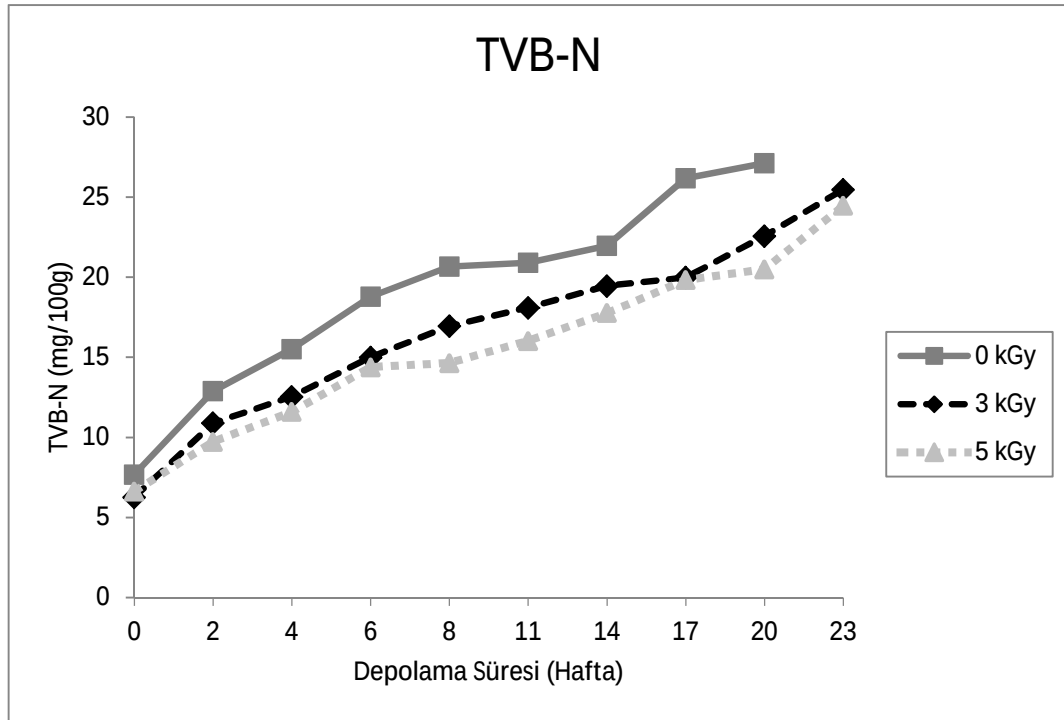
Araştırmada, depolama başlangıcında kontrol, 3 ve 5kGy dozda ışınlama uygulanmış filetoların pH değerlerinin sırasıyla 6.33, 6.31 ve 6.30 olduğu belirlenmiştir. Bu değerler arasında herhangi bir istatistiksel farklılık olmadığı görülmektedir (p>0.05). Depolamanın sonunda ise kontrol grubunun 20 hafta sonunda pH değerinin 6.81, 3kGy ve 5kGy ışınlanmış filetoların 23 hafta sonundaki pH değerleri ise sırasıyla 6.70 ve 6.67 olarak belirlenmiştir. Depolamanın sonunda kontrol ve farklı dozlarda ışınlanmış gruplar arasında istatistiksel olarak farklılıklar olduğu gözlenmiştir. Özellikle kontrol grubunun 20. haftada ulaştığı değerine (6.81), 3 kGy ve 5kGy dozda ışınlanmış grupların 23 haftalık depolama sonunda ulaşamadıkları görülmektedir.

Canlı bir balığın kas dokusunun pH düzeyinin 7'ye yakın olduğu ama ölüm sonrası türden türe, mevsime ve bir çok diğer faktöre bağlı olarak 6.0 ile 7.1 arasında değiştiği araştırmacılar tarafından belirtilmiştir (Moini ve ark. 2009; Oraei ve ark. 2012; Özden ve ark. 2007a). Özellikle tütülenmiş ürünlerin pH'sındaki azalma, tütüsü işlemi esnasındaki nem azalmasından ve öncesindeki tuzlama işleminin etkisinden kaynaklandığı bildirilmiştir (Dimitriadou ve ark. 2008; Fuentes ve ark. 2010). Depolama süresince artan pH düzeylerinin, alkali bileşiklerinin, mikrobiyal sebeplerden dolayı oluşan biyojen amin, trimetilamin ve amonyak gibi uçucu bazik bileşiklerden kaynaklandığı bildirilmiştir (Oraei ve ark. 2012, Hocaoglu ve ark. 2012, Moini ve ark. 2009). Connel (1980), düşük pH değerlerini daha yavaş bir mikrobiyal gelişim göstergesi olarak bildirmiştir. Bunun yanında Oehlenschläger (1992), pH'nın tek başına bir kalite göstergesi olmadığını ama genel olarak su ürünlerinin pH'sının 7'ye ulaştığında ürünlerin bozulmuş olabileceğini bildirmiştir.

Çeşitli araştırmacılar yaptıkları çalışmalarda ışınlamanın başlangıçta pH düzeyi üzerine etkisinin olmadığını bildirmelerine karşın (Yang ve ark. 2014; Cozzo-Siqueira ve ark. 2003; Özden ve ark. 2007a), ışınlanmış ürünlerin depolanması sonrasında pH düzeylerinde farklılıklar oluştuğunu belirtmişlerdir (Hocaoglu ve ark. 2012; Mendes ve ark. 2000; Cozzo-Siqueira ve ark. 2003; Oraei ve ark. 2012). Depolamanın sonunda özellikle kontrol grubunda gözlenen yüksek pH değerlerinin ortamın mikrobiyal yükünün ışınlanmış örneklerle göre oldukça daha yüksek oluşundan ve bu sebeple ortamda alkali bileşiklerin ve dolayısıyla amonyak ve trimetilamin gibi bileşiklerin artmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Moini ve ark. 2009; Oraei ve ark. 2012; Özden ve ark. 2007a).

4.2.2. Toplam Uçucu Bazik Azot (TVB-N)

Farklı dozlarda ışınlanarak soğuk depolanan (2 °C) tütümlü alabalık filetlarının depolanma süresince TVB-N değerlerinde belirlenen değişimler Şekil 4.5'de verilmiştir.



Şekil 4.5. Farklı Dozlarda Işınlanan Tütsülü Alabalık Filetolarının TVB-N Değerleri (mg/100g).

Araştırmada depolama başlangıcında kontrol, 3 ve 5 kGy dozda ışınlanmış grupların TVB-N değerleri sırasıyla 7.69, 6.27 ve 6.63 mg/100g olarak tespit edilmiştir. 3 ve 5 kGy dozda ışınlanmış tütsülü alabalık filetolarının TVB-N değerleri arasında istatistiksel olarak bir farklılık gözlenmezken ($p>0.05$), kontrol grubunun TVB-N değerinin ışınlanmış gruplardan istatistiksel olarak önemli derecede yüksek olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$). Depolama süresi boyunca kontrol grubunun TVB-N değeri ışınlanmış gruplara göre daha yüksek değerler olarak önemli bir farklılık göstermiş ve depolama sonunda 27.12 mg/100g seviyesine erişmiştir. 3 ve 5 kGy dozda ışınlanmış grupların ise depolama süresince bazı önemli farklılıklar gözlenmiş olsa da depolama sonunda istatistiksel olarak bir farklılık gözlenmemiştir. Depolama sonunda 3 ve 5 kGy dozda ışınlanmış grupların TVB-N değerleri sırasıyla 25.47 ve 24.46 mg/100g olarak tespit edilmiştir. Bu değerlerden de anlaşılacağı üzere ışınlamanın TVB-N değerleri üzerinde etkili olduğu ama 3 ve 5 kGy ışınlama dozlarının kendi aralarında istatistiksel olarak bir farklılık oluşturmadığı gözlenmektedir ($p>0.05$).

Depolama boyunca gözlenen TVB-N değerinin birçok araştırmacı tarafından balık ve diğer su ürünlerinin değerlendirilmesinde önemli bir kalite kriteri olduğu belirtilmiştir (Moini ve ark. 2009; Oraei ve ark. 2012; Angiş ve Oğuzhan 2013). Toplam uçucu bazik azot (TVB-N), proteinlerin ve protein olmayan azotlu bileşiklerin parçalanması sonucunda ortaya çıkmaktadır (Yang ve ark. 2014). TVB-N düzeyindeki artışlar, bozulma bakterilerinin ve endojen enzimlerin aktiviteleri ile ilişkili olup, sonuçta su ürünlerinde kötü kokuya sebep olan amonyak, indol, skatol, kadevrin, monoetilamin, dimetilamin ve trimetilaminin gibi bileşiklerin ortaya çıktığı birçok araştırmacı tarafından bildirilmiştir (Abdeldaiem 2014, Moini ve ark. 2009; Ruiz-Capillas ve ark. 2005). Balık etinde TVB-N düzeyi bir kalite kriteri olarak değerlendirildiğinde 15-20 mg/100g TVB-N düzeyinde balık etinin iyi durumda olduğunu, bunun yanında 35 mg/100g TVB-N düzeyi ve üzerinin bozulma göstergesi olduğu bildirilmektedir (Oraei ve ark. 2012; Lang 1983). Bununla birlikte Moini ve ark. (2009), TVB-N düzeyinin balığın türüne, spesifik uygulamalara ve işlenme şekillerine göre değişiklikler gösterdiğini bildirmişlerdir. Bu sebepten değişik balık türleri için Mendes ve ark. (2005), bozulma sınırını 30-40 mg/100g, Chouliara ve ark. (2004), 30-35 mg/100g, Connel (1990), 35-40 mg/100g, Lopez-Caballero ve ark. (2000), 25-30 mg/100g, Kim ve ark. (2002), 20-25 mg/100g, Huss (1988), 35 mg/100g ve Yang ve ark. (2014) 50 mg/100g TVB-N düzeylerini bozulma sınırı olarak bildirmişlerdir.

Sıcak tütsülenmiş ürünlerde, TVB-N düzeyinde nem düzeyinin düşmesinden kaynaklanan bir artışın olduğu birçok araştırmacı tarafından gözlenmiştir (Vasiliadou ve ark. 2005; Goulas ve Kontominas 2005). Yaptığımız çalışmada çiğ alabalık örneklerinin TVB-N düzeyi 4.87 mg/100g olarak tespit edilirken, TVB-N değerinin tütsülendiğinde 7.69 mg/100g olduğu gözlenmiştir. Yaptığımız çalışma ile benzer özellikler gösteren Çaklı ve ark. (2006)'nın yaptıkları çalışmada tütsülenmiş ve vakum paketlenmiş alabalık filetolarının soğuk depolama başlangıcında TVB-N düzeyinin 9.3mg/100g olduğu belirtilirken, depolama sonunda bu değer 27.9 mg/100g düzeyine çıktığı bildirilmiştir.

Hocaoğlu ve ark. (2012) karidesler üzerinde yaptıkları çalışmada, 1, 3 ve 5 kGy dozda ışınlama düzeylerini uygulayarak karidesleri 4°C'de depolamışlardır.

Depolama başlangıcında TVB-N değerleri kontrol, 1, 3 ve 5 kGy dozlar için sırasıyla 12.19, 11.38, 11.33 ve 10.75 mg/100g olarak tespit edilmiş ve kontrol grubunun TVB-N değerinin, ışınlama uygulanmış değerlere göre önemli derecede yüksek olduğunu tespit etmişlerdir ($p<0.05$). Bunun yanında 1, 3 ve 5 kGy dozlarda ışınlanmış grupların TVB-N değerleri arasında bir farklılığın oluşmadığını tespit etmişlerdir ($p>0.05$). Bizim çalışmamızda da kontrol grubu ile 3 ve 5 kGy dozda ışınlanmış gruplar arasında önemli derecede fark gözlenirken, ışınlanmış grupların TVB-N değerlerinin benzer olduğu gözlenmiştir. Aynı şekilde karideslerin 3 günlük depolanmaları esnasında TVB-N düzeylerinde önemli bir artış gözlenirken, kontrol grubundaki değerlerin yükselişinin ışınlanmış gruba göre çok daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Araştırmacılar, depolama sonunda kontrol grubunun TVB-N düzeyinin 35.17mg/100g olurken, 1, 3 ve 5 kGy düzeyinde ışınlanan grupların ise 27mg/100g civarlarında kaldığını bildirmişlerdir. Bunun yanında Badr (2012), soğuk tütsülenmiş salmon filetoları ile yaptıkları çalışmada, 4°C'de depoladıkları ürünlerde 2, 3 ve 4 kGy dozlarda ışınlanan gruplarda 7 haftalık depolama sonunda TVB-N düzeyleri açısından bir farklılık ($p>0.05$) oluşmadığını tespit ederken, kontrol ve 1 kGy düzeyinde ışınlanan grupların TVB-N düzeylerinde önemli ($p<0.05$) bir artış oluştuğunu tespit etmiştir.

Bir çok araştırmacı yaptıkları çalışmalarda ışınlamanın TVB-N düzeyleri üzerinde önemli bir farklılık oluşturduğunu tespit etmişlerdir (Moini ve ark. 2009; Özden ve ark. 2007a; Badr 2012; Anwar ve ark. 2012). Bu çalışmada da benzer sonuçlar elde ettiğimizden ışınlamanın uçucu aminli bileşikler üzerinde önemli düzeyde etkili olduğunu söyleyebiliriz. TVB-N'deki azalmayı mikrobiyal dekompozisyondaki azalma ve dolayısıyla toplam aerobik mezofilik bakterilerin sayılarının azalmasıyla bağdaştırabiliriz (4.3.1).

4.2.3. Tiyobarbitürik Asit Sayısı (TBA)

Farklı dozlarda ışınlanarak soğuk depolanan (2 °C) tütsülü alabalık filetolarının depolanma süresince tiyobarbitürik asit sayısı (TBA, mg MA/kg) değerlerinde belirlenen değişimler Çizelge 4.6’de verilmiştir.

Çizelge 4.6. Farklı Dozlarda Işınlanan Tütsülü Alabalık Filetolarının Soğuk Depolanması Süresince Tiyobarbitürik Asit Sayısı (TBA, mg MA/kg) Değerlerinde Meydana Gelen Değişimler.

Depolama Süresi (Hafta)	Kontrol (0 kGy)	3 kGy	5 kGy
0	0.96 ±0.01 ^{cC}	0.83 ±0.12 ^{aB}	0.72 ±0.10 ^{aA}
2	0.99 ±0.02 ^{dA}	1.04 ±0.01 ^{cB}	1.22 ±0.02 ^{bC}
4	0.90 ±0.04 ^{bA}	0.94 ±0.04 ^{bB}	1.50 ±0.02 ^{eC}
6	1.21 ±0.03 ^{fB}	1.00 ±0.02 ^{bcA}	1.49 ±0.09 ^{eC}
8	1.26 ±0.01 ^{gA}	1.26 ±0.05 ^{eA}	1.23 ±0.11 ^{bA}
11	0.76 ±0.02 ^{aA}	1.19 ±0.04 ^{dB}	1.36 ±0.01 ^{cC}
14	0.75 ±0.01 ^{aA}	0.97 ±0.04 ^{bB}	1.38 ±0.01 ^{cC}
17	1.13 ±0.03 ^{eA}	1.30 ±0.05 ^{eB}	1.40 ±0.01 ^{cdC}
20	1.27 ±0.031 ^{gA}	1.40 ±0.03 ^{fB}	1.45 ±0.02 ^{deC}
23	---	1.46 ±0.03 ^{gA}	1.58 ±0.01 ^{fB}

Aynı sütunda yer alan farklı harfler (a-g) depolamaya bağlı gözlenen istatistiksel olarak farklılıkları göstermektedir (p < 0.05).

Aynı satırda yer alan farklı harfler (A-C) ışınlamaya bağlı gözlenen istatistiksel olarak farklılıkları göstermektedir (p < 0.05).

Değerler ortalama ve standart sapma olarak ifade edilmiştir, n=6.

Yapılan çalışmada depolamanın başlangıcında kontrol, 3 ve 5 kGy düzeyinde ışınlanan filetoların TBA düzeyleri sırasıyla 0.96, 0.83 ve 0.72 mg MA/kg olarak tespit edilmiştir. Depolama başlangıcında gruplar arasında istatistiksel olarak farklılıklar gözlenmiş ve kontrol grubunun TBA düzeyinin diğer ışınlanmış gruplara

göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$). Başlangıçta 5 kGy dozda ışınlanan grup en düşük TBA düzeyine sahipken, depolama süresince TBA değerleri hızlı bir şekilde artmış ve genel olarak diğer gruplardan daha yüksek değerlere ulaştığı gözlenmiştir. Aynı şekilde 3 kGy dozda ışınlanan grubunda, kontrol grubuna göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$). Depolamanın 23. haftasında 3 ve 5 kGy dozda ışınlanmış grupların TBA düzeyleri sırasıyla 1.46 ve 1.58 mg MA/kg olarak tespit edilmiştir. Depolama süresi boyunca 5 kGy dozda ışınlanmış grubun en yüksek değerleri aldığı gözlenirken 3 kGy dozda ışınlanmış grubun bunu takip ettiği ve en düşük değerlerin ise kontrol grubuna ait olduğu gözlenmiştir.

Lipit oksidasyonu, yağ asitlerini ve özellikle çoklu doymamış yağ asitlerini etkileyen, besinlerin bozulmasına sebep olan en önemli faktörlerden birisidir (Fernandez ve ark. 1997; Pearson ve ark. 1983). Lipit oksidasyonu endojenik aktiviteler ve mikrobiyal enzimler sayesinde oluşmaktadır (Reale ve ark. 2008). Balıklarda meydana gelen lipit oksidasyonu çeşitli etkenler ile artabilmekte veya azalabilmektedir. Özellikle balığın türü, cinsiyeti, büyüklüğü, balığın işlenme şekli ve depolanma koşulları, balığın yapısında bulunan prooksidanlar ve antioksidanlar, paketlenme yöntemleri ve diğer bazı etkenler lipit oksidasyonu üzerinde oldukça önemlidirler (Polat ve Tokur 2000; Ju.-W. ve ark. 2002; Mbarki ve ark. 2009a; Gibson ve Worthington 1977; Mitchell 1986; Haard 1992; Erickson 1993). Lipitlerin yıkımı ile birlikte besinin renginde, aromasında, kokusunda, tadında ve yapısında istenmeyen farklılıklar oluşmaktadır (Fernandez ve ark. 1997; Ju.-W. ve ark. 2002). Lipit oksidasyonunun birinci aşaması, özellikle çoklu doymamış yağ asitlerinin karbonları arasındaki çift bağlara oksijenin bağlanması ve peroksitlerin ortaya çıkması ile gerçekleşir. Peroksitler tatsız ve kokusuzdurlar ve duyuşal olarak tespit edilemezler. Daha sonra oksidasyonun ikinci aşaması gerçekleşir ve peroksitler, aldehitler, ketonlar ve karboksilik asitler gibi bileşiklere parçalanırlar (Porter ve ark. 1992). Bu ikinci aşamada ortaya çıkan bileşiklerden biri olan malonaldehit, tiyobarbitürik asit ile reaksiyona girdiğinde kırmızı bir pigment oluşmaktadır (Fernandez ve ark. 1997). Kırmızı pigmentin kolorimetrik olarak ölçümü ile de acılaşmanın seviyesi belirlenebilmektedir. Lipit oksidasyonunun belirlenmesinde TBA değeri yaygın olarak kullanılan ve yağlardaki acılaşmanın derecesini gösteren

önemli parametrelerden birisidir (Ünal 1995). Schormüller (1969), TBA değerinin iyi bir materyalde 3 mg MA/kg'dan az olması gerektiğini, bu değerin 7-8 mg MA/kg'ın üzerinde olması durumunda ise materyalin tüketilmemesi gerektiğini bildirmiştir.

Yaptığımız çalışmada, gama ışınlamanın lipit oksidasyonunu hızlandırdığı gözlenmektedir. Gama ışınlama üzerine çalışan bir çok araştırmada benzer sonuçlar elde etmiştir (Mbarki ve ark. 2009a; Chouliara ve ark. 2004; Cozzo-Siqueira ve ark. 2003; Özden ve ark. 2007a; Lakshmanan ve ark. 1999). Moini ve ark. (2009), iyonize radyasyonun lipitlerde serbest radikallerin oluşumunu arttırdığını bildirmişlerdir. Işın dozu ne kadar yüksek olursa oksidasyonun ve özellikle TBA seviyesinin o kadar yüksek olacağı bildirilmektedir. Aynı zamanda balık işleme yöntemlerinin de depolama sırasında lipit oksidasyonunu arttırdığı bildirilmiştir. Tuzlamanın pro-oksidatif bir etki yarattığı ve demirin aktivitesini artırarak lipit oksidasyonunu etkilediği belirtilmektedir (Mbarki ve ark. 2009a). Demir, uygun pH ve sıcaklıkta hidroperoksitlerin parçalanmasını ve malonaldehite dönüşümünü hızlandırmaktadır (Fernandez ve ark. 1997). Bazı araştırmacılar tütsülemenin lipit oksidasyonu üzerine önemli bir etkisinin olduğunu ve TBA seviyesini iki kat veya daha yüksek düzeylerde arttırdığını bildirmişlerdir (Goulas ve Kontominas 2005; Tokur 2007; Koral ve ark. 2009).

Mbarki ve ark. (2009a), kolyozlar üzerinde yaptıkları çalışmada ışınlanmış grupların depolama sonucunda TBA değerlerinin düşük olmasını örneklerin vakum paketlenmiş olmaları nedeniyle oksijen ile temaslarının engellendiği ve böylelikle lipit oksidasyonun yavaşlatıldığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar özellikle düşük dozlu ışın kullanıldığında örneklerin buzdolabı veya buza depolanma ömürlerini arttırmak amacıyla, oksijen geçirmeyen bir paketleme şeklinin kullanılması gerekliliğini bildirmişlerdir. Chouliara ve ark. (2004)'nın tuzlanmış ve vakum paketlenmiş çipuralarda yaptıkları araştırmada, örnekleri 1 ve 3 kGy dozlarında ışınlamışlar ve 4°C'de depolamışlardır. Depolama sonunda TBA değerleri her ne kadar ışınlanmış balıklarda ışınlanmamış balıklara göre daha yüksek tespit edildiyse de, TBA için belirtilen limit değerin aşılmadığı görülmüştür. Sonuç olarak yapılan bu araştırmada da, ışınlama, tuzlama ve tütsülemenin her ne kadar TBA değerlerini arttırdığı gözlenirse de, iyi bir materyalde olması gereken 3 mg MA/kg düzeyinin

üzerine çıkmadığı saptanmıştır. TBA seviyelerinde gözlenen bu düşük değerlerin, örneklerin yağ miktarının düşüklüğü, ortamdaki mikrobiyal aktivitenin azlığı ve vakum paketlenmiş olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.2.4. Peroksit Sayısındaki (PV) Değişimler

Farklı dozlarda ışınlanarak soğuk depolanan (2 °C) tütsülü alabalık filetolarının depolanma süresince Peroksit Sayısı (PV, meq/kg) değerlerinde belirlenen değişimler Çizelge 4.7’de verilmiştir.

Yapılan çalışmada, depolama başlangıcında, kontrol, 3 ve 5 kGy ışınlanmış filetoların peroksit (PV) değerleri sırasıyla 6.84, 7.03 ve 5.63 meq/kg olarak bulunmuş ve ilerleyen haftalarda dalgalanmalar tespit edilmiştir. Depolama başlangıcında ışınlama uygulamasının peroksit değeri üzerinde bir etkisinin olmadığı görülmüştür. 2. haftada kontrol ve 3 kGy dozda ışınlanmış gruplar, 5 kGy dozda ışınlanmış gruptan daha yüksek peroksit değerine sahipken, 4. ve 8. haftada 5 kGy dozda ışınlanmış grubun PV değerleri, kontrol grubuna göre önemli derecede ($p<0.05$) yüksek bulunmuştur. Depolamanın 20. haftasında 3 ve 5 kGy dozda ışınlanmış grupların peroksit değerleri (sırasıyla 11.35 ve 12.08 meq/kg) kontrol grubundan (6.12 meq/kg) önemli derecede yüksek olduğu ($p<0.05$) gözlenirken, 23. haftada 3 ve 5 kGy dozda ışınlanmış gruplar arasında da (sırasıyla, 9.18 ve 9.97 meq/kg) bir fark gözlenmiş ($p<0.05$) ve 5 kGy dozda ışınlanmış grubun PV sayısının yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.7. Farklı Dozlarda Işınlanan Tütsülü Alabalık Filetolarının Soğuk Depolanması Süresince Peroksit Sayısında (PV, meq/kg) Meydana Gelen Değişimler.

Depolama Süresi (Hafta)	Kontrol (0 kGy)	3 kGy	5 kGy
0	6.84±0.83 ^{aA}	7.03±1.76 ^{aA}	5.63±1.89 ^{aA}
2	7.99±0.39 ^{aB}	7.09±0.56 ^{aB}	4.99±0.55 ^{aA}
4	8.41±1.08 ^{aA}	9.18±1.01 ^{abAB}	10.74±1.01 ^{bcB}
6	10.39±1.47 ^{bA}	11.12±2.20 ^{bA}	12.06±1.90 ^{bcA}
8	7.48±1.03 ^{aA}	9.25±1.31 ^{abA}	13.13±1.08 ^{cB}
11	10.67±1.51 ^{cA}	11.94±1.43 ^{bA}	12.69±1.10 ^{bcA}
14	10.82±1.66 ^{cA}	11.74±1.59 ^{bA}	9.80±0.84 ^{bA}
17	8.22±0.95 ^{abA}	10.92±0.29 ^{bA}	10.40±1.99 ^{bcA}
20	6.12±0.73 ^{aA}	11.35±1.20 ^{bB}	12.08±1.07 ^{bcB}
23		9.18±1.56 ^{abA}	9.97±2.61 ^{bB}

Aynı sütunda yer alan farklı harfler (a-c) depolamaya bağlı gözlenen istatistiksel olarak farklılıkları göstermektedir ($p < 0.05$).

Aynı satırda yer alan farklı harfler (A-B) ışınlamaya bağlı gözlenen istatistiksel olarak farklılıkları göstermektedir ($p < 0.05$).

Değerler ortalama ve standart sapma olarak ifade edilmiştir, n=3.

Balık kalitesinin kötüye gitmesindeki en önemli etkenlerden biri çoklu doymamış yağ asitlerinin azalması ve dolayısıyla peroksitin artmasıyla gerçekleşir (Oraei ve ark. 2012). Lipit peroksidasyonu iki aşamadan oluşan oldukça karışık otokatalitik bir işlemdir. Birinci aşamada oksidasyonun birincil ürünleri olan peroksitler oluşmaktadır. İkinci aşamada ise yüksek reaktiviteye sahip olan hidroperoksitler, oksidasyonun ikincil ürünleri olan aldehitler, ketonlar ve karboksilik asitlere parçalanırlar (Bakalivanova ve ark. 2009). Yapılan bazı çalışmalarda, peroksit değerinin 5 meq/kg'dan daha az olduğu durumlarda balığın taze olduğu, 5 ve 10 meq/kg arasında ise bozulmaya başladığı bildirilmektedir (Javanmard ve ark. 2006; Oraei ve ark. 2012). Connel (1995) ise balıklarda peroksit

değerinin 10 meq/kg düzeyini geçtiğinde insan tüketimi için uygun olmadığını bildirmiştir. Egan ve ark. (1997)'da yaptıkları çalışmada lezzetteki bozulmanın, peroksit sayısının 20-40 meq/g arasındaki bir değere ulaştığında gerçekleşeceğini öne sürmüşlerdir. Tokur (2007), gökkuşağı alabalıkları üzerinde yaptığı çalışmada, ısıtılmanın peroksit değerlerini arttırdığını bildirmiştir. Aynı zamanda bir çok araştırmacı gama ışınlamanın da peroksit değerlerini arttırdığını bildirmişlerdir (Gecgel 2011; Javanmard ve ark. 2006; Al-Bachir ve Zeinou 2009; Hampson ve ark. 1996; Hussain ve ark. 1985). Hampson ve ark. (1996), gama ışınlama ile üretilen oksijen, hidroperoksit ve hidroksi serbest radikallerin lipidlerdeki çoklu doymamış yağ asitlerinin çift bağlarına saldırdığını bildirmiştir. Bu durum, dolayısıyla lipidlerin parçalanmasına ve çift bağ yapısının kaybolmasına sebebiyet vermektedir. Böylelikle gama ışınlamanın dozu arttıkça çoklu doymamış yağ asitlerinin çift bağlarındaki azalma da artacaktır. Araştırmada, peroksit değerlerinin zaman içinde daha yüksek değerlere artmadığı görülmüştür. Bunun nedeninin Mbarki ve ark. (2009a)'nın kolyozlar üzerinde yaptıkları çalışmada da belirttikleri gibi vakum paketlemeyle birlikte ortamdaki oksijenin azalması ile lipid oksidasyonunun yavaşlamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Aynı zamanda Reale ve ark. (2008) lipid oksidasyonunu arttıran etkenlerden birinin mikrobiyal enzimler olduğunu bildirmişlerdir. Gama ışınlama ile ortamdaki mikrobiyal yükün azalması, lipid oksidasyonunu pozitif yönde etkilemiştir. Tatsız ve kokusuz olan peroksit değerlerindeki artışa karşın, esas acı tat ve kokuyu ortaya çıkaran malonaldehit değerlerindeki düşüklük, kontrol grubu filetolarının 20 hafta, ışınlanmış grupların ise 23 hafta boyunca tüketilebilmesine imkan tanıdığı görülmektedir.

4.2.4. Serbest Yağ Asidindeki (FFA) Değişimler

Farklı dozlarda ışınlanarak soğuk depolanan (2 °C) tütümlü alabalık filetolarının depolanma süresince serbest yağ asidi (FFA, % oleik asit) değerlerinde belirlenen değişimler Çizelge 4.8'de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Farklı Dozlarda Işınlanan Tütsülü Alabalık Filetolarının Soğuk Depolanması Süresince Serbest Yağ Asidinde (FFA, % oleik asit) Meydana Gelen Değişimler.

Depolama Süresi (Hafta)	Kontrol (0 kGy)	3 kGy	5 kGy
0	1.89±0.13 ^{aA}	2.40±0.06 ^{aB}	2.54±0.33 ^{aB}
2	1.98±0.13 ^{aA}	2.47±0.12 ^{aB}	2.63±0.28 ^{abB}
4	2.12±0.08 ^{abA}	2.76±0.29 ^{abB}	3.06±0.45 ^{abcB}
6	2.36±0.14 ^{abA}	3.15±0.30 ^{bcB}	3.16±0.22 ^{bcB}
8	2.53±0.13 ^{bA}	3.18±0.27 ^{bcB}	3.16±0.36 ^{bcB}
11	3.16±0.83 ^{cA}	3.55±0.15 ^{cdA}	3.51±0.15 ^{cA}
14	3.51±0.27 ^{cdA}	3.82±0.20 ^{deAB}	4.19±0.16 ^{dB}
17	3.86±0.27 ^{dA}	4.21±0.50 ^{eA}	4.57±0.15 ^{dA}
20	5.36±0.07 ^{eA}	5.62±0.14 ^{fA}	5.95±0.08 ^{eB}
23	-	5.67±0.46 ^{fA}	6.10±0.09 ^{eB}

Aynı sütunda yer alan farklı harfler (a-f) depolamaya bağlı gözlenen istatistiksel olarak farklılıkları göstermektedir (p < 0.05).

Aynı satırda yer alan farklı harfler (A-B) ışınlamaya bağlı gözlenen istatistiksel olarak farklılıkları göstermektedir (p < 0.05).

Değerler ortalama ve standart sapma olarak ifade edilmiştir, n=3.

Yapılan çalışmada, depolama başlangıcında kontrol, 3 ve 5 kGy dozlarında ışınlanmış grupların FFA değerleri sırasıyla % 1.89, % 2.40 ve % 2.54 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.8). Bu değerler arasında 3 ve 5 kGy dozda ışınlanmış gruplarda istatistiksel olarak bir farklılık gözlenmezken, kontrol grubu ile 3 ve 5 kGy dozlarında ışınlanmış gruplar arasında istatistiksel olarak önemli derecede fark olduğu tespit edilmiştir (p<0.05). Depolamanın 11., 14. ve 17. haftaları dışında kontrol grubunun FFA değerleri ışınlanmış gruplara göre önemli derecede düşük bulunmuştur. Kontrol grubu (% 5.36) 20. haftada 3 kGy dozda ışınlanmış grup ile (% 5.62) benzer FFA değerlerine sahipken (p>0.05), 5 kGy dozda ışınlanmış grubun (% 5.95) diğer gruplardan önemli derecede yüksek FFA değerine sahip olduğu

görülmüştür ($p < 0.05$). Benzer şekilde depolamanın son haftası olan 23. haftada ise 5 kGy dozda ışınlanmış grubun FFA değerlerinin (%5.67) 3 kGy dozda ışınlanmış gruptan (% 6.10) önemli derecede yüksek olduğu tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Gözlenen değerler, ışınlamanın tütsülü alabalık filetolarının FFA değerleri üzerine etkisi olduğunu ve FFA değerlerini yükselttiğini gösterirken, 3 ve 5 kGy dozlarında ışınlanmış gruplar arasında depolamanın son 2 haftasına kadar önemli bir fark oluşturmadığı saptanmıştır.

Hidrolitik bozulma lipaz enzimleri tarafından oluşur ve serbest yağ asitlerinin (FFA) oluşmasını tetikler. Serbest yağ asitleri daha sonra oksidasyona uğrayarak balık ve su ürünlerinde kötü koku ve tadı oluşturan düşük moleküler ağırlıklı bileşikler oluştururlar (Pacheco-Aguilar ve ark. 2000). Lipit hidrolizi gelişimi, farklı iç ve dış faktörlerin etkisi altında hidrolitik enzim içeriklerine önemli ölçüde bağlıdır. Serbest yağ asitlerinin trigliserid matrisinden ayrılması lipid oksidasyonu oranını ve kötü koku gelişimini arttırabilir (Jasour ve ark. 2011). Hussain ve ark. (1985)'nin Hint orkinozu (*Rastrelliger kanagurta*) üzerinde yaptıkları çalışmada örneklerle 0, 1, 1.5, 2 ve 3 kGy düzeyinde ışınlama uygulamışlar ve serbest yağ asidi değişimini incelemiştir. Kontrol grubunda FFA değerini % 1.82 olarak tespit ederken, 1, 1.5, 2 ve 3 kGy düzeyinde ışınlama uygulanan gruplarda FFA değerlerini sırasıyla % 1.63, % 1.95, % 2.65 ve % 2.26 olarak tespit etmişlerdir. Araştırmacılar, 1 kGy dozun üzerindeki ışınlamanın FFA değerleri üzerinde önemli farklılıklar oluşturduğunu belirtmişlerdir. Jousour ve ark. (2011)'nin buzdolabında depoladıkları gökkuşağı alabalığında yaptıkları çalışmada depolama başlangıcında % 3.42 olan FFA değerinin 12 günlük depolama süresince düzenli bir şekilde artarak % 9.91 düzeyine ulaştığını rapor etmişlerdir. Baron ve ark. (2007), -20 °C, -30 °C ve -80 °C'de depoladıkları gökkuşağı alabalıkları üzerinde yaptıkları çalışmada FFA değerlerinin % 2.8 düzeyinden başlayıp -20 °C'de 13 aylık depolama sonunda % 6.5 düzeyine yükseldiğini, -30 °C ve -80 °C'de ise bir değişim gözlenmediğini belirtmişlerdir. Rezaei ve Hosseini (2008)'nin buzda depolanmış gökkuşağı alabalıklarında yaptıkları çalışmada FFA değerlerinin 20 günlük depolama sonunda % 1.50'den düzenli bir artışla % 2.89'a yükseldiğini saptamışlardır. Yaptığımız çalışmada Pacheco-Aguilar ve ark. (2000)'nin da belirttiği üzere lipitlerde kademeli

bir şekilde hidrolitik değişimlerin gözlenmesi düşük lipaz aktivitesinden ileri geldiği düşünülmektedir. Bunun sebebi olarak da ortamda zaten düşük miktarda bulunan lipit miktarından (% 3.12) ve Tokur (2007)'un da belirttiği üzere tütsüleme işlemi esnasında sıcaklığın etkisiyle lipazların denatüre olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.3. Farklı Dozlarda Işınlanmış Tütsülü Alabalık Filetolarının 2 °C’de Depolanması Süresince Meydana Gelen Mikrobiyolojik Değişimler

Yapılan çalışmada, depolama başlangıcında ve depolama boyunca gökkuşağı alabalığı filetolarında *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* ve *Listeri monocytogenes* bakterilerine rastlanmamıştır. Bunun sebebinin balıkların yetiştiği ortamın, işleme, fileto çıkarma, yıkama ve paketlenme koşullarının hijyenik yapısından kaynaklandığı düşünülmektedir. Daha önceki yapılan çalışmalarda balık etinde *Salmonella* varlığına rastlanmadığı, ve bunun avlama ve işleme koşullarından kaynaklandığı belirtilmiştir (Oraei ve ark. 2011b; Aly ve ark 2014; Sayed ve ark. 2012).

4.3.1. Toplam Mezofilik Bakteri Sayımı (TMBS)

Balığın bozulması, tüketicilerin besini ret etmesi ile sonuçlanan, kötü kokuları oluşturan metabolitleri üreten, spesifik bozulma organizmalarının aktivitesi ve gelişimi ile gerçekleşmektedir. Bununla beraber bu spesifik bozulma organizmaları her durum için aynı değildir. Su ürünlerinden izole edilen mikrobiyal flora, balığın türüne, bulunduğu ortama, yakalanma şekline, iklime, depolama koşullarına ve işleme şekline (tüm, iç organları çıkarılmış, fileto edilmiş veya parçalara ayrılmış) göre değişim göstermektedir (Moini ve ark. 2009).

Şekil 4.6’de farklı dozlarda ışınlanmış tütsülü alabalık filetolarının soğuk depolanması süresince toplam aerobik bakteri (TAMB) sayımı (log kob/g) verilmiştir.

Çizelge 4.9. Farklı Dozlarda Işınlanan Tütsülü Alabalık Filetolarının Soğuk Depolanması Süresince Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri Canlı Sayımları (log kob/g).

Depolama Süresi (Hafta)	Kontrol (0 kGy)	3 kGy	5 kGy
0	2.63±0.13 ^a	-	-
2	3.19±0.25 ^b	-	-
4	3.03±0.15 ^b	-	-
6	3.89±0.13 ^c	-	-
8	4.06±0.29 ^{cB}	2.15±0.21 ^{aA}	2.00±0.01 ^{aA}
11	4.44±0.13 ^{dC}	2.45±0.21 ^{aB}	2.00±0.00 ^{aA}
14	5.72±0.27 ^{eB}	3.15±0.21 ^{bA}	3.00±0.00 ^{bA}
17	5.80±0.06 ^{eB}	3.45±0.09 ^{bA}	3.19±0.16 ^{bA}
20	6.16±0.02 ^{fB}	4.81±0.15 ^{cA}	4.69±0.34 ^{cA}
23	-	5.51±0.55 ^{dA}	5.71±0.27 ^{eA}

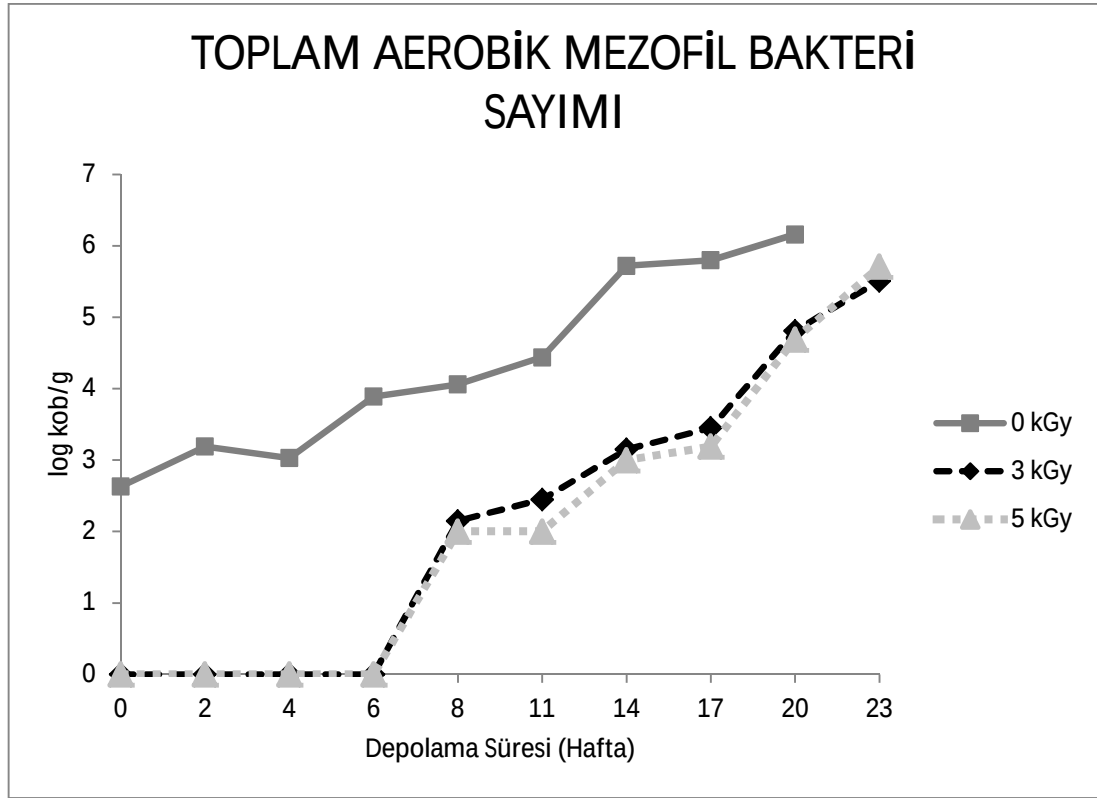
Aynı sütunda yer alan farklı harfler (a-f) depolamaya bağlı gözlenen istatistiksel olarak farklılıkları göstermektedir (p < 0.05).

Aynı satırda yer alan farklı harfler (A-C) ışınlamaya bağlı gözlenen istatistiksel olarak farklılıkları göstermektedir (p < 0.05).

Değerler ortalama ve standart sapma olarak ifade edilmiştir, n=4.

Araştırma sonunda farklı dozlarda ışınlanan tütsülü gökkuşağı alabalığı filetolarının toplam mezofilik bakteri sayımları (TMBS) kontrol grubunda depolama başlangıcında 2.63 log kob/g olup, 20. haftada 6.16 log kob/g düzeyine ulaşmıştır (Şekil 4.10.). Işınlama işlemi bakteri gelişimini önemli düzeyde inhibe etmiştir. En düşük bakteriyel gelişim 5 kGy dozda ışınlama uygulanan grupta gözlenmiştir. Depolamanın ilk 6 haftasında 3 ve 5 kGy dozda ışınlanmış gruplarda gözlenmeyen TMBS, 8. haftadan itibaren 3 ve 5 kGy dozda ışınlanmış gruplarda sırasıyla 2.15 ve 2.00 log kob/g ile başlamakta ve 23. haftada sırasıyla 5.51 ve 5.71 log kob/g düzeyine ulaşmaktadır. Depolama süresince (8. haftadan sonra) TMBS bakımından

kontrol ve 3 ve 5 kGy dozlarında ışınlanmış gruplar arasında önemli farklılıklar gözlenmiştir ($p<0.05$). Ancak, 3 ve 5 kGy dozda ışınlanmış gruplar arasında 11. hafta dışında istatistiksel bir farklılık gözlenmemiştir ($p>0.05$).



Şekil 4.6. Farklı Dozlarda Işınlanan Tütsülü Alabalık Filetolarının Soğuk Depolanması Süresince Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri Canlı Sayımları (log kob/g).

Kasımoğlu ve ark. (2003), vakum paketleyip 2 °C'de depoladıkları sardalyalar üzerinde yaptıkları çalışmada, 0, 1, 2, ve 3 kGy dozlarında ışınlama uygulamışlar ve TMBS sonuçlarını kontrol grubu için başlangıçta 6.20 log₁₀/g, 1, 2, ve 3 kGy dozlarında ışınlanmış gruplar için ise sırasıyla 5.53, 4.84 ve 3.98 log kob/g olarak tespit etmişlerdir. Kontrol grubu, ICMSF (1986)'nin 7 log kob/g kabul edilebilirlik seviyesine 10 günde ulaşırken, 1, 2 ve 3 kGy dozlarında ışınlanmış gruplar bu düzeye sırasıyla 15, 19 ve 21 günde ulaşmışlardır. Chouliara ve ark. (2004) tuzlanmış vakum paketlenmiş çipuralar üzerinde yaptıkları çalışmada ise kontrol grubunun TMBS sonuçları başlangıçta 4.2 log kob/g olarak tespit edilmişken, 1 ve 3 kGy dozda

ışınlanmış gruplarda sırasıyla 2.4 ve 1.0 log kob/g tespit edilmiştir. Bu çalışmada TMBS sonuçları kontrol grubu için 14 günde sınır değerlerine ulaşırken, 1 ve 3 kGy dozda ışınlanmış gruplar için 23 ve 40 günde kabul edilebilirlik sınırına ulaşmıştır. Moini ve ark. (2009) gökkuşağı alabalıkları filetolarının 4 °C'de raf ömrü üzerine yaptıkları çalışmada örnekleri 0, 1, 3 ve 5 kGy dozlarında ışınlamışlar ve 42 günlük depolama süresince grupların TMBS değerlerini belirlemişlerdir. Kontrol grubunun depolama başlangıcı TMBS değeri 4.42 log kob/g olarak tespit edilirken, 1 ve 3 kGy dozda ışınlanmış gruplarda sırasıyla 3.08 ve 1.46 log kob/g tespit edilmiştir. 5 kGy dozda ışınlanmış grupta 14. güne kadar TMBS değerlerinde bir değişim gözlenmemiş ve 42 günlük depolama sonunda 3 ve 5 kGy dozda ışınlanmış gruplarda TMBS değerinin sınır değerine ulaşmadığını gözlenmiştir. Cheour (2014) 1°C'de depoladığı levreklerde yaptığı çalışmada, 0, 0.5, 1, 2, ve 3 kGy dozlarda ışınladıkları gruplarda başlangıçta kontrol grubunun TMBS değeri 2.64 log kob/g olarak tespit edilirken, 0.5, 1, 2 ve 3 kGy dozlarında ışınlanmış gruplarda sırasıyla 2.01, 1.35, 0.16 ve 0 log cfu/g olduğu tespit edilmiştir. Özellikle 21 günlük depolama sonunda kontrol grubunun TMBS değeri 8.43 log kob/g düzeyine ulaşırken, 3 kGy dozda ışınlanmış grupta bu değer 1.56 log kob/g düzeyinde kaldığı gözlenmiştir. Yapılan çalışmalar ve yaptığımız araştırma değerlendirildiğinde, 3 kGy doz ve üstünde bir ışınlama dozunun ortamdaki mikrobiyal flora üzerinde önemli bir inhibisyon etkisi olduğu gözlenmektedir.

4.3.2. Toplam Psikrofil Bakteri Sayımı

Çizelge 4.10'da farklı dozlarda ışınlanmış tütsülü alabalık filetolarının soğuk depolanması süresince toplam psikrofil bakteri sayımı (log kob/g) verilmiştir.

Çizelge 4.10. Farklı Dozlarda Işınlanan Tütsülü Alabalık Filetolarının Soğuk Depolanması Süresince Toplam Psikrofil Bakteri Canlı Sayımları (log kob/g).

Depolama Süresi (Hafta)	Kontrol (0 kGy)	3 kGy	5 kGy
0	2.33±0.29 ^a	-	-
2	3.80±0.12 ^b	-	-
4	4.53±0.09 ^c	-	-
6	4.67±0.04 ^{cB}	2.00±0.00 ^{aA}	-
8	5.24±0.32 ^{dB}	2.00±0.00 ^{aA}	2.00±0.00 ^{aA}
11	5.32±0.11 ^{deB}	2.23±0.29 ^{aA}	2.15±0.21 ^{aA}
14	5.76±0.43 ^{efB}	3.05±0.31 ^{bA}	2.89±0.27 ^{bA}
17	6.20±0.00 ^{fB}	4.22±0.35 ^{cA}	3.99±0.48 ^{cA}
20	6.71±0.11 ^{gC}	4.57±0.22 ^{cB}	4.08±0.00 ^{cA}
23	-	5.93±0.00 ^{dB}	5.78±0.00 ^{dA}

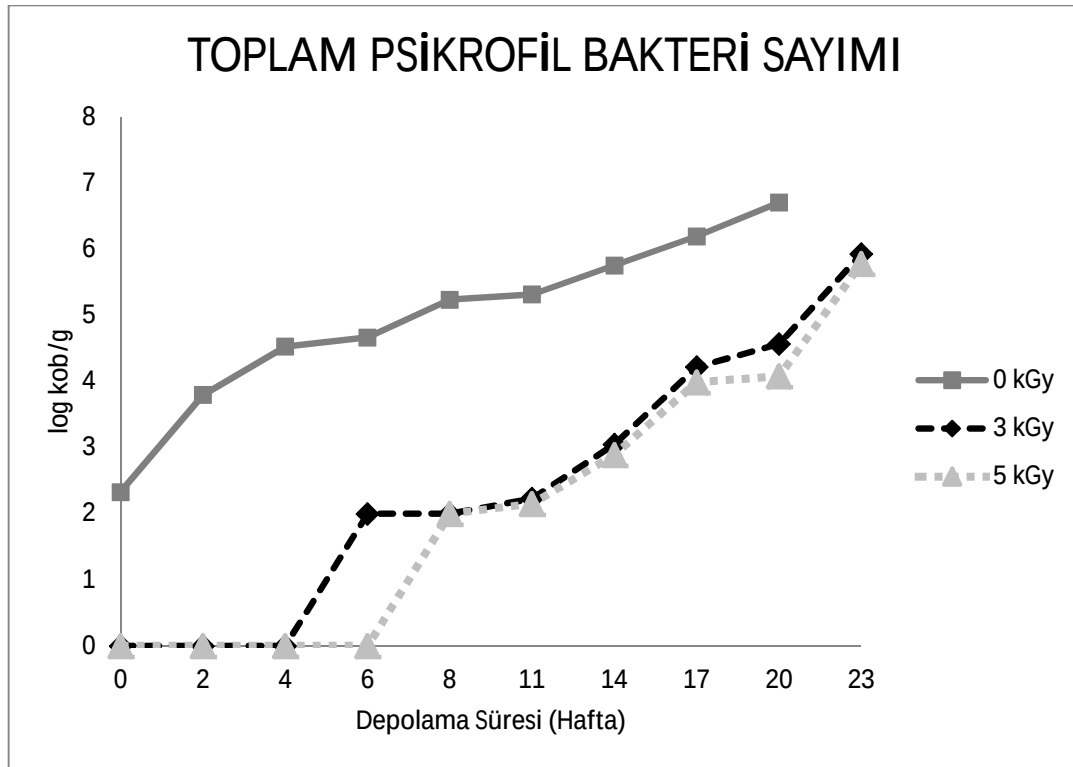
Aynı sütunda yer alan farklı harfler (a-g) depolamaya bağlı gözlenen istatistiksel olarak farklılıkları göstermektedir (p < 0.05).

Aynı satırda yer alan farklı harfler (A-C) ışınlamaya bağlı gözlenen istatistiksel olarak farklılıkları göstermektedir (p < 0.05).

Değerler ortalama ve standart sapma olarak ifade edilmiştir, n=4.

Araştırma sonunda farklı dozlarda ışınlanan gökkuşağı filetolarının toplam psikrofil bakteri sayımları kontrol grubunda depolama başlangıcında 2.33 log kob/g olup kademeli bir artışla 20. haftada 6.71 log kob/g düzeyine ulaşmıştır (Şekil 4.7). Depolamanın ilk 4 haftasında 3 kGy dozda ışınlanmış grupta bakteri gelişimi gözlenmemiş olup, 6. haftada psikrofil sayımı 2.00 log kob/g olarak tespit edilmiştir. 5 kGy dozda ışınlanmış grupta ise ilk 6 hafta bakteri gelişimi gözlenmemiş ve depolamanın 8. haftasında psikrofil bakteri sayısı 2.00 log kob/g olarak gözlenmiştir. 23. haftada 3 ve 5 kGy dozda ışınlanmış grupların psikrofil değerleri sırasıyla 5.93 ve 5.78 log kob/g olarak tespit edilmiştir. Araştırmada, kontrol ve 3 ve 5 kGy dozlarında

ışınlanmış gruplar arasında toplam psikrofil bakteri sayımı bakımından depolama süresince önemli farklılık tespit edilirken ($p<0.05$), 3 ve 5 kGy dozda ışınlanmış gruplar arasında ise depolamanın ilk 17 haftalık döneminde istatistiksel olarak önemli bir farklılık gözlenmemiştir ($p>0.05$). Ancak, 20 ve 23. haftalarda iki ışınlama dozu arasında fark gözlenmiştir ($p<0.05$) olup, 5 kGy dozda ışınlanmış grubun daha düşük bakteri yüküne sahip olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.7. Farklı Dozlarda Işınlanan Tütsülü Alabalık Filetolarının Soğuk Depolanması Süresince Toplam Psikrofil Bakteri Canlı Sayımları (log kob/g).

Aly ve ark. (2014)'nın tuzlanmış ve dondurulmuş kefaller üzerinde yaptıkları çalışmada, örnekleri 0, 2.5 ve 5 kGy düzeyinde ışınlanmışlar ve 3 aylık depolama süresince psikrofil bakteri sayımını incelemişlerdir. Araştırmada kontrol ve 2.5 kGy dozda ışınlanmış grupların başlangıç psikrofil sayımı sırasıyla 3.8 ve 3.6 log kob/g olarak tespit edilirken, depolama sonunda bu değerler sırasıyla 5.3 ve 5.2 log kob/g düzeylerine erişmişlerdir. 5 kGy dozda ışınlanan grupta ise depolama süresince psikrofil bakteri tespit edilememiştir. Monteiro ve ark. (2013) modifiye atmosferde

(% 40 CO₂, % 60 N₂) paketlenen tilapya filetoları üzerinde 0 ve 1.5 kGy düzeyinde ışınlama uygulamışlar, 30 günlük depolama sonunda psikrofil sayılarının ancak 1 log kob/g düzeyine ulaştığını bildirmişlerdir. Badr (2012) soğuk tütülenmiş 0, 1, 2, 3 ve 4 kGy dozlarında ışınlanan salmon filetoları üzerinde yapmış oldukları çalışmada özellikle 7 haftalık depolama süresince 3 ve 4 kGy dozda ışınlanmış grupların psikrofil sayılarının 4 log kob/g, kontrol grubunun ise 8 log kob/g düzeyine ulaştığını tespit etmiştir.

4.3.3.Toplam Hidrojen Sülfür (H₂S) Üreten Bakterilerin Sayımı

Çizelge 4.11'de farklı dozlarda ışınlanmış tütümlü alabalık filetolarının soğuk depolanması süresince toplam hidrojen sülfür (H₂S) üreten bakterilerin sayımı (log kob/g) verilmiştir.

Çizelge 4.11. Farklı Dozlarda Işınlanan Tütsülü Alabalık Filetolarının Soğuk Depolanması Süresince Toplam Hidrojen Sülfür (H₂S) Üreten Bakteri Canlı Sayımları (log kob/g).

Depolama Süresi (Hafta)	Kontrol (0 kGy)	3 kGy	5 kGy
0	1.00±0.00 ^a	-	-
2	1.33±0.35 ^a	-	-
4	2.48±0.11 ^b	-	-
6	2.74±0.26 ^b	-	-
8	2.90±0.15 ^b	-	-
11	3.71±0.13 ^c	<1	-
14	4.04±0.00 ^{cB}	2.07±0.44 ^{aA}	<1
17	4.88±0.08 ^{dC}	2.88±0.09 ^{bB}	1.43±0.23 ^{aA}
20	5.24±0.14 ^{dC}	3.20±0.16 ^{bB}	2.46±0.00 ^{bA}
23	-	3.41±0.27 ^{bB}	2.97±0.06 ^{cA}

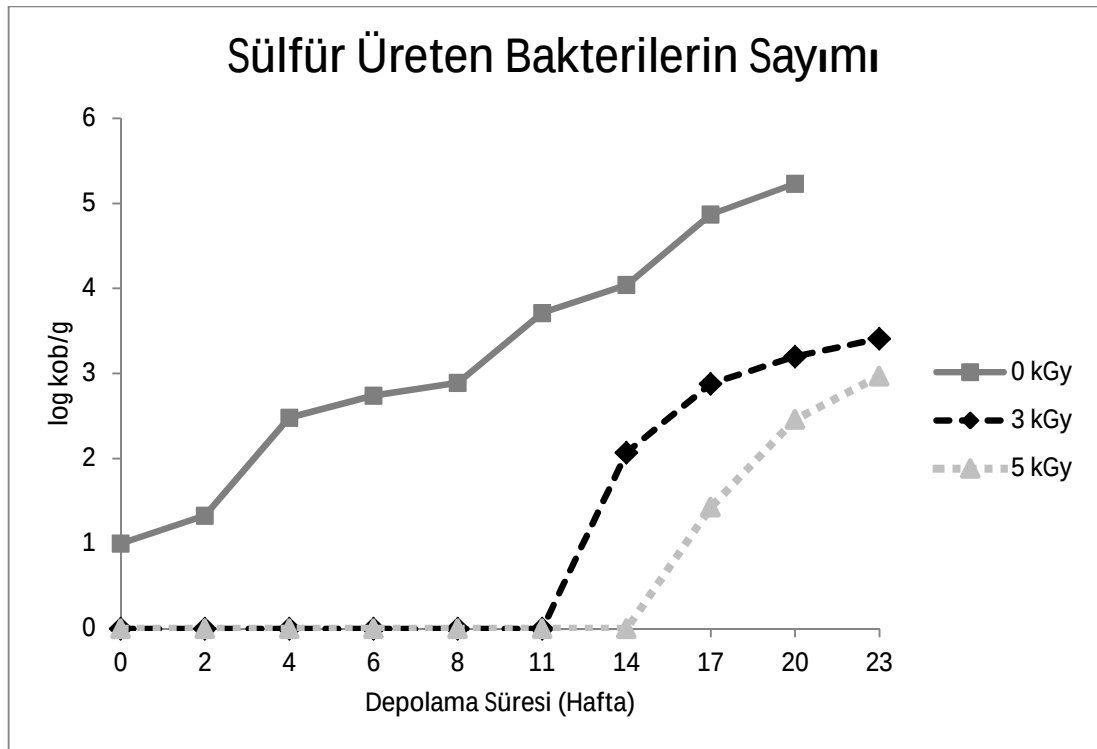
Aynı sütunda yer alan farklı harfler (a-d) depolamaya bağlı gözlenen istatistiksel olarak farklılıkları göstermektedir (p < 0.05).

Aynı satırda yer alan farklı harfler (A-C) ışınlamaya bağlı gözlenen istatistiksel olarak farklılıkları göstermektedir (p < 0.05).

Değerler ortalama ve standart sapma olarak ifade edilmiştir, n=4.

Araştırma sonunda farklı dozlarda ışınlanan tütsülenmiş gökkuşağı alabalığı filetolarının toplam H₂S üreten bakteri sayımları kontrol grubunda depolama başlangıcında 1.00 log kob/g olup, depolama sonunda (20. hafta) 5.24 log kob/g düzeyine ulaşmıştır (Şekil 4.8.). Işınlama uygulamasının etkisi değerlendirildiğinde kontrol ve ışınlanmış gruplar arasında depolama süresince önemli farklılıklar tespit edilirken (p<0.05), 3 ve 5 kGy dozda ışınlanmış gruplar arasında da depolama boyunca önemli farklılıklar gözlenmiştir (p<0.05). Işınlama işlemi H₂S üreten bakterilerin gelişimini önemli düzeyde etkilemiştir. Depolamanın ilk 8 haftasında H₂S üreten bakteriler 3 kGy dozda ışınlanmış grupta gözlenmemiştir. 11. haftadan

sonra H₂S üreten bakterilerin sayımı 3 kGy dozda ışınlanmış grup için 1.00 log kob/g düzeyinin altında tespit edilmiştir. 5 kGy dozda ışınlanmış grupta ise H₂S üreten bakteriler ilk 11. haftaya kadar gözlenmemiş olup, 14. haftada 1.00 log kob/g'ın altında bulunmuştur. 23. haftada 3 ve 5 kGy dozda ışınlanmış grupların H₂S üreten bakteri değerleri sırasıyla 3.41 ve 2.97 log kob/g olarak tespit edilmiştir.



Şekil 4.8. Farklı Dozlarda Işınlanan Tütsülü Alabalık Filetolarının Soğuk Depolanması Süresince Hidrojen Sülfür (H₂S) Üreten Bakteri Canlı Sayımları (log kob/g).

H₂S üreten bakterilerin azaltılması oldukça önemlidir. Çünkü bu mikroorganizmalar balığın kalitesini etkileyen kötü kokuların üretiminden sorumludurlar (Herbert ve ark. 1971; Gram 1992). Araştırmamızda *Shewanella* türleri gibi H₂S üreten bakteriler 3 ve 5 kGy ışınlama dozlarında sırasıyla 11 ve 14 hafta boyunca görülmemişlerdir. Bu 1.5 kGy ışınlama dozda tatlısu ve deniz balıklarında (tilapya ve ceylan balığı) H₂S üreten bakterilerin ortadan kaldırıldığını belirten Abu-Tarboush ve ark. (1996)'nın verileri ile uyushmaktadır. Chouliara ve ark. (2004) tuzlanmış, vakum paketli buzdolabında depolanan çipuralar üzerinde

yaptıkları araştırmada 1 ve 4 kGy dozlarında ışınlama uygulamışlar ve çalışma süresince H₂S üreten bakterilerin gelişimini incelemişlerdir. Çalışmada kontrol grubunun H₂S üreten bakteri sayısının 42 günlük depolama süresince 10⁶ kob/g seviyesine ulaştığı, 1 kGy dozda ışınlanmış grupta ise H₂S üreten bakteri gelişiminin depolamanın 8. gününde ortaya çıktığı ve depolama boyunca 10³ kob/g düzeyinde kaldığı gözlenmiştir. 3 kGy dozda ışınlanmış grupta ise H₂S üreten bakterilerin depolamanın 21 gününde geliştiği, ancak 10¹ kob/g düzeyinde kaldıklarını tespit etmişlerdir. Moini ve ark. (2009) gökkuşağı alabalığı filetolarının buzdolabında depolanması ile ilgili yaptıkları çalışmada 0, 1, 3 ve 5 kGy dozlarında ışınlama uygulamışlar ve H₂S üreten bakterilerin gelişimini incelemişlerdir. Depolamanın 35. gününde ışınlanmamış olan kontrol grubunun H₂S üreten bakterileri sayımının 4.89 log kob/g olduğunu tespit etmişlerdir. 42 günlük depolama sonunda ise 1 ve 3 kGy dozda ışınlanmış gruplarda H₂S üreten bakterilerin sırasıyla 7 ve 21 gün boyunca gözlenmediğini, 5 kGy dozda ışınlanmış grupta ise depolama sonuna kadar (42 gün boyunca) H₂S üreten bakterilere rastlanmadığını tespit etmişlerdir.

4.3.4. Toplam *Enterobacteriaceae* Sayımı

Çizelge 4.12'de farklı dozlarda ışınlanmış tütsülü alabalık filetolarının soğuk depolanması süresince toplam *Enterobacteriaceae* sayımı (log kob/g) verilmiştir.

Çizelge 4.12. Farklı Dozlarda Işınlanan Tütsülü Alabalık Filetolarının Soğuk Depolanması Süresince Toplam *Enterobacteriaceae* Canlı Sayımları (log kob/g).

Depolama Süresi (Hafta)	Kontrol (0 kGy)	3 kGy	5 kGy
0	<1	-	-
2	1.30±0.00 ^a	-	-
4	1.85±0.78 ^a	-	-
6	2.51±0.00 ^b	-	-
8	2.61±0.25 ^b	-	-
11	2.91±0.14 ^{bc}	-	-
14	3.31±0.00 ^{cd}	-	-
17	3.46±0.08 ^{cd}	-	-
20	3.51±0.16 ^d	-	-
23	-	-	-

Aynı sütunda yer alan farklı harfler (a-d) depolamaya bağlı gözlenen istatistiksel olarak farklılıkları göstermektedir (p < 0.05).

Değerler ortalama ve standart sapma olarak ifade edilmiştir, n=4.

Araştırma sonunda farklı dozlarda ışınlanan tütsülenmiş gökkuşağı alabalığı filetolarının toplam *Enterobacteriaceae* sayımları kontrol grubunda depolama başlangıcında 1.00 log kob/g'ın altında bulunmuştur ve düzenli bir artışla 20. haftada 3.51 log kob/g düzeyine ulaşmaktadır. Işınlama uygulamasının *Enterobactericea* sayımında önemli derecede etkiye sahip olduğu görülmektedir. 3 ve 5 kGy dozlarda ışınlama işlemi *Enterobactericea* gelişimini tamamen engellemiştir.

Enterobactericeae içinde *E.coli*, *Salmonella*, *Shigella* ve *Yersinia* gibi patojen cinsleri de içeren geniş bir ailedir (Feng ve ark. 2002). *Enterobactericeae*'nin balığın mikroflorasında bulunması ve balığın bozulma potansiyeli üzerindeki etkisi, balığın kirli sulardan veya yakalandıktan sonra soğutulmasında ki gecikmelerden dolayı

gerçekleştiği kabul edilmektedir (Özden ve ark. 2007a; Moini ve ark. 2009; Chouliara ve ark. 2004). Bu bakteriler her ne kadar düşük sıcaklıklarda gelişebilseler de, buzda depolanma esnasında ortamda bulunuş yoğunluğu azalmaktadır ve ayrıca diğer mikroorganizmalara göre rekabet düzeyi düşüktür (Moini ve ark. 2009). Özden ve ark. (2007a) soğukta depoladıkları kültür levreklerinin 17 günlük depolama sonunda ışınlanmamış kontrol grubunda 5 log kob/g düzeyine ulaşan *Enterobacteriaceae* düzeyinin 2.5 kGy dozda ışınlanmış grupta 4.2 log kob/g düzeyine ulaştığını bildirmişlerdir. 5 kGy dozda ışınlanmış grupta ise *Enterobacteriaceae* düzeyinin depolamanın 17 gününde 4.4 log kob/g olduğu tespit edilmiştir. Reale ve ark. (2008) 3 kGy dozda ışınladıkları kültür levreklerini 2 °C'de 10 gün depoladıktan sonra *Enterobacteriaceae* sayımı yapmışlar ve ışınlanmamış kontrol grubunun başlangıçta 3.1 log kob/g olan düzeyi depolama sonunda 6.4 log kob/g seviyesine yükselmiştir. 3 kGy düzeyinde ışınlanmış grupta ise *Enterobacteriaceae* seviyesi başlangıçta 1 log kob/g'ın altında tespit edilmiş, depolama sonunda ise 5.3 log kob/g olarak belirlenmiştir. Moini ve ark. (2009) 3 kGy düzeyinde ışınlanan gökkuşağı alabalıklarda depolamanın 35. gününe kadar *Enterobacteriaceae* gelişimi olmadığı ve depolama sonu olan 42. günde 1.5 log kob/g düzeyinde kaldığını bildirmişlerdir. 5 kGy düzeyinde ışınlanan grubun ise depolama boyunca *Enterobacteriaceae*'ye rastlanmamıştır. Kasımoğlu ve ark. (2003) farklı dozlarda ışınlanan (0, 1, 2 ve 3 kGy) vakum paketlenmiş sardalyalar üzerinde yaptıkları çalışmada depolama boyunca *Enterobacteriaceae* gelişimini incelemişlerdir. Başlangıçta ışınlama yapılmayan kontrol grubunun *Enterobacteriaceae* sayımının 3.33 log kob/g düzeyinde olduğu, kontrol grubunda depolama sonunda (10. günde) bu değer 4.20 log kob/g seviyesine ulaştığı bildirilmiştir. 1, 2 ve 3 kGy dozlarında ışınlanmış sardalyalarda ise başlangıç *Enterobacteriaceae* sayımı sırasıyla 1.00, 1.50 ve 1.00 log/g olduğu belirlenmiştir. Araştırmada, 1 kGy dozda ışınlanmış grupta 15 günde 4.58 log kob/g düzeyine, 2 kGy dozda ışınlanmış grupta 19 günde 4.29 log kob/g düzeyine ve 3 kGy dozda ışınlanmış grupta depolama sonu olan 21. günde 3.21 log kob/g düzeyine ulaştığı tespit edilmiştir.

4.3.5. Toplam *E.coli* Sayımı

Çizelge 4.13'de farklı dozlarda ışınlanmış tütsülü alabalık filetolarının soğuk depolanması süresince toplam *E.coli* sayımı (log kob/g) verilmiştir.

Çizelge 4.13. Farklı Dozlarda Işınlanan Tütsülü Alabalık Filetolarının Soğuk Depolanması Süresince Toplam *E.coli* Canlı Sayımları (log kob/g).

Depolama Süresi (Hafta)	Kontrol (0 kGy)	3 kGy	5 kGy
0	<1	-	-
2	<1	-	-
4	<1	-	-
6	<1	-	-
8	<1	-	-
11	1.41±0.01 ^a	-	-
14	1.68±0.01 ^b	-	-
17	1.75±0.01 ^c	-	-
20	1.95±0.01 ^d	-	-
23	-	-	-

Aynı sütunda yer alan farklı harfler (a-d) depolamaya bağlı gözlenen istatistiksel olarak farklılıkları göstermektedir (p < 0.05).

Değerler ortalama ve standart sapma olarak ifade edilmiştir, n=4.

Araştırmada farklı dozlarda ışınlanan tütsülenmiş gökkuşağı alabalığının filetolarının toplam *E.coli* sayımları kontrol grubunda 8. haftaya kadar 1.00 log kob/g'ın altında kalmıştır. Kontrol grubunda *E.coli* 11. haftada 1.41 log kob/g düzeyinden 20. haftada 1.95 log kob/g düzeyine ulaşmıştır. Işınlama uygulaması *E.coli* üzerinde önemli etkilere sahip olup 3 ve 5 kGy dozda ışınlanmış gruplarda depolama boyunca *E.coli* gözlenmemiştir.

E.coli, *Enterobacteriaceae* ailesinin bir üyesidir. Her ne kadar bir çok suşu patojen olarak kabul edilmese de immün sisteminde bozukluk olan hastalarda enfeksiyonlara sebep olan fırsatçı patojenler olabilmektedirler. Ayrıca direk olarak patojen olan *E.coli* suşları da mevcuttur ki bunlar sağlıklı insanların sindirim sistemlerinde hastalıklara yol açabilmektedirler (Feng ve ark. 2002). Koliformlar suyun temizlik kalitesini veya genel olarak gıda işleme ortamının temizlik durumunu tespit etmek için kullanılmaktadır. Fekal koliformlar kabuklular veya kabukluların bulunduğu suyun kalitesini ifade etmek için kullanılmaktadır. *E.coli* fekal kontaminasyonu veya temiz olmayan işleme ortamını ifade etmektedir (Feng ve ark. 2002).

Hocaoğlu ve ark. (2012) yaptıkları bir araştırmada 1, 3 ve 5 kGy dozlarında ışınladıkları karidesleri 4°C depolamışlardır. Araştırmada, ışınlanmamış kontrol grubunda başlangıçta 3.86 log kob/g olarak tespit ettikleri *E.coli* sayımını, 3 günlük depolama sonunda 4.20 log kob/g olarak tespit etmişlerdir. 1 ve 3 kGy dozda ışınlanmış gruplarda düşük miktarda *E.coli* tespit eden araştırmacılar, 5 kGy dozda ışınlanmış grupta yapılan bu çalışmaya benzer olarak *E.coli* tespit edememişlerdir. Cozzo-Siqueira ve ark. (2003) tilapya (*Oreochromis niloticus*) üzerinde yaptıkları bir çalışmada 0, 1, 2.2 ve 5 kGy dozlarında ışınlama uygulamışlar ve 0.5 ile -2 °C'ler arasında depolamışlardır. Depolama süresince 1 ve 5 kGy dozlarda ışınlanan tilapyalarda *E.coli* tespit edilememiştir. 2.2 kGy ışınlanan tilapyalarda ise başlangıçta *E.coli* tespit edilemez iken, depolamanın 30. gününde 4.0×10^1 kob/g düzeyinde *E.coli* gelişimi rapor etmişlerdir.

4.3.6. Toplam Laktik Asit Bakteri Sayımı

Çizelge 4.14'de farklı dozlarda ışınlanmış tütsülü alabalık filetoalarının soğuk depolanması süresince toplam laktik asit bakterileri sayımı (log kob/g) verilmiştir.

Çizelge 4.14. Farklı Dozlarda Işınlanan Tütsülü Alabalık Filetolarının Soğuk Depolanması Süresince Toplam Laktik Asit Bakterileri Canlı Sayımları (log kob/g).

Depolama Süresi (Hafta)	Kontrol (0 kGy)	3 kGy	5 kGy
0	1.69±0.09 ^a	-	-
2	1.90±0.33 ^a	-	-
4	2.53±0.65 ^b	-	-
6	2.86±0.04 ^{bc}	-	-
8	2.92±0.32 ^{bc}	-	-
11	3.36±0.10 ^{cB}	1.08±0.15 ^{aA}	-
14	4.52±0.13 ^{dB}	2.10±0.75 ^{bA}	-
17	4.69±0.37 ^{deB}	2.93±0.00 ^{bcA}	<1
20	5.16±0.20 ^{eC}	2.95±0.00 ^{bcB}	1.88±0.03 ^{aA}
23	-	3.52±0.29 ^{cB}	2.71±0.13 ^{bA}

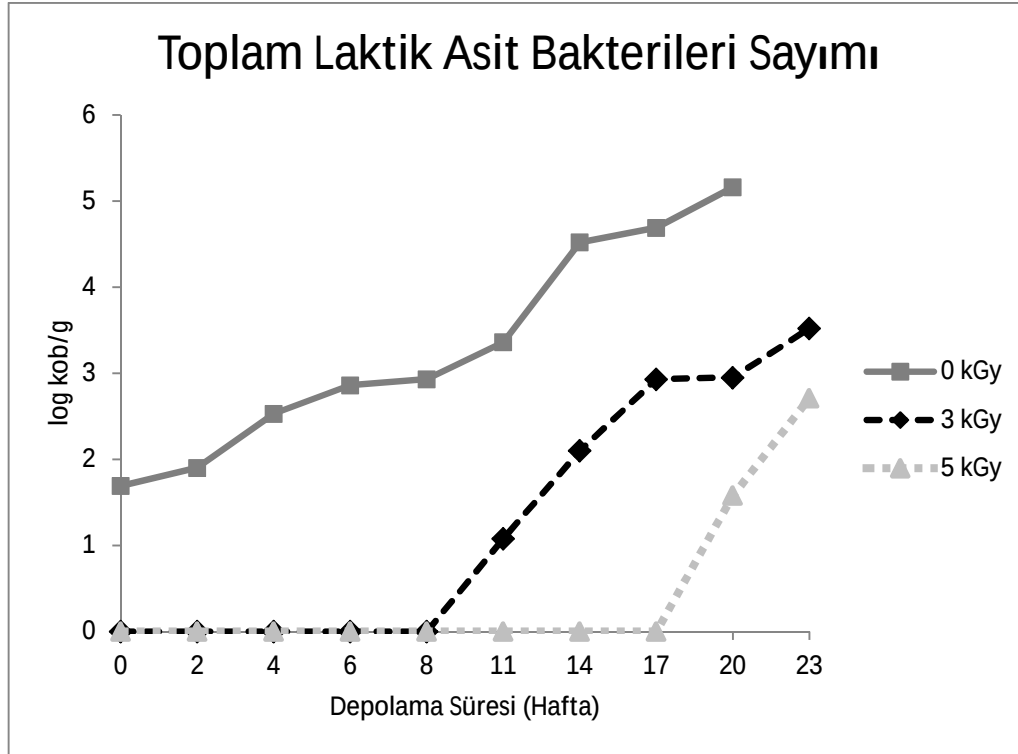
Aynı sütunda yer alan farklı harfler (a-e) depolamaya bağlı gözlenen istatistiksel olarak farklılıkları göstermektedir (p < 0.05).

Aynı satırda yer alan farklı harfler (A-C) ışınlamaya bağlı gözlenen istatistiksel olarak farklılıkları göstermektedir (p < 0.05).

Değerler ortalama ve standart sapma olarak ifade edilmiştir, n=4.

Kontrol ve 3 ve 5 kGy dozda ışınlanmış gruplar arasında depolama süresince önemli farklılıklar tespit edilmiştir (p<0.05). Gökkuşluğu alabalığının filetolarının başlangıç laktik asit bakterileri sayımları kontrol grubunda 1.69 log kob/g olup, depolamanın 20. haftasında 5.16 log kob/g düzeyine ulaşmıştır (Şekil 4.9.). 3 ve 5 kGy dozda ışınlanmış gruplar arasında da depolama boyunca önemli farklılıklar gözlenmiştir (p<0.05) olup, 5 kGy dozda ışınlanan grup daha düşük LAB sayısına sahip olmuştur. 3 kGy dozda ışınlanan grupta depolamanın ilk 8 haftasına kadar LAB gelişimi gözlenmezken, depolananın 11. haftasından sonra laktik asit bakterilerinin sayımı 1.08 log kob/g düzeyinin üzerinde tespit edilmiştir. 5 kGy dozda ışınlanmış

grupta ise ilk 14 hafta LAB gelişimi gözlenmemiştir. Ancak depolamanın 17. haftasında LAB değeri 1.00 log kob/g'ın altında gözlenmiştir. 23. haftada 3 ve 5 kGy dozda ışınlanmış grupların toplam laktik asit bakteri değerleri sırasıyla 3.52 ve 2.71 log kob/g olarak tespit edilmiştir.



Şekil 4.9. Farklı Dozlarda Işınlanan Tütsülü Alabalık Filetolarının Soğuk Depolanması Süresince Laktik Asit Bakterileri Canlı Sayımları (log kob/g).

Laktik asit bakterileri (LAB), karbonhidrat fermantasyonu sonucunda ortaya çıkan ana metabolitlerden biri olan laktik asidi üreten gram pozitif, spor oluşturmeyen geniş bir topluluğu oluşturmaktadırlar. Günümüzde insanların beslenme alışkanlıklarındaki değişimler sonucu özellikle içinde şeker ve tuz içeren soğuk tütsüleme gibi hafif işlenmiş ürünlere olan ilgi laktik asit bakterilerine olan ilgiye de artırmıştır. Normal koşullar altında düşük depolama sıcaklıkları ve karbonhidrat seviyelerinde *Pseudomonas* veya *Shewanella* gibi gram negatif, pH'ya duyarlı psikotrofik bakteriler balık etinde mesofilik laktik asit bakterilerine göre çok daha hızlı gelişip 10^6 - 10^7 kob/g seviyelerine ulaşabilmektedirler. Fakat ortama tuzun

eklenmesi su tutma kapasitesinin düşürülmesi gram negatif bakterilerinin gelişimini engellemekte ve LAB gibi diğer mikroorganizmaların gelişimine imkan tanımaktadır. Karbonhidratların fermentasyonu organik asitlerin üretiminden dolayı ortamda ekşi ve turşumsu koku ve tatların oluşumuna imkan vermektedir. Amino asitler karnobakteriler tarafından parçalanmakta ve ortamda aldehit ve alkollerin oluşmasına imkan verirken malt tadını ortaya çıkarmaktadırlar (Françoise 2010). Moini ve ark. (2009) yaptıkları çalışmada özellikle 4 °C'de depolanan, taze vakum paketlenmiş Atlantik salmon porsiyonlarının bozulmasında en etkili olan mikroorganizmaların laktik asit bakterileri olduğunu belirtmişlerdir. Bu sebeplerden dolayı tütsülenmiş ve vakum paketlenmiş ürünlerde ışınlama ile birlikte mikrobiyolojik etkenlerin büyük oranda azaltılması sonucu ortamda laktik asit bakterilerinin ne oranda gelişim sağlayabilecekleri araştırılmıştır.

Chouliara ve ark. (2004), tuzlanmış, vakum paketli buzdolabında depolanan çipuralara 1 ve 3 kGy dozlarında ışınlama uygulamışlar ve laktik asit bakterilerinin gelişimini gözlemişlerdir. Işınlanmamış kontrol grubunda bile laktik asit bakterileri 42 günlük depolama sonunda 10^4 kob/g düzeyinin üzerine çıkmamıştır. 1 kGy dozda ışınlanmış grupta depolamanın 9. gününde gözlenen laktik asit bakterileri depolama sonunda 2.0 log kob/g seviyesine, 3 kGy dozda ışınlanmış grupta ise depolamanın 21. gününde gözlenen laktik asit bakterileri 42 günlük depolama sonunda 3.6 log kob/g seviyesine ulaşmıştır. Reale ve ark. (2008) soğukta depoladıkları levrekleri 3 kGy düzeyinde ışınlamaya tabi tutmuşlar 10 günlük depolama süresince laktik asit bakterilerinin 1 log kob/g düzeyine ulaştığını tespit etmişlerdir. Badr (2012) soğuk tütsülenmiş, vakum paketlenmiş ve buzdolabında depolanmış salmon filetoları üzerinde 0, 1, 2, 3 ve 4 kGy dozlarında ışınlama uygulaması yapmış ve depolama süresince laktik asit bakterileri üzerindeki etkileri incelemiştir. 1 kGy dozda ışınlanmış grupta 4.5 log kob/g seviyesinden başlayan laktik asit bakteri gelişiminin, 7 haftalık depolama sonunda 6.5 log kob/g seviyesine ulaştığını tespit etmişlerdir. 2, 3 ve 4 kGy dozlarında ışınlanmış gruplarda ise başlangıç LAB sayısı sırasıyla 3, 3.2 ve 3.5 log kob/g seviyesinden depolama sonunda 3.5, 4 ve 4.2 log kob/g seviyesine ulaşmıştır. Moini ve ark. (2009) 0, 3 ve 5 kGy dozda ışınlanan gökkuşağı alabalıkları filetolarında depolamanın 14. gününe kadar laktik asit bakteri gelişimi

gözlemişlerdir. Ancak depolamanın 42. gününde laktik asit bakterilerinin 3 kGy dozda ışınlanmış grupta 4.04 log kob/g seviyesinde, 5 kGy dozda ışınlanmış grupta ise 3.55 log kob/g seviyesinde kaldığı gözlenmiştir.

4.4. Farklı Dozlarda Işınlanmış Tütsülü Alabalık Filetolarının 2 °C’de Depolanması Süresince Duyusal Değerlerinde Meydana Gelen Değişimler

Farklı dozlarda ışınlanarak soğuk depolanan (2 °C) tütsülü alabalık filetolarının depolanma süresince renk, koku, lezzet, doku ve genel kabul edilebilirlik değerlerinde belirlenen değişimler sırasıyla Çizelge 4.15, 4.16, 4.17 4.18 ve Şekil 4.10’de görülmektedir.

Çizelge 4.15 Farklı Dozlarda Işınlanan Tütsülü Alabalık Filetolarının Soğuk Depolanması Süresince Renk Değerlerinde Meydana Gelen Değişimler.

Depolama Süresi (Hafta)	Kontrol (0 kGy)	3 kGy	5 kGy
0	9.00±0.00 ^{aA}	9.00±0.00 ^{aA}	9.00±0.00 ^{aA}
2	8.67±0.52 ^{aA}	8.67±0.52 ^{aA}	8.67±0.52 ^{aA}
4	7.83±0.41 ^{bA}	8.00±0.00 ^{bA}	8.00±0.00 ^{bA}
6	7.50±0.55 ^{bcA}	7.83±0.41 ^{bA}	7.83±0.41 ^{bcA}
8	7.33±0.52 ^{bcdA}	8.00±0.00 ^{bB}	7.83±0.41 ^{bcB}
11	6.83±0.41 ^{cdA}	7.67±0.52 ^{bB}	7.50±0.84 ^{bcAB}
14	6.50±0.84 ^{deA}	7.50±0.55 ^{bB}	7.17±0.75 ^{cAB}
17	5.83±0.98 ^{eA}	6.50±0.84 ^{cA}	6.33±0.82 ^{dA}
20	5.83±1.33 ^{eA}	6.50±0.55 ^{cA}	6.00±0.63 ^{dA}
23	-	5.83±0.41 ^{dA}	5.67±0.52 ^{dA}

Aynı sütunda yer alan farklı harfler (a-e) depolamaya bağlı gözlenen istatistiksel olarak farklılıkları göstermektedir ($p < 0.05$).

Aynı satırda yer alan farklı harfler (A-B) ışınlamaya bağlı gözlenen istatistiksel olarak farklılıkları göstermektedir ($p < 0.05$).

Değerler ortalama ve standart sapma olarak ifade edilmiştir, n=6.

Araştırmada, panelistlerin yaptıkları değerlendirmeler sonucunda 0, 3 ve 5 kGy dozlarında ışınlanan alabalık filetolarının depolama süresince renk değişimleri Çizelge 4.15'de verilmiştir. Başlangıçta renk değerlendirmesi kontrol, 3 ve 5 kGy dozlarında ışınlanmış filetoların hepsi için 9 olarak tespit edilmiştir. 8. haftaya kadar filetoların renklerinde düzenli bir düşme gözlenirken, kontrol ve ışınlanmış gruplar arasında önemli bir farklılık gözlenmemiştir ($p>0.05$). 8, 11 ve 14. haftalarda filetoların renklerinde kontrol ve ışınlanmış gruplar arasında önemli farklılıklar ($p<0.05$) gözlenmiş olmasına karşın, depolama sonunda kontrol ve ışınlanmış filetolar arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık gözlenmemiştir ($p>0.05$).

Her ne kadar örneklerin genel olarak kabul edilebilirlikleri kontrol grubu için 20. hafta, ışınlanmış gruplar için 23. hafta olarak belirlenmişse de bu süreç içinde örneklerin renkleri kabul edilebilirlik seviyelerinin altına düşmemiştir.

Çizelge 4.16 Farklı Dozlarda Işınlanan Tütsülü Alabalık Filetolarının Soğuk Depolanması Süresince Koku Değerlerinde Meydana Gelen Değişimler.

Depolama Süresi (Hafta)	Kontrol (0 kGy)	3 kGy	5 kGy
0	9.00±0.00 ^{aA}	9.00±0.00 ^{aA}	8.83±0.41 ^{aA}
2	8.83±0.41 ^{aA}	8.83±0.41 ^{aA}	8.67±0.82 ^{abA}
4	7.67±0.52 ^{bA}	8.17±0.41A ^{bB}	8.33±0.52 ^{abB}
6	7.17±0.75 ^{bcA}	7.83±0.41 ^{bcA}	7.83±0.41 ^{bcA}
8	7.17±0.75 ^{bcA}	7.67±0.52A ^{bcdB}	8.00±0.00 ^{abB}
11	7.00±0.00 ^{cA}	7.17±0.75 ^{cdeA}	7.17±0.41 ^{cdA}
14	7.00±0.00 ^{cA}	7.00±0.00 ^{deA}	7.00±0.00 ^{dA}
17	5.00±0.71 ^{dA}	6.67±0.82 ^{eB}	6.50±1.05 ^{deB}
20	3.17±0.41 ^{eA}	5.67±0.82 ^{fB}	5.83±0.98 ^{eB}
23	-	5.00±0.63 ^{gA}	4.83±0.98 ^{fA}

Aynı sütunda yer alan farklı harfler (a-g) depolamaya bağlı gözlenen istatistiksel olarak farklılıkları göstermektedir ($p < 0.05$).

Aynı satırda yer alan farklı harfler (A-B) ışınlamaya bağlı gözlenen istatistiksel olarak farklılıkları göstermektedir ($p < 0.05$).

Değerler ortalama ve standart sapma olarak ifade edilmiştir, n=6.

Araştırmada, depolamanın başlangıcında kontrol, 3 kGy ve 5 kGy dozlarında ışınlanmış grupların koku değerleri sırasıyla 9.00, 9.00 ve 8.83 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.16). 4. haftaya kadar kontrol ve ışınlanmış gruplar arasında bir farklılık gözlenmezken, ilerleyen haftalarda bazı farklılıklar görülmüş ve genel olarak koku değerlerinde kademeli olarak bir azalma gözlenmiştir. Depolamanın 20. haftasında kontrol, 3 kGy ve 5 kGy dozlarında ışınlanmış grupların koku değerleri sırasıyla

3.17, 5.67 ve 5.83 olarak tespit edilmiş ve kontrol grubu ile ışınlanmış gruplar arasında istatistiksel açıdan farklılık ($p < 0.05$) belirlenmiştir. Depolamanın sonunda 3 kGy ve 5 kGy dozda ışınlanmış grupların koku değerleri sırasıyla 5.00 ve 4.83 olarak tespit edilmiştir. Bunun yanında 3 ve 5 kGy dozda ışınlanmış ürünler arasında hem 20. haftada, hem de depolamanın sonu olan 23. haftada koku esas alındığında, 5 kGy dozda ışınlanan grup kabul edilebilirlik sınır değeri olan 5'in altına düşmüş olsa dahi aralarında istatistiksel olarak farklılık tespit edilmemiştir ($p > 0.05$).

Çizelge 4.17 Farklı Dozlarda Işınlanan Tütsülü Alabalık Filetolarının Soğuk Depolanması Süresince Lezzet Değerlerinde Meydana Gelen Değişimler.

Depolama Süresi (Hafta)	Kontrol (0 kGy)	3 kGy	5 kGy
0	8.67±0.52 ^{aA}	8.83±0.41 ^{aA}	8.67±0.52 ^{aA}
2	8.83±0.41 ^{aA}	8.50±0.84 ^{aA}	8.50±0.84 ^{aA}
4	7.33±0.52 ^{bA}	8.33±0.52 ^{bcB}	8.17±0.41 ^{abB}
6	6.33±0.52 ^{cA}	7.67±0.52 ^{bcB}	7.67±0.52 ^{bB}
8	6.50±0.55 ^{cA}	7.67±0.52 ^{bcB}	7.67±0.52 ^{bB}
11	6.33±0.52 ^{cA}	7.50±0.55 ^{cB}	7.50±0.55 ^{bB}
14	5.88±1.32 ^{cdA}	7.00±0.63 ^{cA}	6.42±0.92 ^{cA}
17	5.25±0.96 ^{dA}	6.17±0.75 ^{dA}	6.00±0.89 ^{cdA}
20	2.83±0.41 ^{eA}	5.50±0.55 ^{dB}	5.50±0.55 ^{dB}
23	-	4.33±0.82 ^{eA}	4.17±0.75 ^{eA}

Aynı sütunda yer alan farklı harfler (a-e) depolamaya bağlı istatistiksel olarak farklılıkları göstermektedir ($p < 0.05$).

Aynı satırda yer alan farklı harfler (A-B) ışınlamaya bağlı istatistiksel olarak farklılıkları göstermektedir ($p < 0.05$).

Değerler ortalama ve standart sapma olarak ifade edilmiştir, n=6.

Çalışmada, kontrol ve 3 ve 5 kGy dozda ışınlanmış tütü alabalık filetolarının lezzet değerleri incelenmiş ve depolama başlangıcında kontrol, 3 ve 5 kGy dozlarında ışınlanmış filetoların lezzet değeri sırasıyla 8.67, 8.83 ve 8.67 olarak tespit edilmiştir. Depolamanın başlangıcı ve ilk 2 haftada gruplar arasında önemli bir farklılık gözlenmemiştir ($p>0.05$). İlerleyen haftalarda tüm gruplarda kademeli bir kalite kaybı gözlenmiş ve aynı zamanda bazı haftalarda (4, 6, 8, 11 ve 20. hafta) kontrol ve ışınlanmış gruplar arasında belirgin farklılıklar olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$). Depolamanın her hangi bir devresinde 3 ve 5 kGy dozda ışınlanmış grupların lezzetleri arasında önemli bir farklılık saptanmamıştır ($p>0.05$). Depolamanın kontrol grubu için son haftası olan 20. haftada lezzet değeri 2.83'e kadar gerilerken, aynı haftada 3 ve 5 kGy dozda ışınlanmış filetoların her ikisinin de lezzet değerleri 5.50 olarak tespit edilmiştir. Işınlanmış gruplar için depolamanın son haftası olan 23. haftada 3 ve 5 kGy dozda ışınlanmış gruplar arasında istatistiksel açıdan bir farklılık gözlenmezken, lezzet değerleri sırasıyla 4.33 ve 4.17 olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 4.18 Farklı Dozlarda Işınlanan Tütsülü Alabalık Filetolarının Soğuk Depolanması Süresince Doku Yapısı Değerlerinde Meydana Gelen Değişimler.

Depolama Süresi (Hafta)	Kontrol (0 kGy)	3 kGy	5 kGy
0	9.00±0.00 ^{aA}	8.83±0.41 ^{aA}	9.00±0.00 ^{aA}
2	8.83±0.41 ^{aA}	8.83±0.41 ^{aA}	8.83±0.41 ^{aA}
4	7.67±0.82 ^{bA}	8.17±0.41 ^{abA}	8.17±0.41 ^{bA}
6	6.50±0.55 ^{cA}	7.83±0.41 ^{bB}	7.83±0.41 ^{bcB}
8	6.67±0.52 ^{cA}	7.83±0.41 ^{bB}	7.83±0.41 ^{bcB}
11	6.50±0.55 ^{cA}	7.50±0.55 ^{bcB}	7.50±0.55 ^{cdB}
14	6.25±0.96 ^{cA}	6.83±0.41 ^{cdAB}	7.17±0.41 ^{deB}
17	5.33±0.58 ^{dA}	6.33±0.82 ^{dB}	6.67±0.52 ^{eB}
20	3.00±0.89 ^{eA}	5.17±0.75 ^{eB}	5.66±0.52 ^{fB}
23	-	4.67±1.03 ^{eA}	4.83±0.75 ^{gA}

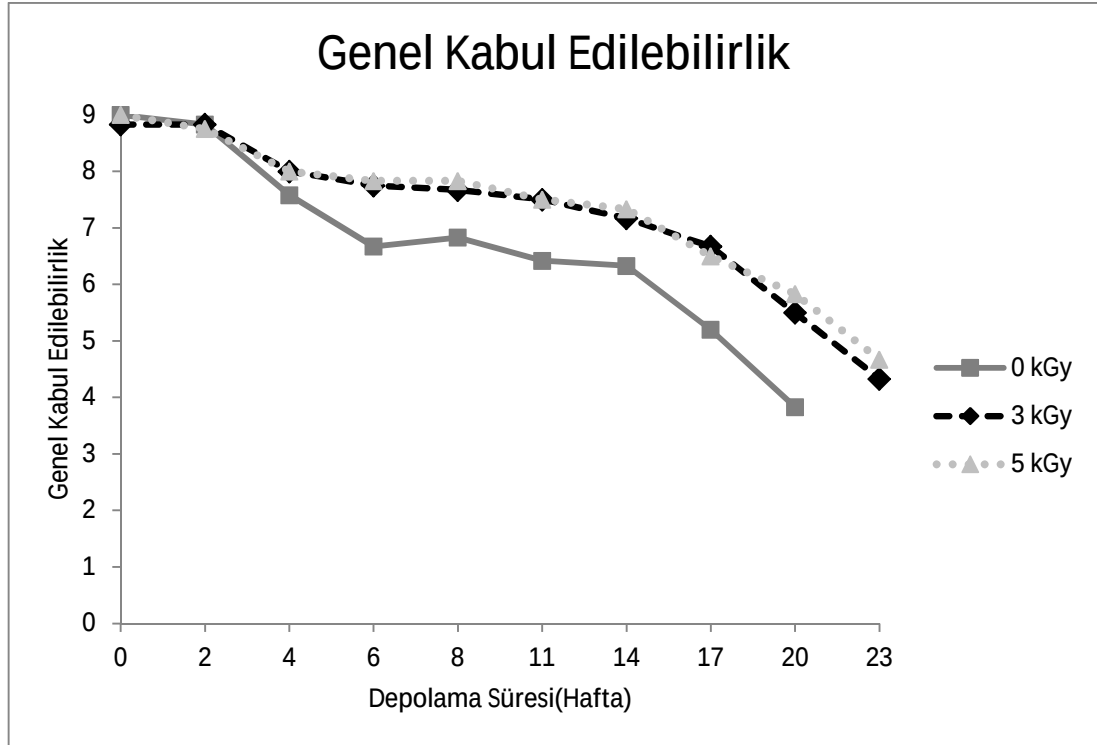
Aynı sütunda yer alan farklı harfler (a-g) depolamaya bağlı gözlenen istatistiksel olarak farklılıkları göstermektedir ($p < 0.05$).

Aynı satırda yer alan farklı harfler (A-B) ışınlamaya bağlı gözlenen istatistiksel olarak farklılıkları göstermektedir ($p < 0.05$).

Değerler ortalama ve standart sapma olarak ifade edilmiştir, n=6.

Araştırmada, kontrol, 3 ve 5 kGy dozlarında ışınlanmış filetoların başlangıç doku yapısı değerleri sırasıyla 9.00, 8.33 ve 9.00 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.18). Doku yapısı değerlerinde 6. haftaya kadar muamele grupları arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık belirlenmemiştir ($p>0.05$). Depolamanın ilerleyen zamanlarında, 23. hafta dışındaki diğer haftalarda kontrol ve ışınlanmış gruplar arasında farklılıklar gözlenmiştir ($p<0.05$). Kontrol grubunun duyusal olarak ret edildiği 20. haftada kontrol, 3 ve 5 kGy dozda ışınlanmış grupların doku yapısı değerleri sırasıyla 3.00, 5.17 ve 5.66 olarak tespit edilmiştir. 23. haftada ise doku yapısı değerleri 3 kGy dozda ışınlanmış grup için 4.67, 5 kGy dozda ışınlanmış grup

için 4.83 olarak tespit edilmiştir. Her ne kadar elde edilen verilerden 5 kGy dozda ışınlanmış grubun doku yapısı değerleri 3 kGy dozda ışınlanmış gruba göre daha iyi olduğu gözlenirse de, iki grup arasında istatistik olarak önemli bir farklılık olmadığı gözlenmiştir ($p>0.05$).



Şekil 4.10. Farklı Dozlarda Işınlanan Tütsülü Alabalık Filetolarının Soğuk Depolanması Süresince Genel Kabul Edilebilirlik Değerlerinde Meydana Gelen Değişimler.

Tütsülenmiş ve vakum paketlenmiş, 0, 3 ve 5 kGy dozlarında ışınlanmış gökkuşağı alabalık filetoları üzerinde yaptığımız çalışmanın duysal değerlendirmesi sonucunda elde edilen genel kabul edilebilirlik değerleri Şekil 4.10'da gösterilmiştir. Depolamanın başlangıcında kontrol, 3 ve 5 kGy dozda ışınlanmış grupların genel kabul edilebilirlik değerleri sırasıyla 9.00, 8.83 ve 9.00 olarak tespit edilmiş ve gruplar arasında önemli bir farklılık olmadığı belirlenmiştir ($p>0.05$). 2. haftadan sonra kontrol ve ışınlanmış gruplar arasında farklılıklar gözlenmiş ve 20. haftada kontrol, 3 ve 5 kGy dozda ışınlanmış grupların genel kabul edilebilirlikleri sırasıyla 3.83, 5.50 ve 5.83 olarak tespit edilmiştir. Kontrol grubu 17 hafta sonunda kabul

edilebilirlik sınırına ulaşmış ve 20 haftada deneyimli panelistlerimiz tarafından genel kabul edilebilirlikleri ret edilmiştir. 3 ve 5 kGy dozda ışınlanmış filetoların ise 23 hafta sonunda kabul edilemez olduğu gözlenmiştir. Depolama boyunca 3 ve 5 kGy dozda ışınlanmış filetolar arasında istatistiksel açıdan bir farklılık gözlenmez iken, depolamanın son haftası olan 23. haftada grupların genel kabul edilebilirlik değerlerinin sırasıyla 4.33 ve 4.67'ye düştüğü görülmüştür.

Dünya çapında, hem bilimsel araştırma amaçlı hem de su ürünleri sektöründe doğruluğu ve tarafsızlığı sebepleri yüzünden kalite indeksi metodlarına karşı ilgi artmaktadır (Mbarki ve ark. 2009). Bir su ürünü tüketildiği zaman, ürünün kalitesi; renk, koku, lezzet ve doku yapısı gibi duyuşsal karakteristiklerinin birbirleri ile olan ilişkileri doğrultusunda değerlendirilmektedir (Oraei ve ark. 2012). Tazelik bir su ürünü kalitesini değerlendirmede en önemli niteliklerden biridir (Moini ve ark. 2009). Her ne kadar çeşitli fiziksel, biyokimyasal veya mikrobiyolojik metotlar su ürünlerinin tazeliğini değerlendirmede kullanılsa da, duyuşsal değerlendirme bir su ürününün kalitesinin belirlenmesinde halen en geçerli yol olarak görülmektedir (Moini ve ark. 2009).

Araştırma boyunca kontrol ve ışınlanmış gökkuşuğı alabalığı filetolarını duyuşsal olarak test eden panelistler, ışınlanmamış olan kontrol grubunun 20 hafta boyunca tüketilebilir olduğunu, ışınlanmış grupların ise 23 hafta boyunca tüketilebileceğini belirlemişlerdir. Bir balığın tüketilebilirlik süresi, onun; türü, avlanma şekli, avlandığı yer, öldürölme şekli, hangi mevsimde avlandığı, boyutu, üremesi, kullanılan işleme yöntemi, paketleme yöntemi, depolanma şekli, depolama sıcaklığı ve bir çok diğer etmenin etkisi altındadır. Bir çok araştırmacı, gökkuşuğı filetoları tütsülenmiş (aynı zamanda tuzlanmış), vakum paketlenmiş ve farklı düzeylerde gama ışınlamasına tabi tutulmuştur. Araştırmacılar sadece gama ışınlamanın bile ürünlerin depolama süreleri üzerine oldukça önemli etkilerinin olduğunu bildirmişlerdir (Javamard ve ark. 2006; Ahmed ve ark. 1997; Aly ve ark. 2014; Anwar ve ark. 2012; Jeevanandam ve ark. 2001). Bunun yanında, tütsüleme ve vakum paketlemenin de depolama süresince önemli etkilerinin olduğu bilinmektedir (Krizek ve ark. 2012; Badr 2012; Mbarki ve ark. 2009a; Kasımoğlu ve ark. 2003). Bu çalışmada, gama ışınlama, tütsüleme ve vakum paketlemenin kombine etkisi

değerlendirilmiştir. Günümüzde gıda işleme sektöründe birden fazla koruyucu yöntemin kombine olarak kullanıldığı "engeller teknolojisi" giderek önem kazanmaktadır.

Mbarki ve ark. (2009a), kolyozlar ile yaptıkları bir çalışmada, vakum paketlenmenin ve düşük dozlu (1.5 kGy) gama ışınlamanın kombine etkisinin bakterilerin gelişimini azalttığını ve dolayısıyla balığın raf ömrünü beklenenden çok daha fazla uzattığını bildirmişlerdir. Aynı şekilde Chouliara ve ark. (2005)'da çipuralar üzerinde yaptıkları çalışma da yine vakum pakitlemeyle birlikte 1 ve 3 kGy dozda ışınlama kullanmışlardır ve depolama ömrünün oldukça arttığını bildirmişlerdir.

Al-bachir ve Zeinou (2009) yaptıkları çalışma sonucunda gama ışınlamanın lipid oksidasyonunu arttırdığını ama aynı zamanda vakum pakitleme uygulanan ışınlanmış örneklerin ortamdan oksijenin çekilmesi ile renk, koku, tat ve doku yapılarındaki değişimlerinde oldukça etkili olduğunu bildirmişlerdir. Chouliara ve ark. (2004) çipuralar üzerindeki yaptıkları çalışmada, koku, lezzet ve doku yapısı değerlerinin elde ettikleri mikrobiyal değerler ile yakından ilişkili oldukları ve ışınlamanın, kontrol grubuna göre duyuşal değerlendirmelerde önemli farklılıklar oluşturduğunu bildirmişlerdir.

Özden ve ark. (2007a), kültüre alınmış levrekler üzerinde yaptıkları çalışmada, 0, 2.5 ve 5 kGy dozlarda ışınlamanın depolama sonunda balığın genel kabul edilebilirlik değerlerini önemli derecede etkilediğini bildirmişler ve 2.5 veya 5 kGy dozda yapılan ışınlamanın raf ömürleri üzerinde bir farklılık yaratmadığını saptamışlardır. Benzer şekilde, Ahmed ark. (1997), yaptıkları çalışmada, 2 ve 3 kGy ışınlanmış balıkların genel kabul edilebilirliklerinin kontrol grubuna göre daha uzun ömürlü olduğunu ama 2 ve 3 kGy dozda ışınlamış grupların kendi aralarında genel kabul edilebilirlik süresi açısından önemli bir farklılık oluşturmadığını bildirmişlerdir.

Sonuç olarak, yaptığımız çalışmada tütsülenmenin; ısıt işlemler ve tuzlama ile birlikte etkisi, vakum paketlenmenin; ortamdan oksijenin çekilmesi ile lipid oksidasyonu üzerindeki etkisi ve gama ışınlamanın; ortamdaki mikrobiyal yük üzerindeki etkisi bir araya geldiğinde gökkuşaağı alabalıklarının filetoalarının renk,

koku, lezzet, doku yapısı ve genel kabul edilebilirlik yani raf ömürleri üzerinde önemli etkilerinin olduğu gözlenmiştir. Tüm bu koruyucu yöntemlerin birlikte kullanılmasıyla alabalık filetolarının 2C de buzdolabında 23 hafta boyunca depolanabileceği saptanmıştır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, farklı dozlarda gama ışınlamanın (0, 3 ve 5 kGy) soğukta depolanan (2°C) tütülenmiş ve vakum paketlenmiş gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) filetolarının duyuşal, kimyasal ve mikrobiyolojik kalitesi üzerine etkileri araştırılmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen sonuçlar ve öneriler aşağıda belirtildiğı şekilde sırası ile verilmiştir.

- Farklı Dozlarda Işınlamanın (0, 3 ve 5 kGy) Tütülü Gökkuşağı Alabalığı Filetolarının 2°C’de Depolanması Süresince Biyokimyasal Kompozisyonu Üzerine Etkileri
 1. Araştırmada, tütüleme uygulanmayan (çiğ) alabalık filetoları ve tütülenmiş grupların nem oranları sırasıyla %76.51 ve %68.82 olarak belirlenmiştir. Çiğ ve tütülenmiş grupların ham kül oranları sırasıyla %1.30 ve %3.04, ham protein oranları sırasıyla %19.06 ve %23.53, lipit oranları ise %1.76 ve %3.12 olarak tespit edilmiştir. Nem, ham kül, ham protein ve lipit oranları arasında gruplar arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar bulunmuştur ($p<0.05$).
 2. Araştırma sonucunda, tütülü gökkuşağı alabalığı filetolarının temel yağ asitlerinin palmitik asit (C16:0), oleik asit (18:1ω9), linoleik asit (18:2ω6) ve dokosaheksaenoik asit (DHA, C22:6ω3) olduğu belirlenmiştir. Işınlama uygulamasının tütülü alabalık filetolarının yağ asidi bileşenlerinde istatistiksel olarak önemli düzeyde bir farklılık oluşturmadığı belirlenmiştir ($p>0.05$).
 3. Doymuş yağ asitleri (SFA) içerisinde miristik asit (C14:0), palmitik asit (C16:0) ve stearik asidin (C18:0) baskın yağ asitleri olduğu tespit edilmiştir. Işınlama uygulamasının bu yağ asitlerinde bir farklılık yaratmadığı belirlenmiştir. Depolama süresince ise ışınlama uygulanan grupların miristik, palmitik ve stearik asit değerlerinde istatistiksel olarak bir artışın gerçekleştiğı tespit edilmiştir. Bununla birlikte, 5 kGy dozda

ışınlanmış filetoların bu yağ asidi değerlerinin 3 kGy dozda ışınlanmış filetolara göre daha yüksek değerlerde olduğu saptanmıştır.

4. Toplam doymuş yağ asitlerinde de (SFA) ışınlama uygulamasının depolama süresince genel olarak artışlara neden olduğu görülmüştür. 5 kGy ışınlanmış grubun toplam SFA düzeyindeki artışının en yüksek seviyede gözlemlendiği çalışmada, en az artışın ise kontrol grubunda olduğu tespit edilmiştir.
5. Tekli doymamış yağ asitleri (MUFA) içerisinde palmitoleik asit (C16:1), oleik asit (C18:1 ω 9) ve vassenik asidin (C18:1 ω 7) baskın yağ asitleri olduğu tespit edilmiştir. Işınlama uygulamasının bu yağ asitlerinde bir farklılık yaratmadığı belirlenmiştir. Benzer şekilde depolama süresince de vassenik asit dışında palmitoleik ve oleik asit değerlerinde önemli bir değişim gözlenmemiştir.
6. Toplam tekli doymamış yağ asitlerinde (MUFA) ışınlama uygulamasının istatistiksel olarak önemli bir değişime neden olmadığı ve tüm gruplarda toplam MUFA değerlerinin depolama süresince genel olarak benzer seviyelerde olduğu tespit edilmiştir.
7. Çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) içerisinde linoleik asit (C18:2 ω 6), linolenik asit (C18:3 ω 3), araşidonik asit (C20:4 ω 6), eikosapentaenoik asit (EPA, C20:5 ω 3) ve dokosaheksaenoik asidin (DHA, C22:6 ω 3) baskın olarak bulunan yağ asitleri olduğu tespit edilmiştir. Işınlama uygulamasının linoleik asit dışında diğer yağ asitlerini etkilemediği gözlenmiştir. Linoleik asitte ise kontrol grubu linoleik yağ asidi seviyelerinin, 3 ve 5 kGy dozda ışınlanmış olanlara göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$). Ancak, depolama süresince PUFA içinde yer alan bu yağ asitlerinde bütün gruplarda genel olarak önemli bir azalma ($p<0.05$) gözlenirken, kontrol grubu içinde yer alan yağ asitlerinin değerlerinin, 3 ve 5 kGy dozda ışınlanmış gruplara göre daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Aynı zamanda bu yağ asitlerinin 5 kGy dozda ışınlanmış gruplardaki değerlerinin, 3 kGy dozda ışınlanmış gruplara göre daha düşük olduğu ($p<0.05$) belirlenmiştir.

8. Toplam çoklu doymamış yağ asitlerinde de (PUFA) benzer bir durum gözlenmiş ve ışınlama uygulamasının depolama başlangıcında farklılık yaratmadığı belirlenmiştir. Depolama süresince 3 ve 5 kGy dozda ışınlanmış grupların toplam PUFA değerlerinin, kontrol grubuna göre daha düşük değerlerde olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, depolama sonunda kontrol grubunda istatistiksel olarak önemli bir azalma belirlenirken ($p<0.05$), 3 ve 5 kGy dozda ışınlanmış gruplarda önemli bir değişim gözlenmemiştir ($p>0.05$).

Sonuç olarak yağ asitleri bir bütün olarak incelendiğinde, depolama sonunda SFA değerlerinin genel olarak tüm gruplarda arttığı görülmüştür. Ancak, PUFA değerlerinde ise kontrol grubunda bir azalma gözlenirken 3 ve 5 kGy dozda ışınlanmış gruplarda değişim gözlenmemiştir.

- Farklı Dozlarda Işınlamanın (0, 3 ve 5 kGy) Tütsülü Gökkuşığı Alabalığı Filetolarının 2°C’de Depolanması Süresince Kimyasal Kalite Kontrol Parametrelerinde Meydana Gelen Değişimler

1. Depolama boyunca, bütün gruplardaki pH değerleri, tüketilebilirlik sınır değeri olarak belirtilen 7 seviyesine ulaşmamıştır. Işınlama uygulamasının pH değerleri üzerine önemli bir farklılık yaratmadığı gözlenmiştir. Depolama süresince ise her ne kadar bütün gruplarda bir artış gözlenirse de, ışınlamanın uygulandığı gruplarda pH değerlerinin kontrol grubuna göre daha düşük seviyelerde olduğu saptanmıştır. Mikrobiyolojik sonuçlarla paralellik gösteren pH sonuçlarına göre, 5 kGy dozda ışınlanmış grubun, en düşük pH seviyesine sahip olduğu gözlenmiştir.
2. Araştırmada, depolama boyunca tüm gruplarda TVB-N değerinin yükseldiği ancak, bu değerlerin tüketilebilirlik sınır değerlerine ulaşmadığı gözlenmiştir. Işınlama uygulamasının TVB-N değerleri üzerine önemli derecede etkili olduğu ($p<0.05$) görülmüştür. Depolama

süresince ve sonunda ışınlanmış grupların TVB-N seviyelerinin kontrol grubuna göre daha düşük değerlerde olduğu belirlenmiştir. Bunun yanında 3 ve 5 kGy dozda ışınlanan gruplar arasında depolama boyunca önemli bir farklılığın olmadığı tespit edilmiştir ($p>0.05$).

3. Depolama süresince tüm gruplarda TBA değerlerinde bir yükselme gözlenirken, depolama sonunda gözlenen bu değerlerin limit seviyelere ulaşmadığı tespit edilmiştir. Işınlama uygulamasının TBA değerlerini önemli düzeyde arttırdığı ve depolama sonunda 5 kGy dozda ışınlanmış grubun TBA değerlerinin diğer gruplara göre daha yüksek düzeylerde olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$).
4. Araştırmada depolama süresince tüm gruplarda peroksit değerlerinde artış ve azalışlar gözlenmiştir. Depolama sonunda 5 kGy dozda ışınlanmış grubun peroksit değerlerinin diğer gruplara göre daha yüksek düzeylerde olduğu belirlenmiştir.
5. Serbest yağ asidi değerlerinin başlangıçta ve depolama süresince ışınlama uygulamasından etkilendiği saptanmıştır. Işınlama dozu arttıkça serbest yağ asidi değerlerinde de paralel bir artışın olduğu belirlenmiştir.

- Farklı Dozlarda Işınlamanın (0, 3 ve 5 kGy) Tütsülü Gökkuşağı Alabalığı Filetolarının 2°C’de Depolanması Süresince Meydana Gelen Mikrobiyolojik Değişimler

1. Araştırmada, kontrol grubu veya ışınlama uygulanan gruplarda *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* ve *Listeria monocytogenes* bakterilerine rastlanmamıştır.
2. Işınlama uygulamasının tütsülenmiş alabalık filetolarının toplam aerobik mezofilik bakteri ve psikrofil bakteri sayımları üzerinde benzer etkiler oluşturduğu gözlenmiştir. 3 ve 5 kGy dozda ışınlanmış gruplarda genelde ilk 8 hafta bakteri kolonileri gözlenmediği ve bu gruplarda oluşan kolonilerin kontrol grubuna göre depolamanın her döneminde daha az

olduğu belirlenmiştir. 3 veya 5 kGy dozda ışınlamanın ise bakteri kolonileri üzerinde benzer etkilere sahip olduğu ve kullanılan doz düzeyindeki artışın önemli bir fark yaratmadığı tespit edilmiştir.

3. Araştırmada, 3 kGy dozda ışınlanmış grupta ilk 14 hafta, 5 kGy dozda ışınlanmış grupta ise ilk 17 hafta süresince sülfür üreten bakterilere rastlanmamıştır. Kontrol grubunda da düşük bir artış ile 5.24 log kob/g düzeyine ulaşan sülfür üreten bakterilerin, ışınlama dozu ile paralel olarak seviyelerinin azaldığı belirlenmiştir.
4. Filetolarda ışınlama uygulamasıyla birlikte *Enterobacteriaceae* ve *E.coli* tamamen ortadan kaldırılmıştır. Kontrol grubunda bile *Enterobacteriaceae* sayımları 2 hafta gözlenmezken, *E.coli*, 11 hafta boyunca filetolarda gelişim sağlayamamıştır.
5. Laktik asit bakterileri de ışınlama uygulamasından ve özellikle ışınlama doz seviyesinden önemli derecede etkilenmiştir. 3 kGy dozda ışınlanmış grupta 11 hafta boyunca gözlenmeyen LAB, 5 kGy dozda ışınlanmış grupta ancak 20. haftada gözlenebilmiştir.

- Farklı Dozlarda Işınlamanın (0, 3 ve 5 kGy) Tütsülü Gökkuşağı Alabalığı Filetolarının 2°C’de Depolanması Süresince Duyusal Değerlerinde Meydana Gelen Değişimler

1. Araştırmada, başlangıçta kontrol ve ışınlama uygulanan gruplar arasında duyusal olarak bir farklılığın olmadığı panelistler tarafından tespit edilmiştir. Araştırmada renk dışındaki bütün parametreler depolama sonunda kabul edilebilirlik sınırlarının altına düşmüştür. Kontrol grubunu oluşturan ışınlanmamış örnekler 20 hafta sonunda kabul edilebilirlik sınırının altına düşerken, ışınlanmış örnekler 23 hafta sonunda genel olarak kabul edilebilirlik sınırının altına düşmüştür. 3 veya 5 kGy dozda ışınlamanın ise gruplarda istatistiksel bir farklılık oluşturmadığı belirlenmiştir ($p>0.05$).

Yapılan bu çalışmada, 3 ve 5 kGy dozlarda ışınlamanın tütsülü vakum paketli alabalık filetolarının soğuk depolanmaları süresince kimyasal, mikrobiyolojik ve duyu kaliteleri üzerine etkileri incelenmiştir. Su ürünlerinin raf ömrü, tür, yakalandığı yer ve koşullar, avlanma mevsimi, üreme dönemi, işleme yöntemleri, işleme koşulları, paketlenme koşulları vb. koşulların etkisi altında önemli derecede değişim gösterebilmektedir. Bütün bu değişimlere rağmen üreticilerin beklentileri her zaman daha uzun raf ömrüne sahip, güvenli olduğu bilinen ürünleri üretmek olduğu gibi, tüketicilerin beklentileri her zaman güvenli ve sağlıklı olduğunu bildiği ürünleri tüketmektir. Mevcut su ürünleri işleme yöntemleri, artan nüfus ve son zamanlarda global olarak insanların beslenme alışkanlıklarındaki değişimler bu ihtiyaca tam olarak karşılık verememektedir. Gıda ürünlerinin yapısal özelliklerini en iyi şekilde koruyacak, zaman içinde oluşan mikrobiyolojik gelişimi ortadan kaldıracak veya minimum düzeyde tutacak yeni teknolojilerin geliştirilmesine, eski teknolojilerin de beklentiler karşısında uygun şekilde değişimlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Yüksek basınç uygulamaları, ultraviyole veya gama ışınlama gibi ışık spektrumundaki diğer ışınların uygulamaları vb. yöntemler son yıllarda gıdalarda denenmeye, tek başlarına veya eski işleme yöntemleri ile birlikte kombine bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Yaptığımız bu çalışmada farklı dozlarda (3 ve 5 kGy) gama ışınlama uygulaması, tütsülü ve vakum paketli alabalık filetolarının soğuk havada 23 hafta boyunca tüketilmesine imkan sağladığı ortaya çıkmıştır. Gama ışınlama uygulamasının her ne kadar lipitler üzerinde negatif bir etkisinin olduğu bildirilse de, ürünün mikrobiyolojik kalitesi üzerinde de önemli derecede pozitif etkisinin olduğu belirtilmektedir. Gama ışınlamanın yanında tütsüleme ve vakum paketlenme gibi diğer işleme yöntemlerinin kullanımı, lipitler üzerindeki etkinin azaltılmasına, mikrobiyal güvenliğin artırılmasına ve dolayısıyla ürünün raf ömrünün uzatılmasında oldukça etkili olmuştur. Yapılan bu araştırma ile birlikte düşük dozda ışınlamanın içinde yer alacağı kombine yöntemlerin farklı işlenmiş veya taze su ürünlerine uygulanması, daha uzun raf ömrüne sahip güvenli gıdalar üretimine önemli katkılar getireceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- ABU-TARBOUSH, H.M., AL-KAHTANI, H.A., ATIA, M., ABOU-ARAB, A.A., BAJABER, A.S., ve EL-MOJADDIDI, M.A. 1996. Irradiation and Postirradiation Storage at 2 ± 2 °C of Tilapia (*Tilapia nilotica* $\times$ *T. aurea*) and Spanish mackerel (*Scomberomorus commerson*): Sensory and Microbial assessment. Journal of Food Protection, 9: 1041–1048.
- AHMED, I.O., ALUR, M.D., KAMAT, A.S., BANDEKAR, J.R., ve THOMAS, P., 1997. Influence of Processing on the Extension of Shelf-life of Nagli-fish (*Sillago sihama*) by Gamma Radiation. International Journal of Food Science and Technology, 32: 325-332.
- AHMED, K., HASAN, M., ALAM, J., AHSAN, N., ISLAM, M., ve AKTER M.S., 2009. Effect of Gamma Radiation in Combination with Low Temperature Refrigeration on the Chemical, Microbiological and Organoleptic Chances in *Pampus Chinensis* (Euphrasen, 1788). World Journal of Zoology, 4(1): 9-13.
- ABDELDAIEM, M.H., 2014. Using of Combined Treatment Between Edible Coatings Containing Ethanolic Extract of Papaya (*Carica papaya* L.) Leaves and Gamma Irradiation for Extending Shelf-life of Minced Chicken Meat. American Journal of Food science and Technology, 2(1): 6-16.
- AL-BACHIR, M., ve ZEINO, R., 2009. Effect of Gamma Irradiation on Microbial Load and Quality Characteristics of Minced Camel Meat. Meat Science, 82: 119-124.
- ALÇİÇEK, Z., 2011. The Effects of thyme (*Thymus vulgaris* L.) Oil Concentration on Liquid-smoked Vacuum-packed Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) Fillets During Chilled Storage. Food Chemistry, 128:683-688.
- ALY, A.A., EMAM, O.A., ve MOHAMED, E.S., 2014. Effects of Gamma Irradiation on Salted and Frozen Mullet Fish During Storage Period. Food Science and Quality Management. 23: 1-9.
- ANGİŞ, S., ve OĞUZHAN, P., 2013. Effect of Thyme Essential Oil and Packaging Treatments on Chemical and Microbiological Properties of Fresh Rainbow

- Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Fillets During Storage at Refrigerator Temperatures. African Journal of Microbiological Research, 7(13): 1136-1143.
- ANWAR, M.M., ABOUL-ANEAN, H.E., ve ELBAZ, A.M., 2012. Effet of Gamma Irradiation and Edible Coating on Microbiological and Physicochemical Characteristics of Beef Patties. Isotope & Rad Res, 44(3): 601-622.
- ANONİM, 2002. Gıda İşılama Yönetmeliği, Resmi Gazete, Tarih: 15.10.2002, sayı:24907.
- ANTONOCOPOULOS N., 1973. Bestimmung Des Fluöchtigen Basenstickstoffs, Fische und Fischerzeugnisse, ed: Ludorf W., Meyer V., Aulageverlag Paul Parey, Berlin und Hamburg, Pp. 224–225.
- AOAC, 1990. Official Methods of Analysis of the Association of the Official Analysis Chemists (15th ed.) Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.
- AOAC, 1998. Official Methods of Analysis, Official Methods of Analysis of AOAC International, 16th Ed, Chapter ed: Soderberg D L., ed: Cunniff P., Gaithersburg, MD.
- AOCS, 1994. Official Method and Recommended Practices of the American Oil Chemists Society, Champaign, IL.
- ARVANITOYANNIS, I., STRATAKOS, A., ve MENTE, E., 2009. Impact of Irradiation on Fish and Seafood Shelf Life: A Comprehensive Review of Applications and Irradiation Detection. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 49: 68-112.
- BADR, H.M., 2012. Control of the Potential Health Hazards of Smoked Fish by Gamma Irradiation. International Journal of Food Microbiology, 154: 177-186.
- BAKALINOVA, T., GRIGOROVA, S., ve KALOYANOV, N., 2009. Effect of Irradiation and Packaging on Lipid Fraction of Bulgarian Salami During Storage. Radiation Physics and Chemistry, 78: 273-276.
- BARON, C.P., KJÆRSGÅRD, I., JESSEN, F., ve JACOBSEN, C., 2007. Protein and Lipid Oxidation During Frozen Storage of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). J Agric Food Chem, 55: 8118-8125.

- BLIGH E.C., ve DYER W.J., 1959. A Rapid Method of Total Lipid Extraction and Purification, *Can J Biochem Physiol*, 37: 911–917.
- BREWER, M.S., 2004. Irradiation Effects on Meat Color. *Meat Science*, 68: 1-17.
- CAKLI, S., KILINC, B., DINCER, T., ve TOLASA, S., 2006. Comparison on the Shelf Life of Map and Vacuum Packaged Hot Smoked Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Eur Food Res Technol*, 224: 19-26
- CHEOUR, F., 2014. Gamma Irradiation Prologs the Sea Bass (*Dicentrarchus labrax* L.) Storage and Delays the Lipids Membrane Degradation. *International Journal of Nutrition and Food Sciences*, 3(4): 326-332.
- CHOULIARA I., SAVVAIDIS I.N., PANAGIOTAKIS N., ve KONTOMINAS M.G., 2004. Preservation of salted, vacuum-packaged, refrigerated sea bream (*Sparus aurata*) fillets by irradiation: microbiological, chemical and sensory attributes, *Food Microbiol*, 21: 351–359.
- CHOULIARA, I., SAWAIDIS, L.N., RIGANAKOS, K., ve KONTAMINAS, M.G., 2005. Shelf-life extension of vacuum-packaged sea bream (*Sparus aurata*) fillets by combined gamma-irradiation and refrigeration: microbiological, chemical and sensory changes. *J. Sci. Food Agric*. 85 (5): 779-784.
- CONNELL, J.J., 1980. *Control of Fish Quality*, 2nd Edition. Fishing News Limited, Surrey, UK, pp. 76-92.
- CONNELL, J.J., 1990. Methods of Assessing and Selecting for Quality. In *Control of Fish Quality* (3rd Ed.), Fishing New Books, Oxford: 122-150.
- CONNELL, J.J., 1995. *Control of Fish Quality*, 4th Edition. Fishing News Limited, Surrey, UK.
- COZZO-SIQUEIRA A., OETTERER M., ve GALLO C.R., 2003. Effects of Irradiation and Refrigeration on The Nutrients And Shelf-Life of Tilapia (*Oreochromis niloticus*), *J Aquat Food Prod Technol*, 12 (1): 85–101.
- DIMITRIADOU, D., ZOTOS, A., PETRIDIS, D., ve TAYLOR, A.K.D., 2008. Improvement in the Production of Smoked Trout Fillets (*Salmo Gairdnerii*) Steamed with Liquid Smoke. *Food Sci Tech Int*, 14(1): 67-77.
- DUNCAN, D.B., 1955. Multiple Range, Multiple F. Test. *Biometrics*, 11: 1-42.

- EGAN, H., KRIK, R.S., ve SAWYER, R., 1997. Pearson's Chemical Analyses of Food. 9th ed., 609-634.
- ERICKSON, M.C., 1993. Ability of Chemical Measurements to Differentiate Oxidative Stabilities of Frozen Minced Musscle Tissue from Farm-raised Striped Bass and Hybrid Striped Bass. Food Chemistry, 48: 381-385.
- ERKAN N., ve ÖZDEN Ö., 2007. The Changes Of Fatty Acid And Amino Acid Compositions in Sea Bream (*Sparus aurata*) During Irradiation Process. Rad Phys Chem, 76, 1636-1641.
- ETYEMEZ, M., 2011. Farklı Dozlarda Gama Işınlamanın Soğukta Depolanan (2°C) Kurbağa Bacaklarının (*Rana esculenta*) Duyusal, Kimyasal ve Mikrobiyolojik Kalitesi Üzerine Etkileri. Ç.Ü. Su Ürünleri Fakültesi - Doktora Tezi 66 sayfa.
- FDA, 1998. Enumeration of Escherichia coli and the Coliform Bacteria, Bacterial analytical manual, Revision A (8th ed.), AOAC International, Washington, DC.
- FENG, P., WEAGANT, S.D., GRANT, M.A., ve BURKHARDT, W., 2002. Enumeration of Escherichia coli and the Coliform Bacteria. US Food and Drug Administration. Bacteriological Analytical Manual, 8th ed.
- FERNANDEZ, J., PEREZ-ALVAREZ, J.A., ve FERNENDEZ-LOPEZ, J.A., 1997. Thiobarbituric Acid Test for Monitoring Lipid Oxidation in Meat. Food Chemistry, 59(3): 345-353.
- FRANÇOISE, L., 2010. Occurrence and Role of Lactic Acid Bacteria in Seafood Products. Food Microbiology, 27(6): 698-709.
- FUENTES, A., FERNANDEZ-SEGOVIA, I., BARAT, J.M., ve SERRA, J.A., 2010. Physicochemical Characterization of Some Smoked and Marinated Fish Products. Journal of Food Processing and Preservation, 34: 83-103.
- GECGEL, U., 2011. Changes in Some Physicochemical Properties and Fatty Acid Composition of Irradiated Meatballs During Storage. J Food Sci Technol, 50(3): 505-513.
- GENÇ, İ.Y., ve DİLER, A., 2013. Elimination of Foodborne Pathogens in Seafoods by Irradiation: Effects on the Quality and Shelf-life. Journal of Food Science and Engineering, 3:99-106.

- GIBSON, T.A., WORTHINGTON, R.E., 1977. Lipid Changes in Frozen Stored Channel Catfish Grown by Tank Culture: Effects of Dietary Fat, Freezing Method and Storage Temperature. *Journal of Food Science*, 42: 355-358.
- GOKOGLU, N., YERLIKAYA, P., ve CENGİZ, E., 2004. Effects of Cooking Methods on the Proximate Contents of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Food Chemistry*, 84: 19-22.
- GOULAS, A.E., ve KONTOMINAS, M.G., 2005. Effect of Salting and Smoking-Method on the Keeping Quality of Chub Mackerel (*Scomber japonicus*): Biochemical and Sensory Attributes. *Food Chemistry*, 93: 511-520.
- GRAM, L., 1992. Spoilage of Three Senegalese Fish Species Stored in Ice at Ambient Temperature (E.H. Bligh ed.). *Seafood Science and Technology*. Oxford: Fishing News Books, Blackwell. 225-233.
- HAARD, N.F., 1992. Control of Chemical Composition and Food Quality Attributes of Cultured Fish. *Food Res. Int.*, 25: 289-307.
- HALİLOĞLU, H.İ., BAYIR, A., SİRKEÇİOĞLU, A.N., ARAS, N.M., ve ATAMANALP, M., 2004. Comparison of Fatty Acid Composition in Some Tissues of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Living in Seawater and Freshwater. *Food Chemistry*, 86: 55-59
- HAMPSON, J.W., FOX, J.B., LAKRITZ, L., ve THAYER, D.W., 1996. Effects of Low Dose Gama Radiation on the Lipids in Five Different Meats. *Meat Science*, 42:271-276.
- HARLIOĞLU, A.G., 2012. Fatty Acid Composition, Fat Soluble Vitamins and Cholesterol Content of Farmed Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Pakistan J Zool*, 44(4): 1013-1019.
- HERBERT, R.A., HENDRIE, M.S., GIBSON, D.M., ve SHEWAN, J.M., 1971. Bacteria Active in the Spoilage of Certain Seafoods. *J Appl Bact*, 34: 41
- HOCAOĞLU, A., DEMİRCİ, A.S., GÜMÜS, T., ve DEMİRCİ, M., 2012. Effects of Gamma Irradiation on Chemical, Microbial Quality and Shelf Life of Shrimp. *Radiation Physics and Chemistry*, 81: 1923-1929.
- HSMO, UK., 1994. Nutritional Aspects of Cardiovascular Disease (Report on Health and Social Subjects No.46). London: HMSO.

- HUSS, H.H., 1988. Fresh Fish Quality and Quality Changes. Danish International Development Agency, FAO. Rome: 43-45.
- HUSSAIN, A.M., CHAUDRY, M.A., ve HAQ, I., 1985. Effect of Low Doses of Ionizing Radiation on Shelf-life of Mackerel (*Rastrelliger kanagurta*). Lebensm.-Wiss. u.-Technol, 18: 273-276.
- ICHIHARA, K., SHIBAHARA, A., YAMAMOTO, K., ve NAKAYAMA, T., 1996. An Improved Method for Rapid Analysis of the Fatty Acids of Glycerolipids, Lipids, 31: 535–539.
- ICGFI, 1999. Facts About Food Irradiation. 46p.
- ICMSF (International Commission on Microbiological Specifications for Foods), 1986. Sampling Plans for Fish and Shellfish. In: ICMSF, Microorganisms in Foods. Sampling for Microbiological Analysis: Principles and Scientific Applications, 2nd Edition, Vol. 2. University of Toronto Press, Toronto, Canada, pp. 181-196.
- JASOUR, M.S., RAHIMABADI, E.Z., EHSANI, A., RAHNAMA, M., ve ARSHADI, A., 2011. Effects of Refrigerated Storage on Fillet Lipid Quality of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Supplemented by α -Tocopheryl Acetate Through Diet and Direct Addition after Slaughtering. j Food Process Technol, 2:124
- JAVANMARD, M., ROKNI, N., BOKAIE, S., ve SHAHHOSSEINI, G., 2006. Effects of Gamma Irradiation and Frozen Storage on Microbial, Chemical and Sensory Quality of Chicken Meat in Iran. Food Control, 17: 469-473.
- JEEVANANDAM, K., KAKATKAR, A., DOKE, S.N., BONGIWAR, V., ve VENUGOPAL, V., 2001. Influence of salting and gamma irradiation on the shelf-life extension of threadfin bream in ice. Food Res. Int. 34: 739-746.
- JITTINANDANA, S., KENNEY, P.B., SLIDER S.D., ve HANKINS, J.A., 2006. Effect of High Dietary Vitamin E on Lipid Stability of Oven-cooked and Hot-smoked Trout Fillets. Journal of Food Science, 71(3): 130-136.
- JO, C., LEE, W.D., KIM, D.H., KIM, J.H., AHN, H.J., ve BYUN M.W., 2004. Quality Attributes of Low Salt Changran Jeotkal (Aged and Seasoned Intestine

- of Alaska Pollock, *Theragra chalcogramma*) Developed Using Gamma Irradiation. Food Control, 15: 435-440.
- JU.-WOON, L., KYUNG.-HWAN, C., HONG.-SUN, Y., CHEORUN, J., DONG.-HO, K., ve MYUNG.-WOO, B., 2002. The Effect of Gamma Irradiation on the Stability and Hygienic Quality of Semi-Dried Pacific Saury (*Cololabis seira*) Flesh. Radiation Physics and Chemistry, 64: 309-315.
- KASIMOGLU, A., DENLİ, E., ve İÇ, E., 2003. The Extension of the Shelf-Life of Sardine Which Were Packaged in a Vacuum Stored Under Refrigeration, and Treated by D-Irradiation. Int J Food Sci Technol, 38: 529–535.
- KIM, Y.M., PAIK, H.-D., ve LEE, D.S., 2002. Shelf-life Characteristics of Fresh Oysters and Ground Beef as Affected by Bacteriocin-coated Plastic Packaging Film. Journal of the Science of Food and Agriculture, 82: 998-1002.
- KORAL, S., KÖSE, S., ve TUFAN, B., 2009. Investigating the Quality Changes of Raw and Hot Smoked Garfish (*Belone belone euxini*, Günther, 1866) at Ambient and Refrigerated Temperatures. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 9: 53-58.
- KRIZEK, M., MATEJKOVA, K., VACHA, F., ve DADAKOVA, E., 2012. Effect of Low-dose Irradiation on Biogenic Amines Formation in Vacuum-packed Trout Flesh (*Oncorhynchus mykiss*). Food Chemistry, 132: 367-372.
- KWON J.-H., ve BYUN, M.-W., 1995. Gamma Irradiation Combined with Improved Packaging for Preserving and Improving the Quality of Dried Fish (*Engraulis encrasicolus*), Rad Phys Chem, 46: 725– 729.
- LAKSHMANAN, R., VENUGOPAL, V., VENKETASHVARAN, K., ve BONGİRWAR, D.R., 1999. Bulk Preservation of Small Pelagic Fish by Gamma Irradiation: Studies on a Model Storage System Using Anchovies. Food Research International, 32: 707-713.
- LANG, K., 1983. Der flüchtige basenstickstoff (TVB-N) bei im binnenland in den verkehr gebrachten frischen seebicchen. 11. Mitteilung. *Archiv für Lebensmittelhygiene*, 34: 7-10.
- LIMA DOS SANTOS, C., JAMES, D., ve TEUTSCHER, F., 1981. Guidelines for Chilled Fish Storage Experiments. FAO. Fish Tech Pep, 210p.

- LOPEZ-CABALLERO, M.E., PEREZ-MATEOS, M., MONTERO, P., ve BORDERÍAS, A.J., 2000. Oyster Preservation by High-pressure Treatment. *Journal of Food Protection*, 63:196-201.
- MBARKI, R., SADOK S., ve BARKALLAH I., 2008. Influence of Gamma Irradiation on Microbiological, Biochemical, and Textural Properties of Bonito (*Sarda sarda*) During Chilled Storage, *Food Sci Tech Int*, 14: 367–373.
- MBARKI, R., MILOUD N.B., SELMI S., DHIB S., ve SADOK S., 2009a. Effect of Vacuum Packaging and Low-Dose Irradiation on The Microbial, Chemical and Sensory Characteristics of Chub Mackerel (*Scomber japonicus*), *Food Microbiol*, 26: 821–826.
- MBARKI, R., SADOK, S., ve BARKALLAH, I., 2009b. Quality Changes of the Mediterranean Horse Mackerel (*Trachurus mediterraneus*) During Chilled Storage: The Effect of Low-Dose Gamma Irradiation. *Radiation Physics and Chemistry*, 78: 288-292.
- MENDES, R., SILVA, H.A., NUNES, M.L., ve EMPIS, J.M.A.E., 2000. Deteriorative Changes During Ice Storage of Irradiated Blue Jack Mackerel (*Trachurus picturatus*). *Journal of Biochemistry*, 24: 89-105.
- MENDES, R., SILVA, H.A., NUNES, M.L., ve EMPIS, J.M.A.E., 2005. Effect of Low-Dose Irradiation and Refrigeration on The Microflora, Sensory Characteristics and Biogenic Amines of Atlantic Horse Mackerel (*Trachurus trachurus*). *Eur Food Res Technol* 221: 329–335.
- MERCK, 1998. *Food Microbiology'98*. Armani Publishing Co. ORKIM Ltd.Co Ulus, Anara. pp. 168.
- MITCHELL, C.S., 1986. Lipid Profile of Selected Tissues of Channel Catfish (*Ictalurus punctatus*) as Affected by Harvesting Season and Diet. Mississippi State University, Doktora Tezi.
- MOINI S., TAHERGORABI R., HOSSEINI S.V., RABBANI, M., TAHERGORABI, Z., FEAS, X., ve AFLAKI, F., 2009. Effect of Gamma Radiation on the Quality and Shelf Life of Refrigerated Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Fillets. *J Food Protect*, 72: 1419–1426.

- MONTEIRO, M.L.G., MARSICO, E.T., MANO, S.G., TEIXEIRA, C.E., CANTO, A.C.V.d.C.S., VITAL, H.d.C., ve CONTE-JUNIOR, C.A., 2013. Influence of Good Manufacturing Practices on the Shelf Life of Refrigerated Fillets of Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Packed in Modified Atmosphere and Gamma-Irradiated. Food Science & Nutrition, 1(14): 298-306.
- OEHLENSCHLAGER, J., 1992. In: Huss, H.H., Jakobsen, M., Liston, J. (Eds.), Quality Assurance in Fish Quality. Elsevier Science, Amsterdam, pp. 339-350.
- ORAEI, M., MOTALEBI, A.A., HOSEINI, E., JAVAN, S., ve HEMMASI, A.H., 2011a. Effect of Gamma Irradiation on Fatty Acid Composition of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Fillets. Iranian Journal of Fisheries Sciences, 10(2): 276-285.
- ORAEI, M., MOTALEBI, A.A., HOSEINI, E., ve JAVAN, S., 2011b. Effect of Gamma Irradiation and Frozen Storage on Microbial Quality of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Fillet. Iranian Journal of Fisheries Sciences, 10(1): 75-84.
- ORAEI, M., MOTALEBI, A.A., HOSEINI, E., ve JAVAN, S., 2012. Effect of Gamma Irradiation and Frozen Storage on Chemical and Sensory Characteristics of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Fillet. International Food Science and Technology, 47: 977-984.
- ÖZDEN, O., İNUĞUR, M., ve ERKAN, N., 2007a. Effect of Different Dose Gamma Radiation And Refrigeration on The Chemical and Sensory Properties and Microbiological Status of Aquacultured Sea Bass (*Dicentrarchus labrax*). Rad Phys Chem, 76: 1169–1178.
- ÖZDEN, O., İNUĞUR, M., ve ERKAN, N., 2007b. Preservation of Iced Refrigerated Sea Bream (*Sparus aurata*) by Irradiation: Microbiological, Chemical and Sensory Properties and Attributes. Eur Food Res Tech, 225: 797-805.
- ÖZOGUL, Y., ÖZOGUL, F., ve ALAGOZ, S., 2007. Fatty Acid Profiles and Fat Contents of Commercially Important Seawater and Freshwater Fish Species of Turkey: A Comparative Study. Food Chemistry, 103: 217-223.

- ÖZTÜRK, A., 2008. Modifiye Atmosferde Paketleme ve Işınlamanın Pişirmeye Hazır Köftelerin Kalitesi Üzerine Etkisi. İ.T.Ü. Gıda Mühendisliği - Yüksek Lisans Tezi 86 sayfa.
- ÖZYURT, G., ve ETYEMEZ, M., 2014. Changes of Fatty Acid Composition in Frog Legs (*Rana esculenta*) During Cold Storage Period: Irradiation Effect. Journal of Aquatic Food Product Technology, in press.
- PACHECO-AGUILAR, R., LUGO-SANCHEZ, M.E., ve ROBLES-BURGUENO, M.R., 2000. Postmortem Biochemical and Functional Characteristic of Monterey Sardine Muscle Stored at 0 °C. Journal of Food Science, 65: 40-47.
- PAULUS, K., ZACHARIAS, R., ROBINSON L., ve GEIDEL H., 1979. Kritische Betrachtungen Zur “Bewetenden Prüfung Mit Skale” Als Einem Wesentlichen Verfahren Der Sensorischen Analyse, LWT, 12: 52-61.
- PEARSON, A.M., GRAY, J.J., WOLZAK, A.M. ve HORENSTEIN, N.A., 1983. Safety Implications of Oxidized Lipids in Muscle Foods. Food Tech, 37: 121.
- POLAT A. ve TOKUR, B., 2000. Balıklarda Pro-oksidan ve Antioksidanların Lipit Oksidasyonuna Etkileri. Ege Üniv, Su Ürünleri Dergisi, 17 (3-4): 299-310.
- PORTER, P.J., KENNISH J.M. ve KRAMER, D.E., 1992. The Effects of Exsanguination of Sockeye Salmon on the Changes in the Lipid Composition During Frozen Storage (Edited by: E.G. Bligh). Seafood and Tech, Fishing News Books, pp. 76-84.
- REZAEI, M., ve HOSSEINI, S.F., 2008. Quality Assessment of Farmed Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) During Chilled Storage. Journal of Food Science, 73(6): 93-96.
- REALE, A., SORRENTINO E., IAFFALDANO N., ROSATO M.P., RAGNI P., COPPOLA R., CAPITANI D., SOBOLEV A.P., TREMONTE P., SUCCI M., ve MANNINA L., 2008. Effects of Ionizing Radiation and Modified Atmosphere Packaging on The Shelf Life of Aqua-Cultured Sea Bass (*Dicentrarchus labrax*). World J Microbiol Biotechnol, 24: 2757–2765.
- RUIZ-CAPILLAS, C., ve MORAL, A., 2005. Sensory and Biochemical Aspect of Quality of Whole Bigeye Tuna (*Thunnus obesus*) During Bulk Storage in Controlled Atmospheres. Food Chemistry, 89: 347-354.

- SAGLIK ASLAN, S., GUVAN, K.C., GEZGIN, T., ALPASLAN, M., ve TEKINAY, A., 2007. Comparison of Fatty Acid Contents of Wild and Cultured Rainbow Trout *Oncorhynchus mykiss* in Turkey. Fisheries Science, 73: 1195-1198.
- SALLAM, I.S., 2007. Antimicrobial and Antioxidant Effects of Sodium Acetate, Sodium Lactate, and Sodium Citrate in Refrigerated Sliced Salmon. Food Control, 18: 566-575.
- SAYED, N.A., ALAM, J., NILLA, S.S., KHAN, M.R., ve MUSTAFA, G., 2012. Effect of Gamma Radiation at -20°C on Microbiological Changes in Wild and Cultured Stinging Catfish, *Heteropneustes fossilis*. World Journal of Fish and Marine Sciences, 4(6): 657-664.
- SCHORMÜLLER, J., 1969. Handbuch der Lebensmittelchemie (Band III/2), Triesrische Lebensmittel Eier, Fleisch, Fisch, Buttermich, Springer Verlag, Berlin/Hidelberg, Germany/New York, 1584s.
- SENADHEERA, S.D., TURCHINI, G.M., THANUTHONG, T., ve FRANCIS, D., 2012. Effects of Dietary Iron Supplementation on Growth Performance, Fatty Acid Composition and Fatty Acid Metabolism in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Fed Vegetable Oil Based Diets. Aquaculture, 342-343: 80-88.
- TARLADGIS, B., WATTS, B.M., ve YONATHAN, M., 1960. Distillation Method for Determination of Malonaldehyde in Rancid Food. J American Oil Chem Soc, 37(1): 44-48.
- TAUXE, R.V., 2001. Food Safety and Irradiation: Protecting the Public from Foodborne Infections. Emerging Infectious Diseases, 7(3)Sup 516-521.
- TOKUR, B., 2007. The Effect of Different Cooking Methods on Proximate Composition and Lipid Quality of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). International Journal of Food Science and Technology, 42: 874-879.
- ÜNAL, G., 1995. Göökuşığı Alabalığının (*Oncorhynchus mykiss* W.) Tütsülenmesi ve Bazı Kalite Kriterlerinin Tespiti Üzerine Bir Araştırma, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı Doktora Tezi, İzmir, 120s.

- VASILIADOU, S., AMBROSIADIS, I., VARELTZIS, K., FLETOURIS, D., ve GAVRIILIDOU, I., 2005. Effect of Smoking on the Quality Parameters of Farmed Gilthead Sea Bream (*Sparus aurata* L.) and Sensory Attributes of the Smoked Product. Eur Food Res Technol, 2217: 232-236.
- YAGIZ, Y., 2008. Effects of High Pressure and Irradiation Treatment on Quality Changes in Fish Muscle. University of Florida Graduate School. PhD Dissertation 176p.
- YANG, Z., WANG, H., WANG, W., QI, W., YUE, L., ve YE, Q., 2014. Effect of 10 MeV E-Beam Irradiation Combined with Vacuum-Packaging on the Shelf Life of Atlantic Salmon Fillets During Storage at 4 °C. Food Chemistry, 145: 535-541.
- YILDIZ, M., ŞENER, E., ve GÜN, H., 2006. Effect of Refrigerated Storage on Fillet Lipid Quality of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss* W.) Fed a Diet Containing Different Levels of DL α -Tocopherol Acetate. Turk J Anim Sci, 30: 143-150.

ÖZGEÇMİŞ

07.04.1970 yılında Eskişehir’de doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Adana’da tamamladı. 1989 yılında başladığı Çukurova Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi’nden 1993 yılında mezun oldu. 1999 yılında Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı’nda yüksek lisansa başladı ve 2002 yılında tamamladı. Aynı yıl aynı bölümde doktora çalışmasına başladı. 2008 yılı Aralık ayından beri Çukurova Üniversitesi Yumurtalık Meslek Yüksekokulu Su Ürünleri Programı’nda Öğretim Görevlisi olarak görev yapmaktadır Evli ve iki çocuk babasıdır.

EKLER

EK 1: Kullanılan Dozimetrelerin Özellikleri



HARWELL
Dosimeters
RAYON BUSINESS LIMITED

HARWELL AMBER 3042 DOSIMETERS

SPECIFICATION

Harwell Amber 3042 Dosimeters for the measurement of radiation dose.

Material:	A single batch of Amber 3042 Perspex cast polymethylmethacrylate sheets.
Dimensions:	30 mm x 11 mm. Thickness 3 ± 0.55 mm.
Measurement Reproducibility:	Coefficient of variation of specific absorbance measurements on sets of dosimeters from the batch, simultaneously irradiated together, in a radiation field uniform within $\pm 1\%$, is $<2.5\%$ over the ranges 1 to 10 kGy at 603nm wavelength and 10 to 30 kGy at 651nm.
Calibration Quality:	Over the calibrated range, all mean specific absorbance data points are within 3% of a fourth-order polynomial least-squares fit to the data.
Traceability:	Harwell calibration is traceable to the UK standard of absorbed dose at the National Physical Laboratory (NPL). Calibration performance of each batch is verified by NPL inter-comparison.
Packaging:	Sealed in labelled sachets made of polyester/aluminium foil/polyester/polythene laminate, packed 1000 per carton. Packing to defined AQL's checked to BS6001 (ISO 2859-1), single normal inspection, level II.

www.harwell-dosimeters.co.uk
Registered in England and Wales No. 2017020 Registered office: Harwell, Oxon OX11 0BA, United Kingdom



EK 2: Kullanılan Dozimetre için Spesifik Absorbans Değerleri

Harwell Amber 3042R - January 2004

Specific absorbance versus dose table

503nm

Doses are quoted to two decimal places to take account of computer rounding and do not imply that the uncertainty is less than the quoted value of $\pm 2.5\%$ at one sigma

Abs. cm-1	Dose kGy	Abs. cm-1	Dose kGy	Abs. cm-1	Dose kGy
0.98	1.00	0.78	1.80	1.20	2.74
0.97	1.02	0.79	1.82	1.21	2.79
0.99	1.03	0.80	1.84	1.22	2.79
0.99	1.05	0.81	1.86	1.23	2.81
0.40	1.07	0.82	1.89	1.24	2.83
0.41	1.09	0.83	1.91	1.25	2.88
0.42	1.11	0.84	1.93	1.26	2.88
0.43	1.12	0.85	1.95	1.27	2.91
0.44	1.14	0.86	1.97	1.28	2.93
0.45	1.16	0.87	1.99	1.29	2.95
0.46	1.18	0.88	2.01	1.30	2.98
0.47	1.20	0.89	2.04	1.31	3.00
0.48	1.21	0.90	2.06	1.32	3.03
0.49	1.23	0.91	2.08	1.33	3.05
0.50	1.25	0.92	2.10	1.34	3.08
0.51	1.27	0.93	2.12	1.35	3.10
0.52	1.29	0.94	2.14	1.36	3.12
0.53	1.31	0.95	2.17	1.37	3.15
0.54	1.32	0.96	2.19	1.38	3.17
0.55	1.34	0.97	2.21	1.39	3.20
0.56	1.36	0.98	2.23	1.40	3.22
0.57	1.38	0.99	2.26	1.41	3.25
0.58	1.40	1.00	2.28	1.42	3.27
0.59	1.42	1.01	2.30	1.43	3.30
0.60	1.44	1.02	2.32	1.44	3.32
0.61	1.46	1.03	2.35	1.45	3.35
0.62	1.48	1.04	2.37	1.46	3.37
0.63	1.50	1.05	2.39	1.47	3.40
0.64	1.52	1.06	2.41	1.48	3.42
0.65	1.54	1.07	2.44	1.49	3.45
0.66	1.56	1.08	2.46	1.50	3.47
0.67	1.58	1.09	2.48	1.51	3.50
0.68	1.59	1.10	2.51	1.52	3.52
0.69	1.62	1.11	2.53	1.53	3.55
0.70	1.64	1.12	2.55	1.54	3.57
0.71	1.66	1.13	2.57	1.55	3.60
0.72	1.68	1.14	2.60	1.56	3.63
0.73	1.70	1.15	2.62	1.57	3.65
0.74	1.72	1.16	2.64	1.58	3.68
0.75	1.74	1.17	2.67	1.59	3.70
0.76	1.76	1.18	2.69	1.60	3.73
0.77	1.78	1.19	2.72		

Note : Calibration data, in the form of graphs or tables are generated at Harwell for QA purposes. They are supplied to users as examples, or for comparing with users own data. It is essential that users perform their own separate calibration for their own instrumentation and conditions of use. See Harwell literature and ASTM Standard E1276.

Harwell Amber 3042R - January 2004

Specific absorbance versus dose table 603nm

Doses are quoted in two decimal places to take account of computer rounding and do not imply that the uncertainty is less than the quoted value of $\pm 2.5\%$ at one sigma

Abs. cm-1	Dose kGy	Abs. cm-1	Dose kGy	Abs. cm-1	Dose kGy
1.91	3.75	2.02	4.84	2.43	5.99
1.92	3.78	2.03	4.87	2.44	6.02
1.93	3.81	2.04	4.90	2.45	6.05
1.94	3.83	2.05	4.93	2.46	6.07
1.95	3.86	2.06	4.95	2.47	6.10
1.96	3.89	2.07	4.98	2.48	6.12
1.97	3.91	2.08	5.01	2.49	6.15
1.98	3.94	2.09	5.04	2.50	6.19
1.99	3.98	2.10	5.06	2.51	6.22
1.70	3.99	2.11	5.09	2.52	6.25
1.71	4.01	2.12	5.12	2.53	6.27
1.72	4.04	2.13	5.15	2.54	6.30
1.73	4.07	2.14	5.17	2.55	6.33
1.74	4.09	2.15	5.20	2.56	6.36
1.75	4.13	2.16	5.23	2.57	6.39
1.76	4.14	2.17	5.26	2.58	6.42
1.77	4.17	2.18	5.28	2.59	6.45
1.78	4.20	2.19	5.31	2.60	6.48
1.79	4.22	2.20	5.34	2.61	6.50
1.80	4.25	2.21	5.37	2.62	6.53
1.81	4.28	2.22	5.40	2.63	6.56
1.82	4.30	2.23	5.42	2.64	6.59
1.83	4.33	2.24	5.45	2.65	6.62
1.84	4.36	2.25	5.48	2.66	6.65
1.85	4.38	2.26	5.51	2.67	6.68
1.86	4.41	2.27	5.54	2.68	6.71
1.87	4.44	2.28	5.56	2.69	6.74
1.88	4.46	2.29	5.59	2.70	6.77
1.89	4.49	2.30	5.62	2.71	6.80
1.90	4.52	2.31	5.65	2.72	6.82
1.91	4.54	2.32	5.68	2.73	6.85
1.92	4.57	2.33	5.70	2.74	6.88
1.93	4.60	2.34	5.73	2.75	6.91
1.94	4.63	2.35	5.76	2.76	6.94
1.95	4.65	2.36	5.79	2.77	6.97
1.96	4.68	2.37	5.82	2.78	7.00
1.97	4.71	2.38	5.85	2.79	7.03
1.98	4.73	2.39	5.87	2.80	7.06
1.99	4.75	2.40	5.90	2.81	7.09
2.00	4.79	2.41	5.93	2.82	7.12
2.01	4.82	2.42	5.96	2.83	7.15

Note : Calibration data, in the form of graphs or tables are generated at Harwell for QA purposes. They are supplied to users as examples, or for comparing with users own data. It is essential that users perform their own separate calibration for their own instrumentation and conditions of use. See Harwell literature and ASTM Standard E1275.

Harwell Asilux 2042R - January 2004

Specific absorbance versus dose table **603nm**

Doses are quoted to two decimal places to take account of computer rounding and do not imply that the uncertainty is less than the quoted value of $\pm 2.5\%$ at one sigma

Abs. cm-1	Dose kGy	Abs. cm-1	Dose kGy	Abs. cm-1	Dose kGy
2.84	7.18	3.25	8.40	3.66	9.68
2.85	7.21	3.26	8.43	3.67	9.69
2.86	7.24	3.27	8.46	3.68	9.72
2.87	7.26	3.28	8.49	3.69	9.75
2.88	7.29	3.29	8.52	3.70	9.79
2.89	7.31	3.30	8.55	3.71	9.82
2.90	7.35	3.31	8.58	3.72	9.85
2.91	7.38	3.32	8.61	3.73	9.88
2.92	7.41	3.33	8.64	3.74	9.91
2.93	7.44	3.34	8.67	3.75	9.94
2.94	7.47	3.35	8.70	3.76	9.97
2.95	7.50	3.36	8.74	3.77	10.01
2.96	7.53	3.37	8.77	3.78	10.04
2.97	7.56	3.38	8.80	3.79	10.07
2.98	7.59	3.39	8.83	3.80	10.10
2.99	7.62	3.40	8.86	3.81	10.13
3.00	7.65	3.41	8.89	3.82	10.16
3.01	7.68	3.42	8.92	3.83	10.19
3.02	7.71	3.43	8.95	3.84	10.23
3.03	7.74	3.44	8.98	3.85	10.26
3.04	7.77	3.45	9.01	3.86	10.29
3.05	7.80	3.46	9.04	3.87	10.32
3.06	7.83	3.47	9.07	3.88	10.35
3.07	7.86	3.48	9.10	3.89	10.38
3.08	7.89	3.49	9.13	3.90	10.42
3.09	7.92	3.50	9.16	3.91	10.45
3.10	7.95	3.51	9.20	3.92	10.48
3.11	7.98	3.52	9.23	3.93	10.51
3.12	8.01	3.53	9.26	3.94	10.54
3.13	8.04	3.54	9.29	3.95	10.58
3.14	8.07	3.55	9.32	3.96	10.61
3.15	8.10	3.56	9.35	3.97	10.64
3.16	8.13	3.57	9.38	3.98	10.67
3.17	8.16	3.58	9.41	3.99	10.70
3.18	8.19	3.59	9.44	4.00	10.74
3.19	8.22	3.60	9.47	4.01	10.77
3.20	8.25	3.61	9.51	4.02	10.80
3.21	8.28	3.62	9.54	4.03	10.83
3.22	8.31	3.63	9.57	4.04	10.87
3.23	8.34	3.64	9.60	4.05	10.90
3.24	8.37	3.65	9.63	4.06	10.93

Note: Calibration data, in the form of graphs or tables are generated at Harwell for QA purposes. They are supplied to users as examples, or for comparing with users own data. It is essential that users perform their own separate calibration for their own instrumentation and methods of use. See Manual literature and ASTM Standard E1275.

Harwell Amber 3042R - January 2004

Specific absorbance versus dose table **603nm**

Doses are quoted to two decimal places to take account of computer rounding and do not imply that the uncertainty is less than the quoted value of $\pm 2.5\%$ at one sigma

Abs. cm-1	Dose kGy	Abs. cm-1	Dose kGy	Abs. cm-1	Dose kGy
4.07	10.99	4.46	12.25	4.85	13.59
4.08	10.99	4.47	12.26	4.86	13.63
4.09	11.03	4.48	12.31	4.87	13.68
4.10	11.06	4.49	12.35	4.88	13.70
4.11	11.09	4.50	12.36	4.89	13.74
4.12	11.12	4.51	12.42	4.90	13.77
4.13	11.16	4.52	12.45	4.91	13.81
4.14	11.19	4.53	12.48	4.92	13.84
4.15	11.22	4.54	12.52	4.93	13.88
4.16	11.25	4.55	12.55	4.94	13.91
4.17	11.29	4.56	12.59	4.95	13.95
4.18	11.32	4.57	12.62	4.96	13.99
4.19	11.35	4.58	12.65	4.97	14.02
4.20	11.38	4.59	12.69	4.98	14.06
4.21	11.42	4.60	12.72	4.99	14.10
4.22	11.45	4.61	12.75	5.00	14.13
4.23	11.48	4.62	12.79	5.01	14.17
4.24	11.52	4.63	12.83	5.02	14.20
4.25	11.55	4.64	12.86	5.03	14.24
4.26	11.58	4.65	12.89	5.04	14.28
4.27	11.61	4.66	12.93	5.05	14.31
4.28	11.65	4.67	12.96	5.06	14.35
4.29	11.68	4.68	13.00	5.07	14.39
4.30	11.71	4.69	13.03	5.08	14.42
4.31	11.75	4.70	13.07	5.09	14.46
4.32	11.78	4.71	13.10	5.10	14.50
4.33	11.81	4.72	13.14	5.11	14.53
4.34	11.85	4.73	13.17	5.12	14.57
4.35	11.88	4.74	13.21	5.13	14.61
4.36	11.91	4.75	13.24	5.14	14.65
4.37	11.95	4.76	13.28	5.15	14.69
4.38	11.99	4.77	13.31	5.16	14.72
4.39	12.01	4.78	13.35	5.17	14.76
4.40	12.05	4.79	13.38	5.18	14.79
4.41	12.08	4.80	13.42	5.19	14.83
4.42	12.11	4.81	13.45	5.20	14.87
4.43	12.15	4.82	13.49	5.21	14.91
4.44	12.18	4.83	13.52	5.22	14.95
4.45	12.21	4.84	13.56	5.23	14.98
				5.24	15.02

Note : Calibration data, in the form of graphs or tables are generated at Harwell for QA purposes. They are supplied to users as examples, or for comparing with users own data. It is essential that users perform their own separate calibration for their own instrumentation and conditions of use. See Harwell literature and ASTM Standard E1279.

