



**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Yüksek Lisans

**SOUS VIDE VE IŞINLAMA TEKNOLOJİLERİNİN
BİRLİKTE KULLANIMININ BALIĞIN RAF
ÖMRÜNE ETKİSİ**

Hande DOĞRUYOL TANRIVERDİ

Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı

Su Ürünleri İşleme Teknolojisi Programı

Danışman

Prof. Dr. Sühendan MOL TOKAY

Haziran, 2013

İSTANBUL



**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Yüksek Lisans

**SOUS VIDE VE IŞINLAMA TEKNOLOJİLERİNİN
BİRLİKTE KULLANIMININ BALIĞIN RAF
ÖMRÜNE ETKİSİ**

Hande DOĞRUYOL TANRIVERDİ

Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı

Su Ürünleri İşleme Teknolojisi Programı

Danışman

Prof. Dr. Sühendan MOL TOKAY

Haziran, 2013

İSTANBUL

Bu çalışma/...../ 2013 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından
Anabilim Dalı programında Doktora / Yüksek Lisans Tezi olarak
kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Danışmanın Adı Soyadı(Danışman)
İstanbul Üniversitesi
Fakülte

Jüri Adı
Üniversite
Fakülte

Jüri Adı
Üniversite
Fakülte

Jüri Adı
Üniversite
Fakülte

Jüri Adı
Üniversite
Fakülte

Bu alışma İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliğinin 19281 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

ÖNSÖZ

Yüksek lisans öğrenimim ve hazırlamış olduğum tezin çalışmaları süresince gösterdiği her türlü yardım ve destekten dolayı çok değerli tez danışmanı hocam Prof. Dr. Sühendan MOL TOKAY'a, İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı öğretim üyeleri ve çalışma arkadaşlarıma en içten dileklerle teşekkür ederim.

Bu tez çalışması boyunca beni her zaman destekleyen ve yardımlarını esirgemeyen aileme ve arkadaşlarıma da sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Haziran, 2013

Hande DOĞRUYOL TANRIVERDİ

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
TABLO LİSTESİ	vii
SEMBOL LİSTESİ.....	viii
ÖZET.....	ix
SUMMARY	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL KISIMLAR	4
2.1. BALIK VE BESLENME, TİCARETİ VE BOZULMALAR.....	4
2.1.1. Balık ve Beslenmedeki Önemi	4
2.1.2. Tüketimi ve Ticareti	8
2.1.2.1. Türkiye’de Su Ürünlerinin Hazır Yemek Olarak Tüketimi.....	9
2.1.3. Balıkta Meydana Gelen Bozulmalar ve Kalite Değişimleri	11
2.1.3.1. Duyusal Kalite Değişimleri.....	13
2.1.3.2. Fiziksel Kalite Değişimleri.....	14
2.1.3.3. Kimyasal Kalite Değişimleri.....	15
2.1.3.4. Mikrobiyolojik Kalite Değişimleri	16
2.2. IŞINLAMA TEKNOLOJİSİ.....	17

2.2.1. Işınlama Teknolojisi İle İlgili Genel Bilgiler.....	17
2.2.2. Gıda Işınlamasının Uygulanması.....	20
2.2.3. Gıda Işınlama İle İlgili Yasal Düzenlemeler	22
2.2.4. Işınlama Teknolojisinin Avantajları	24
2.2.5. Işınlama Teknolojisinin Dezavantajları	26
2.3. SOUS VIDE TEKNOLOJİSİ.....	28
2.3.1. Sous Vide Teknolojisi İle İlgili Genel Bilgiler.....	28
2.3.2. Sous Vide Teknolojisinin Avantajları	31
2.3.3. Sous Vide Teknolojisinin Dezavantajları	32
2.4. KOMBİNE YÖNTEMLER	33
2.4.1. Işınlama Teknolojisinin Kombine Olarak Kullanılması.....	36
2.4.2. Sous Vide Tekniğinin Kombine Olarak Kullanılması.....	37
2.4.3. Işınlama Teknolojisi ve Sous Vide Tekniğinin Kombine Olarak Kullanılması	38
3. MALZEME VE YÖNTEM	42
3.1. MALZEME	42
3.1.1. Materyalin Hazırlanması	42
3.1.2. Sous Vide Tekniğinin Uygulanması.....	43
3.1.3. Işınlama Uygulaması	46
3.2. YÖNTEM.....	47
3.2.1. Analizler	48
3.2.1.1. Duyusal Analizler.....	48
3.2.1.2. pH Ölçümleri.....	48
3.2.1.3. Renk Ölçümleri.....	48
3.2.1.4. Toplam Uçucu Bazik Azot (TVB-N) Analizleri.....	49
3.2.1.5. Trimetilamin Azot (TMA-N) Analizleri	49

3.2.1.6. Tiyobarbitürük Asit Reaktif Maddeleri (TBARs) Analizleri.....	50
3.2.1.7. Mikrobiyolojik Analizler	51
3.2.1.8. İstatistiksel Hesaplamalar.....	52
4. BULGULAR	53
4.1. DUYUSAL ANALİZ BULGULARI.....	53
4.2. FİZİKSEL ANALİZ BULGULARI	57
4.2.1. pH Analizi Bulguları.....	57
4.2.2. Renk Analizi Bulguları	59
4.3. KİMYASAL ANALİZ BULGULARI.....	62
4.3.1. Toplam Uçucu Bazik Azot (TVB-N) Analizi Bulguları.....	62
4.3.2. Trimetilamin Azot (TMA-N) Analizi Bulguları.....	64
4.3.3. Tiyobarbitürük Asit Reaktif Maddeleri (TBARs) Bulguları	65
4.4. MİKROBİYOLOJİK ANALİZ BULGULARI.....	67
4.4.1. Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri Analizi Bulguları	67
4.4.2. Toplam Psikrofilik Aerobik Bakteri Analizi Bulguları	68
4.4.3. Toplam Anaerobik Bakteri Analizi Bulguları	70
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	72
5.1. DUYUSAL ANALİZLER	72
5.2. FİZİKSEL ANALİZLER	75
5.2.1. pH Analizi Sonuçları	75
5.2.2. Renk Ölçümleri Sonuçları	77
5.3. KİMYASAL ANALİZLER	78
5.3.1. Toplam Uçucu Bazik Azot (TVB-N) Analizi Sonuçları	78
5.3.2. Trimetilamin Azot (TMA-N) Analizi Sonuçları.....	81
5.3.3. Tiyobarbitürük Asit Reaktif Maddeleri (TBARs) Analizi Sonuçları	83

5.4. MİKROBİYOLOJİK ANALİZLER	85
5.4.1. Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri Sayısı Sonuçları	85
5.4.2. Toplam Psikrofilik Aerobik Bakteri Sayısı Sonuçları	90
5.4.3. Toplam Anaerobik Bakteri Sayısı Sonuçları	92
5.5. SONUÇ	94
KAYNAKLAR	96
ÖZGEÇMİŞ.....	107

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1: Işınlanan gıdaların etiketlenmesi gereken radura sembolü.	19
Şekil 2.2: Işınlama iş akış şeması.	21
Şekil 2.3: Sous vide proses akış şeması.	30
Şekil 3.1: Norveç uskumrusu (<i>Scomber scombrus</i> , Linnaeus, 1758).	42
Şekil 3.2: İkiye bölünen ve sonraki işleme basamaklarına hazır hale getirilen filetolar.	43
Şekil 3.3: Tek tek vakum poşetlere koyulan fileto parçaları.	43
Şekil 3.4: Sous vide işleminde kullanılan poşetlerin teknik özellikleri.	44
Şekil 3.5: Vakum için kullanılan paketlenme makinası ve vakumlanan balık etleri.	45
Şekil 3.6: Pastörizasyon işlemi.	45
Şekil 3.7: Buzlu su havuzunda derhal soğutulan poşetler.	45
Şekil 3.8: Kutu taşıyıcılı Co-60 ışınlama cihazı.	46
Şekil 3.9: Işınlama işleminde kullanılan dozimetre.	47
Şekil 3.10: 2,5 kGy ve 5 kGy yapılan ışınlama işlemi ardından strafor kutular üzerindeki etiketleme.	47
Şekil 4.1: Kontrol, 2,5 kGy ve 5 kGy dozda ışınlanan grupların soğuk depolama ($2^{\circ}\text{C} \pm 1$) süresince bulunan ortalama duyuşal değerleri.	57
Şekil 4.2: Soğuk depolama ($2^{\circ}\text{C} \pm 1$) boyunca pH değerlerinde meydana gelen değişimler.	58
Şekil 4.3: Soğuk depolama ($2^{\circ}\text{C} \pm 1$) boyunca L^* değerlerinde meydana gelen değişimler.	60
Şekil 4.4: Soğuk depolama ($2^{\circ}\text{C} \pm 1$) boyunca a^* değerlerinde meydana gelen değişimler.	61
Şekil 4.5: Soğuk depolama ($2^{\circ}\text{C} \pm 1$) boyunca b^* değerlerinde meydana gelen değişimler.	62
Şekil 4.6: Soğuk depolama ($2^{\circ}\text{C} \pm 1$) boyunca TVB-N değerlerinde meydana gelen değişimler.	63
Şekil 4.7: Soğuk depolama ($2^{\circ}\text{C} \pm 1$) boyunca TMA-N değerlerinde meydana gelen değişimler.	65
Şekil 4.8: Soğuk depolama ($2^{\circ}\text{C} \pm 1$) boyunca TBA değerlerinde meydana gelen değişimler.	66
Şekil 4.9: Soğuk depolama ($2^{\circ}\text{C} \pm 1$) boyunca toplam mezofilik aerobik bakteri yükünde meydana gelen değişimler.	68
Şekil 4.10: Soğuk depolama ($2^{\circ}\text{C} \pm 1$) boyunca toplam psikrofilik aerobik bakteri yükünde meydana gelen değişimler.	69
Şekil 4.11: Soğuk depolama ($2^{\circ}\text{C} \pm 1$) boyunca toplam anaerobik bakteri yükünde meydana gelen değişimler.	71

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2.1: İnsanlar için günlük esansiyel aminoasit gereksinimi ve balık etinin yüzde olarak karşılama oranı.	5
Tablo 2.2: Balık etindeki protein olmayan azotlu madde miktarları (mg/100g).	5
Tablo 2.3: Gıda gruplarında amaca göre uygulanmasına izin verilen minimum ve maksimum ışınlama dozları.	23
Tablo 2.4: Yaygın olarak kullanılan gıda hazırlama şekilleri.	28
Tablo 3.1: Duyusal değerlendirmede kullanılan panel tablosu.	48
Tablo 4.1: Kontrol, 2,5 kGy ve 5 kGy dozda ışınlanan grupların soğuk depolama ($2^{\circ}\text{C} \pm 1$) süresince koku bulguları.	54
Tablo 4.2: Kontrol, 2,5 kGy ve 5 kGy dozda ışınlanan grupların soğuk depolama ($2^{\circ}\text{C} \pm 1$) süresince tat bulguları.	54
Tablo 4.3: Kontrol, 2,5 kGy ve 5 kGy dozda ışınlanan grupların soğuk depolama ($2^{\circ}\text{C} \pm 1$) süresince renk bulguları.	55
Tablo 4.4: Kontrol, 2,5 kGy ve 5 kGy dozda ışınlanan grupların soğuk depolama ($2^{\circ}\text{C} \pm 1$) süresince doku bulguları.	55
Tablo 4.5: Kontrol, 2,5 kGy ve 5 kGy dozda ışınlanan grupların soğuk depolama ($2^{\circ}\text{C} \pm 1$) süresince bulunan ortalama duyuşal değerlendirme bulguları.	56
Tablo 4.6: Soğuk depolama ($2^{\circ}\text{C} \pm 1$) boyunca pH değerlerinde meydana gelen değişimler.	58
Tablo 4.7: Soğuk depolama ($2^{\circ}\text{C} \pm 1$) boyunca L^* değerlerinde görülen değişimler.	59
Tablo 4.8: Soğuk depolama ($2^{\circ}\text{C} \pm 1$) boyunca a^* değerlerinde görülen değişimler.	60
Tablo 4.9: Soğuk depolama ($2^{\circ}\text{C} \pm 1$) boyunca b^* değerlerinde görülen değişimler.	61
Tablo 4.10: Soğuk depolama ($2^{\circ}\text{C} \pm 1$) boyunca TVB-N (mg/100 g) değerlerinde görülen değişimler.	63
Tablo 4.11: Soğuk depolama ($2^{\circ}\text{C} \pm 1$) boyunca TMA-N (mg/100g) değerlerinde görülen değişimler.	64
Tablo 4.12: Soğuk depolama ($2^{\circ}\text{C} \pm 1$) boyunca TBA (mg MDA/kg) değerlerinde görülen değişimler.	66
Tablo 4.13: Soğuk depolama ($2^{\circ}\text{C} \pm 1$) boyunca toplam mezofilik aerobik bakteri yükünde (log kob/g) görülen değişimler.	67
Tablo 4.14: Soğuk depolama ($2^{\circ}\text{C} \pm 1$) boyunca toplam psikrofilik aerobik bakteri yükünde (log kob/g) görülen değişimler.	69
Tablo 4.15: Soğuk depolama ($2^{\circ}\text{C} \pm 1$) boyunca toplam anaerobik bakteri yükünde (log kob/g) görülen değişimler.	70

SEMBOL LİSTESİ

mg	: Miligram
g	: Gram
°C	: Santigrat derece
Log kob	: Logaritma koloni oluşturan birim hücre
MDA	: Malondialdehit
p<	: İstatistik değer (önemli)
p>	: İstatistik değer (önemsiz)
γ	: Gamma
kGy	: Kilogray
Gy	: Gray
MeV	: Milyon elektron volt enerji birimi

ÖZET

SOUS VIDE VE IŞINLAMA TEKNOLOJİLERİNİN BİRLİKTE KULLANIMININ BALIĞIN RAF ÖMRÜNE ETKİSİ

Hazır yemek sektörüne de hitap ettiğinden son yıllarda tüm dünyada popüler olan sous vide teknolojisi; vakum paketlenmiş gıdanın pastörize edilmesi ve soğukta depolanması şeklinde yapılmaktadır. Ancak, pastörizasyon koşullarının üründeki mikrobiyel faaliyet üzerinde yeterince etkili olamaması nedeniyle risk söz konusu olabilmektedir. Birden fazla gıda muhafaza tekniği bir arada kullanıldığında tek başlarına gösterdiklerinden daha fazla etkiye sahip oldukları bilinmektedir. Dolayısıyla bu çalışmada gıdalardaki mikrobiyel faaliyetler üzerinde etkili olduğu bilinen ışınlama teknolojisi, sous vide tekniği ile birlikte kullanılarak raf ömrüne etkisi çalışılmıştır.

Sous vide tekniği (70°C 10 dk) uygulandıktan sonra uskumrular ışınlanmamış (kontrol) ve ışınlanmış (2,5 kGy - 5 kGy) olarak üç gruba ayrılmış ve soğuk depoda (2°C ± 1) saklanmıştır. Duyusal, fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik analizleri haftalık olarak yapılmıştır. Duyusal analiz sonuçlarına göre ışınlanmayan kontrol grubu ile 2,5 kGy dozda ışınlanan grubun 7. haftadan; 5 kGy doz uygulanan grubun ise 8. haftadan itibaren tüketilemeyeceği tespit edilmiştir.

Kontrol grubunda toplam uçucu bazik azot (TVB-N) miktarı 6. haftada 32,31 ±1,08 mg/100g ile sınır değeri aşarken; ışınlama yapılan gruplarda sınır değer hiçbir haftada aşılmamış ve 6. haftada kontrol grubu ile ışınlanan gruplar arasındaki farkın istatistiki olarak önemli ($p < 0,05$) olduğu da bulunmuştur. Tiyobarbitürik asit reaktif maddeleri (TBARs) analiz sonuçlarına göre sınır değer kontrol grubunda 1. haftadan; diğer iki grupta ise ilk günden aşılmış; bunun nedeninin uskumrunun yağlı bir balık olması ve ışınlamanın bu değeri arttırması ile açıklanması mümkün olmuştur. pH ve trimetilamin azot (TMA-N) değerleri de hiçbir grupta sınır değerleri aşmadığından kalite göstergesi olarak ele alınamamıştır. Mikrobiyolojik analizlerde kontrol grubunun toplam mezofilik ve psikrofilik aerobik bakteri yükleri 6. haftadan itibaren ürünün bozulduğunu göstermiş; ancak ışınlanan gruplardaki bakteri yükleri sınır değerleri depolama süresince hiç aşmamıştır. Anaerobik bakteri sayısı ise depolamanın ilerleyen aşamalarında kontrol grubunda diğerlerinden önemli derecede yüksek değerler göstermiştir. Mikrobiyolojik analiz sonuçları ışınlama uygulamasının sous vide örneklerinin mikrobiyolojik kalitesini arttırdığını ve daha güvenilir olmasını sağladığını göstermektedir. Bu tez çalışmasında elde edilen bulgular çerçevesinde sous vide ve ışınlama teknolojilerinin kombine edilerek kullanılmasının raf ömrüne etkisi incelenmiş; 5 kGy dozda gamma ışınları ile ışınlanan sous vide örneklerinin diğer gruplara göre duyusal açıdan bir hafta daha fazla raf ömrüne sahip olduğu ortaya koyulmuştur.

Kontrol örnekleri duysal açıdan depolamanın 7. haftasında bozulmuştur. Ancak mezofilik ve psikrofilik aerobik bakteri yükleri 5. haftada 6 log kob/g'a çok yaklaştı ve 6. haftada da bu sınırın üzerine çıkmıştır. Anaerobik bakteri sayısının da daha 5. haftadan 5 log kob/g'ın üzerinde olduğu görülmüştür. Işınlama yapılmamış sous vide paketlerde mikrobiyolojik gelişimin duysal bozulmadan önce gerçekleştiği anlaşılakta olup bu durum tüketici güvenliği açısından tehlike arz edebilmektedir.

Işınlama yapılmış olan gruplarda toplam mezofilik ve psikrofilik aerobik bakteri sayıları depolama süresince sınır değerin altında kalmış; anaerobik bakteri sayısı ise kontrol grubundan önemli derecede düşük değerler göstermiştir. Bu durum ışınlama teknolojisi sayesinde sous vide uygulanmış uskumruların mikrobiyolojik açıdan büyük bir güvenle tüketilebileceğini ve sous vide tekniğinin, ışınlama ile desteklenmesinin mikrobiyolojik güvenilirlik açısından önerilebileceğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Sous vide, ışınlama, balık, uskumru, kombinasyon, hurdle, raf ömrü, kalite

SUMMARY

EFFECT OF COMBINING SOUS VIDE AND IRRADIATION TECHNOLOGIES ON THE SHELF LIFE OF FISH

The sous vide technology, which involves pasteurization and cold storage of vacuum packaged food, has become popular all over the world in recent years because of appealing to catering industry. However, there is still a risk about microbial activity in the products if the pasteurization conditions are not applied effective enough. It is well known that using a combination of more than one food preservation technique together is more effective than alone. Therefore, in this study irradiation technology which is known to be effective on the microbial activity is used together with sous vide technology to determine the effect on the shelf life.

After the sous vide treatment (70°C 10 min), mackerels were separated into three groups as non-irradiated (control) and irradiated (2.5 kGy and 5 kGy), then stored in cold storage (2°C ± 1). Their sensory, physical, chemical and microbiological analyzes were done weekly. According to the sensory analyzes it is found that the non-irradiated control group and the group irradiated at 2.5 kGy could not be consumed at the 7th week while the group irradiated at 5 kGy could not be accepted at the 8th week.

The amount of total volatile basic nitrogen (TVB-N) exceeded the limit in the 6th week with the value of 32.31 ± 1.08 mg/100g whereas in the irradiated groups the limits didn't exceed in any week and it is also found that the difference between the control group with irradiated group was statistically significant (p<0.05) in 6th week. According to the thiobarbituric acid reactive substances (TBARs) analyzes' results, the limit value exceeded at the first week in control group while it was exceeded in the first day in the other two groups in consequence of the fatty characteristic of mackerel and the effect of irradiation. The pH and trimethylamine nitrogen (TMA-N) values were not considered as an indicator of the quality because these values didn't exceed the limit in any group. In microbiological analyzes total mesophilic and psychrophilic aerobic bacteria loads of the control group pointed out the deterioration of the product after the 6th week but bacterial loads of the irradiated groups didn't exceed the limit during the storage period. The number of anaerobic bacteria in the control group showed significantly higher values than others in the later stages of storage. Microbiological analyzes' results proved that the irradiation treatment enhances the microbiologic quality and provides more reliable of sous vide products. In this study the effects of combining sous vide and irradiation technologies on the shelf life were investigated and our results showed that irradiation of sous vide samples using 5 kGy gamma rays resulted in one week increasement of shelf life than other groups from sensory aspects.

Control samples deteriorated in 7th week of storage according to sensory scores. However, mesophilic and psychrophilic aerobic bacterial loads became very close to 6

log cfu/g in 5th week and exceeded this limit in the 6th week. The counts of anaerobic bacteria were also above 5 log cfu/g in the 5th week. In control group which was not irradiated, it was understood that the microbiological growth took place before sensory deterioration and it could be dangerous for consumers safety.

In irradiated groups, total number of mesophilic and psicrophilic aerobic bacteria was under the limit during the storage period and the number of anaerobic bacteria showed significantly lower values than control group. Therefore these results indicate that the sous vide packaged mackerels with irradiation treatment provide microbiologically safer consumption and supporting of sous vide packaging with irradiation treatment in terms of microbiological reliability can be recommended.

Key words: Sous vide, irradiation, fish, mackarel, combination, hurdle, shelf life, quality

1. GİRİŞ

Su ürünleri tüketiminin insan beslenmesi bakımından önemi, protein, esansiyel aminoasitler, mineraller, suda ve yağda çözülebilen vitaminler ve omega-3 grubu çoklu doymamış yağ asitlerinin önemli bir kaynağı olmasından ileri gelmektedir (Domingo ve diğ., 2007; Kris-Etherton ve diğ., 2002; Larsen ve diğ., 2011). Büyüme çağındaki çocukların, gebe ve emziren kadınların, kalp ve damar hastalarının ve hayvansal gıdalarla perhiz yapanların da güvenle tüketebilecekleri su ürünleri, biyolojik değeri yüksek, besleyici, kolay sindirilebilir gıdalardır (Larsen ve diğ., 2011; Lichtenstein ve diğ., 2006; Oken ve diğ., 2008). Bu nedenle balık eti, insanlar için mükemmel bir gıda olarak nitelendirilmektedir (Altun ve diğ., 2004). Ancak su ürünleri insan sağlığı açısından taşıdıkları önemin yanı sıra, üretim zinciri boyunca mikrobiyolojik, fiziksel ve kimyasal bozulma olaylarının da hızla seyrettiği gıda maddeleridir (Garcia-Linares ve diğ., 2004; Varlık ve Üçok, 2002).

Son on yıldır su ürünlerine olan talep önemli ölçüde artış gösterdiğinden güvenli muhafaza yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır (Chouliara ve diğ., 2005). Oldukça çabuk bozulabilen su ürünlerinin raf ömrü, soğukta depolama, dondurma, ısı ile sterilizasyon, pH'ı düşürme, kurutma, tuzlama, katkı maddelerinin eklenmesi ya da farklı ambalajlama teknikleri gibi birçok yöntemle arttırılabilmektedir (Mol ve Özturan, 2009; Placek ve diğ., 2004). Tüm bunların dışında, gıda ışınlama teknolojisi, dünyada gelişmiş ve gelişmekte olan pek çok ülkede gıdaların korunması, kalite artırımı ve gıda kaynaklı hastalıkların önlenmesinde geleneksel yöntemlere alternatif olarak kabul görmektedir (Özden, 2004).

Gıdaların ışınlanması, Uluslararası Atomik Enerji Ajansı (IAEA) tarafından “önceden paketlenmiş veya ambalajsız gıdaların özel bir odada, belirli bir süreliğine, γ ışınları, x ışınları veya elektronlara maruz bırakılmasını kapsayan bir işlemdir” şeklinde tanımlanmıştır (Arvanitoyannis, 2010). Işınlama teknolojisi ile kırmızı etteki, kümes hayvanlarındaki, sebze ve meyvelerdeki, su ürünlerindeki ve tüketime hazır et ürünlerindeki gıda kaynaklı patojen mikroorganizmalar etkisiz hale getirilebilmektedir

(Sommers ve Boyd, 2006). Bu teknolojinin diğ er avantajları soğ uk bir proses olması, katı gı dalara ve hammaddelere uygulanabilmesi, gı danın iç ine nü fuz etmesi, paketlenmiş gı dalara uygulanabilir olması ve kimyasal kalıntıya sebep olmamasıdır (Arvanitoyannis, 2010).

Dü nya Sağ lik Ö rgü tü (WHO), Uluslararası Atomik Enerji Ajansı (IAEA) ve Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Ö rgü tü (FAO) tarafından ortaya koyulan raporlar ile gıda ış ınlamanın güvenilir oldu ğ u açıklanmış olsa da tüketici ö nyargı ve endişeleri ış ınlanmış ü rü nlerin yaygınlaşmasını olumsuz yönde etkilemektedir (Arvanitoyannis, 2010). Oysaki ış ınlanan gı daların toksik olmadığı aksine güvenilir ve tüketilebilir oldu ğ u, ayrıca 10kGy doza kadar ış ınlanan gı dalarda besin değ eri açısından veya mikrobiyolojik açıdan hiçbir problem oluşturmadığı ortaya konmuştur (Farkas, 2006). Yüksek ış ınlama dozları uygulandı ğ ında ise genellikle tat, koku ve dokuda istenmeyen etkiler görü lmekte, dolayısı ile yüksek ış ınlama dozları zaten pek kullanılmamaktadır (Arvanitoyannis, 2010).

Gı daların muhafazası amacı ile kullanılan bir diğ er yöntem de sous vide teknolojisidir. Bu teknoloji, ısıya dayanıklı vakum poşetlerde kontrollü sıcaklık ve sürede piş en gı daları ifade etmekte olup bu iş lemi çok hızlı bir soğ utma aş aması takip etmektedir (Diaz ve diğ ., 2011). Sous vide teknolojisi, tüketici tarafından taze ve iyi kalitede gıda talebinin bir sonucudur (Garcia-Linares ve diğ ., 2004). Son yıllarda dü nya nü fusunun beyin gü cüne dayalı ç alışma biçiminin ve sağ lıklı beslenme ile ilgili bilincin artmasına bağı lı olarak önem kazanan sous vide teknolojisi (Mol ve Ö zturan, 2009) uygulanan ü rü nler, hazır yemek sektörüne de hizmet eden ç özdürülmesine gerek olmayan, hazırlanışı daha kolay, tat ve dokuları iyi biçimde korunmuş olan gı dalardır. Dolayısı ile bu teknoloji gı danın daha uzun süre muhafaza edilmesini sağ lamanın yanı sıra hazır yemek sektörüne de hizmet etme amacını taş ımaktadır. Sous vide uygulanmış su ü rü nlerinin popü ler ve yaygın kullanılması bu özelliklerden kaynaklanmaktadır (Garcia-Linares ve diğ ., 2004; Gonzalez-Fandos, 2005). Özellikle market reyonlarında, hastane, fabrika, okul, otel ve askeri gıda servislerinde geniş bir kullanım alanı bulan (Creed, 2001) sous-vide ambalajlanıp depolanan su ü rü nlerinde, pastörizasyonda düşük sıcaklık uygulandı ğ ından kurtulan mikroorganizmaların kontrolü önemli bir gıda güvenliğ i konusu olup (Garcia-Linares ve diğ ., 2004), sous vide tekniğ inin diğ er gıda muhafaza

yöntemleriyle kombine olarak kullanılması önerilmektedir (IAEA, 2003). Ayrıca gıda ışınlama teknolojisindeki yeni akım da patojen bakterileri öldürmede ve toplam mikrobiyel yükü indirgemede uygulanan dozu azaltabilmek için yeni kombine uygulamaların geliştirilmesidir (Lacroix ve diğ., 2004).

Kombine işleme teknikleri ile mevcut ve yeni muhafaza tekniklerinin planlı bir şekilde bir araya getirilerek bir dizi engelleyici faktörün oluşturulması savunulmaktadır (Gorris, 1995). Gıda muhafazasında uygulanan en önemli engelleyici faktörler, düşük ya da yüksek sıcaklık, su aktivitesi, pH, redoks potansiyeli, koruyucular, gıda katkı maddeleri, rekabetçi mikroflora vb. olabilmektedir (Chawla ve diğ., 2004; Gorris, 1995). Her engelleyici faktör, mikroorganizmanın üstesinden gelmek için belli bir çaba göstermesini gerektirmektedir (Gorris, 1995). Engelleyici faktörlerin kombinasyonu, gıdada daha uzun bir raf ömrü ve mikrobiyel kaliteyi sağlamaktadır (Chawla ve diğ., 2004). Ayrıca gıdanın kalitesini ve ekonomik değerini arttırmak için de kullanılabilen bu faktörlerin, ideal şartlarda üretildiğinde gıdayı tatminkâr şekilde muhafaza ettiği bildirilmektedir (Fellows, 2000). Bu konsept meyve ve sebzelerde, unlu mamullerde, süt ürünlerinde, su ürünlerinde ve diğer bir çok gıda alanında çok geniş bir yer bulmuştur (Gorris, 1995).

Işınlama teknolojisi etkili bir gıda muhafaza aracı olup diğer çeşitli tekniklerle başarılı biçimde kombine edilebilmektedir (Arvanitoyannis ve diğ., 2009). Işınlama işlemi sayesinde sous vide uygulanmış ürünlerin raf ömrünün artırılması ve pastörizasyon sırasında kurtulabilen mikroorganizmalar nedeni ile oluşabilecek bozulmanın geciktirilmesi mümkün olabilecektir. Bu nedenle bu çalışmada sous vide uygulanan balığın raf ömrüne ışınlamanın etkisi belirlenmeye çalışılmıştır.

Bu tez çalışması ile elde edilen bulguların ışınlama ve sous vide teknolojilerinin birlikte veya başka teknolojilerle kombine edilerek çalışılacağı araştırmalara ışık tutması hedeflenmiş olup bulgularımızın su ürünleri sektörüne ve tüketiciye de yararlı olacağı düşünülmüştür.

2. GENEL KISIMLAR

2.1. BALIK VE BESLENME, TİCARETİ VE BOZULMALAR

2.1.1. Balık ve Beslenmedeki Önemi

Balığın beslenmedeki önemi, esas olarak yüksek düzeyde kaliteli protein, esansiyel aminoasitler, omega-3 grubu çoklu doymamış yağ asitleri, vitamin, mineral ve diğer esansiyel besin maddelerini içermesinden ileri gelmektedir. Su ürünlerinde bulunan diğer sağlığa faydalı olduğu bilinen maddeler, taurine, antioksidanlar ve fosfolipitlerdir (Domingo ve diğ. 2007; Larsen ve diğ., 2011). Balık, gelişmiş ve gelişmekte olan birçok ülkede insanların diyetlerine önemli ölçüde katılmaktadır (Venugopal, 2006). Son yıllarda sağlıklı beslenmede balığın önemine yapılan vurgu ile balık tüketiminde kayda değer bir artış sağlanmıştır (Domingo ve diğ., 2007). Balık ve su ürünleri, gebe ve emziren kadınların, büyüme çağındaki çocukların, kalp ve damar hastalarının, yaşlıların ve perhiz yapanların da güvenle tüketebilecekleri ve tüketmeleri önerilen, besin değeri yüksek, kolay sindirilebilen gıdalar olarak diyetlerinde yer alan ve alabilecek önemli gıdalardır (Lichtenstein ve diğ., 2006; Oken ve diğ., 2008).

Balık proteinleri yüksek oranda sindirilebilir ve kaliteli olarak değerlendirilir. Protein kalitesi, içerdiği esansiyel aminoasitler ve biyolojik olarak yararlılığı yani emilebilen ve değerlendirilebilen besin miktarı ile belirlenmektedir (Larsen ve diğ., 2011).

Yaklaşık olarak 28 tane olduğu bilinen aminoasitler tüm yaşayan canlılarda bulunan proteinleri oluşturmak için birçok yolla kombine edilir. İnsan vücudunda ihtiyaç duyulan aminoasitlerin %80'i karaciğer tarafından üretilmektedir. Kalan %20'si ise beslenme ile alınmak zorunda olup bunlara esansiyel aminoasitler adı verilmektedir. Histidin, lösin, izölösün, lizin, metiyonin, fenilalanin, treonin, triptofan ve valin, diyetle alınmak zorunda olan esansiyel aminoasitlerdir (Balch, 2006). Balık kası tüm esansiyel aminoasitleri içerdiğinden mükemmel tam bir protein kaynağı olarak kabul görmektedir (Larsen ve diğ., 2011). Tablo 2.1'de balık etinde bulunan esansiyel aminoasitlerin insanlar için günlük gereksinim karşılama oranı verilmiştir (Varlık ve diğ., 2004).

Tablo 2.1: İnsanlar için günlük esansiyel aminoasit gereksinimi ve balık etinin yüzde olarak karşılama oranı.

Aminoasitler	Günlük gereksinim (mg)	200 gram balık filetosundaki miktar (mg)	Gereksinimi karşılama oranı (%)
Valin	1,6	2,0	125
Treonin	1,0	1,6	160
Lösin	2,2	2,8	125
İzolösin	1,4	2,0	140
Lizin	1,6	3,2	200
Metiyonin	2,2	1,2	55
Fenilalanin	2,2	1,4	65
Triptofan	0,5	0,4	80

Su ürünleri proteinler dışında azot içeren başka maddeler de içermektedir. Bunlar protein olmayan azotlu maddeler (NPN) diye isimlendirilmekte olup hem lezzetten hem de bozulmadan sorumludur. Tablo 2.2’de balık etindeki ortalama değerler verilmiştir (Varlık ve diğ., 2004).

Tablo 2.2: Balık etindeki protein olmayan azotlu madde miktarları (mg/100g).

Protein olmayan azotlu maddeler	mg/100g balık eti
Kreatin	63
Trimetilaminoksit (deniz balıkları ve yengeçlerde)	55
Taurin	47
Purin derivatları	31
Anserin	24
Serbest aminoasitler, üre, amonyak, düşük değerli aminler ve henüz tanımlanmamış maddeler	12

Serbest bir aminoasit olan taurin de karasal hayvanlara oranla su ürünlerinde fazla bulunmakta olup endojen sentezi kısıtlı olduğundan ve en büyük kaynağı diyetle alınan besinler olduğundan esansiyel bir besin sayılmaktadır. Kalp, kan, retina ve gelişmekte olan beyin dokularında bol miktarda bulunmaktadır. Taurin safra asitleri ile birleşmekte, buna ek olarak osmoregülasyon, bağışıklık sisteminin düzenlenmesi gibi birçok fizyolojik sürece katılmakta ve göz ve sinir sisteminin gelişmesinde önemli rol almaktadır. Diyetle daha fazla taurin alımının kalbi koruyucu etkileri olduğu, şeker hastalığında ve hipertansiyonda yararlı sağlık etkileri olduğu bildirilmiştir. Bir çalışmada, taurin ve omega 3 yağ asitleri takviyesi alan deneklerin sadece omega 3

takviyesi alan deneklere kıyasla kan lipit profillerinin arttığı gözlenmiştir (Larsen ve diğ., 2011).

Sanayileşmiş birçok ülkede sağlık sorunlarına yol açabilen hayat tarzına karşı da su ürünlerinin tüketimi koruyucu olarak algılanmaktadır. Yapılmış epidemiyolojik çalışmalarda balık yağı takviyesi kullanılmış ve su ürünleri tüketiminin sağlığa olumlu etkileri ifade edilmiştir (Larsen ve diğ., 2011). Özellikle yağlı balık tüketimi diyetle haftada iki kez önerilmektedir. Balık ve diğer su ürünleri zengin bir PUFA kaynağıdır ve sağlığa çeşitli faydaları olabildiği belirtilmektedir. Balık tüketimi, hiç balık tüketmemeye nazaran koroner kalp hastalığı riskini düşürmektedir (Lichtenstein ve diğ., 2006; Domingo ve diğ., 2007). Yağlı balıkların kalp ve damar hastalıkları riskini de düşürdüğü bildirilmiştir (Lichtenstein ve diğ., 2006; Larsen ve diğ., 2011). Gözleme dayalı analizler sonucu balık tüketimi ve bunun koroner kalp hastalıklarına bağlı ölümler ile ilişkisi değerlendirilmiş haftada bir kez balık tüketenlerin, tüketmeyenlere göre %15 daha az risk taşıdıkları ortaya konmuştur. Ayrıca balık tüketimi ve felç olma ihtimali arasında ters orantı mevcuttur. Özellikle haftada bir veya iki kez yüksek oranda EPA ve DHA içeren balık tüketiminin kalp krizine bağlı ölüm riskini %36, ölüm riskini %17 azalttığı ve EPA ve DHA alımının koruma sağladığı bildirilmiştir (Larsen ve diğ., 2011).

İnsan vücudu tarafından üretilmemesi nedeniyle esansiyel olarak adlandırılan omega-3 çoklu doymamış yağ asitlerinden (PUFA), eikosapentaenoik asit (EPA) ve dokosaheksaenoik asit (DHA), omega 3'ün en iyi kaynağı olan su ürünlerinde bol miktarda bulunmaktadır (McManus ve diğ., 2011). EPA ve DHA insan sağlığına faydaları kanıtlanmış birincil su ürünleri bileşenleridir (Larsen ve diğ., 2011).

Uskumrunun yüksek oranda EPA ve DHA içerdiği ve birçok balık türünden daha büyük miktarda omega 3 yağ asitlerine sahip olduğu bildirilmiştir (Domingo ve diğ., 2007). Özellikle EPA'nın koroner kalp hastalıklarından koruyucu, kalp ritim bozukluğunu ve trombozu azaltıcı, kandaki trigliserit seviyesini düşürücü, kanın pıhtılaşma meylini azaltıcı, romatizma, astım, diğer iltihaplı hastalıklar ve bağışıklık hastalıklarına faydalı ve hatta bazı kanser risklerini düşürücü etkileri olduğu bildirilmiştir (Domingo ve diğ., 2007; Garcia-Linares ve diğ., 2004; Larsen ve diğ., 2011).

Balık yağının insan sağlığına faydaları 1930'lardan beri bilinmesine rağmen düşük doğum ağırlığı ve rahim içi gelişme geriliği de dahil çeşitli gebelik komplikasyonlarına karşı koruyucu etkisinin farkına son yirmi yıldır varılmıştır (Mohanty ve diğ., 2012). Günde bir kez yağlı bir balık yemeği yemekle, yaklaşık 900 mg/gün omega-3 yağ asidi alımı sağlandığı ve bunun da kalp hastalarında, koroner kalp hastalıklarından kaynaklanan ölüm oranını iyi yönde etkilediği tahmin edilmektedir (Domingo ve diğ., 2007). Amerikan Kalp Birliği, haftada en az iki kez balık tüketimini önermektedir (Larsen ve diğ., 2011).

Su ürünleri aynı zamanda azımsanmayacak miktarda tekli doymamış yağ asitleri de içermekte olup bunlardan en çok bulunanları palmitoleik asit (16:1n-7), oleik asit (18:1n-9), eikosenoik asit (20:1n-9) ve erüsik asittir (22:1n-9) (Larsen ve diğ., 2011). Kalp ve damar hastalıklarına neden olduğu bilinen doymuş yağlar ise su ürünlerinde çok az miktarda bulunmaktadır (Domingo ve diğ., 2007).

Karasal hayvanlar ve bitkiler ile kıyaslandığında su ürünleri mineral ve vitaminler gibi esansiyel mikrobesein maddelerini içermeleri bakımından da mükemmel bir kaynaktır (Larsen ve diğ., 2011). Su ürünleri, karasal hayvanlara oranla bazı mineralleri de daha fazla içermektedir. Özellikle selenyum ve iyot, ete kıyasla su ürünlerinde daha fazla bulunmaktadır (Larsen ve diğ., 2011).

Diyette selenyum alımının artırılmasıyla çeşitli kanserlere karşı koruma sağlanması ilişkilendirilmiştir (Larsen ve diğ., 2011). Son yirmi yıldır selenyumun insan sağlığında oynadığı rol birçok deneysel ve klinik çalışma ile ortaya konmuştur. Selenyum çeşitli önemli metabolik olaylara katılmakta bağışıklık sisteminde, aktif tiroid hormonunun üretilmesinde görev almakta, antioksidan ve antiinflamatuvar (enfeksiyon giderici) etki göstermektedir. Ayrıca kalbi koruyucu etkisi ile genellikle kardiyovasküler hastalık riskini düşürdüğu de bildirilmiştir (Rayman, 2012; Tanguy ve diğ., 2012).

Nitekim, iyot eksikliğinde guatr, kretenizm (tiroidin az çalışmasından meydana gelen fiziki ve akli gerilik durumu) ve diğer bozuklukların görölme riski su ürünleri tüketimi ile azaltılabilmektedir (Larsen ve diğ., 2011).

Su ürünlerinin yüksek miktarda çinko, magnezyum ve kalsiyum da içerdiği bilinmekte olup (Larsen ve diğ., 2011) içerdiği niasin, folik asit, A, D, E ve K vitaminleri ve flor, fosfor, vanadyum ve sülfür gibi mineral maddeler de balık etinin önemini artırmaktadır (Altun ve diğ., 2004). Yağlı balıklar çok miktarda D ve A vitamini ihtiva etmektedir. Suda çözünebilir vitaminler arasında su ürünleri B₁₂ vitaminince de zengindir. İnsanlarda D vitamininin güneş ışığı ile uyarılan derideki endojen sentezi yaş ve deri rengi ile alakalı olup yüksek enlemlerde yaşayan, koyu deri rengine sahip ve ileri yaşlardaki insanlarda D vitamini eksikliği riski daha fazladır. Eksikliğinde raşitizm ya da osteomalazi görülmektedir (Larsen ve diğ., 2011).

Beslenmede çok su ürünleri tüketiminin sağlığa, birçok hastalık ve tıbbi duruma faydası olduğu aşikardır. Hem gelişmekte olan hem de gelişmiş ülkelerde sağlıksız yaşam tarzından dolayı hastalıklarda artış gözlenmektedir. Su ürünleri ve bunlardan elde edilen besinsel kaynaklı diyetlerin özellikle kalp ve damar hastalıkları dahil yaygınlaşan yaşam tarzı hastalıklarını önlediği ve koruma sağladığı kanıtlanmıştır. Sağlık sorunları ile mücadelede su ürünlerinin yararlı etkileri kanıt olarak gösterilerek beslenme yetersizliğine karşı geliştirilmiş gıda güvenliği ile su ürünleri tüketimi arttırılmalıdır (Larsen ve diğ., 2011).

2.1.2. Tüketimi ve Ticareti

Son yirmi yıldır, su ürünleri ticareti en çok yapılan gıdalar arasında ilk sıralarda yer almaktadır (Mbarki ve diğ., 2008). 2008 yılında dünya çapında su ürünleri ticareti yeni bir rekor olan 72.8 milyar dolara ulaşmıştır (WTO, 2011). Avcılık ve yetiştiricilikten elde edilen su ürünleri miktarının 2011 yılında 154 milyon ton olduğu ve bunun 131 milyon tonunun gıda olarak kullanıldığı bildirilmiştir. 2009 yılında balık, dünyada insanlar tarafından tüketilen hayvansal kaynaklı proteinin %16,6'sını ve tüm proteinin %6,5'ini oluşturmuştur (FAO, 2012).

Balıkçılık, tüm dünyada insanlar için hayati bir gıda, iş gücü, ticaret ve ekonomik refah kaynağıdır. 70'lerin başlarında dünyada balık sadece açlığa karşı bir kaynak iken, günümüzde sağlıklı bir gıda olması bakımından önem kazanmıştır. Balık, hayvansal proteinin ve sağlıklı gıdanın en ucuz kaynağıdır. Balıkların yüksek fekondite ve hızlı

büyüme oranı kümes hayvanları da dahil canlı stok olarak diğer hiçbir hayvansal protein kaynağı ile kıyaslanamaz. Bu biyolojik avantaj balığa besleyici ve sosyal bir güvenlik aracı olarak dikkate değer faydalar sağlamaktadır (Venugopal, 2006).

2.1.2.1. Türkiye'de Su Ürünlerinin Hazır Yemek Olarak Tüketimi

Hazır yemek (catering) teknolojisi, gıdaların ön işlemlerden ve pişirme işleminden sonra tüketime hazır bir şekilde sunulmak üzere, farklı pişirme teknikleri uygulanarak ambalajlanması ve uzun süre depolanabilen bu ürünlerin tüketim öncesi ısıtma işleminden sonra servis edilmesini içermektedir. Servise hazır yemekler, uygun işleme ve koruma tekniğinin uygulandığı, belli bir raf ömrü olan, doğrudan ya da ısıtılarak tüketilebilen, tek başına veya bazı gıda maddeleri ile beraber yemek olarak kabul edilen gıdalardır. Hazır yemeklere örnek olarak çorba, salata, hamur işi ürünler, et, balık ve sebze yemekleri, dondurulmuş gıdalar verilebilmektedir (Mol ve Varlık, 2004).

Gelişen teknoloji, kentleşme, kadının iş hayatına atılması, ev ve aile yaşamını kolaylaştıran ürünlere duyulan ihtiyaç, yoğun iş temposu, seyahat etme, yalnız yaşayan insan sayısının artması gibi etkenler nedeniyle günümüzde insanlar beslenmelerine daha az zaman ayırmakta ve geleneksel beslenme alışkanlıklarını değiştirmektedirler. Tüketicinin beslenme ve yemek pişirme alışkanlıkları, yemek hazırlamaya ayırdıkları zaman, hazır yiyecekleri tüketme miktarları ile pişirme yöntemleri zaman içerisinde önemli derecede değiştiğinden hızlı ve kolay beslenme imkânı sunan hazır yemek teknolojisi, her geçen gün artan ve yaygınlaşan bir tüketim biçimi olarak günlük hayatta yer edinmiştir (Creed, 2001; Kılıç ve Şanlıer, 2007; Özturan, 2009). Yemekhaneler, oteller, okullar, ordular, fabrikalar, çeşitli şirketler de standart ve besleyici sistemlere ihtiyaç duymaktadırlar (Mol ve Varlık, 2004).

Hammaddenin kalitesi, uygulanan işleme yöntemi, ambalajlama ve tüketime sunma şekli hazır yemek teknolojisinin en önemli parametreleridir. Hazır yemeklerin tüketiciye sağlıklı ve talebi karşılar düzeyde ulaşabilmesi için depolama aşaması da önemlidir. Servise hazır gıdalara, kalitelerinin korunması ve dayanma sürelerinin uzatılması amacı ile çeşitli gıda muhafaza yöntemleri uygulanmaktadır (Mol ve Varlık, 2004).

21. yüzyılın bir gereksinimi olarak, beyin gücüne dayalı mesleki faaliyetlerin bedensel güce dayalı olanları geçmesi, buna bağlı olarak proteince zengin, kolay sindirilebilir gıdalara yönelimin artması ve bilinçli beslenme alışkanlıklarının kazanılmasıyla da doymamış yağ asitlerince zengin gıdaların tüketilmesi kaçınılmaz olmuştur. Bu bağlamda yüksek protein içeriği, doymamış yağ asitlerini ve esansiyel aminoasitleri yüksek oranda bulundurması sebebiyle su ürünleri önemli bir kaynaktır. Bu nedenle hazır yemek teknolojisinde su ürünlerinin ve bunlardan hazırlanan gıdaların önemi tartışılmazdır (Mol ve Varlık, 2004).

Balık ve su ürünlerini tüketiminin insan sağlığı üzerindeki olumlu etkileri yadsınamaz olup ülkemizde balık tüketiminin artırılması hem ekonomi, hem de sağlık açısından önemli bir konudur. Dengeli beslenmenin bilincinde olan ülkeler, protein kaynaklarını daha da zenginleştirmek üzere gıda sanayinde tüketiciyi duyuşal olarak tatmin etmenin yanı sıra kolay hazırlanabilen ve hazır yemek sektörüne de hitap edebilecek yeni ürünler aramakta, bu yönde yatırım yapmaktadırlar. Ülkemizde balık tüketim oranı az olmakla birlikte taze balıkların da tüketim şekli birkaç pişirme yöntemiyle sınırlı kalmaktadır (İnanlı ve diğ., 2011).

Su ürünleri, diğler hayvansal kaynaklı gıdalara oranla önemli ölçüde protein kaynağı olması sebebiyle birçok Avrupa, Uzakdoğuş ülkelerinde ve Amerika'da hazır yemek sektöründe tüketimi çok fazla tercih edilmekteyken ülkemizde su ürünlerinden yapılmış hazır yemeklerin tüketimi ve satışı pek yaygın değildir (Özturan, 2009). Oğuzhan ve diğ. (2009), yaptıkları anket çalışmasında ülkemizde tüketicilerin Türk mutfağında hazır yemek olarak daha çok dondurulmuş balığı tercih ettiklerini bildirmişlerdir.

Balıkların hazır gıda olarak değerlendirilmesinde en popüler ürünlerden birisi balık kıymasıdır. Balık kıymasından yararlanma düşüncesi özellikle kılçıklı oldukları için yeterince pazar bulamayan birçok balık türünün, trol avcılığı nedeniyle çoğunlukla ölü olarak suya geri atılan küçük balık veya kabukluların; ekonomik değeri düşük balık türlerinin ve fileto ayrımı sonrası iskelet üzerinde kalan yenilebilir etlerin dönüştürülmesi gibi birçok probleme çözüm getirmiştir. Balık kıymasından elde edilen geleneksel ürünlerin başında "surimi" gelmekte olup, balık sosisi, balık salamı, balık krakeri ve balık köftesi gibi ürünlerin üretiminde de kullanılmaktadır. Yanar ve

Fenercioğlu (1999), balık köftesi olarak değerlendirilen sazan (*Cyprinus carpio*) eti ile yaptıkları çalışmada elde ettikleri ürün yüksek beğeni almıştır. Hazır yemek teknolojisinin bir parçası olan ezme ürünler su ürünlerinde de uygulanmakta olup, Bilgin ve diğ., (2005), ezme ürün eldesinde ekonomik değeri düşük su ürünlerinin farklı teknolojiler kullanılarak değerlendirilmesinin sağlanabileceğini bildirmişler ve Sudak (*Sander lucioperca*) ve kadife balığından (*Tinca tinca*) balık ezmesi (paté) yapmışlardır. İnanlı ve diğ. (2011) ise farklı bir tat ve form ile tüketime hazır yeni bir ürün şeklinde alabalık keki hazırlamış ve çalışmada hazırlanan ürün panelistler tarafından beğeni kazanmıştır. Duman ve diğ. (2012), ülkemizde taze olarak pazar payı az olan kerevitlerin (*Astacus leptodactylus*) biberiye ve kekik yağları ile marine edilerek hazır gıda olarak pazara sürülmesinin mümkün olduğunu ortaya koymuş ve hem hazır yemek hem de meze olarak kullanılacak kriterlere sahip olan marinatların, ülkemizde tüketimi düşük olan su ürünlerinin pazar payını arttırmada önemli olacağını bildirmiştir. Bu deneysel çalışmaların yanı sıra piyasada son zamanlarda okyanus lokumu adı altında ürünler satılmakta olup bunlar kısa bir pişirme işlemi ardından yenilebilmeleri nedeniyle ve surimiden elde edilen imitasyon karides/ıstakoz/yengeç olarak satılanlar gerek salatalara, gerek pizza ve makarnalara ilave edilebilmeleri veya doğrudan soğuk şekilde tüketilebilmeleri ile hazır gıda tüketiminde son zamanlarda önem kazanmaktadır (Özturan, 2009). Piyasada bunların dışında su ürünlerinden üretilmiş hazır yemek olarak ve sous vide tekniği ile hazırlanmış soslu çipura ve levrekler, fish fingers, balık köfteleri bulunmaktadır.

2.1.3. Balıkta Meydana Gelen Bozulmalar ve Kalite Değişimleri

İnsan sağlığı açısından taşıdıkları önemin yanı sıra, üretim zinciri boyunca mikrobiyolojik, fiziksel ve kimyasal bozulmanın hızla seyrettiği gıda maddeleri olan su ürünleri (Varlık ve Üçok, 2002; Garcia-Linares ve diğ. 2004) tamamen bozulmadan ve kokuşmadan önce değerlerinin büyük bir kısmını yitirirler (Chen ve diğ., 1994).

Su ürünleri taze veya donmuş ürünlerde sınırlı raf ömrüne sahiptir. Uzun süreli soğuk depolama yapılmış su ürünleri düşük kaliteli olarak nitelendirilir ve çoğunlukla ya ucuza satılmakta ya da atılmaktadır. Dahası su ürünleri ölüm sonrası doku bozulmalarına kara hayvanlarının etlerinden daha hassastır. Çeşitli işleme teknikleri ile

önemli ölçüde uzatılabilen raf ömrü, tüketici tarafından arzulanan taze ürün kalitesinin haricinde ürüne farklı duyuşsal nitelik ve özellikler katabilmektedir (Yagiz ve diğ., 2010).

Su ürünlerinin başlangıç kalitesini kontrol altında tutmak zordur. Avcılık sırasında oluşun stres ve fiziksel hasarlar; balığın yapısı ve besin bileşimi; ölüm sonrası değışim hızı; minimum pH düşüşü ve karaya çıkmadan önceki depolama sıcaklığı balığın hızla bozulmasına sebebiyet vermektedir. Kırmızı ette olduğu gibi balıkta da bozulma endojen enzimlerin sürekli aktivitesi ile kimyasal reaksiyonlar ve bakteriyel gelişim sonucunda olmaktadır. Yüksek düzeyde nem, serbest amino asit, diğeri azotlu bileşikler ve sindirilebilir protein içeriği ve çok düşük oranda bağ doku içermesi nedeniyle balıklar soğutulduğunda bile diğeri kaslı gıdalardan daha çabuk bozulmaktadır (Fraser ve Sumar, 1998; Masniyom, 2011). Ayrıca balıklar, soğukkanlı canlılar olduğundan hem metabolizmaları ve hem de deri, solungaç ve bağırsaklarındaki komensal bakteriyel flora düşük sıcaklıklara uyum sağlamıştır. Bu nedenle, balığı soğutma, kırmızı et ve kümes etlerini soğutmaya nazaran bozulmayı durdurmada daha az etkili olmaktadır (Fraser ve Sumar, 1998).

Taze balığın bozulması yakalandıktan sonra hızla gerçekteşebilmektedir. Rigor mortis adı verilen bozulma süreci yüksek çevresel sıcaklıkta hızla meydana gelmektedir. Kan dolaşımının durması ile oksijenli ortamda gerçekteşen hücre metabolizması oksijensiz hücre metabolizmasına dönüşmekte, hücrelerde enerji kaynağı olan fosfat ve glikozların metabolik faaliyetler için kullanılması ile ölümden sonra bir süre daha devam etmektedir (Varlık ve diğ., 2007). Rigor mortis balığın ölümünden birkaç saat sonra kaslarının sertleşmesi sonucu esnekliğini yitirmesi sürecidir. Çoğu balık türü sindirim enzimleri ve yüzey bakterileri nedeniyle mikrobiyel bozulma ve oksidasyon sonucu bozulmaktadır. Balığı bozulması sırasında çeşitli bileşenler yıkılmakta ve yeni bileşenler oluşmaktadır. Bu yeni bileşenler balık etinin koku, tat ve dokusundaki değışimlerden sorumludur (Ghaly ve diğ., 2010).

Dünyanın gıda kaynaklarının %25'i ile avcılık ile elde edilen balıkların %30'u mikrobiyel aktivite sebebiyle değerendirilememektedir. Artan dünya nüfusuna bağlı olarak gerektiğinde gıdayı depolama ve bir yerden diğeri nakletme ihtiyacı doğmakta

ve gıda koruma teknikleri raf ömrünü uzatma ve besinsel değerini, doku ve lezzet gibi özellikleri sürdürme açısından gerekli hale gelmektedir (Ghaly ve diğ., 2010).

2.1.3.1. Duyusal Kalite Değişimleri

Su ürünlerinin tazeliğinin belirlenmesinde kullanılan en önemli kalite kriterlerinden biri insan duyularının kullanıldığı duyusal analizlerdir (Botta, 1994). Su ürünlerinin tazeyken görülen renk, doku, koku ve lezzet gibi duyusal özelliklerin ölüm sonrası meydana gelen olaylar ile değişmesi tazelik kaybının göstergesidir (Sikorski ve diğ., 1990).

Duyusal analizler, otolitik ve mikrobiyel bozulmaya paralel olarak görünüş, renk, kıvam, yapı, tekstür, doku ve tatta oluşan değişimlerin belirlenmesinde kullanılmakta olup, bunlar ‘organoleptik’ analizler olarak da isimlendirilmektedir (Varlık ve diğ., 2007). Genellikle otolitik ve mikrobiyel bozulmanın meydana geliş hızı, mikrobiyel kontaminasyon düzeyi ve flora, depolama sıcaklığı ve paketlemeye bağlı olmaktadır (Fraser ve Sumar, 1998).

Balıktaki bozulmanın ilk aşaması otolitik indirgenme olup; yağların lipaz enzimi ile enzimatik hidrolizine lipoliz adı verilmekte ve bu işlem sırasında lipazlar gliseritleri yıkarak serbest yağ asitlerini oluşturmaktadır. Serbest yağ asitleri, sıklıkla ransidite veya acılaşıma olarak tanımlanan kötü tattan, kokudan ve balık yağının kalitesinin düşmesinden sorumludur (Ghaly ve diğ., 2010). Bozulmanın son aşamaları ise mikrobiyel aktivite sebebiyle oluşan kötü koku ve tat, et dokusunun yumuşaması veya sertleşmesi ve hoş gitmeyen uçucuların üretilmesi ile karakterize edilmektedir (Fraser ve Sumar, 1998). Bozulmaya başlamış veya bozuk balık etinde parlaklığının kaybolması ve gri-sarımsı renk değişimi gibi tipik değişimlerin yanı sıra etin elastikiyetini kaybetmesi ve bağ dokunun zarar görmesiyle kas grupları birbirinden kolayca ayrılmaktadır (Varlık ve diğ., 1993).

Bir gıdanın fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik kalite kontrol analizleriyle çok iyi ve sağlıklı olduğu tespit edilen bir ürün, duyusal açıdan olumsuz olarak nitelendirilecek olursa tüketicinin beğenisini kazanamamakta ve tercih edilmemektedir (Özturan, 2009). Bu nedenle duyusal kalite tüketilebilirlik açısından son derece önem arz etmektedir.

2.1.3.2. Fiziksel Kalite Değişimleri

Balığın pH'nın ve renginin analizi balıkta meydana gelen fiziksel kalite değişimlerinin belirlenmesi amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. Rigor mortisten sonra görülen en büyük değişim otoliz olayı olup otolitik enzimler doku kalitesini olumsuz etkilemektedir. Sindirim enzimleri ette yumuşama, karın duvarının yırtılmasına yol açmakta ve hem protein hem de yağ içeren kanın dışarı çıkması otolize neden olmaktadır. Kas ve iç organlarda bulunan proteolitik enzimler balık etindeki post mortem yıkımlanmaya katılmaktadır. İşleme ve depolama sırasında da aktivite devam etmektedir (Ghaly ve diğ., 2010). Post-mortem evrede balık kasının pH'ında glikojenin laktik aside hidrolizi neticesinde kısa süreli bir düşüş meydana gelmektedir (Şengör ve diğ., 2000). Sonrasında ise enzimlerin ve bakterilerin etkisiyle balığın oksidoredüksiyon dengesi bozulmakta, serbest hidrojen ve hidroksil iyonlarının konsantrasyonunda değişiklikler meydana gelmekte olup bu durum balığın pH'nın artmasına neden olmaktadır (Varlık ve diğ., 2007). Taze balığın pH'nın 6,0-6,5 arasında olması gerektiği bildirilmekte olup, bu değer depolama sırasında yükselmekte ve tüketilebilirlik sınır değeri 6,8-7,0 olarak kabul edilmektedir (Mol ve diğ., 2004). Deniz balıklarında pH derecesinin tayini bunların tazeliklerinin tespitinde önemli bir yardımcı testtir (Şengör ve diğ., 2000).

Balıklarda meydana gelen fiziksel kalite değişimlerinin bir diğeri ise renkte olmaktadır. Renkte meydana gelen değişikliklerin ana nedeni enzimatik ve enzimatik olmayan oksidasyonlardır. Bu değişim kendini giderek rengini kaybetme ve opaklaşma ile göstermektedir (Varlık ve diğ., 1993). İnsan beyninin renkleri hafızada tutma yeteneği zayıf olduğundan ürünün rengini kalitatif ve kantitatif olarak tam belirlemek için enstrümental tekniklere gereksinim duyulmaktadır. Değişik renk sistemleri enstrümental renk analizleri için kullanılabilir. Uluslararası Renk Komisyonu (CIE) tarafından rengin ifade edilebilmesi için L* a* b* değerleri önerilmiş olup, L* değeri parlaklığı (açıklığı-koyuluğu), a* değeri kırmızı-yeşil rengi ve b* değeri sarı-mavi rengi temsil etmektedir (Yeşilayer ve diğ., 2008).

2.1.3.3. Kimyasal Kalite Değişimleri

Balıkta kimyasal kalite değişimlerinin belirlenmesi için yaygın olarak kullanılan yöntemler trimetilamin azot (TMA-N), toplam uçucu bazik azot (TVB-N) ve tiyobarbitürik asit düzeylerinin belirlenmesidir.

Balıklarda trimetilamin oksit (TMAO) denizel ortamda dehidrasyonu önlemek amacıyla osmoregülatör olarak görev alırken tatlı suda da dokuların suyu çekmesini engellemektedir (Ghaly ve diğ., 2010). TMAO, deniz balıklarının kas dokusunda %1-7 oranında bulunurken karada yaşayan canlılarda bulunmadığı düşünülmektedir. Tatlı su balıkları TMAO içermez ya da çok düşük miktarda içerebilirler. Derin deniz kemikli balıklarda, kıkırdaklı balıklarda ve yumuşakçalarda doğal olarak yüksek oranda bulunur (Çaklı, 2007).

TMA, su ürünlerinin kas dokularında trimetilamin oksitin bakteriyel metabolizması sonucu meydana gelir. TMAO, sıcaklık ile enzimatik olmayan dekompozisyona, soğuk depolamada ise enzimatik dekompozisyona bağlı olarak artar. TMAO doğal dekompozisyonu sonucu dondurarak depolamanın ilk günlerinde dimetilamin (DMA) ve formaldehite (FA) indirgenir. TMAO'nun enzimatik olmayan dekompozisyonunda yani bakteriyel metabolizmasında rol alan başlıca bakteriler psikrofillerdir. TMA oluşumu, psikrofillerin sayısı artana dek düşük seviyede kalır (Çaklı, 2007). *Shewanella putrifaciens*, *Aeromonas* spp., soğuğa toleranslı *Enterobacteriaceae*, *Photobacterium phosphoreum* ve *Vibrio* spp. TMAO'yu TMA'ya indirgeyerek enerji sağlamakta amonyak benzeri kötü kokuya neden olmaktadır. (Ghaly ve diğ., 2010).

Su ürünlerinin tazeliğinin belirlenmesinde bir diğer kimyasal kalite parametresi toplam uçucu bazik azot (TVB-N) miktarıdır. TMA ve amonyak, dondurulmuş balıkta toplam uçucu azotun temel içeriğini teşkil etmektedir. Taze balıkta ise TVB-N değerinin %75'ini amonyak oluşturmaktadır (Çaklı, 2007). Depolama sırasında TVB-N değeri yükselme göstermekte olup çeşitli faktörlerden etkilenmektedir. Bu faktörler, su ürünlerinin cinsi, avlanma mevsimi, olgunluk derecesi, cinsiyeti ve yaşıdır. TVB-N değerleri, duyu analizi sonuçları ile birlikte değerlendirilmelidir (Varlık ve diğ., 2000).

Tiyobarbitürik asit reaktif maddeleri (TBARs) analizi ise özellikle yağlı balıklar için önem arz eden bir testtir. Etinde yağ depolayan, yüksek yağ içeriği olan uskumru gibi pelajik balık türlerinde lipid oksidasyonu önem taşımaktadır (Fraser ve Sumar, 1998). Oksidasyon tipik olarak çift bağlı yağ asitlerinin oksijen ile reaksiyonudur. Bu nedenle, çoklu doymamış yağ asitlerince zengin balık yağları oksidasyona oldukça elverişlidir.

Lipid oksidasyonu üç aşamalı bir serbest radikal mekanizmasıdır. Bunlar başlangıç, ilerleme ve sonuç aşamalarıdır. Başlangıç aşaması ısı, metal iyonları ve radyasyon gibi bir katalizör ile serbest yağ asitlerinin oluşumunu içermektedir. Serbest yağ asitleri, oksijen ile reaksiyona girerek peroksi radikalleri oluşturmaktadır. İlerleme aşamasında peroksi radikaller de, diğer lipid molekülleri ile reaksiyona girerek hidroperoksitleri ve yeni bir serbest radikali meydana getirmektedir. Sonuç aşamasında ise bu serbest radikaller etkileşime girerek radikal olmayan ürünleri oluşturmakta ve birincil ürünler aldehit ve ketonlar gibi ikincil ürünlere ayrılmaktadır (Ghaly ve diğ., 2010). Aldehitler, tiyobarbitürik asit reaktif maddeleri (TBARs) analizi ile ölçülebilmektedir (Çaklı, 2007).

2.1.3.4. Mikrobiyolojik Kalite Değişimleri

Fiziksel ve kimyasal yapısı nedeniyle balık eti, mikroorganizmalar için ideal bir besiyeri olarak kabul edilmektedir (Çadircı ve Göncüoğlu, 2008). Mikrobiyel gelişim balığın bozulmasının önemli bir nedeni olup hoşta gitmeyen ve kabul edilemeyen tadı veren aminler, putresin, histamin ve kadaverin gibi biyojen aminler, organik asitler, sülfidler, alkoller, aldehitler ve ketonların açığa çıkmasına neden olmaktadır (Ghaly ve diğ., 2010).

Balık ve su ürünleri hem sucul ve hem de karasal kaynaklı çeşitli mikroorganizmaları taşırlar. Taze balığın mikroflorası, balığın içinde yaşadığı suya bağlı olup aerobik veya fakültatif anaerobik mikroorganizmaları barındırmaktadır. Bozulma mikroorganizmalarına ek olarak, su ürünleri genel sağlık riskleri olan çeşitli patojenleri de içerebilmektedir (Fraser ve Sumar, 1998).

Su ürünlerinin 0 – 2°C'ye hızlı bir şekilde soğutulması, mezofil ve psikrofil mikroorganizmaların gelişmesini geciktirerek balığın daha uzun süre taze kalmasını

sağlamakta ve depolama ömrünü uzatmaktadır (Varlık ve diğ., 2007). Soğutulmuş balıkta bozulmaya soğuğa toleranslı gram negatif bakteriler olan psikrofil bakteriler neden olduğundan balığın kalitesinin belirlenmesinde mikrobiyolojik açıdan önem taşımaktadır (Diler ve diğ., 2000; Ghaly ve diğ., 2010).

Gıdaların mikrobiyolojik kalitesinin belirlenmesinde toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı indikatör olup hammadde kalitesi, işleme koşulları, gıdada bozulmanın başlayıp başlamadığı hakkında genel bilgi edinilmesini sağlayarak raf ömrü tespiti yapılmasına olanak vermektedir. Gıdalarda en çok bulunan bakteriler dahil, gelişmeleri için özel besiyerlerine ihtiyaç duyulmayan, inhibitör içermeyen bir besiyerinde mezofil ve aerob inkübasyon şartlarında gelişebilen bakterilerdir. Toplam mezofilik aerobik bakteri analizinde bakterilerin türleri yerine gıdada bulunan toplam miktarları önemlidir (Üçok, 2003).

Sous vide tekniği gibi vakum ambalajda paketlenen ürünlerde anaerobik bakterilerin gelişim riski de büyük önem taşımaktadır (Church ve Parsons, 2000). Vakum paketlenen gıdalardaki anaerobik şartlara bağlı olarak soğuk zincir kırıldığında patojen bakterilerin gelişimi de büyük risk teşkil etmektedir (Creed, 2001). Sous vide ürünler vakum pakatlendikten sonra paket içerisinde %1-5 oranında oksijen kalabilmekte; bu nedenle üründe fakültatif anaerobik bakterilerin üreme durumu söz konusu olabilmektedir. Bu nedenle uzun süreli depolamalarda anaerobik bakteriler yönünden dikkatli olunması gerekmektedir (Gonzalez-Fandos ve diğ., 2005).

2.2. IŞINLAMA TEKNOLOJİSİ

2.2.1. Işınlama Teknolojisi İle İlgili Genel Bilgiler

Su ürünlerinin pazarlanması ve dağıtımında, bozulma, hijyenik olmayan şartlar ve patojen mikroorganizmaların kontaminasyonu gibi olumsuzluklar ortaya çıkmaktadır (Mbarki ve diğ., 2008). Bu nedenle etkili gıda muhafaza yöntemlerine ihtiyaç duyulmakta olup bu etkili yöntemlerden biri olan gıdaların ışınlanması; gıdalardaki mikroorganizma sayısını azaltmak, patojenleri yok etmek ve raf ömrünü uzatmak

amacıyla gıdaların kontrollü bir iyonize radyasyon kaynağından çıkan ışınlarla maruz bırakıldığı bir teknolojidir (Demirci ve Güner, 2008).

Işınlama fiziksel bir gıda işleme yöntemi olup gıdanın belirli bir süre boyunca iyonize radyasyona maruz bırakılmasıdır (Sant'Ana ve Mancini-Filho, 2000). Gıda işlemede ışınlama uygulamasının temeli, canlı hücrelerin DNA'larının çok etkili bir şekilde zarar görmesi, dolayısıyla etkisiz hale getirilmesine dayanmaktadır, böylece mikrobiyel gelişim engellenmekte ve emilen radyasyon dozu kadar koruyucu etki meydana gelmektedir (Farkas, 2006). Işınlamanın etkinliği büyük ölçüde uygulanan doza bağlıdır (Arvanitoyannis ve diğ., 2009).

Gıda ışınlama teknolojisi, dünyada gelişmiş ve gelişmekte olan pek çok ülkede gıdaların korunması, kalite artırımı ve gıda kaynaklı hastalıkların önlenmesinde geleneksel yöntemlere alternatif olarak kabul görmektedir (Özden, 2004).

Gıda ışınlama, gıda maddesinin istenilen bir teknolojik amaca ve usulüne uygun olarak yeterli bir dozda ışınlanması olarak ifade edilmektedir (Anon, 1999). Uluslararası Atomik Enerji Ajansı (IAEA) tarafından kullanılan gıdaların ışınlanması ifadesi ise “önceden paketlenmiş veya ambalajsız gıdaların özel bir odada, belirli bir süreliğine, γ ışınları, x ışınları veya elektronlara maruz bırakılmasını kapsayan bir işlem” olarak tanımlanmaktadır (Arvanitoyannis, 2010).

Işınlanan gıdanın birim kütlesinde absorbladığı radyasyon enerjisinin miktarını “doz” olarak ifade edilmektedir. Soğurulan doz için kullanılan uluslararası birim “Gray” olup sembolü “Gy”dir (Arvanitoyannis ve diğ., 2009). Kilo Gray (kGy) ise ışınlanan gıdanın bir kilogramı başına absorblanan ortalama radyasyon enerjisinin kilojoul olarak miktarını vermektedir. Doz ve doz hızının kGy/saat olarak standardize edilmiş metotlarla ölçülmesi dozimetre ile yapılabilmektedir (Anon, 1999).

Gıda ışınlamada alfa, beta ve gama ışınları olarak bilinen başlıca üç radyoaktif ışın kullanılmaktadır.

Gıda Işınlama Yönetmeliği uyarınca gıda ışınlama işlemlerinde aşağıdaki ışın tipleri kullanılır (Anon, 1999):

- a) Gamma Işınları: Kapalı Kobalt-60 (Co-60) ve Sezyum-137 (Cs-137) radyonüklit kaynaklarından yayılan ışınlardır
- b) X Işınları: 5 MeV (Milyon elektron volt enerji birimini) ve daha düşük enerjide çalışan makine kaynaklarından üretilen ışınlardır.
- c) Elektron Işınları: 10 MeV ve daha düşük enerjide çalışan makine kaynaklarından üretilen ışınlardır.

Gıda ışınlamada kullanılan dozlar farklılık arz etmesine rağmen istenilen etkiye ve gıdanın çeşidine göre üç grupta toplanmaktadır (Mol ve Ceylan, 2011).

Radurizasyon: Düşük dozda uygulanır. 1 kGy'e kadar olan ışınlardır. Daha çok gıdalardaki böcek ya da parazitleri kontrol etmek için kullanılmaktadır.

Radisidasyon: Orta ölçekli doz olarak ifade edilip 1 – 10 kGy arasında besinlerde bulunan patojenik organizmaları inhibe ederek, pişirme zamanını azaltmak için ve daha çok besinlerin raf ömrünü uzatma amacı ile kullanılmaktadır.

Radappertizasyon: 10 kGy'den büyük olup yüksek dozda ışınlama olarak tanımlanmaktadır.

Işınlanan gıdaların yeşil renkli uluslararası gıda ışınlama sembolü olan radura sembolü ile etiketlenmeleri (Şekil 2.1) (Anon, 1999) ve "Işınlanmıştır" veya "Işınlama İşlemi Yapılmıştır" ifadesinin kullanılması zorunludur (Anon, 2002).



Şekil 2.1: Işınlanan gıdaların etiketlenmesi gereken radura sembolü.

İyonize radyasyon kullanarak su ürünlerinin raf ömrünü uzatmak cazip bir seçenek olup 1950'lerden beri bu yönde yatırımlar yapılmaktadır. Mikroorganizmaları ve bunların sporlarını elimine etmek için önceden uygulanan dozların, ürünün kimyasal

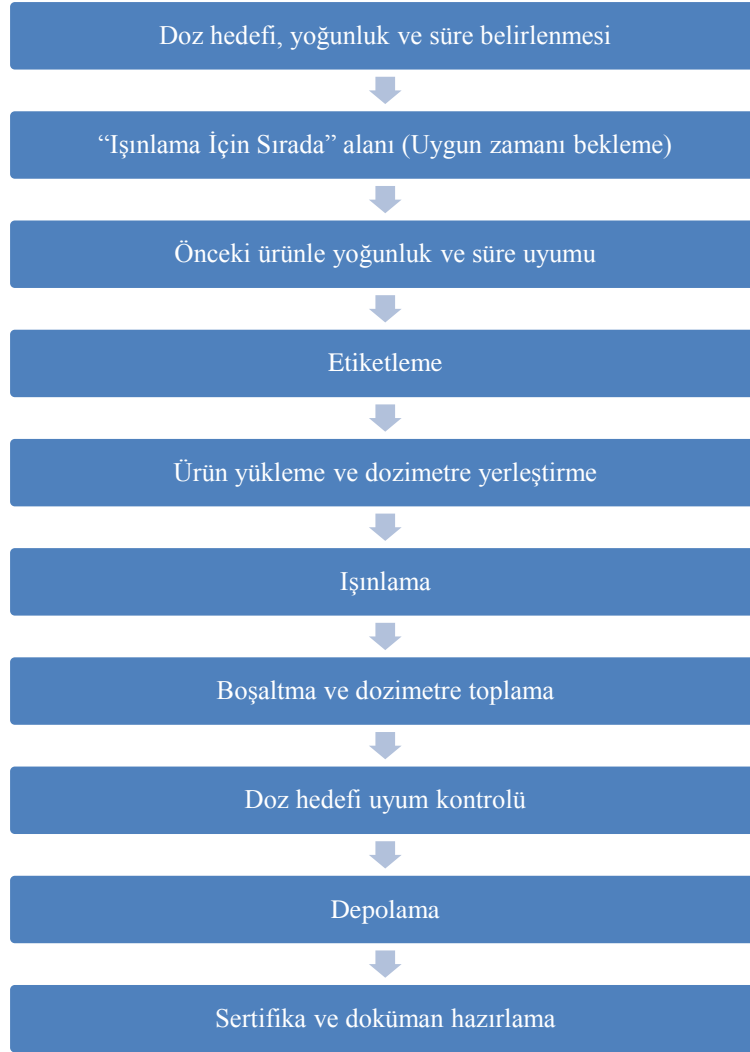
kompozisyonunda değişime ve radyasyon tadına neden olduğu anlaşılmış ve bu sebeple balıkların ışınlanarak kullanılması ertelenmiştir. Ancak artık günümüzde radyasyon (ışınlanmış gıda) tadına sebebiyet vermeyen ve mikroorganizmaların gelişimini de büyük ölçüde engelleyebilen daha düşük ışınlama dozları kullanılmaktadır (Mbarki ve diğ., 2009).

Gıda ışınlama serbest radikal ve radyolitik ürünlerin oluşumu ile sonuçlanmaktadır; ancak bu ürünlerin oluşumu sadece ışınlama sebebi ile değildir. Bu nedenle ışınlanan gıdanın tespit edilmesi için hiçbir spesifik radyolitik ürün bulunamaması ve evrensel bir analitik metot oturtulamaması şaşırtıcı değildir. Hatta çoğunlukla uygulanan 10 kGy'nin altındaki dozlardaki ışınlama işleminde ısıtma veya depolama gibi uygulamalardan daha az kimyasal modifikasyon meydana gelmektedir. Gerçekten de, gıda ışınlamada kullanılan maksimum doz olan 10 kGy'nin emilmesi sadece 2,4°C ile sınırlı bir sıcaklık artışına neden olmaktadır (Arvanitoyannis ve diğ., 2009).

2.2.2. Gıda Işınlamasının Uygulanması

Gıdaların ışınlama işlemi, gıdanın uygun bir ışın kaynağıyla güvenli bir şekilde ışınlanması için tasarlanmış ve lisanslanarak tescil edilmiş kaynak, donanım ve çalışma sistemlerini içeren bina ve eklerinden oluşan gıda ışınlama tesislerinde yapılmaktadır. Ülkemizde gıda ışınlaması Türkiye Atom Enerjisi Kurumu'nun verdiği ışınlama lisansı yani radyasyon güvenliği uygunluk onayını almış olan tesislerde uygulanabilmektedir (Anon, 1999).

Işınlama sürecinde öncelikli olarak ışınlanacak ürününe uygulanacak uygun doz aralıkları, yoğunluk ve süre belirlenmektedir. Işınlanacak rnler, ışınlanmamış ürünlerin bulunduğu alanda muayene edilip kayıtları tutulmaktadır. rn kolileri üzerine etiket ve dozimetreler yerleştirilmektedir. rnler ışınlayıcı kutulara yerleştirildikten sonra ışınlama işlemi uygulanmaktadır. Işınlamadan çıkan ürünlerden dozimetreler toplanıp ölçülmekte ve kayıtları tutulmaktadır. Kontrolü yapılan ürünler ışınlanmış ürünler alanına alınarak depolanmaktadır (<http://www.gammapak.com/islemler.html>). şekil 2.2'de ışınlama teknolojisinin iş akışı kısaca şematize edilmiştir (Gamma-Pak A.ř. iş akış şemasından modifiye edilmiştir).



Şekil 2.2: Işınlama iş akış şeması.

Işınlama cihazı kapalı durumda iken kaynak paneli, panelin üst bölümü 6 metre derinlikte olmak üzere, 8 metre derinliğinde su dolu bir havuz içerisinde bulunmaktadır. Cihazı ışınlama konumuna getirmek için, kaynak paneli pnömatik bir piston vasıtasıyla çekilmekte ve ürün dolu kutular arasına getirilmektedir. Işınlanacak olan gıda maddeleri kendi ambalajları içerisinde olup taşıyıcı bant üzerinde bulunan alüminyumdan yapılmış ışınlama kutularına konulmaktadır. Buradan ışınlama odasına taşınırlar. Ürün dolu kutular ışın kaynağı çevresinde pnömatik pistonlarla yürü - dur şeklinde hareket ettirilmek suretiyle gamma ışınları ile ışınlamaya maruz bırakılmaktadır. Işınlanan ürünler yine taşıyıcı bant yardımıyla otomatik olarak sistemden dışarı alınıp depolanmaktadır. Işınlayıcı cihaz ve konveyör sistemi, tamamen otomatik olarak

bilgisayarla kumanda edilmektedir (Mol ve Ceylan, 2011; <http://www.gammapak.com/islemler.html>).

2.2.3. Gıda Işınlama İle İlgili Yasal Düzenlemeler

FAO/IAEA/WHO Ortak Ekspertler Komitesi, gıda ışınlamalarının uygulamadaki amaca göre kullanılması gerekli olan doz aralıkları doğrultusunda gruplamışlar ve ışınlanan gıda tarafından soğurulabilecek en yüksek dozu 10 kGy olarak saptamışlardır. (Arvanitoyannis ve diğ., 2009; Giroux ve Lacroix, 1998). Buna göre uygulanan doz, gıda türüne ve kullanım amacına göre 3'e ayrılır (Arvanitoyannis ve diğ., 2009);

1. Düşük doz uygulamaları (1 kGy'e kadar): Meyve ve sebzelerde filizlenmenin engellenmesi, olgunlaşmanın geciktirilmesi ve gıdalardaki böceklerle parazitlerin kontrolü amacıyla uygulanır.
2. Orta düzeydeki doz uygulamaları (1-10 kGy arası): Gıdalardaki bozulma ve patojen mikroorganizma yükünün azaltılması, gıdanın muhafaza edilebilirlik özelliklerini geliştirmek dolayısıyla raf ömrünü arttırmak için uygulanır.
3. Yüksek düzeydeki doz uygulamaları (10 kGy'in üzeri): Et, kümes hayvanları, su ürünleri ve diğer hazır gıdaların, baharat ve enzimlerin sterilizasyonu bu yolla sağlanmaktadır.

Gıda ışınlaması konusundaki bilimsel çalışmalar, ışınlama teknolojisinin gıda güvenliği açısından önemli bir araç olduğunu ortaya koymaktadır. Gıda ışınlamanın güvenilirliği, USDA (ABD Tarım Bakanlığı), FDA (Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi), FSIS (Amerika Gıda Güvenliği ve Denetimi Servisi), IAEA (Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı), FAO (BM Gıda ve Tarım Örgütü) ve WHO (Dünya Sağlık Örgütü) gibi bağımsız ve itibarlı kuruluşların onayını almış olup etkili bir teknoloji olduğu da bu kurumlarca bildirilmiştir (Gezgin ve Güneş, 2003). Dünyada gıda ışınlama ayrıca AMA (Amerikan Tıp Derneği), IDSA (Amerikan Enfeksiyon Hastalıkları Derneği), CDC (Hastalık Kontrol ve Korunma Merkezleri, ABD), APHA (Amerika Halk Sağlığı Derneği) ve ADA (Amerika Dişhekimleri Birliği) tarafından da alternatif bir yöntem olarak kabul görmüştür (Mol ve Ceylan, 2011).

Türkiye’de ise 1999’da “Gıda Işınlama Yönetmeliği” ile bu teknolojinin insan gıdası için kullanılması onaylanmıştır (Mol ve Ceylan, 2011). Ayrıca ülkemizde ışınlanan her bir parti gıda için en az 5 yıl saklanacak bir kayıt bulundurulması ve bu kayıta işlemin parti numarası; ışınlama tarihi; ışınlanmış gıdanın miktar ve tipi; ışınlanacak gıda maddesinin yüzde bileşimi; ışınlama sırasında kullanılan ambalaj materyali ve şekli; ışınlama sırasında ölçülen minimum ve maksimum doz oranları, ortalama doz ve diğer proses kontrol değerleri; ışınlama sırasında gözlenen normal proses koşullarından sapmalar; ışınlama işlemini talep eden kişi veya kuruluş belirtilmek zorundadır (Anon, 2002).

23868 sayılı ve 6.11.1999 tarihli Resmi Gazete’ye göre “Gıda Gruplarında Belirli Teknolojik Amaçlara Göre Uygulanmasına İzin Verilen Işınlama Dozları” Tablo 2.3’te gösterilmiştir (Anon, 1999).

Tablo 2.3: Gıda gruplarında amaca göre uygulanmasına izin verilen minimum ve maksimum ışınlama dozları.

Gıda Grubu	Amaç	Doz (kGy)	
		Min.	Maks.
Grup1-Soğanlar, kökler ve yumrular	Depolama sırasında filizlenme, çimlenme ve tomurcuklanmayı önlemek		0,2
Grup 2- Taze meyve ve sebzeler (Grup 1’in dışındakiler)	a)Olgunlaşmayı geciktirmek b)Böceklenmeyi önlemek c)Raf ömrünü uzatmak d)Karantina kontrolü	(x)	1,0 1,0 2,5 1,0
Grup3-Hububat, öğütülmüş hububat ürünleri, kabuklu yemişler, yağlı tohumlar, baklagiller, kurutulmuş sebzeler ve kurutulmuş meyveler	a)Böceklenmeyi önlemek b)Mikroorganizmaları azaltmak c)Raf ömrünü uzatmak		1,0 5,0 5,0
Grup 4- Çiğ balık, kabuklu deniz hayvanları ve bunların ürünleri (taze veya dondurulmuş), dondurulmuş kurbağa bacağı	a)Bazı patojenik mikroorganizmaları azaltmak b)Raf ömrünü uzatmak c)Paraziter enfeksiyonların kontrolü	(x) (xx)	5,0 3,0 2,0
Grup 5- Kanatlı, kırmızı et ile bunların ürünleri (taze veya dondurulmuş)	a)Bazı patojenik mikroorganizmaları azaltmak b)Raf ömrünü uzatmak c)Paraziter enfeksiyonların kontrolü	(x) (xx)	7,0 3,0 3,0
Grup 6- Kuru sebzeler, baharatlar, kuru otlar, çeşniler ve bitkisel çaylar	a)Bazı patojenik mikroorganizmaları azaltmak b)Böceklenmeyi önlemek	(x)	10,0(xxx) 1,0
Grup 7- Hayvansal orijinli kurutulmuş gıdalar	a)Böceklenmeyi önlemek b)Küflerin kontrolü		1,0 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.

2.2.4. Işınlama Teknolojisinin Avantajları

Bir gıda muhafaza tekniği olarak ışınlama uygulamalarının, su ürünlerinin raf ömrünü geleneksel yöntemlere nazaran 3-5 kat daha arttırması ve diğer mevcut yöntemlere oranla daha etkin olması sebebiyle gördüğü rağbet artmaktadır (Arvanitoyannis ve diğ., 2009). Raf ömrü veya gıda güvenliği bakımından yetersiz kalabilen diğer muhafaza teknikleriyle birlikte başarılı olarak kullanılabilmesi nedeniyle ışınlama teknolojisi yetersiz ısı işlem sonucu canlı kalabilen patojenleri de inhibe edebilmekte ve toplum sağlığı için daha güvenli ürünlerin temin edilmesini sağlamaktadır (Mol ve Ceylan, 2011).

Işınlama sterilizasyon dozunda bile, emilen radyasyon enerjisinden dolayı sıcaklıkta önemsenmeyecek çok hafif bir artışa neden olan “soğuk” bir işlemdir (Arvanitoyannis, 2010; Farkas, 2006; Yagiz ve diğ., 2010). Bu yüzden ısı işlemli muhafaza tekniklerinde görülen tat, besin bileşimi, koku ve doku kaybı gibi sorunlar ortadan kalkmakta, gıda, ışınlama öncesindeki özelliklerini korumaktadır (Benedito ve diğ., 2011; Yagiz ve diğ., 2010).

Uygulama sonrasında bekleme süresi olmadığı gibi kimyasal kalıntı da bırakmaz. Ayrıca geniş aralıkta büyüklük ve şekillerdeki ürünlerin muamelelerine olanak sağlamaktadır. Işınlama işlemin bir diğer eşsiz avantajı ise gıdanın en iç kısımlarına nüfuz etme gücüdür (Arvanitoyannis, 2010; Yagiz ve diğ., 2010).

Işınlama teknolojisi, kurutulmuş meyve, sebze, et ürünleri ve hayvan gıdalarının dekontaminasyonunda uygulanan bir yöntemdir. Birçok araştırmacının ortak görüşü, düşük dozda ışınlama uygulamasının gıdanın kalitesini bozmadan çoğu mikroorganizmayı öldürdüğüdür. 10 kGy'ye kadar yapılan ışınlamanın gıda muhafazasında etkili, güvenilir ve ekonomik olduğu ve besinsel, mikrobiyel ve toksikolojik olarak hiçbir probleme neden olmadığı bildirilmiştir (Paari ve diğ., 2012).

Taze ve donmuş gıdalara olduğu gibi canlı haldeki kabuklu su ürünlerine de uygulanabilmektedir (Mol ve Ceylan, 2011). Nispeten düşük dozlarda (1,0 – 2,0 kGy) ışınlama, kirleticileri etkili bir biçimde elimine etmekte ve sushi, canlı istiridye, midye vb. çiğ balık ve diğer su ürünleri ile hazırlanan yemeklerin güvenle yenebilmesine

olanak sağlamaktadır. Canlı istiridye ve midyeler öldürülmeksizin ışınlanabilmekte ve soğukta canlı bir şekilde depolanabilmektedir (Molins ve diğ., 2001).

Güvenilir ve uzun raf ömrüne sahip gıda üretimini sağlayan otomatik olarak kontrol edilebilen bir teknolojidir. Paketlenmiş ve dondurulmuş gıdalara sorunsuz uygulanabilmektedir (Demirci ve Güner, 2008). Işınlama işleminin ürünler paketlenmiş haldeyken uygulanabilmesi ile işlem sonrasında oluşabilecek kontaminasyon riski ortadan kalkmakta bu sebeple de diğer muhafaza tekniklerine nazaran önemli bir avantaj sağlamaktadır (Arvanitoyannis, 2010; Farkas, 2006; Mol ve Ceylan, 2011).

Işınlama, gıdalardaki patojen bakterileri etkisiz hale getirerek, mikrobiyolojik güvenilirliği sağlayabilmektedir (Arvanitoyannis, 2010; Paari ve diğ., 2012). Işınlamanın gıdadaki *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* spp., *Yersinia enterocolitica*, *Escherichia coli* O157: H7 gibi patojenleri elimine etmede etkili olduğu bilinmektedir (Benedito ve diğ., 2011).

Işınlama teknolojisi, et ve et ürünleri, kümes hayvanları, balık ve su ürünleri ve meyve ve sebze gibi çok çeşitli ham veya minimal işlenmiş gıdanın üretiminde bir kontrol ölçütüdür. Parazitlerin öldürülmesini sağlamanın yanı sıra patojen bakterilerin vejetatif formlarını da elimine etme potansiyeli vardır. Dolayısıyla bu tür gıdaların üretiminde ışınlama böylece bir kritik kontrol noktası olabilmektedir. Işınlama, bir kritik kontrol noktasında olması gereken kriterleri karşılamaktadır; örneğin kritik limitler (minimum ve maksimum dozlar) belirlenip izlenebilir ve işlem basamaklarının kontrolü de iyi bilinmektedir. Ayrıca gerekli olduğunda düzeltici faaliyetler de yapılabilir. Işınlama güvenilir bir teknolojidir ve FAO/WHO Codex Alimentarius Commission tarafından da güvenilir olduğu kabul edilmiştir. Bu da endüstri ve kamu sağlık otoritelerinin dikkatini çekmiştir. Bugün dünyada birçok ülkede et, kanatlı, su ve diğer gıda ürünlerinde ışınlama teknolojisinin kullanılması yasaldir (Molins ve diğ., 2001).

Su ürünlerinde TVB-N ve TMA-N değerlerini düşürmek, alerjen olan tropomiyosini azaltmak, kanserojen nitrozamini yıkılmamak ve mikrobiyel popülasyonu düşürmek ışınlama teknolojisinin diğer faydalarıdır (Mol ve Ceylan, 2011).

Işınlama, katkı maddeleri eklenmeden uygulanan bir yöntemdir ve besin değeri açısından, ısıtma işlemi denk, hatta daha üstündür. (Rybka-Rodgers, 2001). Gıdadaki ışınlama ile ortaya çıkan kimyasal değişimler minimumdur. Işınlanmış gıdaların güvenli olduğu, toksik açıdan zararlı olmadığı ve besinsel uygunluğu 50 yılı aşkın süredir yapılan denemelerle dikkatlice değerlendirilmiştir. Bilimsel açıdan kabul edilebilir tüm kanıtlar, radyasyon uygulanmış gıdaların tüketilebilir olduğunu destekleyen çalışmalarla ortaya konmuştur (Farkas, 2006).

Işınlama, doğranmış sebze ve bazı sous vide yemekler, soğutulmuş ısıtılıp tüketilen hazır yemekler, soğutulmuş tüketime hazır yemekler, bağışıklık sistemi zayıf kişiler/hastalar için yemekler, steril yemekler, orta seviyede nem içeren tüketime hazır gıdalar gibi çok çeşitli gıda ürünlerinde uygulanabilen mikrobiyolojik açıdan güvenilirliği sağlayan ve raf ömrünü uzatan sıhhi bir teknolojidir (IAEA, 2003).

Işınlama teknolojisi, tüketicilere etkin ve doğru olarak tanıtıldığında, tüketiciler tarafından daha fazla kabul edilebilecek, ürün çeşitliliğinde artış olacak, ışınlanmış ürünlere olan talep artışıyla bu ürünler raflardaki yerini alarak kolay ulaşılabilir olacaktır. Gelecek dönemlerde ise gıda kaynaklı hastalıklar azalacak, buna bağlı iş gücü ve gıda kayıplarının önüne geçilecek, masrafların azalması ile de ekonomik kazançlar elde edilecektir (Gezgin ve Güneş, 2003).

2.2.5. Işınlama Teknolojisinin Dezavantajları

Yüksek dozla ışınlanan gıdalarda renk, doku ve lezzette değişimler meydana gelebilmekte ve ortaya kalitesi bozulmuş bir ürün çıkabilmektedir. Böyle kusurlu ürünlerin pazarda yer alması mümkün olmadığı gibi istenmeyen ürünlerin tüketiciye arz etmenin de ekonomik olarak faydası yoktur (IAEA, 2001). Bu nedenle tüketici beğeni sınırları içerisinde duyu özelliklerinde ihmal edilebilecek değişimler için gıdada radyasyon dozunu dikkatlice ayarlamak ve mikrobiyal gelişimi durdurmak için yeterli düzeyi belirlemek kritiktir (Benedito ve diğ., 2011).

Işınlama ve donmuş muhafaza, kaslı gıdalarda patojen mikroorganizmaların gelişimini durdurabilse de kalitenin düşmesinin sebebi kimyasal ve fiziksel kaynaklıdır. Işınlama

nedeniyle meydana gelen oksidasyon ürünleri renk ve dokuda değişimlere yol açabilmektedir. İşlenebilen balık türlerini ve depolamayı sınırlandıran tüm bu reaksiyonlar organoleptik ve besinsel kayıplara da neden olabilmektedir. Işınlama sonucunda ortaya çıkan serbest radikaller kaslardaki antioksidanları yok ederek depolama stabilitesini azaltmakta ve ette istenmeyen tadı artırabilmektedir (Paari ve diğ., 2012).

Lipidlerde doymamışlık düzeyi arttıkça oksitlenme eğilimi de artmaktadır. Bu nedenle çoklu doymamış yağ asitlerince zengin olan su ürünleri ışınlandıklarında, iyonize radyasyon ile uyarılan oksidasyon meydana gelmektedir. Bunun sonucunda da hidroperoksitlerin parçalanması ile açığa çıkan aldehitler, organoleptik olarak kötü koku ve tattan sorumludur. Lipidlerin otooksidasyonuna bağlı olarak istenmeyen koku ve tat oluşumu özellikle yüksek dozda ışınlanan su ürünlerinde görülebilmektedir (Tükenmez ve diğ., 1997).

Işınlama uygulaması gıdalarda vitaminlerin parçalanmasına sebebiyet verebilmektedir. Ancak tiyamin, piridoksin, B₁₂, C, D, E ve K vitaminleri, niyasin ve riboflavin gibi vitaminlerin azalmasına neden olsa da ısıl işlem uygulanan muhafaza yöntemleri sonucunda meydana gelen vitamin kayıplarının ışınlamadan kaynaklı vitamin kayıplarından çok daha fazla olduğu da dikkati çekmektedir (Mol ve Ceylan, 2011).

Kontamine bir gıdadaki bakteriler yok edilebilse dahi toksinlerinin her zaman giderilememesi ve radyasyon uygulaması ile mikroorganizmalarda direnç gelişiminin olabilme ihtimali mevcuttur. Yatırım maliyetinin yüksek olması ise bir diğer dezavantajdır (Demirci ve Güner, 2008).

Her ne kadar ışınlamanın en büyük dezavantajı tüketicinin ışınlanmış gıda tüketimi ile ilgili önyargı ve yanlış görüşlere sahip olabilmesi olsa da, ışınlama sonrasında az miktarda radyoaktif ürün meydana gelmekte ve bu ürünlerin kısa veya uzun vadedeki etkileri tam olarak bilinmemektedir. Dolayısıyla ışınlanmış su ürünlerinin tüketilmesi konusunda karşılaşılan en büyük engel budur (Mol ve Ceylan, 2011).

Mikrobiyolojik güvenilirlik ve duyu kaliteyi dengelemek için, ışınlama teknolojisinin ısı işlem, hidrostatik basınç vb. diğer gıda muhafaza yöntemleri ile birlikte kullanılması gerekmektedir (Demirci ve Güner, 2008).

Elektron demeti (E-beam) ile ışınlama, tüketime hazır süt, et ve su ürünleri gibi gıdaların kimyasal kompozisyonunu değiştirmiş olup etkisi uygulanan gıdanın çeşidine ve içeriğine göre farklılık göstermiştir. Genellikle yüksek ışın dozları (6 ve 8 kGy) gıdanın kimyasal kompozisyonunda değişime neden olurken düşük dozda ışınlama (1 veya 2 kGy) uygulanan gıda ürünlerinde çalışılan kimyasal parametrelerde olumsuz bir etkiye neden olmamıştır. Aynı zamanda ışınlamanın işleme sırasında gıdaya katılan katkı maddelerini de etkileyebileceği bildirilmiştir (Guillen-Casla ve diğ., 2011).

2.3. SOUS VIDE TEKNOLOJİSİ

2.3.1. Sous Vide Teknolojisi İle İlgili Genel Bilgiler

Sous vide, gıdaların muhafazası amacı ile kullanılan bir teknolojidir (Garcia-Linares ve diğ., 2004). İlk olarak Fransa’da geliştirilmiş bir teknik olup “vakum altında” anlamına gelmektedir. Bu teknik ile işlenen gıdalar yaygın olarak kullanılan gıda hazırlama yöntemleri arasında yerini almış ve dünya çapında çok büyük ölçüde kabul görmüştür (Ohlsson, 2002). Genel olarak tercih edilen gıda hazırlama şekilleri (Creed., 2001) tablo 2.4’te sunulmuştur.

Tablo 2.4: Yaygın olarak kullanılan gıda hazırlama şekilleri.

Hazırlama yöntemi	Açıklama
Geleneksel	Gıda sadece çiğ hammaddeden hazırlanır ve sipariş üzerine pişirilir.
Piştirip dondurma	Gıda önceden hazırlanır, pişirilir, dondurulur, dondurucuda depolanır ve sipariş edildiğinde yeniden ısıtılır.
Piştirip soğutma	Gıda önceden hazırlanır, pişirilir, soğutulur, buzdolabında depolanır ve sipariş edildiğinde yeniden ısıtılır.
Sous vide	Gıda önceden hazırlanır, bir poşet içerisinde vakum paketlenir, pişirilir, soğutulur, buzdolabında depolanır ve sipariş edildiğinde yeniden ısıtılır.

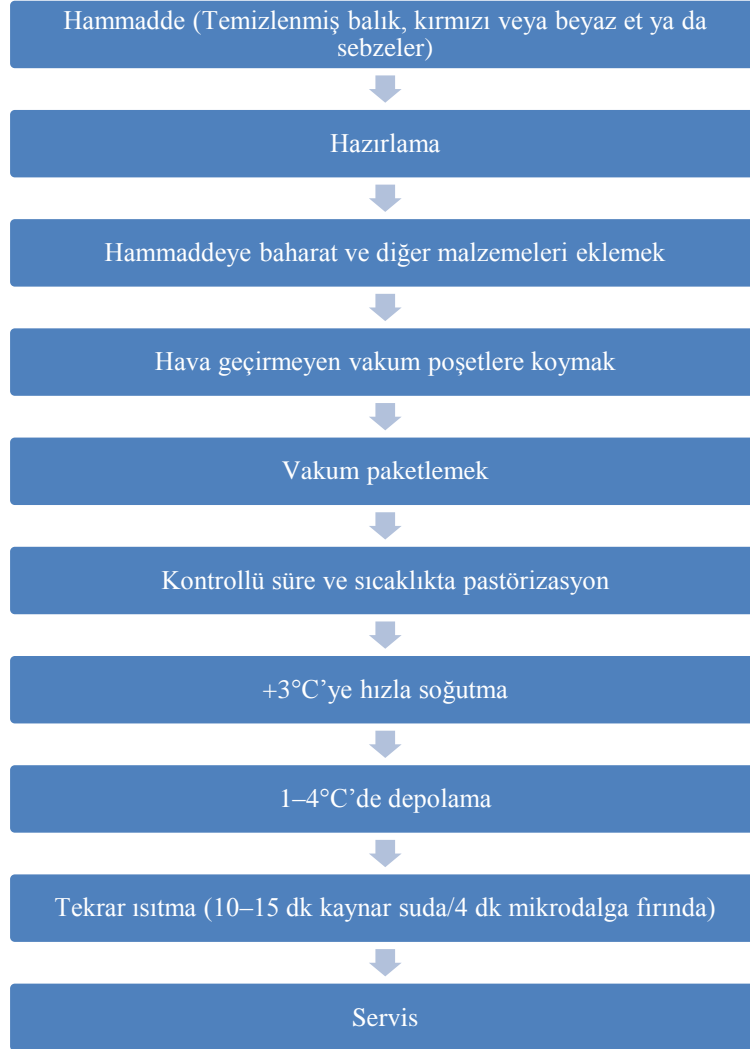
Sous-vide veya vakumlanıp pişirilmiş gıda, “ısıya dayanıklı çok katmanlı vakum poşetlerde kontrollü sıcaklık ve sürede pişen yüksek kaliteli gıda” olarak

tanımlanmaktadır. Yani sous vide ürün tanımı pastörizasyondan önce vakum paketlenen gıdalar için kullanılmaktadır. Sous vide gıdalar kısmen düşük sıcaklıklarda belirli bir süre zarfında ısı işleme tabi tutulmaktadır. Sous vide tekniğinde gıdaların yüksek sıcaklık ve atmosferik oksijen varlığında olumsuz etkilenebilecek besleyici ve organoleptik kalitesini en üst düzeyde tutabilmek için vakum paketlenme sonrasında 65 – 95°C arasında düşük sıcaklık kullanılmaktadır. Isıtma işleminden sonra ürün hızlıca +3°C'ye soğutulmakta ve soğuk depolama (1 – 4°C) yapılmaktadır. Bu şekilde hazırlanan gıdalar servis edilmeden önce su banyosunda veya mikrodalga fırınlarda ısıtılabilir. Şekil 2.3'te sous vide teknolojisi için proses akış şeması verilmiştir (Garcia-Linares ve diğ., 2004; Venugopal, 2006). Sous vide ürünlerin raf ömrü, içerdiği maddelere ve yapılan uygulamaya bağlı olup 6 ile 42 gün arasında değişmektedir (Armstrong ve McIlveen, 2000; Farkas ve diğ., 2002; Fellows, 2000; Garcia-Linares ve diğ., 2004; Gonzalez-Fandos, 2005). Bu teknikle hazırlanan sebze, et ve balık ürünleri öncelikle endüstriyel pazarda ve giderek yaygınlaşan şekilde de marketlerde yerini almaktadır (Ohlsson, 2002).

Yenmeye hazır bir yemek ya da sos gibi yemek malzemelerini içerebilen sous vide ürünler, besin değeri ve kalite kayıplarına neden olan gıdaların tüketilmeden önce uzun süreler sıcak tutulmasını sağlayan teçhizatın yerini alacak endüstriyel catering için geliştirilmiştir ve daha ucuzdur. Perakende satış yerlerinde, giderek artan geniş yelpazeli pişirilip soğutulmuş hazır yemekler elverişliliğinden, yüksek kaliteli ve sağlıklı oluşundan ötürü gittikçe yaygınlaşmaktadır (Fellows, 2000).

Sous-vide teknolojisi, tüketici tarafından taze ve iyi kalitede gıda talebinin bir sonucudur (Garcia-Linares ve diğ., 2004). Sous-vide tekniği ürünün besleyici ve organoleptik özelliklerini korumakta veya arttırmaktadır (Farkas ve diğ., 2002). Pişirip soğutma yöntemine kıyasla sous vide teknolojisi duyuşal açıdan kayda değer faydalar getirmektedir. Bunun nedeni öncelikli olarak paketlenmenin uçucu lezzet bileşenlerinin buharlaşmasını önlemesi ve paketin lezzet kaybından sorumlu oksidatif değişimlere sebep olan oksijen içeriğinin azlığıdır (Church ve Parsons, 2000). Vakum paketlenme, pastörizasyon ve düşük sıcaklıkta depolama işlemlerini içeren sous-vide teknolojisi, taze gibi görünen ve yüksek besleyici değere sahip ürünün artan raf ömrü ve

mikrobiyolojik güvenilirlik arasındaki denge anlamına da gelmektedir (Garcia-Linares ve diğ., 2004).



Şekil 2.3: Sous vide proses akış şeması.

Son yıllarda dünya nüfusunun beyin gücüne dayalı çalışma biçiminin ve sağlıklı beslenme ile ilgili bilincin artmasına bağlı olarak önem kazanan sous-vide teknolojisi (Mol ve Özturan, 2009) uygulanan ürünler, hazır yemek sektörüne de hizmet eden çözdürülmesine gerek olmayan, hazırlanışı daha kolay ve tat ve dokuları taze ürüne çok daha yakın gıdalardır. Dolayısı ile bu teknoloji gıdanın daha uzun süre muhafaza edilmesini sağlamanın yanı sıra hazır yemek sektörüne de hizmet etmek amacını taşımaktadır. Sous vide uygulanmış su ürünlerinin popüler ve yaygın kullanılması bu özelliklerden kaynaklanmaktadır (Garcia-Linares ve diğ., 2004; Gonzalez-Fandos,

2005). Sous vide ürünler özellikle market reyonlarında, hastane, fabrika, okul, otel ve askeri gıda servislerinde geniş bir kullanım alanı bulunmaktadır (Creed, 2001). Bu teknik, restoranlarda da sık kullanılan bir prosedür haline gelmiştir (Picouet ve diğ., 2011). Amerika Birleşik Devletleri'nde, sous vide yemekler, korunmaya muhtaç yaşlı veya kronik rahatsızlığı olan kişilere yaşamlarını kolaylaştırmak için posta ile gönderilmeye başlanmıştır (Creed, 2001).

2.3.2. Sous Vide Teknolojisinin Avantajları

Sous vide tekniğinde vakum paketlemenin ardından ısıl işlem ve soğuk depolama yapılması, dolayısıyla bu üç işlemin olumlu etkilerinin bir araya getirilmesi, ürünün kalitesi ve raf ömründe artış sağlanmasına yol açmaktadır (Armstrong ve McIlveen, 2000).

Sous vide uygulanan sebzelerin, pişirilip servis edilen ve pişirilip soğutulan sebzelere göre vitaminlerinin daha iyi tutulduğu ortaya konmuştur (Creed 2001). Vakum paketleme ile oksidasyona bağlı lezzet kayıpları ve lezzet veren uçucu bileşenlerin kayıplarının önlenerek gıdanın lezzetinin arttırıldığı bildirilmiştir. Sous vide prosesinin 100°C'nin altındaki nemli pişirmenin ve %25-40 olan geleneksel pişirmedekin aksine %5-10 gibi düşük bir ağırlık kaybına bağlı olarak özellikle ette gevreklik, sululuk ve iyi bir doku sağladığı rapor edilmiştir (Armstrong ve McIlveen, 2000).

Pişirip dondurma veya soğutma sistemleri, büyük ölçüde geleneksel catering uygulamalarıdır. Ürün pişirilip donma veya soğuma noktasından sonra tek tek veya porsiyonlara bölünüp paketlenmekte, ancak kimi uygulamalarda hermetik olarak kapatılmamaktadır. Ters olarak sous vide sisteminin avantajı, kapalı bir vakum pakette kontrol altında olan ve izlenebilen yüksek kaliteli hammadde kullanılarak üretimi gerçekleşen bu sebeple de çok iyi duyuşal ve yüksek besleyici değere sahip olan bir ürün elde edilmesidir (Creed 2001).

Etik, çevresel, sağlık sorunları ya da dini sebeplerden ötürü hazır yemeklerin güvenilirliğinden emin olmak isteyen kişiler kontaminasyon riskinin ortadan kalkmış olmasına dikkat etmektedir. Vakum paketleme sayesinde vejeteryanlar, sous vide

yiyeceklerin paketlenmeden itibaren hiçbir et ürünü ile temas etmediğinden emin olabileceklerdir. Benzer bir durum dini hassasiyet içindeki kişiler için de geçerlidir. Aynı nedenden organik gıda tüketenler de sous vide yemeklere organik olmayan gıda maddelerinin karışmadığına ikna olabileceklerdir (Creed 2001).

Sous vide gıdaların tüketici açısından ürünü hazırlamada kolaylık sağlaması, yüksek besinsel içeriğe sahip olup taze kalması ve koruyucu ilavesine gerek olmaması sebepleri ile çok ciddi bir pazarlama potansiyeli bulunmaktadır (Armstrong ve McIlveen, 2000).

2.3.3. Sous Vide Teknolojisinin Dezavantajları

Sous vide ürünler için en yüksek kalitede raf ömrü ve depolama süresi içindeki hammadde ile yardımcı maddelere ve uygulanan ısı işlemlere bağlıdır. Armstrong ve McIlveen (2000) soğukta depolanan et bazlı sous vide yemeklerde tüketici beğenisini görünüşün belirlediğini bildirmiştir. Sous vide ürünlerde beklenen raf ömrü ve duyu kalitenin sağlanabilmesi için nitelikli sous vide formülasyonlarının geliştirilmesi önemlidir.

Vakum paketlenme ve pastörizasyon uygulamalarında kullanılan alet ve ekipmanlarının, ambalaj ve kullanılan poşetlerin işletmeye ek maliyet getiriyor olması ve sıkı bir soğuk zincir takibi yapılmasının gerekliliği bulunmaktadır (Mol ve Özturan, 2009).

Sous-vide ambalajlanıp depolanan su ürünlerinde pastörizasyonda düşük sıcaklık uygulandığından kurtulan mikroorganizmaların kontrolü önemli bir gıda güvenliği konusudur (Garcia-Linares ve diğ. 2004). Sous vide ürünlerdeki başlıca patojen bakteriler proteolitik olmayan *Clostridium botulinum* B, E ve F tipi, *Bacillus cereus* ve *Listeria monocytogenes* iken bozulmaya yol açanlar arasında laktik asit bakterileri önde gelmektedir (Martens ve Schellekens, 1996). Sous-vide tekniğinin uygulandığı ürünlerde *Clostridium botulinum* ile ilgili olarak mikrobiyolojik güvenliğin sağlanabildiği bildirilmişse de pastörizasyon için uygulanacak süre ve sıcaklık doğru seçilmez veya yanlış uygulanırsa *Clostridium* tip A, B ve E'nin gelişmesi ve bunların toksin oluşturabilmesi riski bulunmaktadır (Mol ve Özturan, 2009). Doğal mikrofloranın yok olması, hammaddenin biyolojik direncinin düşmesi ve ısınmanın

nispeten yavaş gerçekleşmesinin patojenlerin ısıya toleransını arttırması, sous vide uygulanan gıdada botulizm riskini arttıran faktörlerdir (Rodgers, 2003).

Yüksek sıcaklıkta hazırlanan sous vide ürünlerde tüm vejetatif hücrelerin öldürülmesi ve psikrotrofik Clostridia'nın sporlarının indirgenmesi sağlanabilir. Ancak yine de en düşük gelişme sıcaklığı 5°C olan *Bacillus cereus*, proteolitik Clostridia suşları gibi (en düşük gelişme sıcaklığı 9°C) canlı kalabilir. Bu nedenle ısı işlem görmüş ürünlerin ısı işleminden sonra mümkün olan en kısa sürede soğutulması ve soğukta tutulması bu türlerin gelişmesine ve toksin üretmesine meydan vermemek adına azami derecede önem taşımaktadır. Bununla birlikte birçok gıda mikrobiyoloğuna göre yüksek kaliteli ve beğenilir düzeydeki sous vide ürünlerde uygulanan pişirme sıcaklıkları güvenilirlik kriterini karşılayamamaktadır. Bu kategorideki ürünlerde duyu kalite, raf ömründen daha önemli olarak düşünüldüğünden genellikle düşük pişirme sıcaklıkları uygulanmaktadır. Pişirme sıcaklıkları güvenilirlik kriterini karşılayamadığından sous vide ürünlerde değişmeyen tek bir raf ömrü gösterilememektedir. Yüksek kalitede bir ürün istendiğinde, raf ömrünü azaltmak gerekmektedir. Koruyucu önlemler (HACCP, GMP) ve farklı kontrol yöntemleri (sıcaklık, pH, asitler) birlikte kullanılarak gıdanın duyu kalitesine en az düzeyde etki edilmelidir (Martens ve Schellekens, 1996).

Sous vide gıdalar steril olmadığından kurtulan sporlu patojen bakterilerin gelişme riski bu ürünlerin soğuk zincirin kırıldığı dağıtım aşamasında da artmaktadır. Yalnızca soğuk depolama ile sous vide gıdaların güvenilirliği sağlanamadığından, mikroorganizma gelişimini engelleyici ilave yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Farklı tekniklerin kombinasyonu ile stabil ve mikrobiyolojik olarak güvenilir gıda ürünlerinin elde edilmesi engelleyici faktörler sayesinde sağlanabilmektedir. Engelleyici faktörler mikroorganizmaların normal şartlarının devamlılığına farklı açılardan etki ettiğinde sinerjistik etki oluşturarak başarı sağlayabilmektedir (Martens ve Schellekens, 1996).

2.4. KOMBİNE YÖNTEMLER

Gıdaların bozulması veya patojen mikroorganizmalarla kontaminasyonu, uygulanan çok çeşitli koruma yöntemlerine rağmen dünya çapında bir problemdir. Gıdaların başarılı ve kabul edilebilir bir şekilde korunmasını sağlayan geleneksel yöntemler pişirme,

soğutma, dondurma, kurutma, tuzlama, şeker ilavesi, asitle muamele, doğal fermentasyon, modifiye atmosfer paketleme ve dumanlama işlemlerini kapsamaktadır. Bu işlemlerin temelini sıcaklık (D ve z değerleri), asitlik (pH), redoks potansiyeli (Eh), koruyucular, su aktivitesi (aw) ve rekabetçi mikroflora gibi koruma etkenlerinin kullanılması oluşturmaktadır. Külfetsiz olan ve minimal hazırlama süresi gerektiren taze tadı olan, yüksek kaliteli, az tuzlu, koruyucu içermeyen, mikrodalgaya girebilen gıdalara olan tüketici talebi, Kuzey Amerika ve Avrupa marketlerinde minimal işlenmiş, tüketime hazır, raf ömrü uzun soğutulmuş gıdaların üretiminde artışa neden olmuştur. “Yeni jenerasyon soğutulmuş gıdalar” olarak bilinen bu tür gıda ürünlerinin güvenliğini sağlama konusu daha fazla araştırılmalıdır (Zeuthen ve Bogh-Sorensen, 2003).

Esas olan gıda muhafaza tekniği soğutmadır; ancak üretim, dağıtım ve depolama süresince yeterince düşük sıcaklık sağlamadaki zorluklardan dolayı bozulma yapan veya patojen mikroorganizmaların gelişimini kontrol etmede ilave engelleyici yöntemler gerekmektedir. Sıcaklık, oksijen ve diğer gazlar, su aktivitesi, pH, kimyasal koruyucular vb. çeşitli etkenleri kombine ederek gıda muhafazası konseptinde her bir faktör mikroorganizmanın üstesinden gelmesi gereken bir engeldir. Bu şekilde engelleyici çeşitli faktörlerin kombine edilmesi yani birlikte kullanılması, “kombine yöntemler” ayrıca “hurdle teknolojisi” veya “muhafaza kombinasyonları” olarak da isimlendirilmektedir (Fellows, 2000; Gorris, 1995).

İşlenmiş gıdaların güvenilirliği kombine edilen koruyucu faktörlere dayanmaktadır. Yukarıdaki faktörlerden iki veya daha fazlası kombine edilerek tek başlarına olan inhibe edici özellikleri arttırılmaktadır. Buna engelleyici etki adı verilmektedir. İnhibe edici faktörleri kombine etmek, gıdaların duyuşal ve besinsel kalitesini sağlamanın yanı sıra mikrobiyolojik güvenliği ve stabiliteyi garanti altına almada önemli bir artışla sonuçlanmaktadır (Zeuthen ve Bogh-Sorensen, 2003).

Engelleyici faktörler ayrıca gıdanın kalitesini ve ekonomik değerini arttırmak için de kullanılmaktadır. Uygulanacak engelleyici faktörlerin öngörülen mikroorganizma sayısını kontrol altına almak için yeterli düzeyde olması gerekmektedir. Yani başarı sağlanabilmesi için, engeller başlangıçtaki mikroorganizma sayısı ve gıdada görülmesi olası mikroorganizma türleri dikkate alınarak belirlenmelidir. İdeal şartlarda

üretildiğinde gıdayı tatminkâr şekilde muhafaza eden bazı engelleyici yöntemlerin, hammadde kalitesinin düşük olması veya hammaddenin iyi temizlenmemesi gibi durumlarda yeterince etkili olmadığı ve mikroorganizmaların popülasyonunu baskılayamadığı bilinmektedir (Fellows, 2000).

Aynı engelleyici faktörlerin farklı ürünlerde kullanılması ise her zaman başarı sağlamayabilir. Örneğin besin değeri düşük bir ürün için kullanılmış olan engelleyici faktörler, besin değeri yüksek farklı bir ürünü korumada yetersiz kalabilir ve farklı bir kombinasyona ihtiyaç duyulabilir ya da engellerin boyutları arttırılabilir. Farklı faktörler eş zamanlı, birlikte çalışan ve ardışık olarak uygulanabilirler (Fellows, 2000).

Engelleyici faktörlerin kombine olarak kullanıldığı gıdalara günlük yaşamdan örnek verilecek olursa dumanlanmış gıdalar ve reçellerden bahsedilebilmektedir. Bunlar da gıdanın mikrobiyolojik olarak korunmasını ve stabil kalmasını garanti edecek etkenlerin bir kombinasyonu söz konusudur, böylece gıda muhafaza edilmiş olur. Dumanlanmış gıdalarda örneğin, bu kombinasyon sıcaklık, düşük nem içeriği ve dumandan kaynaklanarak gıdanın yüzeyinde biriken antimikrobiyal maddeleri içermektedir. Ayrıca bazı dumanlanan gıdalar tuzun ete geçişini sağlamak için dumanlanmadan önce salamurada bekletilebilir veya tuzla ovulabilir, bu sayede bir tane daha koruma etkeni eklenmiş olur. Dumanlanmış ürünlerin raf ömrünü daha da uzatmak için ürünler soğutulabilir veya modifiye atmosferle paketlenir. Reçeller de ise kombine etkenler sıcaklık, yüksek katı içeriği (düşük su aktivitesi) ve yüksek asitliktir. Bu koruyucu faktörler de şiddetle ürünün duyu özelliklerini etkilerler ve farklı ürünler arasında tat, doku ve renk yönünden önemli farklılık arz etmesine katkı sağlarlar. (Fellows, 2000).

Son yıllarda bakteriolitik enzimler, laktik asit kültürleri ve bakteriyosinler, iyonize radyasyon, yüksek hidrostatik basınç ya da pulsed elektrik field (PEH) gibi koruma teknikleri ile ilgili çalışmalar artmış, ancak bunların kombine olarak kullanıldığında tek başına elde edilenden daha başarılı sonuçlara ulaşıldığı bildirilmiştir. Örneğin yüksek basıncın tek başına yarattığı olumlu etki antimikrobiyeller veya iyonize radyasyonla kombine edildiğinde önemli ölçüde artmıştır. Ayrıca kombine koruma teknikleri, tek uygulamalardaki istenmeyen organoleptik etkileri en aza indirirken mikroorganizmalar

üzerindeki sinerjistik etkileri nedeniyle kombine antimikrobiyel etkiyi maksimize eder (Zeuthen ve Bogh-Sorensen, 2003).

2.4.1. Işınlama Teknolojisinin Kombine Olarak Kullanılması

Su ürünlerinin hızlı bozulabilir yapısı ve patojen riski göz önünde bulundurulduğunda ışınlamanın diğer muhafaza teknikleriyle kombine edilerek kullanılması önemli bir araştırma alanı olabilir. Işınlama tuzlama, kurutma, MAP, vakum paketlenme, dumanlama, film kaplama, kimyasal koruyucu gibi diğer tekniklerle birlikte kullanılarak kombine teknikler oluşturulabilmektedir (Mol ve Ceylan, 2011). Akıllıca belirlenmiş engelleyici faktörlerin kombinasyonu potansiyel gıda güvenliği için çözüm olabilecektir (Rybka-Rodgers, 2001).

Badr (2012), yaptığı çalışmada soğuk dumanlanmış somonda 3 kGy dozda gamma ışını kullanılmasının ürünün kimyasal ve duyuşsal özellikleri üzerinde olumsuz etkilere meydan vermeksizin *L. monocytogenes* ve *V. parahaemolyticus*'u etkisiz hale getirdiğini ve ışınlama nedeni ile mikrobiyal gelişmenin durdurulması sonucu biyojen amin konsantrasyonunun azaldığını bildirmiştir.

Paari ve diğ. (2012), ışınlama teknolojisi ve antioksidanla paketlenme tekniğini kombine ederek yaptıkları çalışmada *Parupeneus indicus*'u 2,5 ve 5 kGy dozlarda ışınlanmış ve antioksidan olarak da butylated hydroxyanisole (BHA), curcumin ve ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA) kullanmışlardır. Antioksidanlar, ışınlanmış balıkta oksidatif stabiliteyi arttırarak sinerjistik etki göstermiş ve raf ömrünü arttırmıştır. Hindi göğsünden yapılmış hamburger köfteleri 1,5 kGy dozda ışınlanmış, 225°C'de pişirilmiş, adi ve vakum paketlenmiştir. Köftelerin, raf ömrünün adi paketlenen köftelerde daha uzun olduğunu ve düşük dozda ışınlamaya sayesinde sülfürlü bileşiklerin daha az oluştuğunu bildirmiştir (Yan ve diğ., 2006).

Sant'Ana ve Mancini-Filho (2000), 2 ve 3 kGy ışınlama uyguladıkları *Piaractus mesopotamicus* filetolarına tokoferol, BHT ve biberiye ekstraktı gibi çeşitli antioksidanlar ile muamele yapmışlar ve en yüksek çoklu doymamış yağ asitlerinin ve

en düşük TBARs değerinin tokoferol uygulanan ışınlanmış filetolardan elde edildiğini rapor etmişlerdir.

Vakum paketlenme ve ışınlamanın kombine edildiği gökkuşaağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) ile yapılan çalışmada ışınlanmamış balık filetolarının raf ömrü 28 günken, 0.75 ve 1.0 kGy dozlar ile ışınlandığında raf ömrü 3,5°C'de sırasıyla 70 ve 98 güne çıkmıştır. Düşük dozda ışınlama yapıldığından organoleptik özelliklerde kayıp olmamış ve biyojen aminler duyuşal özellikleri olumsuz etkileyecek kadar çok oluşmamıştır (Krizek ve diğ., 2012).

Biberiye ve tokoferol kombinasyonu 2.5 kGy dozda ışınlanmış domuz filetosunda kalite değişikliklerini önlemede etkili olmakla birlikte, filetoda bulunan *L. monocytogenes* ve *S. typhimurium* sayısını da büyük ölçüde azaltmıştır (Nam ve diğ., 2006).

2.4.2. Sous Vide Tekniğinin Kombine Olarak Kullanılması

Balık, sous vide gıdalar arasında popüler bir yere sahiptir; çünkü kendi özgü kalitesini korur, su ürünlerinin doğal ve taze görünümünü muhafaza eder ve raf ömrünü uzatır. Ancak sous vide depolanmış su ürünlerinde pastörizasyonda düşük sıcaklık uygulandığından kurtulan mikroorganizmaların kontrolü önemli bir gıda güvenliği konusudur (Garcia-Linares ve diğ., 2004).

Picouet ve diğ. (2011), yaptıkları çalışmada sous vide tekniği uygulanmış somon dilimlerini, hazır gıdanın dekontaminasyonunda iyi bilinen bir teknoloji olan yüksek basınç uygulamasına maruz bırakarak raf ömrünü arttırmanın mümkün olduğunu ortaya koymuşlardır.

Aran (2001), sous vide hazırlanmış dana gulaşta kalsiyum ve sodyum laktatın *Bacillus cereus* ve *Clostridium perfringens* sporlarının gelişimi üzerindeki etkisini incelemiştir. Sous vide ile antimikrobiyellerin kombine edildiği çalışmada belli sıcaklıklarda sporların azaldığı gözlenmiştir. Juneja (2006) ise marine edilmiş tavuk göğsü kullandığı sous vide tekniği ve sodyum laktatı kombine ederek yaptığı çalışmada *Clostridium perfringens* sporlarının baskılandığını bildirmiştir.

Sous vide olarak hazırlanan kore usulü biftek sirke ve/veya sake ile kombine edilmiş ve üründe mikrobiyolojik stabilitenin ve raf ömrünün arttığı gözlenmiştir (Jang ve diğ., 2006).

Kore usulü biftek ile yapılan bir diğer sous vide çalışmasında ise çeşitli baharatlar ve yoğun soya sosunda bulunan bifteğin raf ömrünün hem uzamış hem de duyusal, fiziksel ve mikrobiyolojik kalite kayıplarının geciktirilmesinde etkili olduğu görülmüştür (Jang ve Lee, 2005). Paik ve diğ.'nin (2006), sous vide ile nisini kombine ederek hazırladıkları biftekte ise, nisin hem mikrobiyel gelişimi baskılamış hem de parlaklık değerinin (L*) düşmesini önlemiştir.

Juneja ve Novak (2003), *Escherichia coli* O157:H7 inoküle edilmiş sous vide dana kıymasının pH'ını laktik veya asetik asitle 4.5 veya 5.5'e ayarladıklarında belli sıcaklık ve sürede bakterilerin yok edilebildiğini göstermişlerdir.

Cosansu ve diğ., (2011), %0.2 tuzlanmış palamutlara (*Sarda sarda*), hem sadece sous vide uygulamış hem de limon suyu ekleyerek sous vide uygulamışlardır. Sadece sous vide yapılanlara göre limon sulu örneklerin pH'ı daha düşük çıkmış, mezofil ve psikrofil bakteri sayısı daha az çıkmış ve duyusal olarak daha iyi bulunmuştur. Ayrıca sadece sous vide uygulananlar 35. günde bozulurken limon suyu ile kombine edilen örneklerin raf ömrünü iki hafta daha uzayarak 50 gün olmuştur.

Sous vide ile kombine edilmiş bir diğer çalışma Szerman ve diğ. (2007) tarafından yapılmış olup, bu çalışmada bifteğe peynir altı suyu ve sodyum klorür içeren salamura enjekte edilip sous vide pişirilmiştir. Enjeksiyonun toplam ağırlık kaybını ve biftek kaslarının kesilme kuvvetini önemli derecede azalttığı ortaya konmuştur.

2.4.3. Işınlama Teknolojisi ve Sous Vide Tekniğinin Kombine Olarak Kullanılması

Sous vide ürünler gibi minimal işlenmiş gıdalara düşük dozda ışınlama uygulanarak bu ürünlerin iyi kalitesini korurken patojen bakteri riski azaltılabilmektedir (Andrews ve diğ., 1994).

Farkas ve diğ. (2002), fasülye soslu kürlenmiş ve dumanlanmış domuz etini, *Bacillus cereus* ile inoküle etmiş sous vide paketledikten sonra duyusal olarak kabul edilir bir doz olan 5 kGy ile gamma ışınlanması yapmıştır. Bu orta doz ışınlama ile sous vide gıdaların mikrobiyolojik olarak güvenilirliğinin ciddi şekilde arttığı ortaya konmuştur. Bir diğer çalışmada kırmızı et içeren hazır yemekler *Bacillus* sporları ile inoküle edilip sous vide uygulanmış ve 2,5 kGy ile 5 kGy aralığındaki dozlar ile gamma ışınlanması yapılmıştır. Mikrobiyolojik analiz sonuçlarına göre sous-vide pişirme ve orta dozda gamma ışınlanması kombinasyonu ile çalışılan yemeklerin kalitesinin korunduğu ve mikrobiyolojik güvenliğinin büyük ölçüde artırılabilir olduğu ortaya konmuştur (Farkas ve diğ., 2003).

Diğer yandan ışınlamanın sous vide uygulanmış yiyecekleri tekrar ısıtırken koku ve lezzet üzerine çok hafif bir olumsuz etkisi olduğu kaydedilmiştir (Shamsuzzaman et al., 1992).

Listeria monocytogenes ile yoğun olarak inoküle edilmiş ve önceden doğranıp paketlenmiş sebzeler, ürünün duyusal kalitesini etkilemeyen 1 kGy dozda gamma ışınlama işleminden geçirilmiştir. Bu düşük dozdaki ışınlama ile hem mikrobiyel güvenilirlik gelişmiş hem de çeşitli sıcaklıklarda soğuk depolama yapılan ürünlerin stabil kalabilmesi sağlanmıştır. Işınlama uygulaması *L. monocytogenes* popülasyonunu önemli ölçüde azaltmış ve hayatta kalan hücrelerin gelişmesi için gerekli olan sıcaklığı arttırmıştır (Farkas ve diğ., 2003).

C. perfringens'in vejetatif hücreleri, tüketime hazır gıdaların üretimi sırasında ısı ile yok edilirken sporlar canlı kalabilmekte ve pişirme sırasında faaliyete geçebilmektedir. Eğer bu gıdalar düzgün soğutulmaz ve uygun şartlarda soğuk muhafaza yapılmaz ise, ısı ile aktive olan sporlar çimlenebilmektedir. Bu nedenledir ki sous-vide ürünlerin korunmasında soğutma tek başına gıda güvenliğini sağlamayabilir ve ek güvenlik bariyerleri gerekebilmektedir. Miguel-Garcia ve diğ. (2009), Meksika usulü domuz eti yemeğine *C. perfringens* inoküle etmişlerdir. Daha sonra ticari bir antimikrobiyel ilave ederek sous vide yapmışlar hazırlamışlar ve 0 veya 2 kGy'de ışınlama yapmışlardır. Bu yöntemlerin kombinasyonu ile elde edilen sinerjistik etki farklı engellerin mikroorganizmaya farklı şekillerde etki etmesi sayesinde başarılı olmaktadır.

Işınlama ısı işleme denk, hatta daha üstün bir koruma yöntemi olarak bilinmektedir. Poşette pişmiş gıdalarda ışınlama uygulaması, patojenlerde sıcaklık hassasiyetini artırdığından “poşette pişmiş ve ışınlanmış” gıdalarda ilave bir engelleyici faktör oluşturur (Rybka-Rodgers, 2001).

Işınlama mikrobiyolojik güvenlik sağladığından ve sous vide ürünlerin raf ömrünü artırdığından bu kombinasyonla elde edilebilecek sonuçlar cesaret vericidir. Mikrobiyolojik açıdan bakıldığında muhafazası için ışınlama ve sous vide gibi yeni kombinasyonların geliştirilmesi ve bu konuda uygun kriterlerin araştırılması gerekmektedir (IAEA, 2003).

Duyusal kaliteye etki bakımından özel tasarlanmış ambalaj malzemesi ve ışınlama uygulaması sınırlayıcı faktörlerdir. Ancak, bu teknolojinin benimsenmesi için en büyük engel ışınlamaya karşı tüketici direnci ve yasal kısıtlamalardır (Rybka-Rodgers, 2001). Mikrobiyolojik çalışmalar, orta doz gamma ışınlama ve sous-vide pişirme uygulamasının mikrobiyolojik güvenilirliğin artmasında ve gıda kalitesinin korunmasında gözle görülür bir etki sağladığını göstermektedir (Farkas ve diğ., 2003).

Sous vide gıdalarda gıda güvenliği soğuk depolamaya bağlı olup soğuk zincirin kırılması durumunda bir güvenlik payı kalmamaktadır. Sıcaklık değişimini gösteren görsel indikatörlerin bulunmaması, tehlikenin daha da büyümesine yol açmaktadır. Potansiyel gıda güvenliği riskleri sous vide gıdaların daha geniş çaplı kabulünde kısıtlayıcı etkenlerdir. Dahası üreticiler sıkça yeterli sıcaklığı uygulamakla peynir, yumurta, tavuk eti vb. ısıya duyarlı katkıların kalitelerini korumak arasında ikilemde kalmaktadır (Rybka-Rodgers, 2001). Bu nedenle sous vide gıdaların güvenliğini sağlamada duyusal kaliteyi etkilemeyecek dozda uygulanan ışınlama teknolojisinin kombine edilmesi gıda kalitesinin korunması ve uzun süre aynı kalitede kalmasını sağlayacaktır.

Bu çalışmanın amacı, diğer muhafaza teknikleriyle kombine edilerek uygulandığında başarılı olduğu bilinen ışınlama teknolojisinin hazır yemek sektöründe de hizmet eden bir muhafaza yöntemi olan sous vide ile birlikte kullanılmasıdır. Sous vide tekniği ile kombine edilen ışınlama uygulamaları ile balığın raf ömrünün uzatılması,

mikrobiyolojik güvenilirliğinin arttırılması ve kalitesinin korunmasının sağlanması hedeflenmiştir. Bu şekilde elde edilecek raf ömrü artışının bundan sonraki bilimsel çalışmalara ve endüstriyel uygulamalara yön verici nitelik taşıyacağı düşünülmektedir. Bu sayede, başarısı kullanılan doza bağlı olan ışınlama teknolojisinde daha düşük dozlarla raf ömrü artışının sağlanması; hazır yemek sektöründe önemli bir teknik olan sous vide uygulamasıyla daha da uzun bir raf ömrü temin edilebilir hale gelinmesini mümkün kılabilecektir.

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1. MALZEME

Bu tez çalışmasında materyal olarak İstanbul Büyükşehir Belediyesi Kumkapı Balık Hali'nden dondurulmuş halde temin edilmiş olan Norveç uskumrusu (*Scomber scombrus*, Linnaeus, 1758) kullanılmıştır (Şekil 3.1). Soğuk zincir kırılmadan 30 dakika içerisinde İstanbul Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı Proses Laboratuvarına getirilen örnekler soğuk depoda çözündürüldükten sonra (+2°C'de 24 saat) derhal duyuşal, fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik analizleri yapılmış ve ham materyalin kalitesi belirlenmiştir. Tüm balıklar fileto edilmiş, sous vide uygulaması yapılmış, kontrol gurubu ve iki ayrı dozda (2,5 kGy ve 5 kGy) ışınlama grubu oluşturulmuş ışınılandıktan sonra soğuk depoda (+2°C ± 1) muhafaza edilerek depolama süresince analize tabi tutulmuştur. Yapılan işlemlere ait detaylı bilgi aşağıda sunulmuştur. Bu çalışma, iki tekrarlı olarak yapılmıştır.



Şekil 3.1: Norveç uskumrusu (*Scomber scombrus*, Linnaeus, 1758).

3.1.1. Materyalin Hazırlanması

Ortalama boy ve ağırlıkları sırasıyla $31,9 \pm 0,07$ cm ve $394,2 \pm 3,39$ gram olan uskumru balıkları çözdürüldükten sonra (+2°C'de 24 saat) filetoları çıkartılmış ve her bir fileto ortadan yaklaşık olarak iki eşit parçaya kesilmiştir. Akan su altında yıkanan parçalar, kağıt havlu ile silinerek suları iyice uzaklaştırılmıştır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2: İkiye bölünen ve sonraki işleme basamaklarına hazır hale getirilen filetolar.

3.1.2. Sous Vide Tekniğinin Uygulanması

İkiye bölünmüş filetoların her biri ayrı ayrı sızdırmaz ısıya dayanıklı polietilen poşetlere koyulmuştur (Şekil 3.3). Poliamid bazlı, tek yüzeyi ısı yapışmalı, şeffaf polietilen poşetler, sous vide işlemi için vakum ve termoforma uygundur. Şekil 3.4'te polietilen poşetlerin teknik özellikleri verilmiştir. Vakumlama işlemi HenkoVac marka, E-173 model paketleme cihazında yapılmıştır (Şekil 3.5). Ardından paketlenen balık etleri ALP marka, CL-40 model otoklava yerleştirilmiş ve basınçsız olarak 70°C'de 10 dakika pastörize edilmiştir (Şekil 3.6).



Şekil 3.3: Tek tek vakum poşetlere koyulan fileto parçaları.

Pastörize edilen poşetler (bakınız Şekil 3.7) derhal 0-1°C'deki buzlu su havuzunda soğutulmuştur. Soğutma sırasında rastgele seçilen poşetlere thermocouple batırılarak iç sıcaklık kontrol edilmiştir. Paketlerin sıcaklığı 3°C'ye indiğinde buzlu su havuzundan çıkartılarak gruplandırılmıştır.

Sous vide işleminden sonra paketler kontrol, 2,5 kGy dozda ışınlanan ve 5 kGy dozda ışınlanan gruplar olmak üzere 3 kısma bölünmüştür. Kontrol grubu 2°C'de soğuk hava deposuna kaldırılırken, diğer iki grup ışınlama işlemine tabi tutulmuştur.

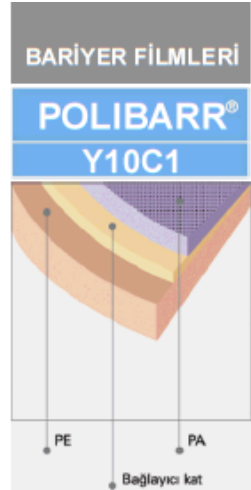
**Tanım :**

Poliamid içeren, tek yüzeyli ısıl yapışmalı, şeffaf bariyer filmi

Özellikleri ve Kullanım Alanları :

- * Tek tarafı koronalı
- * Mükemmel hot tack ve ısıl yapışma kuvveti
- * Taze peynir ve işlenmiş et gibi yüksek oksijen bariyeri gerektiren ürünler için ideal
- * Mükemmel parlaklık ve düşük pusluluk
- * Vakum paketeleme ve termoforma uygun

Üretilen Kalınlıklar (µm) : 70,90,120



Özellikler	Birim	Teknik Veriler	Test Metodu
Kalınlık	µm	90	ASTM D 2673
Verim	m ² /kg	11,9	ASTM D 2673
Pusluluk	%	=< 5	ASTM D 1003
Parlaklık	% F	95	ASTM D 2457
Boyutsal kararlılık	% MD	-1	ASTM D 1204
	% TD	-1	
Gerilme direnci (Kopmada)	kg/mm ² MD	3	ASTM D 882
	kg/mm ² TD	3	
Uzama	% MD	>= 400	ASTM D 882
	% TD	>= 400	
Sürtünme katsayısı	FF	<= 0,4	ASTM D 1894
	BB	<= 0,2	
Yüzey gerilimi	dyne/cm F	38	ASTM D 2578
Isıl yapışma sıcaklığı *	°C BB (110	POLINAS
OTR (23C, 0%RH)	cm ³ /m ² /24h	160	ASTM D 3985
WVTR (38C, 90%RH)	gr/m ² /24h	8,5	ASTM F 1249

F: Ön Yüz (PA Yüzü) - B: Arka Yüz (PE Yüzü) - *220 N, 1 sn, 500 gr/25mm

Bu film, en son EEC ve FDA gıda ile temas no mükerrerine uygundur. İstenirse ayrıntılı doküman sağlanabilir.

Bu Teknik Bülten'de belirtilen tüm bilgiler, şu anki bilgi ve tecrübeler doğrultusunda geçerlidir. Ürünlerimizin kullanımı esnasındaki ortam ve şartlar, kontrolümüz dışı da olduğu için belirtilen bilgi ve öneriler garanti kapsamında değildir. Ancak daha geniş ve güncel bilgiler firmamız yetkililerinden temin edilebilir. Lütfen ilgili tolerans değerler ve diğer kalınlıklar için SATIŞ VE PAZARLAMA MÜDÜRLÜĞÜ müze başvurunuz.



Revizyon : 0

Tarih : 01/04/2008

Merkez : Organize Sanayi Bölgesi, Manisa 45030 - Telefon : 236 2262200 (pb.x) Faks : 236 2332525 e-posta : info@polinas.com.tr

İstanbul Ofis : Mecidiyeköy İş Merkezi, Şehit Ahmet Sokak No 4 Kat 13 Mecidiyeköy/İstanbul - Tel : 212 2889535 - Faks : 212 2889536

WWW.POLINAS.COM

Şekil 3.4: Sous vide işleminde kullanılan poşetlerin teknik özellikleri.



Şekil 3.5: Vakum için kullanılan paketleme makinası ve vakumlanan balık etleri.



Şekil 3.6: Pastörizasyon işlemi.



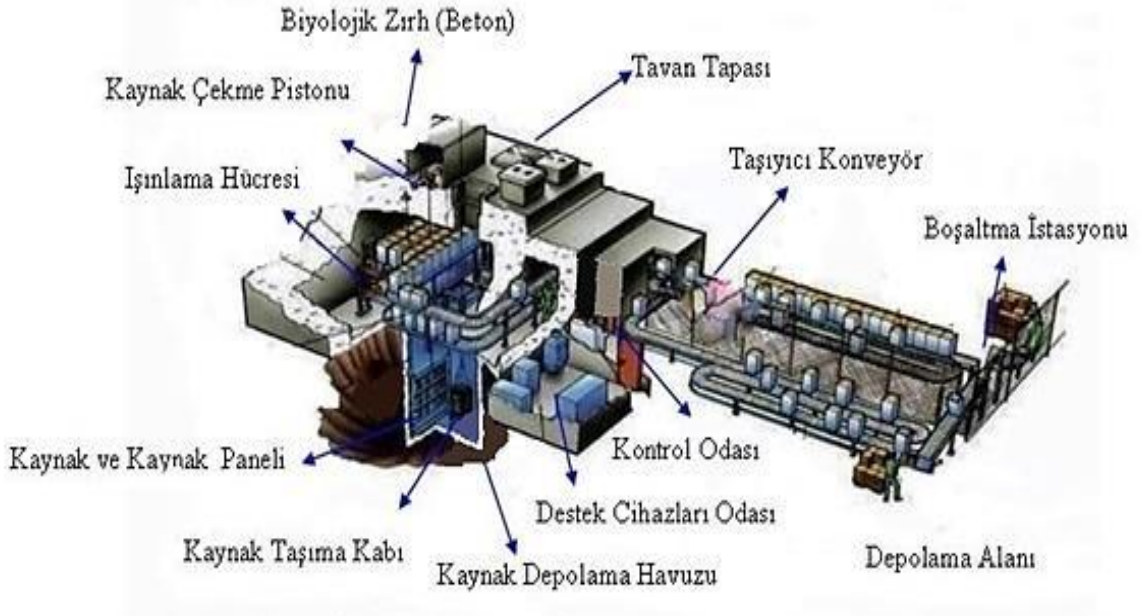
Şekil 3.7: Buzlu su havuzunda derhal soğutulan poşetler.

3.1.3. Işınlama Uygulaması

2,5 kGy ve 5 kGy dozlarda ışınlanacak iki grup ayrı strafor kutulara buz aküleri ile beraber yerleştirilmiştir. Tekirdağ, Çerkezköy'deki Gamma-Pak Sterilizasyon San. ve Tic. A.Ş'ye soğuk zincir kırılmadan götürülmüştür.

Işınlama doz bir gruba 2,5 kGy; bir diğer gruba ise 5 kGy olacak şekilde uygulatılmıştır. İyonize radyasyon için Co-60 radyoaktif kaynağından yayınlanan gamma ışınlarından faydalanılmıştır. Şekil 3.8'de ışınlama Co-60 ışınlama sistemi görülmektedir (<http://www.gammapak.com/gamma-isinlamasi.html>).

Işınlama işleminden önce strafor kutulara balıklara uygulanan dozun kontrolü için Harwell Amber Perspex Dozimetre (Harwell Dosimeters U.K, Batch R, Type3042, Range 1-30 kGy) yerleştirilmiştir (Şekil 3.9). Işınlanan ürün kutularının üzerine firma tarafından ışınlandığına dair etiketleme yapılmıştır (Şekil 3.10). Soğuk zincir bozulmadan geri getirilen ürünler, 2°C'de soğuk hava deposuna kaldırılarak muhafazaya alınmıştır.



Şekil 3.8: Kutu taşıyıcılı Co-60 ışınlama cihazı.



Şekil 3.9: Işınlama işleminde kullanılan dozimetre.



Şekil 3.10: 2,5 kGy ve 5 kGy yapılan ışınlama işlemi ardından strafor kutular üzerindeki etiketleme.

3.2. YÖNTEM

Sous vide uygulanmış kontrol grubu; sous vide uygulanarak 2,5 kGy dozda ışınlanmış grup ve sous vide uygulanarak 5 kGy dozda ışınlanmış grup olmak üzere üç grup ile çalışılmıştır. Haftada bir kez $+2 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 'deki depolanan ürünlere duyusal, mikrobiyolojik ve kimyasal analizler yapılmıştır. Ayrıca balıklar işlenmeden önce de kalitesinin belirlenmesi amacıyla mikrobiyolojik ve kimyasal analizleri yapılmıştır.

3.2.1. Analizler

3.2.1.1. Duyusal Analizler

Duyusal analizlerde konuya hakim 5 panelist değerlendirme yapmış olup bu değerlendirmede 0 – 10 skalası kullanılmıştır. Duyusal değerlendirmede koku, tat, renk ve doku olmak üzere dört kriter kullanılmıştır (Chytiri ve diğ., 2004; Paulus ve diğ., 1969). Tablo 3.1.'de panelde kullanılan duyusal değerlendirme tablosu verilmiştir. Skalaya göre 10 – 9 puana arası “mükemmel”; 8,9 – 7 puan arası “çok iyi”; 6,9 – 5 puan arası “kabul edilebilir”; 4,9 ve altı puan ise “tüketilemez” olarak değerlendirilmiştir.

Tablo 3.1: Duyusal değerlendirmede kullanılan panel tablosu.

İsim:	Deneme No:	Analiz Günü:	Tarih:
DUYUSAL	GRUP KODU:	GRUP KODU:	GRUP KODU:
Koku			
Tat			
Renk			
Doku			
Genel Değerlendirme			

10 – 9 puan: Mükemmel / 8,9 – 7 puan: Çok iyi / 6,9 – 5 puan: Kabul edilebilir / 4,9 ve altı: Kabul edilemez

3.2.1.2. pH Ölçümleri

pH ölçümü, pH metre (Inolab, pH level 1, Germany) ile yapılmıştır. pH analizi üç paralelli yapılmıştır. Homojenize edilmiş balık örneğinden 1 gram tartılmıştır. Üzerine 10 ml saf su ilave edilerek 1/10 (w/v) oranında sulandırılmıştır. pH probu bu çözeltinin içine daldırılmış ve sonuçlar kaydedilmiştir (Vyncke, 1981).

3.2.1.3. Renk Ölçümleri

Her üç gruptan alınan örneklerin renk ölçümü et üzerinden üç noktadan yapılmıştır. Renk ölçümlerinde Konica Minolta kromometre (Konica Minolta, Model CR 400/410, Japan) kullanılmış olup L*, a* ve b* değerleri tespit edilmiştir. L*, 0'dan 100'e kadar derecelendirme ile siyahtan beyaza renk dağılımını yani parlaklığı; a* pozitif değerdeyken kırmızı, negatif değerdeyken yeşili; b* ise pozitif değerde sarıyı, negatif değerdeyken de mavi renk aralığını ifade etmektedir (Gerdes ve Santos Valdez, 1991).

3.2.1.4. Toplam Uçucu Bazik Azot (TVB-N) Analizleri

Toplam Uçucu Bazik Azot (TVB-N) analizinde homojenize edilmiş 10,00 gram örnekler her gruptan üç paralel olacak şekilde balonlara tartılmıştır. Üzerine 250 mL saf su konulmuş ve magnezyum oksit ilavesinden sonra su buharı distilasyonu yapılmıştır. Ayrılan uçucu bazlar, 100 mL saf su, 10 mL 0,1N HCl ve taşıro indikatörü içeren distilasyon köprüsünün ucundaki küçük balonlarda toplanmıştır. Toplanan azotlu maddeler 0,1N NaOH ile titre edilmiştir. Formüle konularak elde edilen sonuçlar mg/100g balık eti olarak verilmiştir (Schormuller, 1968).

$$TVB - N (mg/100g) = \frac{(V_1 \times f_1 \times N_1 - V_2 \times f_2 \times N_2)}{m} \times 14 \times 100$$

V₁: Balona koyulan HCl miktarı

f₁: HCl'nin faktörü

N₁:HCl'nin normalitesi

V₂: Titrasyonda harcanan NaOH miktarı

f₂: NaOH'ın faktörü

N₂: NaOH'ın normalitesi

m: Örnek ağırlığı

3.2.1.5. Trimetilamin Azot (TMA-N) Analizleri

Trimetilamin (TMA-N) analizinde homojenize edilmiş örneklerden 10,00 gram tartılmıştır. Üzerine 90 mL %10'luk triklorasetikasit eklenmiş ve ultra toraksta (IKA, T 25 Basic, Almanya) homojenize edilmiştir. Kaba filtre kağıdından geçirilen çözeltiden süzüntü alınmıştır. Her grup için yapılan bu işlemde süzüntülerden 4'er mL alınmış, TMA tüpüne konulmuş üzerine sırasıyla 1 mL formaldehit, 10 mL toluol ve 3 mL %50'lik potasyumhidroksit ilave edilmiştir. Faz ayrımının tam olarak gerçekleşmesi için 80 saniye boyunca çalkalanan tüpler en az 15 dakika beklemeye alınmıştır. Süre sonunda deney tüplerine toluol fazına ayrılan TMA'dan 5 mL alınıp, üzerine 5 mL %0,02'lik pikrikasit ilave edilmiştir. Spektrofotometrede (PG Instruments UV/VIS Spektrometer, T80+, UK) 410 nm dalga boyunda köre karşı absorbanları ölçülmüştür.

Spektrofotometrede okunan örneklerin sonuçlarının değerlendirilebilmesi için önceden bilinen standartların regresyon eğrisine ihtiyaç duyulmaktadır. Standart hazırlamak için 170 mg trimetilamin standardı (TMA-HCL) 100 mL saf suda çözülerek ana standart hazırlanmıştır. Ana standart 250 µg/mL TMA içermektedir. Hazırlanan ana standarttan 1 mL alınıp 100 mL balon jode saf suyla tamamlanarak 1. Standart (st1) hazırlanmıştır. Ardından sırayla ana standarttan 2, 3 ve 4 mL alınarak 100 mL'e saf suyla tamamlanarak Standart 2, Standart 3 ve Standart 4 hazırlanmıştır. Standart 1= 2,49; Standart 2= 4,98; Standart 3= 7,47 ve Standart 4= 9,96 µg/mL TMA içermektedir. Hazırlanan bu standartlardan da 4'er ml reaktif tüplerine konularak üzerine örneklere koyulan miktarda aynı kimyasal maddeler ilave edilerek köre karşı okunmuştur. Kör için süzöntü yerine 4 mL saf su kullanılmış, diğer tüm basamaklar aynı tutularak hazırlanmıştır.

Spektrofotometrede okunan absorbans değerleri standartların regresyon eğrisi denklemi üzerinden hesaplanarak TMA-N mg/100g olarak ifade edilmiştir (Schormuller, 1968).

3.2.1.6. Tiyobarbitürik Asit Reaktif Maddeleri (TBARs) Analizleri

Tiyobarbitürik asit (TBA) analizleri için her gruptaki örnekten üç paralelli 5,00 gram balonlara tartılarak üzerine etanolde hazırlanan %0,1'lik butylated hydroxytoluene çözeltisi koyulmuştur. 50 mL saf su ilave edildikten sonra ultra toraks (IKA, T-25, Almanya) ile orta devirde karıştırılıp parçalanmıştır. Elde edilen karışımın üzerine 4N HCl çözeltisi ve 97,5 mL saf su ilave edilerek balonlar ısıtıcıda kaynatılmıştır. Kaynama süresince toplanan destilattan 5 mL alınmış ve üzerine 5 mL TBA reaktifi eklenerek ağzı sıkıca kapatılmıştır. Reaksiyonun oluşması için tüpler 30 dakika 70-80°C'de su banyosunda tutulmuştur. Aynı işlem kör ve standartlara da uygulanmıştır.

Standartların hazırlanması için öncelikle 50 µL TEP (Tetraethoxypropane) maddesi 50 mL 0,1 N HCl ile balon jode tamamlanıp 100°C'de 10 dakika süre ile ısıtılmıştır. Bu işlem sonunda elde edilen hidroliz asetalin 2,4 mL'si 100 mL saf su ile balon jode tamamlanmıştır. Elde edilen bu stok standarttan 0,1mM MDA (malondialdehyde) vardır. Buradan 1 mL alınıp 50 mL saf su ile tamamlanmıştır. Bu şekilde standart 1 hazırlanmıştır. Ardından ana standarttan sırayla 3, 5 ve 7 mL alınarak 50 mL'ye tamamlanmıştır. Böylece standart 2, standart 3 ve standart 4 hazırlanmıştır. St 1: 0,002; St 2: 0,006; St 3: 0,01 ve St 4: 0,014mM MDA içermektedir.

Su banyosundan çıkan tüpler iyice soğuduktan sonra 532 nm dalga boyunda spektrofotometrede (PG Instruments UV/VIS Spektrometer, T80+, UK) okunması yapılmıştır. Okunan örnek sonuçları standartların regresyon eğrisi denklemi üzerinden hesaplanarak TBARs (tiyobarbütirik asit - reaktif maddeleri) mgMDA/ kg balık eti olarak bulunmuştur (Varlık ve diğ. 2007).

$$TBA \text{ değeri} = \frac{\text{Standart eğriden okunan MDA değeri} \times \text{dilüsyon faktörü}}{\text{Örnek ağırlığı}}$$

3.2.1.7. Mikrobiyolojik Analizler

Mikrobiyolojik analizlerde toplam mezofilik aerobik bakteri; toplam psikrofilik bakteri ve toplam anaerobik bakteri sayımı yapılmıştır. Mikrobiyolojik analizler steril kabin içerisinde ve steril malzemeler ile gerçekleştirilmiştir. Malzemelerin steril edilmesinde otoklav (Alp, CL-40L, Japan) kullanılmıştır.

Her gruptan 10'ar gram örnek aseptik koşullarda bek alevi yanında steril torbalara tartılmış. Üzerlerine 90 mL %0,1'lik steril peptonlu su (Acumedia, Kat. No: 7181A) ilave edilerek stomacher (Stomacher, IU Instruments, Spain) cihazında homojenize edilmiştir. Daha sonra uygun seyreltmeler 9 mL %0,1'lik peptonlu su içeren tüplerden seri dilüsyonlar hazırlanarak yapılmıştır. Hazırlanan dilüsyonların karıştırılmasında vorteks (Elektro-mag, M16, Türkiye) kullanılmıştır. İnkübasyon işlemleri için Nüve, (FN 500, Türkiye) ve WiseVen (Won 105, Kore) marka inkübatörler ile Heal Force (HF90, Shanghai) marka karbondioksitli inkübatörden faydalanılmıştır. İnkübasyon sonrası sayılan petrilere elde edilen sonuçlar gramda koloni oluşturan birim (kob/g) olarak hesaplanmıştır (Baumgart, 1986).

Toplam mezofilik aerobik bakteri sayımı için FDA'nın (1984) yöntemi kullanılmıştır. Plate count agar (Merck, Kat. No: 1.05463.0500) besiyerine dökme plak yöntemi ile ekim yapılmıştır. 35°C'de 24 - 48 saat inkübasyonu yapılmıştır.

Toplam psikrofilik bakteri sayımı da FDA'nın (1984) yöntemine göre yapılmıştır. Besiyeri olarak Plate count agar (Merck, Kat. No: 1.05463.0500) kullanılmış ve dökme plak yöntemi ile ekim yapılmıştır. Ekilen petrilere 7°C'de 10 gün inkübe edilmiştir.

Toplam Anaerobik Bakteri Sayımı için ise He ve diğ.'nin (2002) yöntemi kullanılmış olup ekim Anaerobik agara (Merck, Kat. No: 1.05452.0500) dökme plak yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Petriler 35°C'de 48 saat oksijensiz ortamda inkübe edilmiştir.

3.2.1.8. İstatistiksel Hesaplamalar

İki tekrar olarak yürütülmüş çalışmanın istatistiksel analizlerinde, SPSS 16.0 (SPSS, Chicago, IL, USA) kullanılarak ANOVA testi yapılmıştır. Önem düzeyi 0.05 olarak seçilmiştir (Sümbüloğlu ve Sümbüloğlu, 1990).

4. BULGULAR

Bu tez çalışmasında sous vide tekniği (70°C 10 dakika) uygulanarak 2,5 kGy ve 5 kGy dozlarda ışınlamanın uskumru filetolarının kalitesi ve raf ömrü üzerine etkisi araştırılmış olup soğuk depolama (2°C ± 1) süresince duyusal, fiziksel (pH, renk), kimyasal (TVB-N, TMA-N ve TBARs) ve mikrobiyolojik (toplam mezofilik aerobik bakteri, toplam aerobik psikrofilik bakteri ve toplam anaerobik bakteri) analizleri yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda elde edilen tüm bulgular başlıklar altında verilmiştir.

4.1. DUYUSAL ANALİZ BULGULARI

Duyusal analizlerde koku, tat, renk ve doku olmak üzere dört kriter göz önüne alınmıştır.

Koku parametresinin değerlendirilmesinde soğuk depolamanın (2°C ± 1) 7. haftasına kadar her üç grubun değerlerinde istatistiki olarak fark önemli ($p>0,05$) bulunmamıştır. 7. haftada kontrol grubu ve 2,5 kGy dozda ışınlanan grup 5 puanın altına düşmüş; 5 kGy dozda ışınlanan grup ise diğer gruplardan daha yüksek duyusal puan alarak 8. haftada düşmüştür (Tablo 4.1).

Duyusal olarak tat puanlarında depolama süresince gruplar arasındaki farkın istatistiki olarak önemsiz ($p>0,05$) olduğu tespit edilmiştir. Ancak kontrol grubu ve 2,5 kGy dozda ışınlanan grup 7. haftada 5 puanın altına düşerken 5 kGy dozda ışınlanan grup 8. haftada düşmüştür (Tablo 4.2).

Renk bulgularının istatistiki açıdan 7. haftaya kadar önemsiz ($p>0,05$) olduğu bulunmuştur. Kontrol grubu ve 2,5 kGy dozda ışınlanan grup 5 puanın altına 7. haftada; 5 kGy dozda ışınlanan grup ise 8. haftada inmiştir (Tablo 4.3).

Tablo 4.1: Kontrol, 2,5 kGy ve 5 kGy dozda ışınlanan grupların soğuk depolama ($2^{\circ}\text{C} \pm 1$) süresince koku bulguları.

KOKU	GRUPLAR		
Hafta	Kontrol	2,5 kGy	5 kGy
0	9,40 ± 0,55 ^a	9,20 ± 0,27 ^a	9,50 ± 0,50 ^a
1	8,80 ± 0,27 ^a	8,40 ± 0,82 ^a	8,50 ± 0,50 ^a
2	7,80 ± 0,45 ^a	7,80 ± 0,45 ^a	7,80 ± 0,45 ^a
3	7,20 ± 0,27 ^a	7,30 ± 0,98 ^a	7,60 ± 0,55 ^a
4	6,96 ± 0,05 ^a	6,98 ± 0,36 ^a	7,08 ± 0,43 ^a
5	6,60 ± 0,55 ^a	6,00 ± 0,61 ^a	6,30 ± 0,84 ^a
6	5,44 ± 0,52 ^a	5,44 ± 0,63 ^a	5,62 ± 0,52 ^a
7	3,38 ± 1,76 ^a	4,70 ± 1,09 ^{ab}	5,30 ± 0,48 ^b
8	2,40 ± 0,89 ^a	3,40 ± 0,89 ^a	3,20 ± 0,84 ^a
9	2,67 ± 0,58 ^a	2,83 ± 0,76 ^a	3,50 ± 0,50 ^a

Aynı satırda bulunan değişik harfler farkın istatistiksel açıdan önemli olduğunu ($p < 0,05$) göstermektedir.

Tablo 4.2: Kontrol, 2,5 kGy ve 5 kGy dozda ışınlanan grupların soğuk depolama ($2^{\circ}\text{C} \pm 1$) süresince tat bulguları.

TAT	GRUPLAR		
Hafta	Kontrol	2,5 kGy	5 kGy
0	9,20 ± 0,76 ^a	9,36 ± 0,42 ^a	9,30 ± 0,57 ^a
1	8,18 ± 0,25 ^a	8,20 ± 0,57 ^a	8,20 ± 0,57 ^a
2	7,80 ± 0,57 ^a	7,36 ± 0,69 ^a	7,60 ± 0,65 ^a
3	7,08 ± 0,43 ^a	6,90 ± 1,08 ^a	7,28 ± 0,58 ^a
4	6,68 ± 0,43 ^a	6,70 ± 0,45 ^a	6,84 ± 0,65 ^a
5	6,20 ± 0,45 ^a	5,80 ± 1,04 ^a	6,30 ± 0,76 ^a
6	5,96 ± 0,83 ^a	5,22 ± 0,76 ^a	5,50 ± 0,50 ^a
7	3,68 ± 1,18 ^a	3,80 ± 1,25 ^a	5,00 ± 0,30 ^a
8	1,90 ± 1,14 ^a	1,70 ± 1,79 ^a	2,60 ± 1,67 ^a
9	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a

Aynı satırda bulunan değişik harfler farkın istatistiksel açıdan önemli olduğunu ($p < 0,05$) göstermektedir.

Soğuk depolama ($2^{\circ}\text{C} \pm 1$) süresince tüm grupların doku değerleri arasında fark istatistiki olarak genellikle önemsiz ($p>0,05$) bulunmuş ve puanlarının 7. haftadan itibaren 5 puanın altına düştüğü gözlenmiştir (Tablo 4.4).

Tablo 4.3: Kontrol, 2,5 kGy ve 5 kGy dozda ışınlanan grupların soğuk depolama ($2^{\circ}\text{C} \pm 1$) süresince renk bulguları.

RENK	GRUPLAR		
Hafta	Kontrol	2,5 kGy	5 kGy
0	9,20 \pm 0,57 ^a	9,00 \pm 0,35 ^a	9,20 \pm 0,27 ^a
1	8,60 \pm 0,42 ^a	8,20 \pm 0,76 ^a	8,60 \pm 0,42 ^a
2	8,10 \pm 0,55 ^a	7,80 \pm 0,45 ^a	7,60 \pm 0,55 ^a
3	7,50 \pm 0,93 ^a	7,10 \pm 1,14 ^a	7,28 \pm 0,68 ^a
4	6,88 \pm 0,22 ^a	6,76 \pm 0,83 ^a	6,80 \pm 0,27 ^a
5	6,10 \pm 0,55 ^a	6,10 \pm 0,65 ^a	6,20 \pm 0,76 ^a
6	5,50 \pm 0,61 ^a	5,10 \pm 0,22 ^a	5,68 \pm 0,80 ^a
7	3,50 \pm 1,41 ^a	4,50 \pm 0,92 ^{ab}	5,12 \pm 0,36 ^b
8	3,10 \pm 0,74 ^{ab}	2,60 \pm 0,89 ^a	3,70 \pm 0,67 ^b
9	2,83 \pm 0,76 ^a	3,00 \pm 1,00 ^a	2,57 \pm 0,98 ^a

Aynı satırda bulunan değişik harfler farkın istatistiksel açıdan önemli olduğunu ($p<0,05$) göstermektedir.

Tablo 4.4: Kontrol, 2,5 kGy ve 5 kGy dozda ışınlanan grupların soğuk depolama ($2^{\circ}\text{C} \pm 1$) süresince doku bulguları.

DOKU	GRUPLAR		
Hafta	Kontrol	2,5 kGy	5 kGy
0	9,00 \pm 0,35 ^a	8,80 \pm 0,57 ^a	9,10 \pm 0,42 ^a
1	8,40 \pm 0,82 ^a	7,74 \pm 1,24 ^a	8,24 \pm 0,45 ^a
2	7,90 \pm 0,22 ^a	7,60 \pm 0,82 ^a	7,60 \pm 0,55 ^a
3	7,60 \pm 0,89 ^a	6,90 \pm 1,14 ^a	7,50 \pm 1,00 ^a
4	7,14 \pm 0,30 ^a	6,52 \pm 0,36 ^b	7,28 \pm 0,46 ^a
5	6,26 \pm 0,49 ^a	5,68 \pm 0,78 ^a	6,00 \pm 0,61 ^a
6	5,44 \pm 0,69 ^a	5,26 \pm 0,78 ^a	5,42 \pm 0,82 ^a
7	3,60 \pm 1,48 ^a	4,80 \pm 0,74 ^a	4,88 \pm 0,41 ^a
8	2,80 \pm 0,84 ^a	2,90 \pm 1,43 ^a	3,70 \pm 0,45 ^a
9	2,83 \pm 0,76 ^a	3,00 \pm 0,00 ^a	2,33 \pm 0,58 ^a

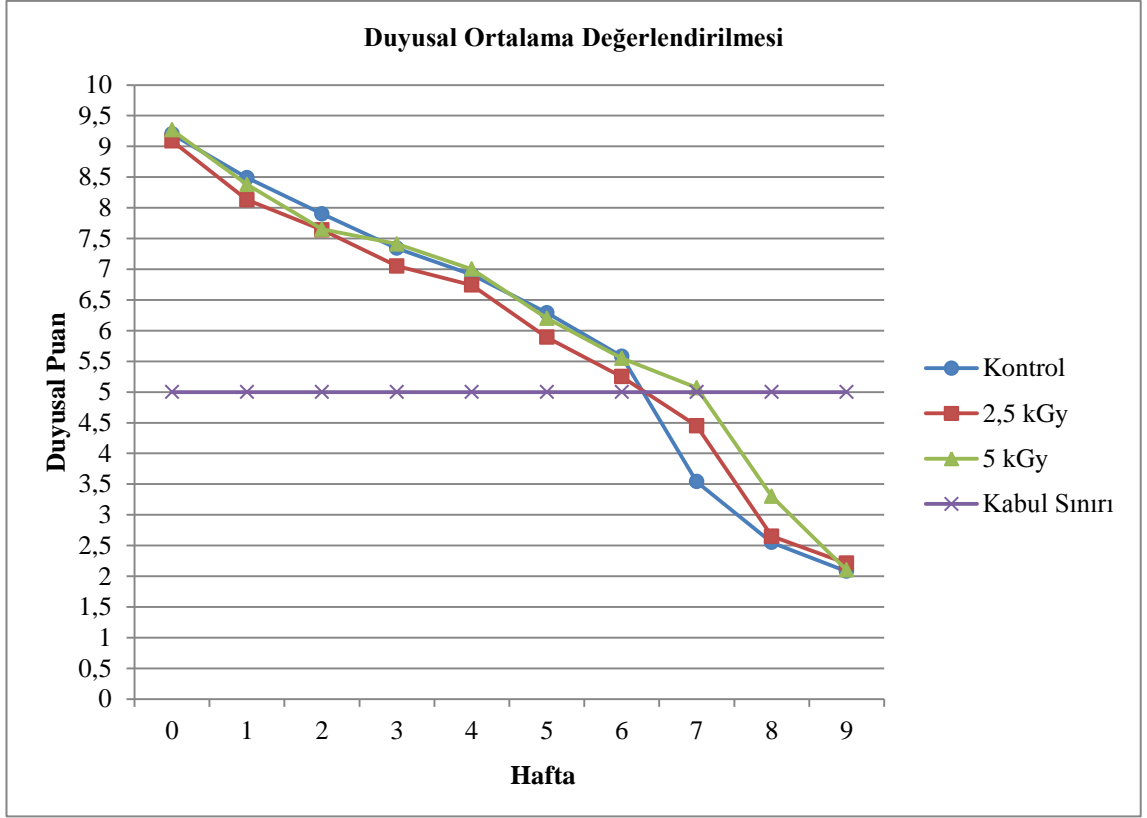
Aynı satırda bulunan değişik harfler farkın istatistiksel açıdan önemli olduğunu ($p<0,05$) göstermektedir.

Koku, tat, renk ve doku özelliklerine verilmiş olan puanların ortalaması ile de bir “ortalama duyuşal değerlendirme” tablosu (Tablo 4.5) ve grafiği (Şekil 4.1) oluşturulmuştur. Ortalama duyuşal değerlendirmeye göre ilk gün kontrol grubunun, 2,5 kGy dozda ışınlanan grubun ve 5 kGy dozda ışınlanan grubun duyuşal puanları sırası ile $9,20 \pm 0,16$; $9,09 \pm 0,24$ ve $9,27 \pm 0,17$ olarak belirlenmiştir. Duyuşal ortalama, 7. haftada kontrol grubunda $3,54 \pm 0,13$; 2,5 kGy dozda ışınlanan grupta $4,45 \pm 0,45$ ve 5 kGy dozda ışınlanan grupta da $5,07 \pm 0,18$ olarak tespit edilmiş olup istatistiki açıdan fark önemli ($p < 0,05$) bulunmuştur. 5 kGy dozda ışınlanan grubun 8. haftada $3,3 \pm 0,52$ puana düştüğü görülmüştür.

Tablo 4.5: Kontrol, 2,5 kGy ve 5 kGy dozda ışınlanan grupların soğuk depolama ($2^{\circ}\text{C} \pm 1$) süresince bulunan ortalama duyuşal değerlendirme bulguları.

DUYUSAL ORTALAMA	GRUPLAR			
	Hafta	Kontrol	2,5 kGy	5 kGy
0		$9,20 \pm 0,16^a$	$9,09 \pm 0,24^a$	$9,27 \pm 0,17^a$
1		$8,49 \pm 0,27^a$	$8,13 \pm 0,28^a$	$8,38 \pm 0,19^a$
2		$7,90 \pm 0,14^a$	$7,64 \pm 0,21^b$	$7,65 \pm 0,10^{ab}$
3		$7,34 \pm 0,24^{ab}$	$7,05 \pm 0,19^a$	$7,41 \pm 0,16^b$
4		$6,91 \pm 0,19^a$	$6,74 \pm 0,19^a$	$7,00 \pm 0,22^a$
5		$6,29 \pm 0,22^a$	$5,89 \pm 0,19^b$	$6,20 \pm 0,14^a$
6		$5,58 \pm 0,25^a$	$5,25 \pm 0,14^b$	$5,55 \pm 0,12^a$
7		$3,54 \pm 0,13^a$	$4,45 \pm 0,45^b$	$5,07 \pm 0,18^c$
8		$2,55 \pm 0,52^a$	$2,65 \pm 0,71^a$	$3,3 \pm 0,52^a$
9		$2,08 \pm 1,39^a$	$2,21 \pm 1,47^a$	$2,10 \pm 1,49^a$

Aynı satırda bulunan değişik harfler farkın istatistiksel açıdan önemli olduğunu ($p < 0,05$) göstermektedir.



Şekil 4.1: Kontrol, 2,5 kGy ve 5 kGy dozda ışınlanan grupların soğuk depolama ($2^{\circ}\text{C} \pm 1$) süresince bulunan ortalama duyuşal değerleri.

4.2. FİZİKSEL ANALİZ BULGULARI

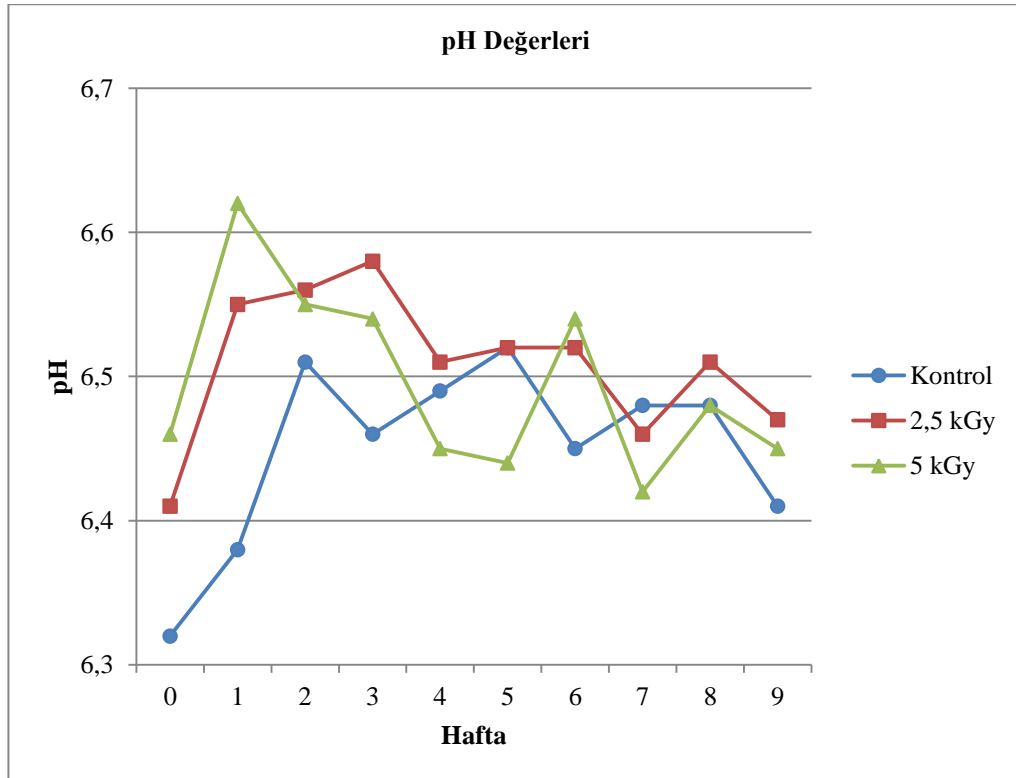
4.2.1. pH Analizi Bulguları

Çalışmamızda çiğ uskumrunun pH'ı 6,24 olarak tespit edilmiştir. Sadece sous vide uygulanan kontrol grubunda $6,32 \pm 0,04$; 2,5 kGy dozda ışınlanan grupta $6,41 \pm 0,01$ ve 5 kGy dozda ışınlanan grupta $6,46 \pm 0,08$ ölçülmüştür. Depolamanın ilk günlerinde ışınlanan grupların pH değerlerinin kontrol grubundan daha yüksek ($p < 0,05$) olduğu gözlenmiş olup pH değerleri tüm gruplarda depolama süresince 6,6'nın altında kalmıştır (Tablo 4.6, Şekil 4.2).

Tablo 4.6: Soğuk depolama ($2^{\circ}\text{C} \pm 1$) boyunca pH değerlerinde meydana gelen değişimler.

pH	GRUPLAR			
	Hafta	Kontrol	2,5 kGy	5 kGy
0		$6,32 \pm 0,04^a$	$6,41 \pm 0,01^{ab}$	$6,46 \pm 0,08^b$
1		$6,38 \pm 0,01^a$	$6,55 \pm 0,01^b$	$6,62 \pm 0,03^c$
2		$6,51 \pm 0,01^a$	$6,56 \pm 0,02^b$	$6,55 \pm 0,01^b$
3		$6,46 \pm 0,03^a$	$6,58 \pm 0,01^b$	$6,54 \pm 0,01^c$
4		$6,49 \pm 0,01^a$	$6,51 \pm 0,01^a$	$6,45 \pm 0,01^b$
5		$6,52 \pm 0,02^a$	$6,52 \pm 0,08^a$	$6,44 \pm 0,10^a$
6		$6,45 \pm 0,05^a$	$6,52 \pm 0,14^a$	$6,54 \pm 0,07^a$
7		$6,48 \pm 0,02^a$	$6,46 \pm 0,00^{ab}$	$6,42 \pm 0,04^b$
8		$6,48 \pm 0,01^a$	$6,51 \pm 0,11^a$	$6,48 \pm 0,12^a$
9		$6,41 \pm 0,02^a$	$6,47 \pm 0,08^a$	$6,45 \pm 0,07^a$

Aynı satırda bulunan değişik harfler farkın istatistiksel açıdan önemli olduğunu ($p < 0,05$) göstermektedir.

**Şekil 4.2:** Soğuk depolama ($2^{\circ}\text{C} \pm 1$) boyunca pH değerlerinde meydana gelen değişimler.

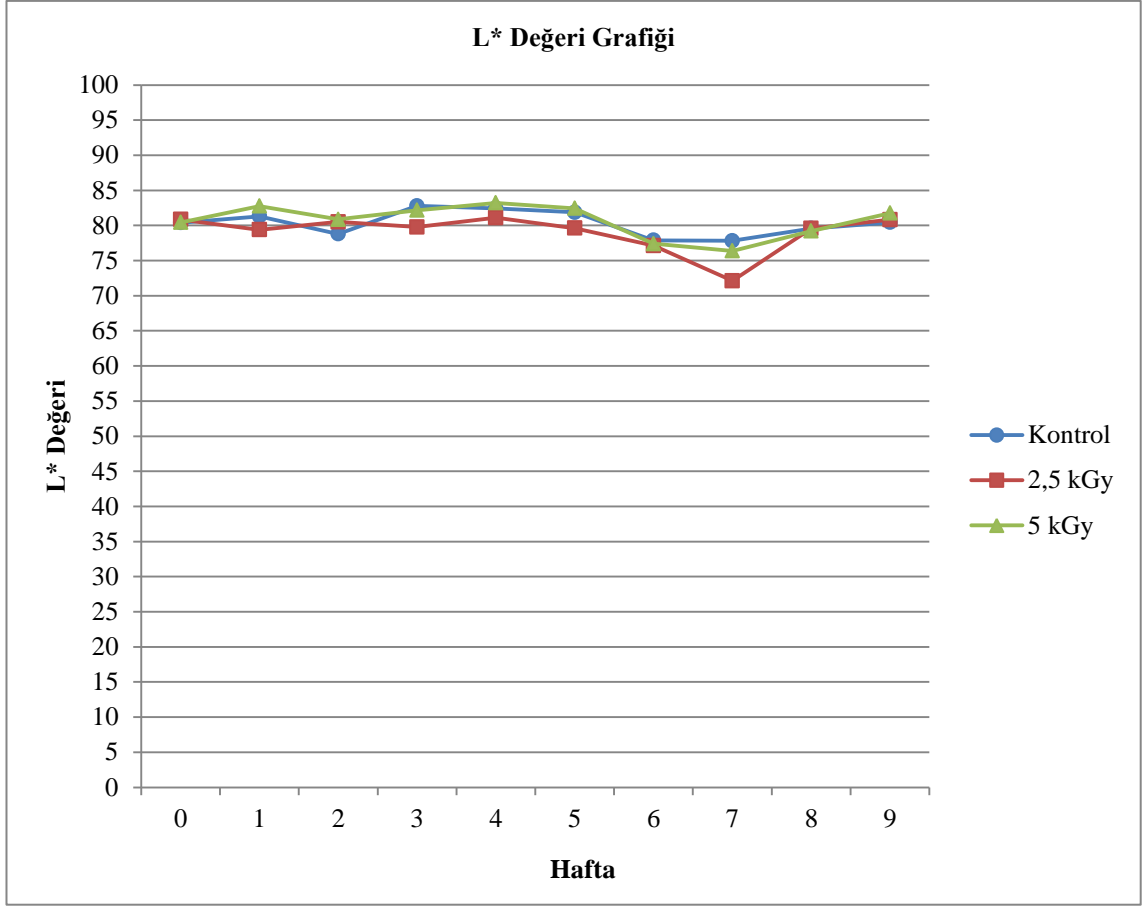
4.2.2. Renk Analizi Bulguları

Renk ölçümleri sonucunda çiğ uskumrunun L* değeri, 60,78; a* değeri, 1,19 ve b* değerinin 6,86 olduğu görülmüştür. Kontrol, 2,5 kGy ve 5 kGy dozda ışınlanan grupların L* değerlerine bakıldığında depolama süresince aralarında çoğunlukla istatistiki açıdan fark bulunmadığı ($p>0,05$) görülmektedir (Tablo 4.7, Şekil 4.3). a* değeri değerlendirildiğinde de depolama süresince bazı günlerde istatistiksel olarak farklılıklar ($p<0,05$) görülse de genel olarak diğerlerine göre öne çıkan veya renk bozulması gösteren bir grup olmadığı anlaşılmıştır (Tablo 4.8, Şekil 4.4). b* değerinde ise ilk gün istatistiki açıdan 2,5 kGy ile 5 kGy dozda ışınlanan gruplar arasındaki fark önemsiz ($p>0,05$) bulunmuş; ancak kontrol grubunun her iki gruptan da farkının önemli ($p<0,05$) olduğu tespit edilmiştir. Sonraki haftalarda ise b* değeri için gruplar arasındaki istatistiki farkın genellikle önemsiz ($p>0,05$) olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.9, Şekil 4.5).

Tablo 4.7: Soğuk depolama ($2^{\circ}\text{C} \pm 1$) boyunca L* değerlerinde görülen değişimler.

L* Değeri	GRUPLAR			
	Hafta	Kontrol	2,5 kGy	5 kGy
0		80,40 ± 5,16 ^a	80,85 ± 1,63 ^a	80,44 ± 1,25 ^a
1		81,30 ± 7,33 ^a	79,39 ± 3,03 ^a	82,75 ± 3,13 ^a
2		78,80 ± 1,38 ^a	80,50 ± 2,46 ^a	80,87 ± 7,45 ^a
3		82,78 ± 5,45 ^a	79,77 ± 1,74 ^a	82,16 ± 5,41 ^a
4		82,44 ± 4,31 ^a	81,09 ± 1,25 ^a	83,22 ± 4,21 ^a
5		81,87 ± 3,21 ^a	79,62 ± 2,55 ^a	82,43 ± 7,18 ^a
6		77,88 ± 3,30 ^a	77,12 ± 1,01 ^a	77,41 ± 4,66 ^a
7		77,82 ± 0,24 ^a	72,12 ± 2,26 ^b	76,39 ± 3,84 ^{ab}
8		79,58 ± 6,97 ^a	79,58 ± 0,24 ^a	79,20 ± 2,96 ^a
9		80,44 ± 2,94 ^a	80,82 ± 2,39 ^a	81,75 ± 6,45 ^a

Aynı satırda bulunan değişik harfler farkın istatistiksel açıdan önemli olduğunu ($p<0,05$) göstermektedir.

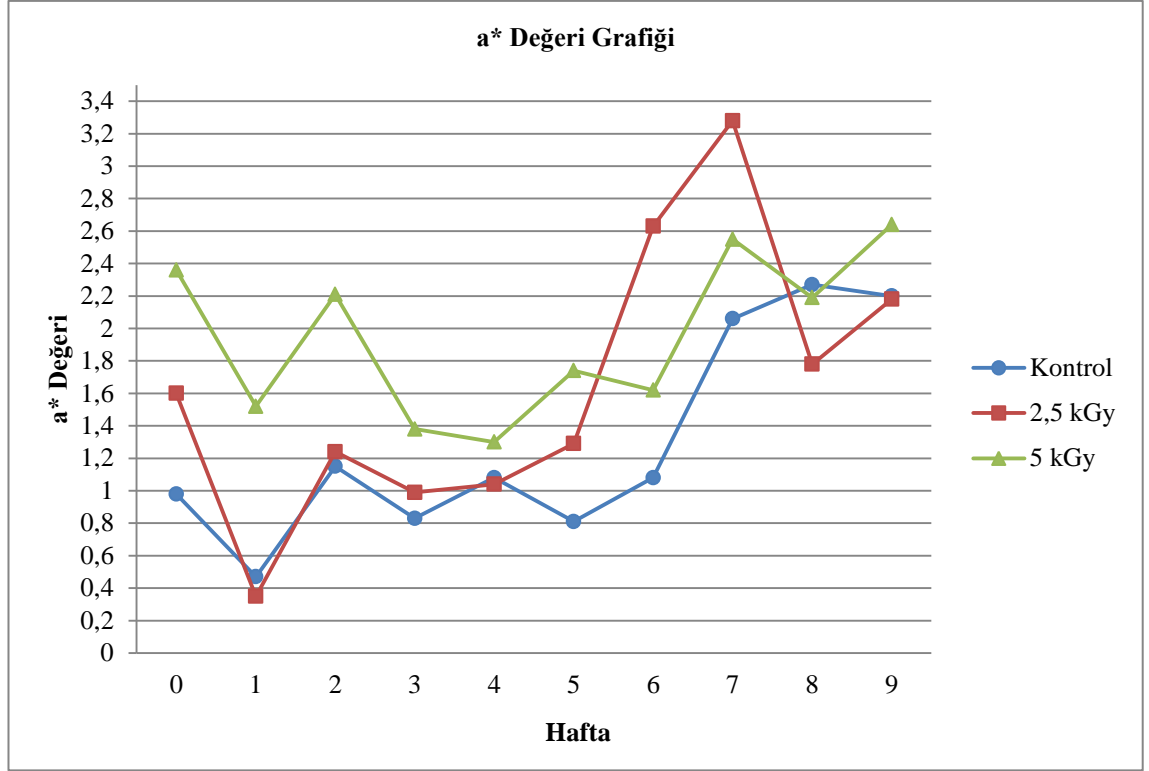


Şekil 4.3: Soğuk depolama ($2^{\circ}\text{C} \pm 1$) boyunca L* değerlerinde meydana gelen değişimler.

Tablo 4.8: Soğuk depolama ($2^{\circ}\text{C} \pm 1$) boyunca a* değerlerinde görülen değişimler.

a* Değeri	GRUPLAR		
Hafta	Kontrol	2,5 kGy	5 kGy
0	$0,98 \pm 0,51^a$	$1,60 \pm 0,43^{ab}$	$2,36 \pm 0,83^b$
1	$0,47 \pm 1,05^a$	$0,35 \pm 0,15^a$	$1,52 \pm 0,37^a$
2	$1,15 \pm 0,73^a$	$1,24 \pm 0,52^a$	$2,21 \pm 0,25^a$
3	$0,83 \pm 0,56^a$	$0,99 \pm 0,34^a$	$1,38 \pm 0,24^a$
4	$1,08 \pm 0,27^a$	$1,04 \pm 0,16^a$	$1,30 \pm 0,34^a$
5	$0,81 \pm 0,31^a$	$1,29 \pm 0,37^{ab}$	$1,74 \pm 0,36^b$
6	$1,08 \pm 0,75^a$	$2,63 \pm 0,38^b$	$1,62 \pm 0,32^{ab}$
7	$2,06 \pm 0,86^a$	$3,28 \pm 0,52^a$	$2,55 \pm 0,59^a$
8	$2,27 \pm 0,69^a$	$1,78 \pm 0,33^a$	$2,19 \pm 0,09^a$
9	$2,20 \pm 0,06^a$	$2,18 \pm 0,15^a$	$2,64 \pm 1,78^a$

Aynı satırda bulunan değişik harfler farkın istatistiksel açıdan önemli olduğunu ($p < 0,05$) göstermektedir.

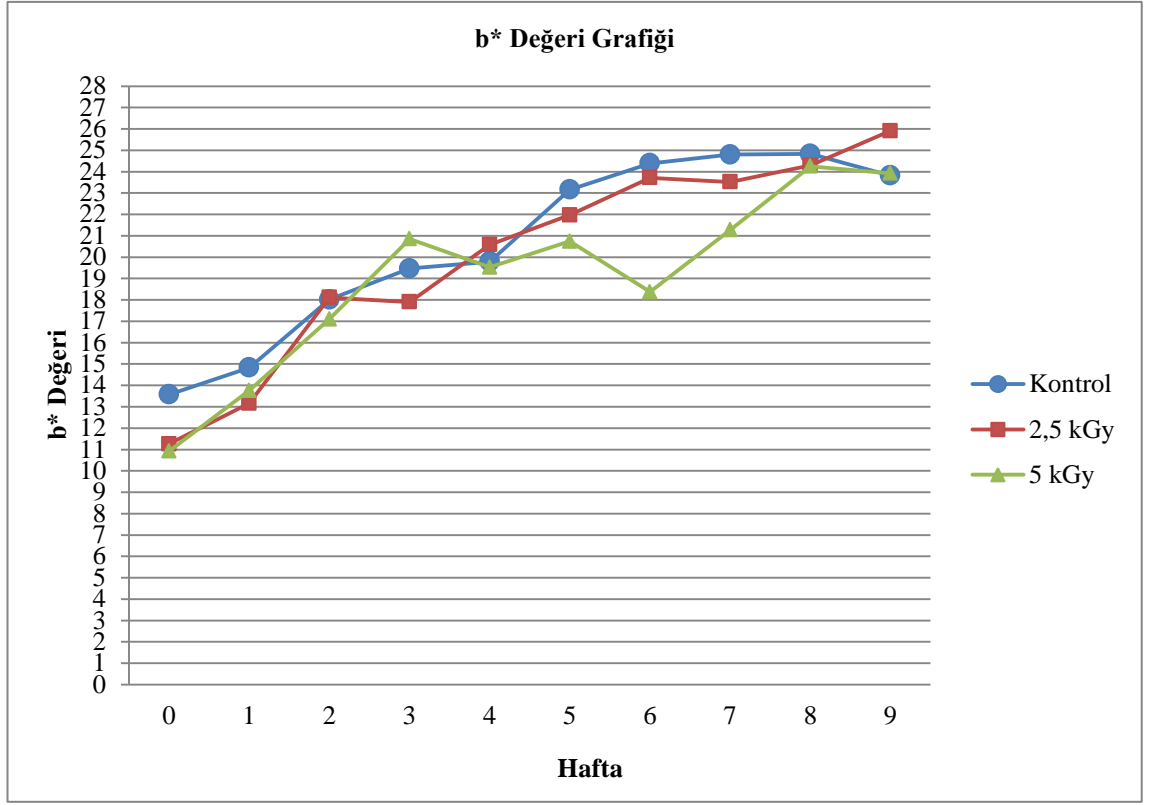


Şekil 4.4: Soğuk depolama ($2^{\circ}\text{C} \pm 1$) boyunca a* değerlerinde meydana gelen değişimler.

Tablo 4.9: Soğuk depolama ($2^{\circ}\text{C} \pm 1$) boyunca b* değerlerinde görülen değişimler.

b* Değeri	GRUPLAR			
	Hafta	Kontrol	2,5 kGy	5 kGy
0		13,57 ± 0,22 ^a	11,26 ± 0,60 ^b	10,92 ± 1,88 ^b
1		14,83 ± 2,12 ^a	13,16 ± 2,18 ^a	13,76 ± 1,44 ^a
2		18,01 ± 2,39 ^a	18,11 ± 0,52 ^a	17,10 ± 0,85 ^a
3		19,47 ± 1,67 ^a	17,9 ± 0,57 ^a	20,85 ± 2,12 ^a
4		19,79 ± 1,76 ^a	20,58 ± 0,66 ^a	19,53 ± 0,57 ^a
5		23,16 ± 2,31 ^a	21,97 ± 2,18 ^a	20,74 ± 0,91 ^a
6		24,39 ± 1,57 ^a	23,71 ± 2,59 ^a	18,37 ± 2,56 ^b
7		24,80 ± 1,20 ^a	23,52 ± 3,61 ^a	21,27 ± 1,48 ^a
8		24,83 ± 3,07 ^a	24,29 ± 2,64 ^a	24,25 ± 0,89 ^a
9		23,82 ± 2,66 ^a	25,91 ± 1,58 ^a	23,92 ± 4,65 ^a

Aynı satırda bulunan değişik harfler farkın istatistiksel açıdan önemli olduğunu ($p < 0,05$) göstermektedir.



Şekil 4.5: Soğuk depolama ($2^{\circ}\text{C} \pm 1$) boyunca b^* değerlerinde meydana gelen değişimler.

4.3. KİMYASAL ANALİZ BULGULARI

4.3.1. Toplam Uçucu Bazik Azot (TVB-N) Analizi Bulguları

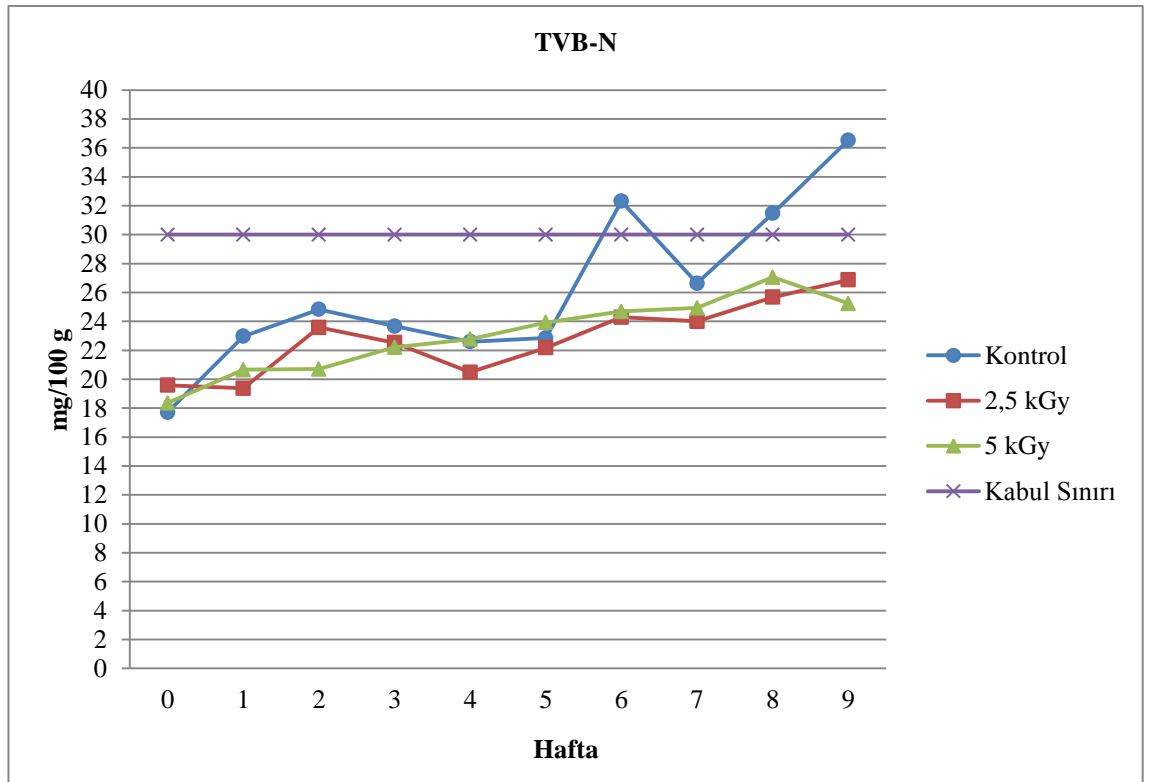
Çiğ uskumrunun TVB-N değeri $16,01 \text{ mg}/100 \text{ g}$ olarak tespit edilmiştir. TVB-N değerleri ilk gün analizlerinde kontrol grubunda $17,71 \pm 5,07 \text{ mg}/100 \text{ g}$; $2,5 \text{ kGy}$ dozda ışınlanan grupta $19,59 \pm 1,59 \text{ mg}/100 \text{ g}$ ve 5 kGy dozda ışınlanan grupta da $18,36 \pm 5,35 \text{ mg}/100 \text{ g}$ olarak bulunmuştur.

Soğuk depolama ($2^{\circ}\text{C} \pm 1$) süresince $2,5 \text{ kGy}$ ve 5 kGy dozda ışınlanan grupların TVB-N değeri $30 \text{ mg}/100\text{g}$ 'ın altında kalmış olup kontrol grubu, bu değeri 6. haftada $32,31 \pm 1,08 \text{ mg}/100 \text{ g}$ ile geçmiştir (Tablo 4.10, Şekil 4.6). Ayrıca 6. haftada kontrol grubu ile ışınlanan gruplar arasındaki farkın istatistiki olarak önemli ($p < 0,05$) olduğu bulunmuştur. Depolama boyunca TVB-N değerinde ışınlanan gruplar arasındaki fark istatistiki olarak önemsizdir ($p > 0,05$).

Tablo 4.10: Soğuk depolama ($2^{\circ}\text{C} \pm 1$) boyunca TVB-N (mg/100 g) değerlerinde görülen değişimler.

TVB-N	GRUPLAR		
Hafta	Kontrol	2,5 kGy	5 kGy
0	17,71 \pm 5,07 ^a	19,59 \pm 1,59 ^a	18,36 \pm 5,35 ^a
1	22,97 \pm 2,57 ^a	19,37 \pm 0,75 ^b	20,66 \pm 1,39 ^{ab}
2	24,83 \pm 2,42 ^a	23,58 \pm 1,38 ^{ab}	20,70 \pm 2,46 ^b
3	23,67 \pm 2,33 ^a	22,53 \pm 2,38 ^a	22,21 \pm 2,40 ^a
4	22,60 \pm 4,61 ^a	20,48 \pm 5,03 ^a	22,77 \pm 2,93 ^a
5	22,85 \pm 2,71 ^a	22,18 \pm 0,56 ^a	23,92 \pm 1,64 ^a
6	32,31 \pm 1,08 ^a	24,29 \pm 0,51 ^b	24,69 \pm 0,80 ^b
7	26,63 \pm 0,95 ^a	24,00 \pm 3,00 ^a	24,93 \pm 9,59 ^a
8	31,47 \pm 6,29 ^a	25,67 \pm 1,01 ^a	27,06 \pm 1,70 ^a
9	36,53 \pm 6,32 ^a	26,87 \pm 1,09 ^a	25,24 \pm 0,48 ^a

Aynı satırda bulunan değişik harfler farkın istatistiksel açıdan önemli olduğunu ($p < 0,05$) göstermektedir.



Şekil 4.6: Soğuk depolama ($2^{\circ}\text{C} \pm 1$) boyunca TVB-N değerlerinde meydana gelen değişimler.

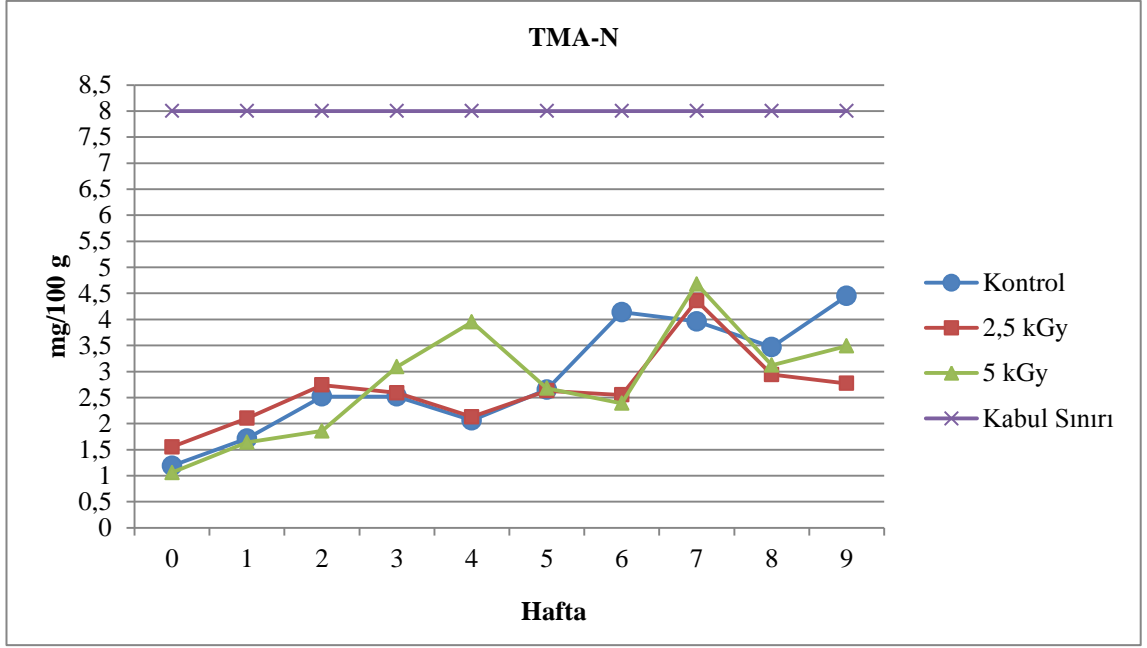
4.3.2. Trimetilamin Azot (TMA-N) Analizi Bulguları

Çiğ uskumruda TMA-N değeri 1,35 mg/100g olarak tespit edilmiştir. Sous vide uygulaması sonrası yapılan analizlerde kontrol grubunun TMA-N değeri $1,19 \pm 0,22$ mg/100g; 2,5 kGy dozda ışınlanan grubun $1,55 \pm 0,10$ mg/100g ve 5 kGy dozda ışınlanan grubunki $1,06 \pm 0,44$ mg/100g olarak bulunmuştur (Tablo 4.11, Şekil 4.7). Her üç grupta da soğuk depolama ($2^{\circ}\text{C} \pm 1$) boyunca TMA-N değerlerinin hafif bir artış eğiliminde olduğu gözlenmiş ancak hiçbir grupta 5 mg/100g'a dahi ulaşamamıştır. İstatistiki açıdan depolamanın bazı günlerinde gruplar arasında fark olduğu ($p < 0,05$) görülse de bu farklılıklar değişkenlik gösterdiğinden genel olarak bir grubun diğerinden daha iyi ya da kötü olduğu gibi sonuca varılamamıştır.

Tablo 4.11: Soğuk depolama ($2^{\circ}\text{C} \pm 1$) boyunca TMA-N (mg/100g) değerlerinde görülen değişimler.

TMA-N	GRUPLAR		
Hafta	Kontrol	2,5 kGy	5 kGy
0	$1,19 \pm 0,22^{ab}$	$1,55 \pm 0,10^a$	$1,06 \pm 0,44^b$
1	$1,71 \pm 0,14^a$	$2,10 \pm 0,80^a$	$1,64 \pm 0,51^a$
2	$2,52 \pm 1,50^a$	$2,74 \pm 0,86^a$	$1,86 \pm 0,30^a$
3	$2,52 \pm 0,66^a$	$2,59 \pm 1,09^a$	$3,09 \pm 0,46^a$
4	$2,06 \pm 0,26^a$	$2,13 \pm 0,32^a$	$3,95 \pm 0,30^b$
5	$2,65 \pm 0,05^a$	$2,63 \pm 0,11^a$	$2,68 \pm 0,10^a$
6	$4,14 \pm 0,21^a$	$2,55 \pm 0,41^b$	$2,39 \pm 0,10^b$
7	$3,96 \pm 0,27^a$	$4,36 \pm 0,07^{ab}$	$4,68 \pm 0,44^b$
8	$3,47 \pm 0,83^a$	$2,94 \pm 0,80^a$	$3,12 \pm 0,96^a$
9	$4,45 \pm 1,30^a$	$2,77 \pm 0,49^a$	$3,49 \pm 1,36^a$

Aynı satırda bulunan değişik harfler farkın istatistiksel açıdan önemli olduğunu ($p < 0,05$) göstermektedir.



Şekil 4.7: Soğuk depolama ($2^{\circ}\text{C} \pm 1$) boyunca TMA-N değerlerinde meydana gelen değişimler.

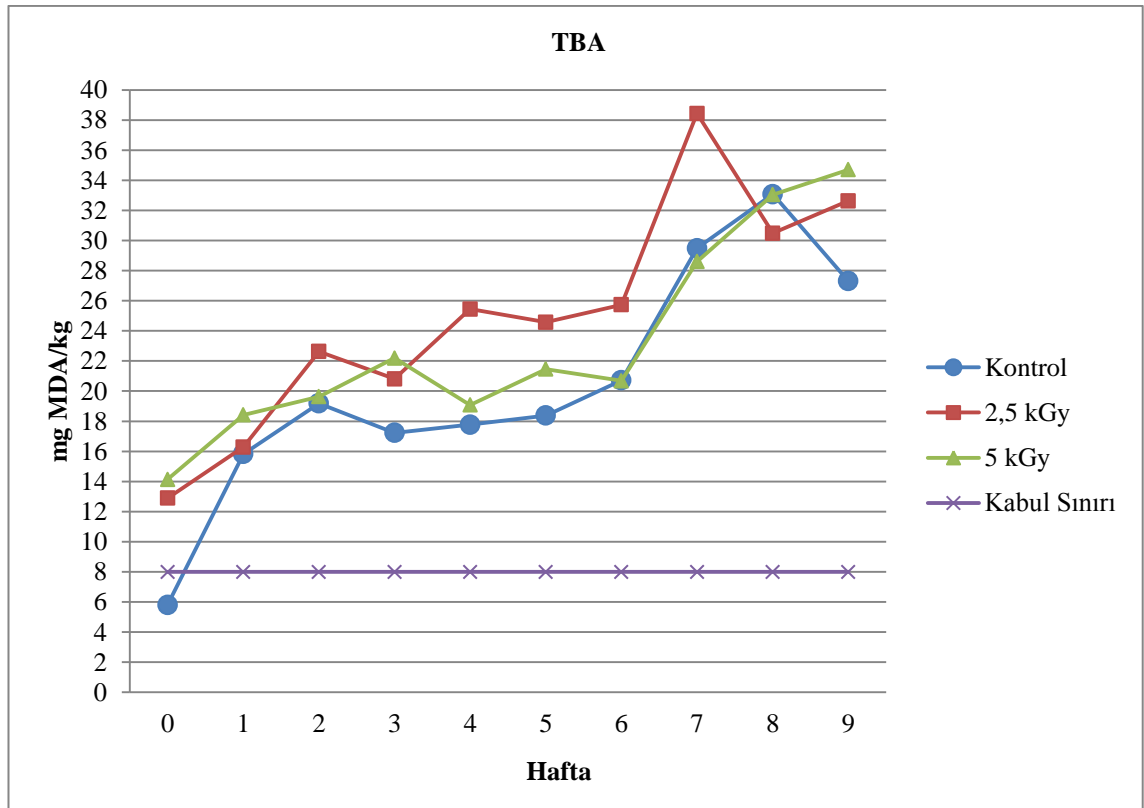
4.3.3. Tiyobarbitürik Asit Reaktif Maddeleri (TBARs) Bulguları

TBA değeri çalışmamızda çığ uskumrularında $4,01 \text{ mg MDA/kg}$ bulunmuştur. İlk gün TBA değeri sadece sous vide tekniği uygulanan kontrol grubunda $5,81 \pm 0,68 \text{ mg MDA/kg}$ iken $2,5 \text{ kGy}$ dozda ışınlanan grupta $12,90 \pm 3,71 \text{ mg MDA/kg}$ ve 5 kGy dozda ışınlanan grupta da $14,14 \pm 3,10 \text{ mg MDA/kg}$ olarak tespit edilmiştir (Tablo 4.12, Şekil 4.8). Işınlanmış gruplarda depolamanın ilk gününden; kontrol grubunda ise ilk haftasından itibaren TBA değerleri 10 mg MDA/kg 'ın üzerinde değerler göstermiş; ışınlanmış grupların TBA düzeyi genellikle kontrol grubundan daha yüksek ($p < 0,05$) olarak bulunmuştur.

Tablo 4.12: Soğuk depolama ($2^{\circ}\text{C} \pm 1$) boyunca TBA (mg MDA/kg) değerlerinde görülen değişimler.

TBA	GRUPLAR		
Hafta	Kontrol	2,5 kGy	5 kGy
0	5,81 \pm 0,68 ^a	12,90 \pm 3,71 ^b	14,14 \pm 3,10 ^b
1	15,83 \pm 1,48 ^a	16,29 \pm 2,61 ^a	18,42 \pm 1,34 ^a
2	19,19 \pm 1,48 ^a	22,63 \pm 2,45 ^b	19,63 \pm 2,35 ^a
3	17,23 \pm 4,88 ^a	20,81 \pm 3,66 ^a	22,19 \pm 3,67 ^a
4	17,77 \pm 2,57 ^a	25,45 \pm 1,69 ^b	19,08 \pm 1,89 ^a
5	18,38 \pm 2,49 ^a	24,57 \pm 0,88 ^b	21,46 \pm 2,98 ^a
6	20,72 \pm 2,41 ^a	25,73 \pm 1,68 ^b	20,68 \pm 2,03 ^a
7	29,48 \pm 1,26 ^a	38,43 \pm 1,70 ^b	28,60 \pm 3,81 ^a
8	33,08 \pm 1,48 ^a	30,48 \pm 1,99 ^a	33,04 \pm 4,33 ^a
9	27,31 \pm 4,03 ^a	32,63 \pm 4,11 ^b	34,70 \pm 2,69 ^b

Aynı satırda bulunan değişik harfler farkın istatistiksel açıdan önemli olduğunu ($p < 0,05$) göstermektedir.



Şekil 4.8: Soğuk depolama ($2^{\circ}\text{C} \pm 1$) boyunca TBA değerlerinde meydana gelen değişimler.

4.4. MİKROBİYOLOJİK ANALİZ BULGULARI

4.4.1. Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri Analizi Bulguları

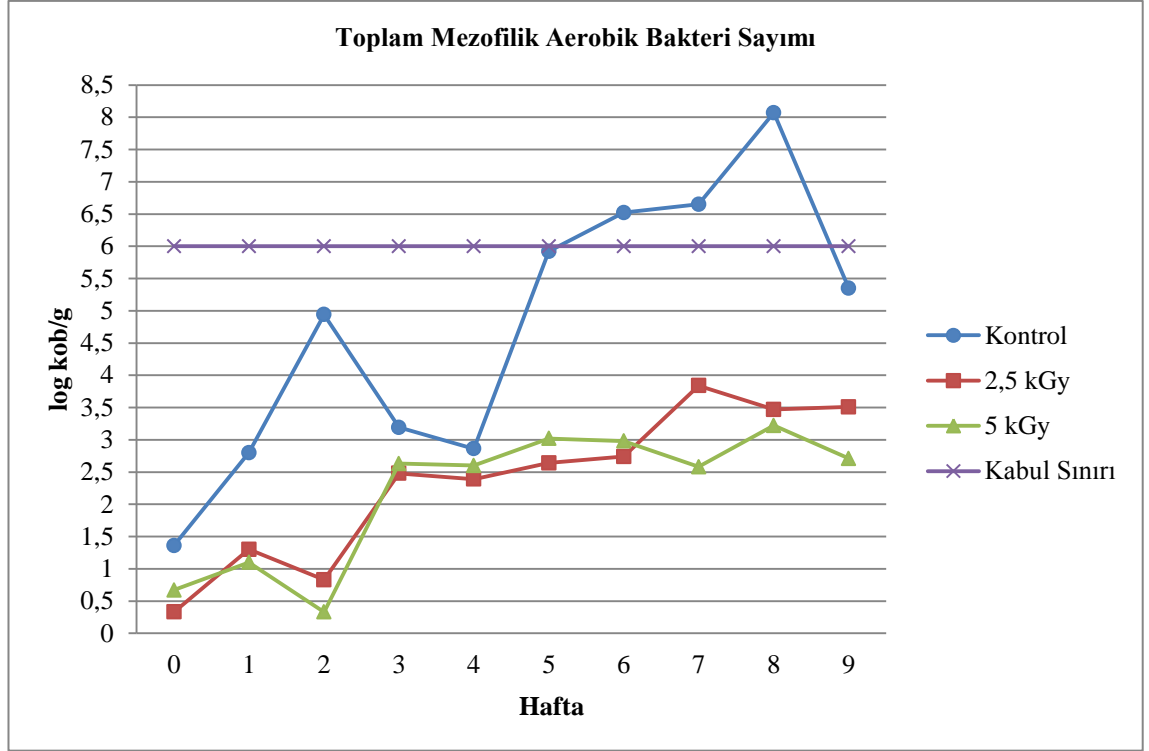
Çiğ uskumrunun toplam mezofilik aerobik bakteri yükünün 2,03 log kob/g olduğu belirlenmiştir. İlk gün yapılan analizde sadece sous vide uygulanan kontrol grubunda toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı $1,36 \pm 0,10$ log kob/g; 2,5 kGy dozda ışınlanan grupta $0,33 \pm 0,58$ log kob/g ve 5 kGy dozda ışınlanan grupta $0,67 \pm 0,58$ log kob/g olarak tespit edilmiştir (Tablo 4.13, Şekil 4.9).

İlk günden itibaren kontrol ile ışınlanan gruplar arasındaki bakteri yükü istatistiki olarak önemli ($p < 0,05$) bulunmuştur. Kontrol grubu 6 log kob/g'ın üzerine 5. haftadan sonra çıkmışken, ışınlanan gruplarda toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı 4 log kob/g'ın altında kalmıştır.

Tablo 4.13: Soğuk depolama ($2^{\circ}\text{C} \pm 1$) boyunca toplam mezofilik aerobik bakteri yükünde (log kob/g) görülen değişimler.

Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri Sayısı	GRUPLAR			
	Analiz Haftası	Kontrol	2,5 kGY	5 kGy
0		$1,36 \pm 0,10^a$	$0,33 \pm 0,58^b$	$0,67 \pm 0,58^{ab}$
1		$2,80 \pm 0,03^a$	$1,30 \pm 0,00^b$	$1,10 \pm 0,17^b$
2		$4,94 \pm 0,04^a$	$0,83 \pm 0,75^b$	$0,33 \pm 0,58^b$
3		$3,19 \pm 0,01^a$	$2,48 \pm 0,04^b$	$2,63 \pm 0,01^c$
4		$2,86 \pm 0,01^a$	$2,39 \pm 0,02^b$	$2,60 \pm 0,06^c$
5		$5,92 \pm 0,08^a$	$2,64 \pm 0,01^b$	$3,02 \pm 0,01^c$
6		$6,52 \pm 1,07^a$	$2,74 \pm 0,05^b$	$2,98 \pm 0,25^b$
7		$6,65 \pm 0,75^a$	$3,84 \pm 1,41^b$	$2,58 \pm 0,01^b$
8		$8,07 \pm 0,23^a$	$3,47 \pm 0,15^b$	$3,22 \pm 0,34^b$
9		$5,35 \pm 0,01^a$	$3,51 \pm 0,03^b$	$2,71 \pm 0,03^c$

Aynı satırda bulunan değişik harfler farkın istatistiksel açıdan önemli olduğunu ($p < 0,05$) göstermektedir.



Şekil 4.9: Soğuk depolama ($2^{\circ}\text{C} \pm 1$) boyunca toplam mezofilik aerobik bakteri yükünde meydana gelen değişimler.

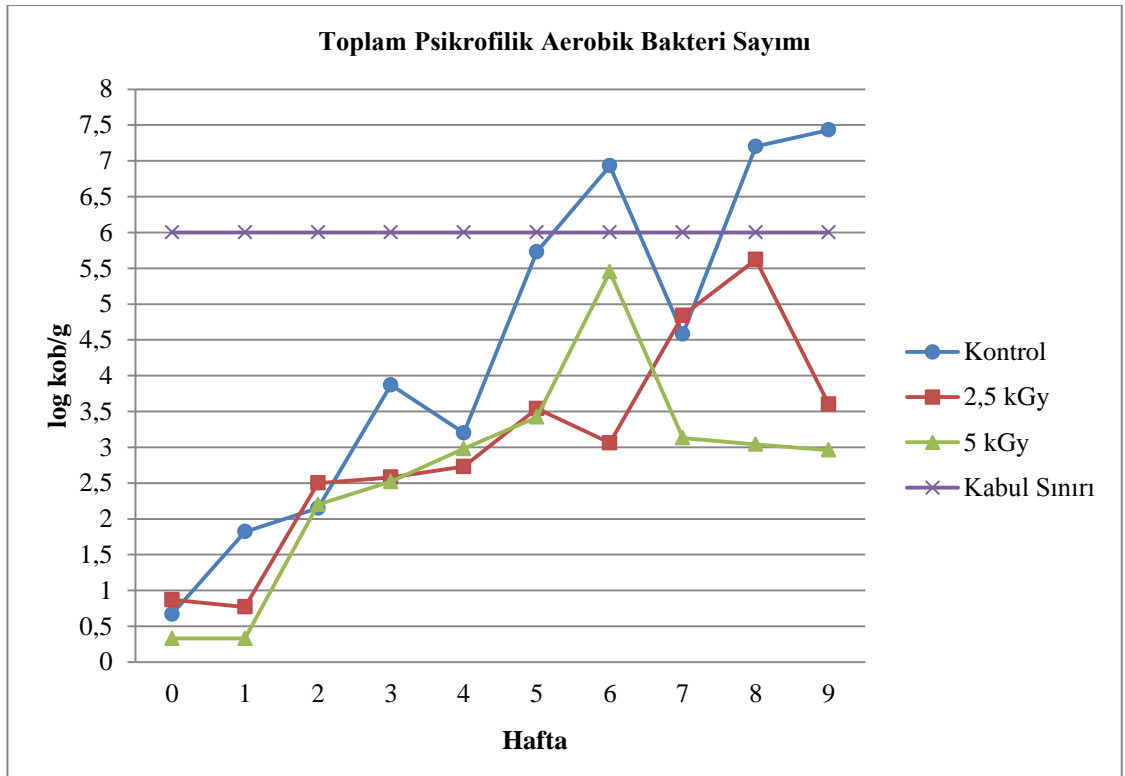
4.4.2. Toplam Psikrofilik Aerobik Bakteri Analizi Bulguları

Toplam psikrofilik aerobik bakteri sayısı çığ uskumruda $1,48 \log \text{ kob/g}$ olarak tespit edilmiştir. Psikrofilik aerobik bakteri yükü ilk gün kontrol grubunda $0,67 \pm 1,15 \log \text{ kob/g}$; 2,5 kGy dozda ışınlanan grupta $0,87 \pm 0,81 \log \text{ kob/g}$ ve 5 kGy dozda ışınlananda da $0,33 \pm 0,58 \log \text{ kob/g}$ olarak tespit edilmiştir (Tablo 4.14, Şekil 4.10). İstatistiki olarak yapılan değerlendirmede 4. haftaya kadar tüm gruplar arasındaki psikrofilik bakteri yükü istatistiki olarak önemsiz ($p > 0,05$) bulunmuştur. Daha sonrasında ise kontrol grubunun psikrofilik bakteri yükünün diğerlerinden daha yüksek ($p < 0,05$) olduğu görülmüştür. Kontrol grubu 6. haftada $6 \log \text{ kob/g}$ 'ın üzerinde bakteri yükü içerirken; diğer gruplarda depolama süresince bu değere ulaşılmamıştır.

Tablo 4.14: Soğuk depolama ($2^{\circ}\text{C} \pm 1$) boyunca toplam psikrofilik aerobik bakteri yükünde (log kob/g) görülen değişimler.

Toplam Psikrofilik Aerobik Bakteri Sayısı	GRUPLAR			
	Analiz Haftası	Kontrol	2,5 kGy	5 kGy
0		$0,67 \pm 1,15^a$	$0,87 \pm 0,81^a$	$0,33 \pm 0,58^a$
1		$1,82 \pm 3,15^a$	$0,77 \pm 0,68^a$	$0,33 \pm 0,58^a$
2		$2,15 \pm 3,72^a$	$2,50 \pm 0,09^a$	$2,20 \pm 0,02^a$
3		$3,87 \pm 1,94^a$	$2,58 \pm 0,01^a$	$2,52 \pm 0,07^a$
4		$3,20 \pm 0,04^a$	$2,73 \pm 0,07^b$	$2,98 \pm 0,04^c$
5		$5,73 \pm 2,33^a$	$3,54 \pm 0,09^a$	$3,42 \pm 0,06^a$
6		$6,93 \pm 0,06^a$	$3,06 \pm 0,08^b$	$5,45 \pm 0,02^c$
7		$4,58 \pm 0,10^{ab}$	$4,84 \pm 1,33^a$	$3,13 \pm 0,07^b$
8		$7,20 \pm 1,35^a$	$5,62 \pm 0,50^a$	$3,04 \pm 0,01^b$
9		$7,43 \pm 0,01^a$	$3,60 \pm 0,01^b$	$2,96 \pm 0,07^c$

Aynı satırda bulunan değişik harfler farkın istatistiksel açıdan önemli olduğunu ($p < 0,05$) göstermektedir.



Şekil 4.10: Soğuk depolama ($2^{\circ}\text{C} \pm 1$) boyunca toplam psikrofilik aerobik bakteri yükünde meydana gelen değişimler.

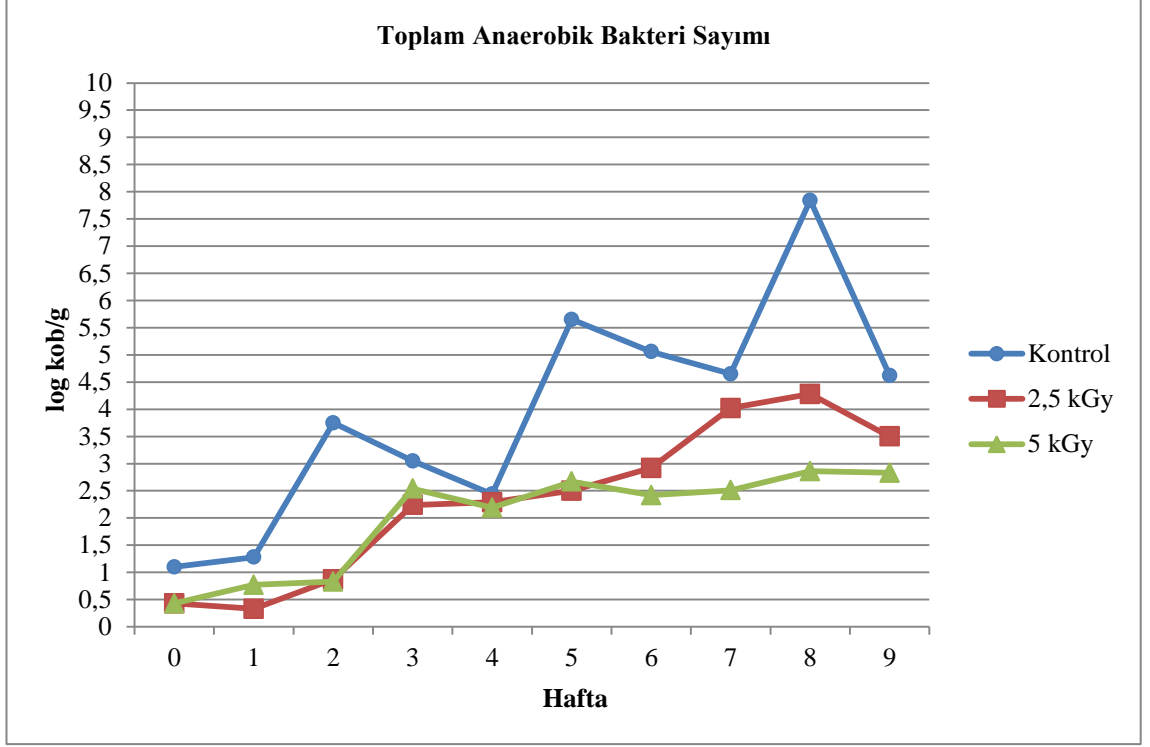
4.4.3. Toplam Anaerobik Bakteri Analizi Bulguları

Çalışmamızda çiğ uskumrunun toplam anaerobik bakteri yükü 2,13 log kob/g olarak tespit edilmiştir. İlk gün analizinde sous vide uygulanan kontrol grubunun toplam anaerobik bakteri yükü $1,10 \pm 1,01$ log kob/g; 2,5 kGy dozda ve 5 kGy dozda ışınlanan gruplarınkı ise $0,43 \pm 0,75$ log kob/g bulunmuştur. Soğuk depolamanın ($2^{\circ}\text{C} \pm 1$) 2. haftasından itibaren gruplar arasında istatistiki olarak fark önemli ($p < 0,05$) bulunmuştur. Kontrol grubunun diğerlerinden yüksek miktarda toplam anaerobik bakteri yüküne sahip olduğu; 5 kGy dozda ışınlanan grubun ise genellikle daha düşük sayıda ($p < 0,05$) anaerobik bakteri içerdiği tespit edilmiştir (Tablo 4.15, Şekil 4.11).

Tablo 4.15: Soğuk depolama ($2^{\circ}\text{C} \pm 1$) boyunca toplam anaerobik bakteri yükünde (log kob/g) görülen değişimler.

Toplam Anaerobik Bakteri Sayısı	GRUPLAR			
	Analiz Haftası	Kontrol	2,5 kGy	5 kGy
0		$1,10 \pm 1,01^a$	$0,43 \pm 0,75^a$	$0,43 \pm 0,75^a$
1		$1,28 \pm 1,11^a$	$0,33 \pm 0,58^a$	$0,77 \pm 0,68^a$
2		$3,75 \pm 2,12^a$	$0,87 \pm 0,75^b$	$0,83 \pm 0,75^b$
3		$3,05 \pm 0,01^a$	$2,24 \pm 0,22^b$	$2,54 \pm 0,08^c$
4		$2,44 \pm 0,08^a$	$2,29 \pm 0,01^b$	$2,19 \pm 0,10^b$
5		$5,65 \pm 0,13^a$	$2,50 \pm 0,06^b$	$2,67 \pm 0,10^b$
6		$5,06 \pm 0,11^a$	$2,92 \pm 0,09^b$	$2,42 \pm 0,07^c$
7		$4,65 \pm 0,38^a$	$4,02 \pm 0,07^b$	$2,51 \pm 0,08^c$
8		$7,84 \pm 0,03^a$	$4,28 \pm 0,86^b$	$2,86 \pm 0,19^c$
9		$4,62 \pm 0,03^a$	$3,50 \pm 0,02^b$	$2,83 \pm 0,05^c$

Aynı satırda bulunan değişik harfler farkın istatistiksel açıdan önemli olduğunu ($p < 0,05$) göstermektedir.



Şekil 4.11: Soğuk depolama ($2^{\circ}\text{C} \pm 1$) boyunca toplam anaerobik bakteri yükünde meydana gelen değişimler.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

5.1. DUYUSAL ANALİZLER

Çalışmamızda ham materyal olarak donmuş uskumru kullanılmış olup; dondurulmuş ithal uskumrunun duyuşsal olarak en iyi buzdolabı şartlarında çözdürüldüğü bildirilmiş olduğundan (Mol ve diğ., 2004) buzdolabı koşullarında çözüldükten sonra işlenmiştir.

En yüksek hammadde kalitesinin elde edilmesi için çözüldükten sonra vakit kaybetmeden hazırlanan ve sous vide yapılan ve daha sonra da kontrol grubu hariç ışınlanan uskumruların duyuşsal olarak raf ömrü tespit edilmiştir.

Duyuşsal analizlerde koku, tat, renk ve doku olmak üzere dört kriter değerlendirilmeye alınmış olup 0 – 10 skalasına göre puanlama yapılmıştır. Bu tez çalışmasında 5 puanın altı puanın “tüketilemez” olarak değerlendirilmiştir (Chytiri ve diğ., 2004; Paulus ve diğ., 1969).

Diaz ve diğ. (2011), sous vide uygulanan balıklarda, soğukta depolamanın mikrobiyel bozulmayı önlemede etkili olduğunu ancak duyuşsal kalitenin depolamaya bağılı olarak azaldığını ileri sürmektedir. Çalışmamızda yapılan duyuşsal değerlendirmelere göre ışınlanmamış sadece sous vide uygulanan kontrol grubu ile sous vide uygulanıp 2,5 kGy dozda ışınlanan grubun 7. haftadan itibaren tüketilemez olduğu sonucuna varılmıştır. 5 kGy dozda ışınlanan grubun ise 8. haftadan itibaren duyuşsal olarak tüketilemez düzeye eriştiğı tespit edilmiştir. Duyuşsal analiz sonuçlarına göre sous vide uygulamasından sonra 2,5 kGy dozda ışınlanan uskumrunun, tüketilebilirlik açısından kontrol grubundan farkı olmadığı ancak 5 kGy dozda ışınlanan gruptan 1 hafta daha erken tüketilemez düzeye ulaştığı belirlenmiştir.

Ortalama duyuşsal değerlendirme sonuçlarına göre kontrol grubu ve 2,5 kGy dozda ışınlanan grup 7. haftada bozuk kabul edilmiştir; ancak ışınlanan grubun duyuşsal puanları, kontrol grubununkinden biraz daha yüksek olup bu farkın istatistiki açıdan da önemli ($p < 0,05$) olduğu bulunmuştur. 5 kGy dozda ışınlanan grubun ise 8. haftada

bozulduğu görülmüş fakat diğer grupların aldığı duyuşsal puanlara nazaran istatistikî açıdan ($p<0,05$) daha iyi olduğu gözlenmiştir.

Sous vide paketlenen $+2^{\circ}\text{C}$ 'de depolanan ve köri sosu içeren balık (*Rachycentron canadum*) ile yapılmış olan bir çalışmada raf ömrünün 8 hafta olduğu tespit edilmiştir (Shakila ve diğ., 2012). Gonzalez-Fandos ve diğ. (2004, 2005), $+2^{\circ}\text{C}$ 'de depolanan 90°C 'de 15 dakika somon ve 90°C 'de 3,3 dakika gökkuşuğı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) ile yaptıkları sous vide çalışmalarında raf ömrünün 45 günden fazla olduğunu belirlemiştir. Yapılan sous vide uygulamasının daha yüksek sıcaklıkta olduğu dikkate alınacak olursa bu raf ömrü sürecinin sadece sous vide yapılmış olan kontrol grubumuz ile benzer olduğu görülmektedir.

Diaz ve diğ. (2009), 80°C 'de 43 dakika sous vide uyguladıkları somon filetoalarını $+2^{\circ}\text{C}$ 'de depolayarak saklamış ve duyuşsal analizleri baz alarak belirledikleri raf ömrünü en fazla 18 gün olarak bildirmişlerdir. 70°C 'de 10 dakika sous vide uygulanan ve $+4^{\circ}\text{C}$ 'de depolanan mezzit filetoaları ile yapılmış çalışmada balıkların duyuşsal değerlendirmeye göre 28 günden sonra tüketilemez olduğu bildirilmiştir (Mol ve diğ., 2012). Yine $+4^{\circ}\text{C}$ 'de depolanan 70°C 'de 10 dakika sous vide uygulanan palamut filetoalarının duyuşsal değerlendirmeye göre 28 günden sonra tüketilemez olduğu bildirilmiştir (Cosansu ve diğ., 2011). Çalışmamızda yapılan sous vide uygulamasının duyuşsal olarak yukarıdakilerden daha başarılı sonuçlar verdiği görülmektedir.

Doku, koku, renk ve tat parametreleri ile değerlendirme yapılan duyuşsal analiz bulgularına göre Oraei ve diğ. (2012) 3 kGy dozda yapılan ışınlamanın dondurulmuş gökkuşuğı alabalığında ışınlama yapılmayanlara göre duyuşsal açıdan en iyi sonucu sağladığını ve optimum dozun bu olduğunu bildirmiştir. Lakshmanan ve diğ. (1999) de *Stolephorus commersonii* ile yaptıkları buzda depolama çalışmasında 2 kGy dozda ışınlanan balıkların raf ömrünün 17; ışınlanmayan balıklarının ise 13 gün olduğunu bildirmiştir. Işınlamanın duyuşsal açıdan raf ömrünü uzattığı görülmektedir.

Özden ve diğ. (2007a), duyuşsal analiz sonuçlarına göre, buzda depolanan çipuranın 5 kGy dozda ışınlandığında 17 gün; 2,5 kGy dozda ışınlandığında 15 gün ve ışınlanmadan saklandığında ise 13 gün olduğunu ortaya koymuştur. Aynı şekilde bir başka çalışmada

da (Özden ve diğ., 2007b), duyuşal puanlar baz alındığında buzda depolanan levreğin 5 kGy dozda ışınlandığında 17 gün; 2,5 kGy dozda ışınlandığında 15 gün ve ışınlanmadan saklandığında ise 13 gün olduğu bildirilmiştir. Tüm bu çalışmalarda duyuşal analizler baz alındığında raf ömrünün ışınlanan gruplarda daha fazla olduğu görölmektedir. Bu tez çalışmasında da kontrol grubu ile 2,5 kGy dozda ışınlanan sous vide uskumru filetolarının 7. haftadan; 5 kGy dozda ışınlananların ise 8. haftadan itibaren bozulduğu tespit edilmiştir.

Badr (2012), vakum ve aerobik paketlenmiş füme somon filetolarını patojenlerle inoküle ederek 0, 1, 2, 3 ve 4 kGy dozlarda ışınlanmış ve 3 kGy dozda ışınlanan grubun mikrobiyolojik ve biyojen aminler açısından güvenilir olduğunu; duyuşal açıdan da en iyi skoru sağladığını bildirmiştir. Diğer bir çalışmada da duyuşal analiz sonuçlarına göre, tuzlanıp vakum paketlenen 1 veya 3 kGy dozda ışınlanan çipuranın raf ömrü 27-28 gün iken; tuzlanıp ışınlanmayan grubun raf ömrü 14-15 gün ile sınırlı kalmıştır (Chouliara ve diğ., 2004). Sadece vakum paketlenerek 3 kGy dozda ışınlanan çipuranın raf ömrü ise duyuşal değerlendirmelere göre 28 gün iken ışınlanmayan çipuranın 9-10 gün olarak tespit edilmiştir (Chouliara ve diğ., 2005). Vakum paketlenen balıklarda ışınlama işleminin duyuşal kaliteyi artırdığı anlaşılmaktadır.

Sous vide ile birlikte uygulanan kombine tekniklerin de raf ömrünü arttırdığı da gözlenmiş olup Cosansu ve diğ., (2011) soğuk depolama yapılan 70°C'de 10 dakika sous vide uygulanan palamut filetolarının 28 günden sonra tüketilemez olduğu ancak limon suyu ilave edilip sous vide uygulandığında bu sürenin iki hafta daha arttığı bildirilmiştir. Sous vide ile kombine edilen asit katkısı ile raf ömrü uzatılabilmektedir.

Farkas ve diğ. (2003), dumanlanmış soslu domuz eti yemeğini iki gruba ayırarak bir gruba 85°C'de 11,4 dakika; diğerine ise 90°C'de 10 dakika sous vide uyguladıktan sonra her iki grubu da 5 kGy dozda ışınlamıştır. Daha hafif ısıl işlem uygulanmış olan ilk grupta ışınlama sonrasında duyuşal açıdan bir kayıp olmazken; daha yüksek ısıl işlem yapılan ikinci grupta ışınlama sonrasında duyuşal kayıpların olduğunu bildirmiştir. Çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlarımız yukarıdakilerle uyumlu olup; 70°C de 10 dakika olarak yapılan sous vide işlemi sayesinde 5 kGy düzeyinde ışınlama

uygulamasının uskumruların duysal açıdan 1 hafta daha tüketilebilir niteliğini korumasını sağladığı görülmüştür.

5.2. FİZİKSEL ANALİZLER

5.2.1. pH Analizi Sonuçları

Taze balığın pH'ı 6,0 – 6,5 arasında olup depolamaya bağlı olarak yükselebilmektedir. Ağırlıklı olarak mikrobiyel faaliyet nedeni ile amonyak ve trimetilamin gibi alkali bileşenlerin oluşmaya başlaması ile pH değeri artmaktadır (Özden ve diğ., 2007a). Literatürde verilen pH üst sınır değeri 6,8 – 7,0 olarak bildirilmiştir (Ludorff ve Meyer, 1973).

Türkiye’de yapılan bir çalışmada buzdolabında çözdürülmüş ithal uskumruların pH'ının 6,16 olduğu bildirilmiştir (Mol ve diğ., 2004). Bu tez çalışmasında ise +2°C’de çözdürülen ithal uskumrunun pH'ı 6,24 olarak tespit edilmiştir.

Çalışmamızda ışınlanan örneklerin pH değerlerinde artış olduğu gözlenmiş ve depolamanın ilk günlerinde ışınlanan grupların pH değerlerinin kontrol grubundan daha yüksek ($p < 0,05$) olduğu bulunmuştur.

Özden ve diğ. (2007b), buzda +4°C’de depolanan 2,5 ve 5 kGy ışınlama uyguladıkları levrek ile yaptıkları çalışmada ışınlanan gruplarda pH değerlerinin kontrole göre daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Hocaoglu ve diğ. (2012), +4°C’de depolanan 1, 3 ve 5 kGy ışınlama uyguladıkları karideslerde artan ışınlama dozuna bağlı olarak, pH değerinde de doğal bir artışın meydana geldiğini bildirmişlerdir. Yani çalışmamızla benzer olarak ışınlanan grupların başlangıçtaki pH değerleri daha yüksektir.

Bulgularımız Oraei ve diğ.’nin (2012) dondurularak depolanan gökkuşuğu alabalığı ile yaptıkları ışınlama çalışması ile uygundur. Kontrol grubunun pH'ı, 1, 3 ve 5 kGy ışınlanan gruplarınkinden ilk ay daha düşük bulunmuş, tüm grupların pH değerleri depolama ile artmış ancak tekrar düşüş göstermiştir.

Chouliara ve diğ. (2005), vakum paketlenmiş soğuk depoda muhafaza edilen çipuraya 1 ve 3 kGy dozda ışınlama uygulamışlar ve kontrol ile ışınlanan gruplar arasında istatistiki olarak fark bulunmadığı, pH değerlerinin 6,6 ile 6,8 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Bir diğer çalışmada ise tuzlanarak 1 ve 3 kGy dozda ışınlanan çipuraların kontrol ve ışınlanan gruplarının pH değerleri arasında da istatistiki olarak fark bulunmadığı ve pH değerlerinin 6,6 ile 6,8 arasında değiştiği ortaya konmuştur (Chouliara ve diğ., 2004).

Badr (2012), dumanlanmış somon balıklarını vakum pakette 1, 2, 3 ve 4 kGy dozlarda ışınlanmış ve kontrol gurubu da dahil +4°C'de depolamıştır. pH'ın depolamaya bağlı olarak artmakla birlikte bozulmayı gösterecek değerlere de ulaşmadığı bildirilmiştir.

Işınlama çalışmalarındakine benzer olarak vakum paketlenme yapılan ve ısı işlem uygulanan çalışmalarda depolama esnasında pH değerinde önemli bir farkın meydana gelmediği ve bozulmayı işaret edemediği literatürde bildirilmiştir. Sous vide uygulanan ve yağlı bir balık olan somon soğuk depoda muhafaza edilmiş, yapılan çalışmada çiğ somonun pH'ı 6,33, sous vide uygulananın 6,47 ve depolamanın 45. gününde sous vide somonunki 6,52 bulunmuştur (Garcia-Linares ve diğ., 2004). Diaz ve diğ. (2011), 90°C'de 45 dakika sous vide uygulanan ve +2°C'de depolanan somonun pH değeri 0. günde 6,35; 5. haftada 6,33 ve 10 haftada 6,29 bulunmuştur. Yapılan çalışmada depolama süresince pH değerinde önemli bir fark meydana gelmediği bildirilmiştir. Mol ve diğ. (2012), +4°C'de depolanan sous vide uyguladıkları mezgit ile yaptıkları çalışmada, pH değerini 0. günde 6,27; ürünün duyusal olarak bozulduğu kabul edilen 35. günde ise 6,69 olarak bildirmiştir.

Shakila ve diğ. (2012) yaptıkları çalışmada köri soslu balığı sous vide paketlenmişler ve 12 haftalık depolama boyunca pH değerinde istatistiki olarak önemsiz hafif bir artış meydana geldiğini ortaya koymuşlardır. Farkas ve diğ. (2003) de ışınlanmış soslu et yemeğine sous vide uygulamışlar ve depolama periyodu boyunca pH'ın aynı değerlerde kaldığını bildirmişlerdir.

Cosansu ve diğ. (2011), 70°C'de 10 dakika sous vide uyguladıkları palamut filetoları ile yaptıkları çalışmada çiğ palamutun pH'ını 6,07 ölçmüş, sous vide uygulandıktan sonra

bu değeri 6,11 olarak tespit etmiş ve 42 günlük depolama sonunda da 6,69 olduğunu bildirmişlerdir. Duyusal olarak 28 güne kadar tüketilebilir olan palamutun pH'ını ise 28. günde 6,34 olarak ölçmüşlerdir.

Çalışmamızda da depolama süresince farklı grupların pH değerleri arasında istatistik olarak fark görülse de ($p < 0,05$) bozulma değerlerine ulaşılmadığı görülmüştür. Işınlama işleminin örneklerin pH değerinde hafif bir artışa yol açtığı ve sous vide paketlenen sonra ışınlanan balıklarda pH'ın bozulmayı gösteren bir indikatör olmadığı anlaşılmıştır.

5.2.2. Renk Ölçümleri Sonuçları

Hem satın alınırken hem de servise hazır edilirken et ürünlerinin rengi tüketici tercihlerinde önemli rol oynamaktadır (Fagan ve diğ., 2003; Yagiz ve diğ., 2010). Badr (2012) ışınlama dozu arttıkça somon balıklarının renklerinin duyusal olarak da olumsuz yönde etkilendiğini bildirmiştir.

Renk ölçümlerine göre çiğ uskumrunun L* değeri, 60,78; a* değeri, 1,19 ve b* değerinin 6,86 olduğu tespit edilmiştir. Aubourg ve diğ. (2013), taze uskumrunun (*Scomber scombrus*) ortalama renk ölçümlerini L* değeri için 44,8; a* için 5,66 ve b* değeri için 7,94 olarak vermiş; dondurarak depolamanın et renginde değişimlere neden olabileceğini; 3 aylık donuk depolama periyodu sonunda L* değerinin 63,3'e; a* değerinin 1,04'e ve b* değerinin de 15,25'e çıktığını bildirmiştir. Fagan ve diğ. (2003) ise dondurulmuş uskumrunun b* değerinin 7,90 olduğunu bildirmiştir. Bu tez çalışmasında ithal dondurulmuş uskumru kullanıldığından başlangıç kalitesinde L*, a* ve b* değerlerinin literatürler ile uyumlu olduğu gözlenmiştir.

Diaz ve diğ. (2011), 80°C 45 dakika sous vide uyguladıkları somon balıklarının renk değerlerinin (L*, a* ve b*) 10 haftalık soğuk depolama (2°C) süresince belirgin bir değişiklik olmadığını ortaya koymuştur. Sous vide uygulamasının geleneksel pişirme ve paketlenme yöntemlerine nazaran renk kayıplarını büyük ölçüde engellediğini vurgulamıştır. Çalışmamızda örneklerin L* değerlerinin depolama boyunca fazla değişmeden kaldığı; a* değerlerinde ise hafif bir artışın meydana geldiği görülmüştür.

b* değerlerinin de tüm gruplarda artış göstermesi depolamaya bağlı olarak üç grupta da hafif bir sararma meydana geldiğini göstermiştir.

Yüksek basınç uygulaması ve ısı işlem yapılan bir çalışmada somon (*Salmo salar*) balıklarının daha yüksek basınç uygulanan grupta, kontrol grubuna ve daha düşük basınç uygulanan gruba göre, L* ve b* değerlerinde artış; ancak a* değerlerinde düşüş gösterdiği bildirilmiştir (Yagiz ve diğ., 2009).

Yagiz ve diğ. (2010), soğukta (4°C) depolama yaptıkları somon (*Salmo salar*) balıklarına 0 kGy, 1 kGy, 1,5 kGy, 2 kGy ve 3 kGy dozda ışınlama uygulamış; ışınlama dozunun artırılmasının L* değerinde belirgin bir değişime neden olmadığını; ancak doza bağlı olarak a* değerlerinde yükseliş meydana geldiğini bildirmiştir. b* değerleri ise 2 kGy ve 3 kGy dozda ışınlanan balıklarda, daha düşük dozda ışınlanana göre düştüğü ortaya konmuştur.

Bu tez çalışmasında kontrol, 2,5 kGy ve 5 kGy dozlarda ışınlanan grupların soğuk depolama (2°C ± 1) süresince L* değerlerinin genellikle benzer olduğu; a* değerleri gruplar arasında bazı günlerde farklılıklar göstermiş olsa da genel olarak diğerlerine göre renk bozulması göstermediği ve b* değerlerinde ise ilk gün hariç yine gruplar arasında genellikle belirgin bir farklılığın olmadığı belirlenmiştir. Yani renk açısından depolamaya bağlı olarak gelişen önemli bir fark gözlenmemiştir.

5.3. KİMYASAL ANALİZLER

5.3.1. Toplam Uçucu Bazik Azot (TVB-N) Analizi Sonuçları

Toplam uçucu bazik azot sınır değeri balık ve kabuklularda 30 mg/100g olarak bildirilmiştir (Mol ve diğ., 2012). Bu tez çalışmasında +2°C'de 24 saat çözdürülmüş uskumrunun TVB-N değeri 16,01 mg/100g olarak tespit edilmiştir. Mol ve diğ., 2004, Türkiye'de satışa sunulan buzdolabı koşullarında çözdürülmüş ithal uskumru (*Scomber scombrus*) ile yaptıkları çalışmada TVB-N değerinin ana depodan aldıkları balıklarda 17,74 mg/100g; ara depodan aldıkları örneklerde 14,63 mg/100g ve dört farklı perakendeciden aldıklarında ise sırasıyla 12,64 mg/100g; 13,80 mg/100g; 13,01 mg/100g ve 16,48 mg/100g olduğunu bildirmişlerdir. Fagan ve diğ. (2003) ise taze,

soğutulmuş ve dondurulmuş uskumrunun TVB-N değerlerini sırasıyla 15,9 mg/100g; 23,1 mg/100g ve 17,9 mg/100g olarak tespit etmişlerdir. Bulgularımız çalışmada kullanılan ithal uskumruların taze ve diğer çalışmalarla uyumlu değerlere sahip olduğunu göstermektedir.

Bu çalışmada analizlerin ilk günü TVB-N değeri kontrol, 2,5 kGy dozda ışınlanan ve 5 kGy dozda ışınlanan gruplarda sırasıyla 17,71 mg/100g; 19,59 mg/100g ve 18,36 mg/100g olarak tespit edilmiştir.

Depolama süresince kontrol grubu sınır değer olan 30 mg/100g'ı 6. haftada aşmış olup 32,31 mg/100g olarak bulunmuştur. Ayrıca 6. haftada kontrol grubu ile ışınlanan gruplar arasındaki farkın istatistiki olarak önemli ($p < 0,05$) olduğu bulunmuştur. Işınlanan gruplardaki örnekler sınır değeri soğuk depolama ($2^{\circ}\text{C} \pm 1$) süresince hiç aşmamıştır. 2,5 kGy dozda ışınlanan grup 9. haftada 26,87 mg/100g ile ve 5 kGy dozda ışınlanan grup 8. hafta 27,06 mg/100g ile en yüksek TVB-N değerlerine ulaşmıştır. Ancak yine de ışınlanan gruplar sınır değeri hiç aşmamıştır. TVB-N değerindeki depolama boyunca ışınlanan gruplar arasındaki fark istatistiki olarak önemsizdir ($p > 0,05$).

Bir sous vide çalışmasında çiğ mezgitin (*Merlangius merlangus*) TVB-N değeri 11,64 mg/100g bulunmuş, sous vide uygulandıktan sonra ise 9,62 mg/100g'a düşmüştür. $+4^{\circ}\text{C}$ 'de 42. günde 40,63'e; 12°C 'de depolanan örneklerde ise 18. günde 30,86'ya ulaşarak sınır değeri aştığı tespit edilmiştir. Duyusal olarak raf ömrünün 4 hafta olduğu ifade edilen sous vide mezgitin TVB-N değeri sınır değeri ancak 6. haftada aşmış, dolayısıyla bu değer raf ömrünü belirlemede bir kriter teşkil etmemiştir (Mol ve diğ., 2012). Çalışmamızda da benzer olarak TVB-N değeri ışınlanmış örneklerde duyuşal bozulma gerçekleştikten sonra da limit değerlerin çok altında kalmıştır.

Cosansu ve diğ. (2011), palamut (*Sarda sarda*) ile yaptıkları sous vide çalışmasında depolamanın ilk günü 9,83 mg/100g olan TVB-N değerinin 5 haftalık soğuk depolama ($4^{\circ}\text{C} \pm 1$) sonrasında 34,39 mg/100g'a ulaşarak limit değeri aştığını; sous vide paketlemenin limonla kombine edildiği uygulamada ise sınır değerini ancak 7. haftada aştığını bildirmiş, sous vide paketlemenin limonla kombinasyonunun TVB-N

değerinin daha geç yükselmesini sağladığını ifade etmiştir. Sous vide uygulamasının ışınlamayla kombine edildiği çalışmamızda da benzer şekilde yapılan kombine uygulamanın TVB-N değerlerinin daha düşük kalmasını sağladığı görülmüştür.

Oraei ve diğ., (2012), 1 kGy, 3 kGy ve 5 kGy dozda ışınlama uygulayarak dondurdukları ve hiç ışın uygulanmadan dondurarak depoladıkları somon ile yaptıkları çalışmada depolama ile TVB-N değerinin arttığını bildirmiştir ve en yüksek TVB-N değerini 5 kGy dozda ışınlanan balıklarda tespit edilmiş; ancak yine de en fazla 25 mg/100g'a kadar yükseldiği bildirilmiştir. Farklı olarak bu tez çalışmasında kontrol grubu ışınlanan gruplardan daha yüksek TVB-N değerine ulaşmıştır. Ancak benzer şekilde ışınlanan gruplardaki örnekler sınır değeri soğuk depolama ($2^{\circ}\text{C} \pm 1$) süresince hiç aşmamıştır.

Chouliara ve diğ. (2004), çipuraları (*Sparus aurata*) vakum paketleyerek 4°C 'de depolamış (kontrol) ve bunların raf ömrünü 1 kGy ve 3 kGy dozda ışınlananlarla karşılaştırmıştır. Duyusal olarak kontrol grubu 2. haftadan ışınlananlar ise 4. haftadan sonra bozulmuş; ışınlanan grupların TVB-N değerleri kontrol grubundan depolama süresince düşük kalmıştır.

Vakum paketlenen çipura ile yapılan bir diğer çalışmada da 3 kGy dozda ışınlamaya maruz bırakılmış balıkların, ışınlanmayanlardan bir hafta sonra TVB-N sınır değerini aştığı gözlenmiş olup soğuk depolama ($4^{\circ}\text{C} \pm 1$) boyunca ışınlanan örneklerde daha düşük TVB-N değeri tespit edilmiştir (Chouliara ve diğ., 2005).

Özden ve diğ., (2007a) buzda depoladıkları çipuranın başlangıçtaki TVB-N değerini 15,65 mg/100g bulurken 19 günlük depolama sonunda ışınlanmayan, 2,5 kGy ve 5 kGy dozda ışınlanan gruplarda sırası ile 38,64 mg/100g; 13,48 mg/100g ve 12,06 mg/100g olduğunu bildirmiştir. Bizim çalışmamıza paralel olarak buzda soğukta depolanan ($4^{\circ}\text{C} \pm 1$) levrek (*Dicentrarchus labrax*) ile yapılmış bir çalışmada da ışınlamanın, kontrol grubuna göre depolama süresince TVB-N değerlerinin düşük kalmasını sağladığı ortaya konmuştur (Özden ve diğ., 2007b).

Hocaoğlu ve diğ. (2012), yaptıkları çalışmada soğukta depolanan ($4^{\circ}\text{C} \pm 1$) karideslerin kontrol, 1 kGy, 3 kGy ve 5 kGy dozda ışınlanan gruplardaki TVB-N değerlerinin sırasıyla ilk gün 12,19 mg/100g; 11,38 mg/100g; 11,33 mg/100g ve 10,75 mg/100g ve depolamanın üçüncü günü ise 35,17 mg/100g; 27,67 mg/100g; 27,20 mg/100g ve 26,05 mg/100g olduğunu bildirmiştir. Çalışmada ışınlanan karideslerin, ışınlanmayanlara oranla daha düşük TVB-N değerlerine sahip olduğu bildirilmiştir.

Badr (2012) da benzer olarak vakum paketlenen dumanlanmış somon ile yaptığı çalışmada ışınlanan grupların ışınlanmayan kontrol grubuna kıyasla daha düşük TVB-N değerine sahip olduğunu ortaya koymuştur.

Paari ve diğ. (2012), *Parupeneus indicus* ile yaptıkları çalışmada balıkları 0 kGy, 2 kGy, 4 kGy, 6 kGy, 8 kGy ve 10 kGy dozlarda ışınlamışlar, TVB-N değerinin depolama ile arttığını, en fazla artışın sınır değeri depolamanın başlarında aşan kontrol (0 kGy) grubunda, en az artışın ise 10 kGy dozda ışınlanan grupta meydana geldiğini bildirmiştir.

Çalışmamızda da yukarıdakilerle benzer olarak ışınlanmış gruplarda TVB-N değerinin ışınlama yapılmamış olan kontrol grubuna göre oldukça düşük kaldığı ve depolama süresince sınır değeri aşmadığı görülmüştür. Kontrol grubunda TVB-N değeri duyuşal ve mikrobiyolojik bozulma ile uyumlu şekilde sınır değeri aşarken, ışınlanmış gruplarda depolama süresince düşük düzeylerde kalmıştır.

5.3.2. Trimetilamin Azot (TMA-N) Analizi Sonuçları

Bu tez çalışmasında ise çiğ uskumrunun TMA-N değeri 1,35 mg/100g olarak tespit edilmiştir. Mol ve diğ. (2004), Türkiye’de satışa sunulan donmuş uskumruların (*Scomber scombrus*) TMA-N değerinin buzdolabında çözüldükten sonra 3,25 mg/100g bulunduğunu; benzer şekilde Fagan ve diğ. (2003) de taze ve donmuş uskumruların TMA-N değerinin sırasıyla 3,90 mg/100g ve 3,50 mg/100g olduğunu bildirmiştir.

Varlık ve diğ. (2007), balıkta kalite göstergelerinden biri olan TMA-N için sınır değeri 8 mg/100g olarak bildirmiştir. Soğuk depolama boyunca, kontrol, 2,5 kGy veya 5 kGy dozda ışınlanan gruplardan hiçbiri bu değere yaklaşmamıştır. İstatistiki açıdan bazı

günlerde gruplar arasında fark olsa da ($p < 0,05$) genel olarak bir grubun diğerinden daha iyi ya da kötü olduğu gibi bir sonuca varılmamıştır.

Palamut balığının (*Sarda sarda*) sous vide paketlenerek soğukta depolandığı bir çalışmada, depolamanın 5. haftasında TMA-N değeri 8,62 mg/100g'a ulaşarak sınır değeri aşmıştır. Sous vide işlemi limon ilavesi ile kombine edildiğinde ise sınır değerin 6. haftada aşıldığı ve bu kombinasyon sayesinde TMA-N değerlerinin bir hafta daha kabul edilir düzeyde kaldığı ifade edilmiştir (Cosansu ve diğ., 2011).

Mol ve diğ. (2012), yaptıkları çalışmada sous vide uygulanmış mezgitin (*Merlangius merlangus*) TMA-N değerinin soğuk ($4^{\circ}\text{C} \pm 1$) depoda saklandığında 7. haftada 9,90 mg/100g ile sınır değeri aştığını bildirmiştir.

Paari ve diğ. (2012), ışınlamanın amin oluşumunu önemli ölçüde geciktirdiğini bildirdiği çalışmalarında, 18 günlük soğuk depolama süresi sonunda ışınlanmayan kontrol grubunun TMA-N değerini 22,00 mg/100g; 5 kGy dozda ışınlanan grubunkini 8,5 mg/100g ve 9 kGy dozda ışınlanan grubunkini ise 4,00 mg/100g bulmuştur. Vakum paketlenen dumanlanmış somon ile yapılmış bir çalışmada da ışınlanan grupların ışınlanmayan kontrol grubuna kıyasla daha düşük TMA-N değerine sahip olduğu ve bu değerin uygulanan doz arttıkça düştüğü ortaya konmuştur (Badr, 2012).

Özden ve diğ. (2007a), 2,5 kGy ve 5 kGy dozda ışınlanmış çipuraların (*Sparus aurata*) ve kontrol grubunun TMA-N değerlerinin bozulmanın gerçekleştiği günlerde sınır değerin altında kaldığını ve bozulmayı işaret edemediğini ifade etmiş olup bu ifade çalışmamız bulgularıyla benzerlik göstermektedir.

Chouliara ve diğ. (2004), vakum paketlenmiş çipuranın raf ömrünü 1 kGy ve 3 kGy dozda ışınlanmış olanlarla karşılaştırdığı çalışmasında da benzer olarak depolama sırasında TMA-N değerlerinin bozulmayı gösterecek kadar yüksek değerlere ulaşmadığını ifade etmiştir. Bu ifade, ışınlanan ve soğukta depolanan çipuralarla yapılmış olan bir başka çalışmada da görülmekte olup Chouliara ve diğ.'nin (2005) bulguları çalışmamız ile benzerlik göstermektedir.

Levrek (*Dicentrarchus labrax*) ile yapılan bir ışınlama çalışmasında da benzer olarak 17 günlük depolama sonunda kontrol grubunda 5,40 mg/100g; 2,5 kGy dozda ışınlanan grupta 3,52 mg/100g ve 5 kGy dozda ışınlanan da 4,46 mg/100g TMA-N tespit edilmiştir. TMA-N değerleri bozulma göstergesi olacak kadar yükselmemiştir (Özden ve diğ., 2007b).

Hocaoğlu ve diğ. (2012), 1 kGy, 3 kGy ve 5 kGy dozda ışınlama uygulanan ve soğukta ($4^{\circ}\text{C} \pm 1$) üç gün boyunca depolanan karides ile yaptıkları çalışmada TMA-N değerinin 3. günün sonunda başlangıca göre önemli ölçüde ($p < 0,05$) arttığını ancak sınır değeri geçmediğini; ayrıca ışınlanan grupların değerlerinin kontrole göre daha düşük ($p > 0,05$) kaldığını bildirmiştir.

Bu tez çalışmasında da soğuk depolamanın ($2^{\circ}\text{C} \pm 1$) ilerleyen günlerinde TMA-N değerleri başlangıca göre artmış; ancak sınır değeri olan 8 mg/100g'ı hiç geçmemiştir. Gruplar arasında istatistiksel olarak farklılıklar görülse de bir grubun diğerinden iyi ya da kötü olduğunu gösterir şekilde sabit bir farklılık tespit edilmemiştir. TMA-N değeri bozulmayı göstermede bir indikatör olarak kullanılamamıştır.

5.3.3. Tiyobarbitürik Asit Reaktif Maddeleri (TBARs) Analizi Sonuçları

TBA değeri balıkta otooksidasyonu göstermekte olup 8 mg MDA/ kg'dan daha fazla TBA içeren balık örneklerinin kabul edilemez olduğu bildirilmiştir (Schormuller, 1968). Çalışmamızda çiğ uskumruların TBA değeri 4,01 mg MDA/ kg bulunmuştur. İlk gün TBA değeri sadece sous vide tekniği uygulanan kontrol grubunda 5,81 mg MDA/ kg iken 2,5 kGy dozda ışınlanan grupta 12,90 mg MDA/ kg ve 5 kGy dozda ışınlanan grupta da 14,14 mg MDA/ kg'dır.

Uskumru hem yağlı bir balık türü olduğundan hem de bu çalışmada kullanılan materyal donmuş olarak alınıp çözündürüldüğünden başlangıçta da yüksek TBA değerleri tespit edilmiştir ve bu değer depolamaya bağlı olarak artmıştır. Işınlanan grupların TBA değeri ise ışınlamadan dolayı daha ilk günden yükselmiştir. Türkiye'de satışa sunulan donmuş uskumruların (*Scomber scombrus*) buzdolabında çözüldükten hemen sonra

19,14 mg MDA/ kg kadar yüksek TBA değerine sahip olabileceği bildirilmiştir (Mol ve diğ., 2004).

Sous vide (70°C 10 dakika) uygulanmış palamut (*Sarda sarda*) ile yapılan bir depolama çalışmasında TBA değeri depolamanın 2. haftasında 11,76 mg MDA/ kg'a çıkararak sınır değeri aşmıştır (Cosansu ve diğ., 2011). Ancak bu örneklerde duyuusal bozulmanın 4. haftadan sonra meydana geldiği ifade edilmiş; TBA değerleri bozulmayı tespit etmek için kullanışlı olmamıştır. Bunun nedeni çalışmamızdaki uskumru gibi yağlı bir balık türü olan palamutta da TBA'nın depolamanın ilk günlerinden itibaren yüksek değerler göstermesi ve duyuusal bozulmanın gerçekleşmesinden daha önce sınır değerlerin üzerine ulaşmasıdır.

Benzer olarak somon gibi yağlı bir balıktan yapılmış olan tüketime hazır çorbada soğuk depolamanın 6. haftasından itibaren TBA değeri 14,10 mg MDA/ kg'a yükselmiş ancak çorbanın 18. haftaya kadar duyuusal olarak tüketilebileceği bildirilmiştir (Mol, 2005). Bu tez çalışmasında da duyuusal olarak tüketilebilir olan yağlı balıkta TBA değeri önceden artmış olduğundan sonuçlar uyumludur.

Mol ve diğ. (2012), 70°C'de 10 dakika sous vide uygulanmış mezgit (*Merlangius merlangus*) ile yaptıkları çalışmada TBA değerinin 4°C'de depolanan örneklerde 35. günden sonra, 12°C'de depolanan örneklerde ise 18. günden sonra sınır değeri aştığını ve bu artışların duyuusal bozulmanın görüldüğü zamanla uyumlu olduğunu belirtmişlerdir. Yağsız bir balık olan mezgitte TBA değerleri depolama süresince duyuusal bozulma ile paralel olarak değişmiş ve bozulma parametresi olmuştur. Çalışmamızdan farkı kullanılan ham materyalin yağsız olmasından kaynaklanmaktadır.

Işınlanarak soğuk depolamaya alınmış çipuralarda (*Sparus aurata*) TBA değerlerinin depolama süresince sınır değerlerin altında kaldığı ve bozulmayı işaret etmediği ifade edilmiştir (Chouliara ve diğ., 2004, 2005). Çalışmamızda kullanılmış olan uskumru balığından çok düşük yağ içeriğine sahip olan çipuralarda TBA değerinin çok düşük kaldığı anlaşılmaktadır. Işınlama yapılmış tatlı su balıklarında da depolama sırasındaki TBA değerlerinin bozulmayı gösterecek değerlere ulaşmadığı bildirilmiştir (Sant'Ana ve Mancini-Filho, 2000; Oraei vd 2012). Nitekim sous vide uygulanmış köri soslu

balığın (*Rachycentron canadum*) TBA değeri de 12 hafta boyunca önemli düzeyde artmamıştır (Shakila ve diğ., 2012).

Çalışmamızda kullanılan hammateriyalin yağ içeriğinin yüksek olmasına bağlı olarak TBA değerinin depolamanın erken safhalarında arttığından duyuusal bozulma ile paralellik göstermediği anlaşılmaktadır.

Hocaoğlu ve diğ. (2012) karidesleri, 1, 3 ve 5 kGy dozda ışınlamışlar ve ışınlanan karideslerin TBA değerinin kontrol grubuna göre daha yüksek olduğunu ortaya koymuşlardır. Ayrıca TBA değeri depolama süresince yükselmiş ve sınır değeri aşmıştır. Benzer olarak Lakshmanan ve diğ. (1999), *Stolephorus commersonii* 'yi 2 kGy dozda ışınlamış ve ışınlanan balıkların TBA değerinin ışınlanmayanlara göre daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Nitekim, Paari ve diğ. (2012) de *Parupeneus indicus* ile yaptıkları çalışmada farklı dozlarda ışınladıkları balıklarda ışınlama dozuna bağlı olarak TBA değerinin arttığını ortaya koymuştur.

Çalışmamızda da 0. günde kontrol grubunun TBA değerlerinin ışınlananlardan önemli derecede düşük olduğu ($p<0,05$) görülmüştür. Ancak depolamanın ilerleyen safhalarında TBA değeri tüm gruplarda hızla artarak limit değerlerin üzerine ulaşmış ve yağlı bir balık olan uskumruda bozulma kriteri olarak değerlendirilememiştir.

5.4. MİKROBİYOLOJİK ANALİZLER

5.4.1. Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri Sayısı Sonuçları

Çiğ uskumrunun başlangıçtaki toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı 2,03 log kob/g olarak bulunmuştur. Fagan ve diğ. (2003), çiğ uskumrunun toplam bakteri yükünün 4,52 log kob/g; dondurulduktan sonra çözülen uskumrununkinin ise 4,26 log kob/g olduğunu bildirmiştir. ICMSF (1986) toplam bakteri sayısının kabul edilebilir en üst limitini deniz ve içsu balıkları için 6 log kob/g olarak bildirilmiştir. Çalışmamızdaki ham materiyalin mikrobiyolojik açıdan güvenilir ve iyi durumda olduğu anlaşılmaktadır. Bu tez çalışmasının ilk gün analizlerinde toplam aerobik mezofilik bakteri yükü kontrol grubunda 1,36 log kob/g; 2,5 kGy dozda ışınlanan grupta 0,33 log kob/g ve 5 kGy dozda ışınlananda da 0,67 log kob/g olarak tespit edilmiştir.

Kontrol örnekleri depolamanın 6. haftasında 6,52 log kob/g mezofilik aerobik bakteri yüküne sahipken ısıtılanlarda depolama süresince 6 log kob/g'a ulaşılmaması ısıtılmanın olumlu etkisini göstermektedir. Bu tez çalışmasındaki kontrol grubuna benzer şekilde, Gonzalez-Fandos ve diğ. (2004) gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) filetolarına aynı sıcaklık/süre uygulaması ile sous vide (70°C'de 10 dakika) yapmış ve çalışmamızdakiyle aynı sıcaklıkta (2°C) depolamıştır. Bu sıcaklıkta yapılan 45 günlük depolama sonunda mezofilik bakteri yükünü 6 log kob/g olarak bildirmiştir. Bizim çalışmamızda da benzer olarak sadece sous vide uygulanan kontrol grubunun bakteri yükünün 6. haftada yani 42. günde sınırı aşarak 6,52 log kob/g'a ulaştığı belirlenmiştir.

Farklı sıcaklık ve süre uygulanarak somon filetolarına sous vide yapılan bir çalışmada 65°C'de 15 dakika kombinasyonu ile sous vide uygulandığında 2°C'de depolanan balıkların 45. günde mezofilik aerobik bakteri yükünün 7,49 log kob/g olduğu bildirilmiştir. Ancak 90°C'de 15 dakika sous vide uygulandığında ise aynı depolama süresindeki mezofilik bakteri yükünün 3,11 log kob/g ve 2°C'de raf ömrünün 45 günden fazla olduğu ortaya konmuştur. Sous vide uygulamalarında ısıtma işlem süresi ve sıcaklık arttıkça mikrobiyal yükün düştüğü; ancak yüksek sıcaklık ve zaman uygulamasının mikrobiyal yönden en iyi sonucu verse de duyuşal açıdan kayıplara yol açtığı ve tüketici beğenisini olumsuz yönde etkilediği bildirilmektedir (Gonzalez-Fandos ve diğ., 2005). Nitekim, Shakila ve diğ. (2012), 95°C'de 20 dakika gibi yüksek sıcaklık/süre uygulaması ile pastörize edip 1 saat buzda bekleterek sous vide yaptıkları köri soslu balıkta (*Rachycentron canadum*), soğuk depolamanın (2°C) 4. haftasına kadar toplam bakteri yükü tespit edememiştir. Toplam bakteri sayısı depolama sonu olan 12. haftaya kadar 2,11 log kob/g'ı aşmayarak sabit değerlerde kalmıştır. Yine yüksek sıcaklık uygulanarak (90°C'de 10 dakika) sous vide yapılan ve 4°C'de depolanan somonların da 45 gün sonunda mezofilik bakteri sayısının <3,5 log kob/g'ı ve alabalıklarının ise <4 log kob/g'ı aşmadığı bildirilmiştir (Garcia-Linares ve diğ., 2004). Paik ve diğ. (2006) de yüksek sıcaklık uygulayarak (97°C'de 11 dakika) Kore usulü biftekleri sous vide paketlenmiş 15 haftalık soğuk (4°C) depolama süresince mezofilik bakteri sayısının 2 log kob/g'ı aşmadığını bildirmiştir.

Mol ve diğ. (2012) daha düşük ısı ile işlem ile sous vide (70°C 10 dakika) uyguladıkları mezgitin (*Merlangius merlangus*) başlangıçtaki toplam aerobik mezofilik bakteri sayısını 2,59 log kob/g olarak bildirmiş ve sınır değer olan 6 log kob/g'ı 4°C'de depolanan örneklerin 5. haftada geçtiğini bildirmiştir. Düşük süre-sıcaklıkta yapılan sous vide işleminde mikrobiyolojik raf ömrünün daha kısa olduğu anlaşılmaktadır. Benzer olarak Nyati (2000) de sous vide uygulanmış (70°C 2 dakika) balık filetoalarının (*Hyperoglyphe porosus*) 3°C'de 5 hafta depolanması sonucunda mezofilik bakteri yükünün 5 log kob/g'a ulaştığını tespit etmiştir.

Diğer bir çalışmada ise Cosansu ve diğ. (2011) palamut (*Sarda sarda*) balıklarının bir grubunu doğrudan bir grubunu ise limonla muamele ederek sous vide paketlemiş (70°C 10 dakika) ve soğuk depolama sırasında limon uygulanmış olan grubun daha uzun raf ömrüne sahip ve mikrobiyolojik açıdan daha güvenilir olduğunu bulmuştur. Bu çalışmada sous vide paketlemenin raf ömrüne olumlu etkisi olabilen diğer etkenlerle kombine olarak kullanıldığında daha başarılı sonuç elde edilebileceği ifade edilmiştir.

Toplam mezofilik aerobik bakteri sayımı, su ürünlerinin bakteriyolojik kalitesinin belirlenmesinde sık kullanılan bir yöntem olup; ışınlama teknolojisi de su ürünlerinde toplam bakteri sayısının depolama sırasında daha düşük kalabilmesini sağlayan bir muhafaza yöntemidir. Işınlanan balıkların bakteriyel yükü, ışınlanmayan kontrol grubuna göre daha düşük olup, ışınlama dozu arttıkça bakteriyel yük azalmaktadır. *Parupeneus indicus*'a farklı dozlarda ışınlama uygulanarak bakteri yükü üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Çiğ balığın başlangıç yükü 4,6 log kob/g olup 18 günlük depolama periyodu sonunda kontrol grubunun; 2 kGy dozda ışınlanan ve 6 kGy dozda ışınlanan grubun toplam canlı sayımları sırasıyla 7,6 log kob/g; 6,5 log kob/g ve 3,5 log kob/g olarak tespit edilmiştir (Paari ve diğ., 2012).

Lakshmanan ve diğ. (1999) tarafından yapılmış bir çalışmada ise 13°C'de buzda saklanan 2 kGy dozda ışınlanan balıkların (*Stolephorus commersonii*) raf ömürlerinin 20 gün olduğu; aynı koşullarda saklanan ışınlanmayan balıkların ise ancak 14 güne kadar kabul edilebilir olduğu bildirilmiştir. Toplam bakteri sayımında 0. gün değeri her iki grupta da 4 log kob/g civarında iken kontrol grubunda 10. günden sonra 6 log kob/g'ın üzerine çıkmıştır. Depolama süresince ışınlanan grubun kontrol grubundan 1-

2 log kob/g daha düşük değerlere sahip olduğu bildirilmiştir. Raf ömrünün işınlamaya bağlı olarak artması bozulmaya sebep olan gram negatif bakterilerin azalması ile sonuçlanan mikroflora değişimi nedeniyledir. Aynı zamanda birçok sporsuz patojen bakterinin de eliminasyonu işınlamanın getirdiği bir avantajdır.

Soğukta depolanan vakum paketlenmiş tuzlu ipuraya (*Sparus aurata*) işınlama uygulandığında, işınlama uygulanmayanlara göre daha düşük mezofilik bakteri yüküne sahip olduğu bildirilmiştir. Işınlanmayan ipuranın bakteri sayısının 14. günde; 1 kGy dozda işınlanan grubunki 21. günde ve 3 kGy dozda işınlananınki de 28. günde 6 log kob/g'ın üzerine çıktığı tespit edilmiştir (Chouliara ve diğ., 2004). Vakum paketlenmiş ipura ile yapılmış bir diğer çalışmada ise işınlanmayan grubun 9 gün; 1 kGy dozda işınlanan grubun 18 ve 3 kGy dozda işınlananınınin de 26 günde sınır değerleri aştığı bildirilmiştir (Chouliara ve diğ., 2005).

Karideslerle yapılmış bir çalışmada da karideslerin başlangıçtaki toplam mezofilik bakteri sayısının 6,22 log kob/g olduğu bildirilmiştir. İlk gün işınlanmayan kontrol grubunun mezofilik bakteri yükü 6,33 log kob/g; 1 kGy dozda işınlananın 4,34 log kob/g; 3 kGy dozda işınlananın 3,51 log kob/g ve 5 kGy dozda işınlanan grubunki de 1,73 log kob/g olarak bildirilmiştir (Hocaoğlu ve diğ., 2012). Işınlama teknolojisi sayesinde uygulanan dozun ykseklіğine bağlı olarak başlangıçtaki mikroorganizma yükünün azaldığı grlmektedir. Benzer olarak Badr (2012) da soğuk dumanlanarak vakum paketlenen somonun mezofilik aerobik bakteri yükünün uygulanan işın dozun bağlı olarak azaldığını bildirmiştir. 3 kGy dozda işınlama uygulanan ve 4°C'de depolanan somonların 7 haftalık depolama periyodu boyunca 5 log kob/g'ı geçmediği belirlenmiştir. Çalışmamızda da işınlanan örneklerin toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı 9 hafta boyunca sınır değerlerin altında kalmıştır.

4°C'de buzda depolanan levrek (*Dicentrarchus labrax*) ile yapılmış bir çalışmada başlangıçtaki mezofilik bakteri yükü <4 log kob/g olarak bulunmuştur. Işınlanmayan; 2,5 kGy ve 5 kGy dozda işınlanan levreklerin hiçbiri 6 log kob/g'ı aşmamış olduğu; ancak depolamanın ilerleyen aşamalarında kontrol grubunun işınlananalardan daha yüksek mezofilik aerobik bakteri yükü içerdiği bildirilmiştir (zden ve diğ., 2007b). Benzer bir çalışmada zden ve diğ. (2007a), 4°C'de buzda depolanan ipuranın (*Sparus*

aurata) başlangıçtaki mezofilik aerobik bakteri yükünü 4 log cfu/g olarak belirlemiştir. Işınlanmamış çipuraların duyusal olarak 13 gün; 2,5 kGy dozda ışınlananların 15 gün ve 5 kGy dozda ışınlanan çipuraların da duyusal olarak 17 gün tüketilebileceği ortaya koyulmuş olsa da ışınlanan gruplar mezofilik aerobik bakteri için verilen limit değeri hiç aşmamış; sadece ışınlanmayan grup aşmıştır. Işınlamanın duyusal açıdan tüketilebilir nitelik kaybedildiğinde de mikrobiyolojik açıdan güvenilirliği temin ettiği anlaşılmakta olup bu durum bulgularımızla uyum göstermektedir.

Çalışmamızdakine benzer olarak sous vide paketlemenin ışınlama ile kombine edildiği iki depolama çalışmasına rastlanmış olup bunlar kırmızı etlerin muhafazası ile ilgilidir.

Farkas ve diğ., (2003) sous vide uygulanmış (80°C 10,8 dakika) domates soslu et yemeğinin başlangıçtaki toplam aerobik mezofilik bakteri yükünün 1,65 log kob/g iken 4 kGy ışınlama sonrasında <0,48 log kob/g'a düşürüldüğünü bildirmiştir. Aynı çalışmada sous vide uygulanmış (80°C 14,5 dakika) tuzlanmış ve dumanlanmış domuz eti yemeğinde başlangıçta 8,41 log kob/g olan toplam mezofilik bakteri yükünün 4 kGy ışınlama sayesinde 0,95'e düştüğünü ortaya koymuştur. Bu durum ışınlamanın mikrobiyolojik kalitedeki olumlu etkisini göstermektedir. Sous vide tekniğinin ışınlama ile birlikte kullanımının mikrobiyolojik güvenlik ve kaliteyi dikkat çekici şekilde arttırabildiği ifade edilmiştir.

Farkas ve diğ. (2002), domuz eti yemeğini *Bacillus cereus* ile inoküle edip vakum paketlenmiştir. 5 kGy ışınlama uygulayıp ardından sous vide (80°C 11,5 dakika) yapıldığında başlangıçta 1,5 log kob/g olan spor sayımı 8 haftalık depolama süresince hiç değişmeden kalmıştır. Sous vide tekniğinin orta dozda gamma ışınlamasıyla kombinasyonun mikrobiyolojik güvenilirliği önemli ölçüde arttırdığı ve kalitenin devamlılığını sağladığı bildirilmiştir.

Çalışmamızda kontrol grubunun toplam mezofilik aerobik bakteri yükü 5. haftadan sonra sınır değerinin üzerine çıkmışken, 2,5 kGy ve 5 kGy dozda ışınlama yapılan gruplarda soğuk depolama (2°C ± 1) süresince 4 log kob/g'ın altında kalarak, balıkların duyusal olarak kabul edilemez hale geldiği günlerde dahi mikrobiyolojik olarak

güvenilir kalmasını sağlamıştır. Toplam mezofilik aerobik bakteri yükü sınır değeri sadece kontrol grubunda aşmıştır.

5.4.2. Toplam Psikrofilik Aerobik Bakteri Sayısı Sonuçları

Çiğ uskumrunun başlangıçtaki toplam psikrofilik aerobik bakteri sayısı 1,48 log kob/g olarak tespit edilmiştir. Psikrofilik aerobik bakteri yükü ilk gün kontrol grubunda 0,67 log kob/g; 2,5 kGy dozda ışınlanan grupta 0,87 log kob/g ve 5 kGy dozda ışınlananda da 0,33 log kob/g'dır. Mol ve diğ. (2007), soğukta depolanan balıklarda psikrofilik aerobik bakteri sayısı için kabul edilebilir üst sınır değeri 6 log kob/g olarak önermektedir. Çalışmamızda kontrol grubunun psikrofilik aerobik bakteri sayısı depolamanın 6. haftasında 6,93 log kob/g'a ulaşmış; ışınlanmış gruplarda ise depolama süresince 6 log kob/g'ın altında kalmıştır.

Kontrol grubunda depolamaya bağlı olarak artış gösteren psikrofilik aerobik bakteri sayısı 6. haftada 6 log kob/g'ın üzerine çıkmış; ancak ışınlanmamış gruplarda bu rakama depolama sonuna dek ulaşılmamıştır. Sous vide uygulanmış (70°C 10 dakika) soğukta depolanan mezgitlerin başlangıçta 2,61 log kob/g olan psikrofilik aerobik bakteri sayısının 5 haftalık depolama sonrasında 6 log kob/g'ı aştığı bildirilmiştir (Mol ve diğ., 2012). Aynı süre-sıcaklık uygulaması yapılmış olan çalışmamızda da ışınlanmamış olan sous vide örneklerinin psikrofilik aerobik bakteri yükünün benzer depolama süresi sonunda sınır değeri aştığı görülmüştür.

Bu tez çalışmasının kontrol grubunda olduğu gibi, Gonzalez-Fandos ve diğ. (2004) gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) filetolarına benzer sıcaklık/süre uygulaması ile sous vide (70°C'de 10 dakika) yapmış ve aynı sıcaklıkta (2°C) depolamıştır. Bu sıcaklıkta yapılan 45 günlük depolama sonunda psikrofilik bakteri yükü 5 log kob/g olarak bildirmiştir. Bizim çalışmamızda da sadece sous vide uygulanan kontrol grubunun 6. haftada yani 42. günde sınırı aşarak 6,93 log kob/g'a ulaşmıştır. Nitekim, bir diğer sous vide çalışmasında ise somon ve alabalıklar 90°C'de 10 dakika ısıl işleme tabi tutulmuş ve 4°C'de 45 günlük depolama sonucunda psikrofilik aerobik bakteri yükleri sırasıyla <3 log kob/g ve <4 log kob/g olarak bildirilmiştir (Garcia-Linares ve diğ., 2004). Daha yüksek sıcaklıkta ısıl işleme tabi tutulan sous vide paketlerdeki

psikrofilik aerobik bakteri yükünün depolama süresince daha düşük kaldığı anlaşılmaktadır.

Paik ve diğ. (2006) 97°C'de 11 dakika yüksek sıcaklık ile sous vide uyguladığı Kore usulü bifteklerin psikrofilik bakteri yükünün 15 haftalık soğuk (4°C) depolama süresince 1 log kob/g'ı aşmadığını ifade etmiştir. 90°C'de 15 dakika ve 65°C'de 10 dakika sous vide uygulanan somon filetoları 2°C'de 45 gün depolanmış; psikrofilik bakteri yüklerinin sırasıyla <1 log kob/g ve >6 log kob/g olduğu bulunmuştur. Bu da yüksek değerlerde yapılan sous vide işleminin mikrobiyolojik açıdan daha düşük değerleri temin ettiğini desteklemektedir. Ancak her ne kadar daha yüksek sıcaklık ve süre uygulamasının mikrobiyolojik açıdan iyi sonuç verdiği bildirilmişse de tüketici beğenisi açısından olumsuz olduğu ve duyuşsal kayıplara yol açtığı da bilinmektedir (Gonzalez-Fandos ve diğ., 2005).

Sous vide uygulanan (70°C'de 10 dakika) ve soğukta depolanan (4°C) palamutun (*Sarda sarda*) psikrofilik bakteri yükünün üründe bozulmanın görüldüğü 5. haftada 5,04 log kob/g olduğu; sous vide paketlemenin limon ilavesi ile kombine edildiği grupta ise ürünün bozulduğu 7. haftada 5,08 log kob/g olduğu bildirilmiştir. Yapılan kombinasyonun psikrofilik aerobik bakteri yükünü düşürdüğü anlaşılmıştır (Cosansu ve diğ., 2011). Aynı süre-sıcaklık kombinasyonu uygulanan bu tez çalışmasında ise sadece sous vide uygulanan kontrol grubunun psikrofilik aerobik bakteri yükü depolamanın 6. haftasında 6,93 log kob/g'a ulaşmış; ışınlananlarda ise depolama sonuna dek 6 log kob/g'a ulaşmayarak mikrobiyolojik güvenliği sağlamıştır. Yapılan kombine uygulamanın ürünün duyuşsal açıdan uygun olmadığında bile mikrobiyolojik açıdan güvenli olmasını sağladığı anlaşılmıştır.

Özden ve diğ. (2007a) buzda depolanan çipuraların (*Sparus aurata*) psikrofilik aerobik bakteri yükünün 17 günde sınır değeri aştığını; 2,5 kGy ve 5 kGy dozda ışınlanan örneklerinse 19 günde bu değerin üzerine çıktığını bildirmiştir. Benzer bir diğ. çalışmada da 4°C'de buzda depolanan levreklerin (*Dicentrarchus labrax*) psikrofilik aerobik bakteri sayısı 9. günde sınır değeri aşmışken; 2,5 kGy ve 5 kGy dozda ışınlananlarda sırasıyla 15 ve 17. günlerde sınırı aşmıştır (Özden ve diğ., 2007b). Işınlamanın doza da bağılı olarak psikrofilik aerobik bakteri yükünü düşürdüğü

görülmektedir. Nitekim Badr (2012), ışınlama uygulamasının soğuk dumanlanarak vakum paketlenen somonun psikrofilik aerobik bakteri yükünü uygulanan doza bağlı olarak düşürdüğünü bildirmiştir. 4°C’de depolanan somonlara 3 kGy dozda ışınlama uygulandığında 7 haftalık depolama periyodu boyunca 5 log kob/g’ı geçmediği belirlenmiştir.

Bu tez çalışmasında sadece sous vide uygulanan kontrol grubu 5. haftada 5,73 log kob/g ile sınır değere yaklaşmış ve 6. haftada da 6,93 log kob/g ile bu değeri aşmıştır; ancak diğer gruplarda depolama süresince bu değere ulaşılmamıştır. 2,5 kGy dozda ışınlama yapılan 2,5 kGy dozda ışınlanan grupta 7. haftada duyusal olarak tüketilemez düzeyde olan balıkların psikrofilik bakteri yükü 4,84 log kob/g olup üst sınır hiç aşılmamıştır. Aynı şekilde 5 kGy dozda ışınlama yapılan grubun da hiçbir haftada sınır değeri aşmamış olmasına rağmen 8. haftadan itibaren duyusal olarak tüketilemez olduğu ve bu haftada bakteri yükünün hala 3,04 log kob/g’da kaldığı görülmüştür. Dolayısıyla bu çalışmada raf ömrü 6 hafta olan kontrol grubu için toplam psikrofilik bakteri bir bozulma göstergesi olurken, ışınlanan gruplar için bundan söz etmek mümkün olmamış; ışınlamanın duyusal bozulma görülen süreçte bile toplam psikrofilik aerobik bakteri yükünün düşük kalmasını sağladığı anlaşılmıştır.

5.4.3. Toplam Anaerobik Bakteri Sayısı Sonuçları

Çalışmamızda çiğ uskumrunun başlangıçtaki toplam anaerobik bakteri sayısı 2,13 log kob/g olarak tespit edilmiştir. Sous vide gıdalar vakum paketlenildiğinden anaerobik bakterilerin gelişiminin kontrol edilmesi gerekli görülmektedir (Gonzalez-Fandos ve diğ., 2005).

İlk gün sadece sous vide uygulanan kontrol grubunun toplam anaerobik bakteri sayısı 1,10 log kob/g; 2,5 kGy ve 5 kGy dozda ışınlanan grupları ise 0,43 log kob/g bulunmuştur. Çalışmamıza benzer şekilde, 80°C’de 10,8 dakika sous vide uygulanan domates soslu et yemeğine ve 80°C’de 14,5 dakika sous vide uygulanan soslu dumanlanmış domuz eti yemeğine 4 kGy dozda ışınlama yapılmış bir çalışmada ilk gün anaerobik bakteri sayısının <0,48 log kob/g olduğu bildirilmiştir (Farkas ve diğ., 2003).

Paik ve diğ. (2006), sous vide uygulanmış Kore usulü hazırlanan biftek ile yaptıkları çalışmada 15 haftalık 4°C'deki depolama periyodu boyunca toplam anaerobik bakteri sayımında büyük değişiklikler gözlenmediğini bildirmiştir. Benzer olarak palamut (*Sarda sarda*) ile yapılmış bir diğer sous vide çalışmasında 3. haftaya kadar anaerobik bakteri yükü 1 log kob/g'ın altında kalmış, aynı çalışmada bir de sous vide uygulamasından önce limon suyu eklendiğinde belirgin olarak mikrobiyel yükte değişim gözlenmemiştir (Cosansu ve diğ., 2011).

Garcia-Linares ve diğ. (2004), sous vide uygulanmış (90°C 10 dakika) somon ve gökkuşağı alabalığı ile yapmış oldukları çalışmada depolamanın ilk 20 günü her iki balıkta da 1 log kob/g'dan daha az anaerobik mikroorganizma tespit edildiğini ve 45 günün sonunda ise sadece somonda mikrobiyel yükün 2 log kob/g olduğundan hafif bir artış gözlemlendiğini bildirmiştir.

Mol ve diğ. (2012), 70°C'de 10 dakika sous vide uyguladıkları mezgiti (*Merlangius merlangus*) 4°C ile 12°C'de depolamıştır. Sous vide mezgitin başlangıçtaki toplam anaerobik bakteri sayısını <1 log kob/g olarak bildirmiştir. Anaerobik bakteri popülasyonunda 12°C'de depolanan sous vide örneklerde 12. günde; 4°C'de depolananlarda 21. günde yükseliş meydana gelse de 2-3 log kob/g arasında kalmıştır.

Gonzalez-Fandos ve diğ. (2005) farklı sıcaklık ve süre kombinasyonları ile sous vide yapılan somon filetolarının başlangıçtaki anaerobik bakteri yükünü 4,30 log kob/g olarak bulmuştur. 90°C'de 15 dakika kombinasyonu ile sous vide yapıldığında anaerobik bakteri sayısının 2 log kob/g ve 2°C'de raf ömrünün 45 günden fazla olduğunu belirtmiştir. 65°C'de 10 dakika kombinasyonu uygulandığında ise anaerobik bakteri yükünün 45 günlük depolama sonunda 6 log kob/g'a çıktığını bildirilmiştir. Yüksek sıcaklık ve zaman uygulamasının mikrobiyal yönden en iyi sonucu verse de duyuşal açıdan kayıplara yol açtığı bildirilmiştir. Benzer bir çalışmada da 70°C'de 10 dakika sous vide uygulanan alabalıkların başlangıçtaki anaerobik bakteri yükü 4,30 log kob/g olduğu ve 45 gün 2°C'de depolama sonunda 6 log kob/g'ın üzerinde anaerobik bakteri gelişimi görüldüğü bildirmiştir (Gonzalez-Fandos ve diğ., 2004).

Çalışmamızda ise depolamanın ileriki aşamalarında anaerob bakteri sayısı artış göstermiş ve kontrol grubunda 5. haftada 5 log kob/g'ın üzerine çıkmıştır. Işınlanmış gruplarda ise depolama süresince bu kadar yüksek değerlere ulaşmadığı görülmüş olup ışınlamanın anaerob bakteri gelişimini de baskıladığı anlaşılmıştır. Çalışmamıza benzer bir uygulamayla, 70°C'de 10 dakika sous vide uygulanan palamut (*Sarda sarda*) 4°C'de depolanmış ve anaerobik bakteri yükünün bozulduğu 5. haftada 2,31 log kob/g olduğu tespit edilmiştir (Cosansu ve diğ., 2011). Çalışmamızda ise sadece sous vide yapılan kontrol grubu 6. haftada bozulmuş ve anaerobik bakteri yükünün 5,06 log kob/g olduğu belirlenmiştir.

Badr (2012), ışınlama uygulamasının soğuk dumanlanarak vakum paketlenen somonun anaerobik bakteri yükünü uygulanan doza bağlı olarak düşürdüğü bildirmiştir. 7 haftalık depolama periyodu boyunca 4°C'de depolanan somonların 3 kGy dozda ışınlama uygulandığında 5 log kob/g'ı geçmediği belirlenmiştir. Bizim çalışmamızda da ışınlanan grupların anaerobik bakteri sayısının 5 log kob/g'ın altında kaldığı tespit edilmiştir.

Bu tez çalışmasında soğuk depolama ($2^{\circ}\text{C} \pm 1$) boyunca kontrol grubunun diğerlerinden yüksek miktarda toplam anaerobik bakteri yüküne sahip olduğu; 5 kGy dozda ışınlanan grubun ise genellikle daha düşük sayıda anaerobik bakteri içerdiği gözlenmiştir.

5.5. SONUÇ

Bu tez çalışmasında sous vide ve ışınlama teknolojilerinin kombine edilerek kullanılmasının raf ömrüne etkisi incelenmiş olup uskumruya sous vide tekniği (70°C 10 dk) uygulandıktan sonra 5 kGy dozda ışınlama yapılmasının, duysal açıdan raf ömrünü diğer gruplara göre bir hafta daha uzattığı ve gerek 2,5 kGy gerekse 5 kGy dozda yapılan ışınlamaların mikrobiyolojik olarak güvenilirliği sağladığı ortaya konmuştur.

Soğuk depolama ($2^{\circ}\text{C} \pm 1$) süresince yapılan analizler sonucunda, kontrol grubu ile 2,5 kGy dozda ışınlanan grubun duysal açıdan raf ömürleri 6 haftayken 5 kGy dozda ışınlanan grubun raf ömrünün 7 hafta olduğu tespit edilmiştir.

TVB-N değerlerinin ise kontrol grubunda sınır değeri 6. haftada aştığı tespit edilmiş; ayrıca 6. haftada kontrol grubu ile ışınlanan gruplar arasındaki farkın istatistiki olarak önemli ($p < 0,05$) olduğu da bulunmuştur. Işınlanan gruplardaki örnekler sınır değeri soğuk depolama ($2^{\circ}\text{C} \pm 1$) süresince hiç aşmamıştır. Yağlı bir balık olan uskumrunun TBA değerleri sadece sous vide uygulanan kontrol grubunda 1. haftadan; diğer iki grupta ise ilk günden itibaren sınır değeri aşmıştır. pH ve TMA-N değerleri ise hiçbir grupta literatürde belirtilmiş olan sınır değerleri aşmadığından kalite göstergesi olarak ele alınamamıştır.

Çalışmamızda sous vide tekniğinin ışınlama uygulaması ile kombine edilmesinin mikrobiyolojik olarak daha güvenilir olduğu belirlenmiştir. Nitekim kontrol grubunun toplam mezofilik ve psikrofilik aerobik bakteri yükleri 6. haftadan itibaren ürünün bozulduğunu göstermişken, ışınlanan gruplardaki bakteri yükleri mikrobiyolojik açıdan risk teşkil etmemiştir.

Sous vide uygulamalarında yüksek sıcaklık ve süre ile işlem yapıldığında duyuşal açıdan kayıpların görülebildiği bilindiğinden daha düşük süre-sıcaklık uygulamaları tercih edilebilmekte, kimi zaman da hedeflenen süre-sıcaklık değerlerine ulaşamadığından yeterli pastörizasyon koşulları sağlanamamaktadır. Çalışmamızda sous vide paketlemenin ışınlama ile kombine edilmesi halinde mikrobiyolojik açıdan daha güvenilir bir sonuç elde edildiği görülmüş olup sous vide tekniğinin bu risklerinin azaltmak konusunda ışınlamanın yardımcı olabileceği görüşü ortaya çıkmıştır.

Su ürünlerinde mevcut kaliteyi yitirmeden raf ömrünü uzatmada farklı muhafaza tekniklerinin birlikte uygulandığı kombine yöntemler son yıllarda öne çıkmaktadır. Bu konuda daha farklı süre-sıcaklık uygulamaları yapılmış sous vide ürünlerin çeşitli ışınlama dozlarıyla kombine edileceği ileriki çalışmalara ihtiyaç vardır. Ayrıca bu kombinasyonun yağsız balık türleri ve diğer su ürünlerinde de denenmesi ve/veya yağlı ve yağsız balık türlerinin karşılaştırılacağı çalışmaları yapılması söz konusu olabilir. Bu tez çalışmasının ileride bu iki tekniğin kombine edilerek kullanılacağı araştırmalara ışık tutması; sektöre olumlu faydalar sağlanması ve sonuçların, bu konudaki çalışmalara kaynak oluşturması hedeflenmiştir.

KAYNAKLAR

- ALTUN, T., USTA, F., ÇELİK, F., DANABAŞ, D., 2004, Su ürünlerinin insan sağlığına yararları, *Türk Sucul Yaşam Dergisi*, 3, 11-18.
- ANDREWS, L. S., GRODNER, R-M., LIUZZO, J. A., 1994, Effects of split dose application on the radiosensitivity of *Listeria monocytogenes*, *Proceedings of the 19th Annual Tropical and Subtropical Fisheries Technological Conference of the Americas. September 11-13, 1994, New Orleans, Louisiana*, 59-88.
- ANON 1999, *Gıda İşnlama Yönetmeliği*, Resmi Gazete Tarih ve Sayısı; 6.11.1999, 23868.
- ANON 2002, *Gıda İşnlama Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılması Hakkında Yönetmelik*, Resmi Gazete Tarih ve Sayısı; 15.10.2002, 24907.
- ARAN, N., 2001, The effect of calcium and sodium lactates on growth from spores of *Bacillus cereus* and *Clostridium perfringens* in a ‘sous-vide’ beef goulash under temperature abuse, *International Journal of Food Microbiology*, 63, 117–123.
- ARMSTRONG, G. A., MCIIVEEN, H., 2000, Effects of prolonged storage on the sensory quality and consumer acceptance of sous vide meat-based recipe dishes, *Food Quality and Preference*, 11, 377-385.
- ARVANITOYANNIS, I. S., 2010, *Consumer behavior toward irradiated food*, In *Irradiation of Food Commodities*, Academic Press Elsevier B.V., United States, 978-0-12-374718-1, sf. 673-698.
- ARVANITOYANNIS, I. S., STRATAKOS, A., 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.
- AUBOURG, S. P., TORRES, J. A., SARAIVA, J. A., GUERRA-RODRIGUEZ, E., VAZQUEZ, M., 2013, Effect of high-pressure treatments applied before freezing and frozen storage on the functional and sensory properties of Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*), *LWT - Food Science and Technology*, 53(1), 100-106.
- BADR, H. M., 2012, Control of the potential health hazards of smoked fish by gamma irradiation, *International Journal of Food Microbiology*, 154, 177–186.
- BALCH, P. A., 2006, *Prescription for Nutritional Healing: A Practical A-to-Z Reference to Drug-Free Remedies Using Vitamins, Minerals, Herbs and Food Supplements*, 4th ed., Penguin, U.K., 1583332367.

- BAUMGART, J., 1986, *Lebensmittel tierischer Herkunft, Feinkosterzeugnisse, gefrorene, tiefgefrorene und getrocknete lebensmittel, Fertiggerichte, hitzekonservierte Lebensmittel, Speiseeis, Zucker, Kakao, Zuckerwaren, Rohmassen. Mikrobiologische Untersuchung von Lebensmitteln*, Edt: Jürgen Baumgart, unter Mitarbeit von Jürgen Firnhaber, Gottfried Spicher, 207, Behr's Verlag, Hamburg, 3-922528-91-0.
- BENEDÍTO, J., CAMBERO, M. I., ORTUNO, C., CABEZA, M. C., ORDONEZ, J. A., DE LA HOZ, L., 2011, Modeling and optimization of sensory changes and shelf-life in vacuum-packaged cooked ham treated by E-beam irradiation, *Radiation Physics and Chemistry*, 80, 505–513.
- BİLGİN, Ş., ÜNLÜSAYIN, M., GÜNLÜ, A., İZCİ, L., 2005, Sudak (*Sander lucioperca* Bogustkaya ve Naseka, 1996) ve kadife (*Tinca tinca* L., 1758) balığından balık ezmesi (PATÉ) yapımı, bazı kimyasal bileşenlerin ve kalite kriterlerinin belirlenmesi, *E. Ü. Su Ürünleri Dergisi*, 22 (3-4), 399-402.
- BOTTA, J. R., 1994, *Freshness quality of seafoods: A review*. Seafoods, Chemistry Processing Technology and Quality, Chapman & Hall, U.K, 0 7514 0218 4.
- CHAWLA, S. P., CHANDER, R., SHARMA, A., 2004, Safe and shelf-stable natural casing using hurdle technology, *Food Control*, 17, 127-131.
- CHEN, Y., GRODNER, R. M., ANDREWS, L. S., 1994, Effects of low-dose gamma irradiation on the bacterial microflora of freshly picked crabmeat, *Proceedings of the 19th Annual Tropical and Subtropical Fisheries Technological Conference of the Americas. September 11-13, 1994, New Orleans, Louisiana*, 46 – 58.
- CHOULIARA, I., SAVVAIDISA, I. N., PANAGIOTAKIS, N., KONTOMINAS, M. G., 2004, Preservation of salted, vacuum-packaged, refrigerated sea bream (*Sparus aurata*) fillets by irradiation: microbiological, chemical and sensory attributes, *Food Microbiology*, 21, 351–359.
- CHOULIARA, I., SAVVAIDISA, I. N., RIGANAKOS, K., KONTOMINAS, M. G., 2005, Shelf-life extension of vacuum-packaged sea bream (*Sparus aurata*) fillets by combined γ -irradiation and refrigeration: microbiological, chemical and sensory changes, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85, 779-784.
- CHURCH, I. J., PARSONS, A. L., 2000, The sensory quality of chicken and potato products prepared using cook–chill and sous vide methods, *International Journal of Food Science and Technology*, 35, 155-162.
- CHYTIRI, S., CHOULIARA, I., SAVVAIDISA, I. N., KONTOMINAS, M. G., 2004, Microbiological, chemical and sensory assessment of iced whole and filleted aquacultured rainbow trout, *Food Microbiology*, 21, 157–165.
- COSANSU, S., MOL, S., ALAKAVUK, D. U., OZTURAN, S., 2011, The effect of lemon juice on bonito (*Sarda sarda*, Bloch, 1793) preserved by sous vide packages, *International Journal of Food Science and Technology*, 46, 395-401.

- CREED, P. G., 2001, The potential of foodservice systems for satisfying consumer needs, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 2, 219-227.
- ÇADIRCI, Ö., GÖNCÜOĞLU, M., 2008, Balıkların raf ömürlerinin uzatılmasında uygulanan teknikler, *Veteriner Hekimler Derneği Dergisi*, 79(4), 23-28.
- ÇAKLI, Ş., 2007, *Su Ürünleri İşleme Teknolojisi 1 (Su Ürünleri İşleme Teknolojisinde Temel Konular)*, Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova, İzmir. 978-975-483-761-2.
- DEMİRCİ, A. Ş., GÜNER, K. G., 2008, Işınlama ve Gıda Güvenliği, *Türkiye 10. Gıda Kongresi; 21-23 Mayıs 2008, Erzurum*, 1031-1034.
- DIAZ, P., NIETO, G., BANON, S., GARRIDO, M. D., 2009, Determination of shelf life of *sous vide* salmon (*Salmo Salar*) based on sensory attributes, *Journal of Food Science*, 74(8), 371-376.
- DIAZ, P., GARRIDO, M. D., BANON, S., 2011, Spoilage of *sous vide* cooked salmon (*Salmo salar*) stored under refrigeration, *Food Science and Technology International*, 17(1), 31-37.
- DİLER, Ö., ALTUN, S., ÇALIKUŞU, F., DİLER, A., 2000, Gökkuşluğu alabalığının (*Oncorhynchus mykiss*) yaşadığı ortam ile ilişkili kalitatif ve kantitatif bakteriyel florası üzerine bir araştırma, *Tr. Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 24, 251-159.
- DOMINGO, J. L., BOCIO, A., FALCO, G., LLOBET, J. M., 2007, Benefits and risks of fish consumption Part I. A quantative analysis of the intake of omega-3 fatty acids and chemical contaminants, *Toxicology*, 230, 219-226.
- DUMAN, M., ÇOBAN, Ö. E., ÖZPOLAT, E., 2012, Biberiye ve kekik esansiyel yağları katkısının marine edilmiş kerevitlerin (*Astacus leptodactylus* Esch., 1823) raf ömrüne etkisinin belirlenmesi, *Kafkas Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Dergisi*, 18(5), 745-751.
- FAGAN, J. D., GORMLEY, T. R., MHUIRCHEARTAIGH, M. U., 2003, Effect of freeze-chilling, in comparison with fresh, chilling and freezing, on some quality parameters of raw whiting, mackerel and salmon portions, *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.*, 36, 647-655.
- FAO (Food and Agriculture Organization), 2012, *The state of world fisheries and aquaculture*, FAO Publishing, Rome, 978-92-5-107225-7.
- FARKAS, J., 2006, Irradiation for better foods, *Trends in food science & technology*, 17, 148-152.
- FARKAS, J., POLYAK-FEHER, K., MOHACSI-FARKAS, C., MESZAROS, L., ANDRASSY, E., SARAY, T., 2003, Studies on irradiation of pre-packaged prepared vegetables and improvement of microbiological safety of some *sous-vide* meals by gamma radiation, *Radiation processing for safe, shelf-stable and*

ready-to-eat food, Proceedings of a final Research Co-ordination Meeting held in Montreal, Canada, 10–14 July 2000, Austria: IAEA, 27-46.

- FARKAS, J., POLYAK-FEHER, K., ANDRASSY, E., MESZAROS, L., 2002, Improvement of microbiological safety of sous-vide meals by gamma radiation, *Radiation Physics and Chemistry*, 63, 345-348.
- FDA, 1984, *Bacteriological Analytical Manual*, 6th ed., Food and Drug Administration, Washington, D.C.
- FELLOWS, P. J., 2000, *Food Processing Technology - Principles and Practice*, 2nd ed., Woodhead Publishing, Cambridge, U.K., 1-85573-533-4.
- FRASER, O. P., SUMAR, S., 1998, Compositional changes and spoilage in fish (part II) – Microbiological induced deterioration, *Nutrition & Food Science*, 6, 325-329.
- GAMMA-PACK A.Ş, 2013, <http://www.gammapak.com/islemler.html> [Ziyaret Tarihi: 02 Şubat 2013].
- GAMMA-PACK A.Ş, 2013, <http://www.gammapak.com/gamma-isinlamasi.html> [Ziyaret Tarihi: 02 Şubat 2013].
- GARCIA-LINARES, M. C., GONZALEZ-FANDOS, E., GARCIA-FERNANDES, M. C., GARCIA-ARIAS, M. T., 2004, Microbiological and nutritional quality of sous vide or traditionally processed fish: Influence of fat content, *Journal of Food Quality*, 27, 371-387.
- GERDES, D. L., SANTOS VALDEZ, C., 1991, Modified atmosphere packaging of commercial Pacific red snapper (*Sebastes entomelas*, *Sebastes flavidus* or *Sebastes godei*), *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*, 24, 256-258.
- GEZGİN, Z., GÜNEŞ, G., 2003, Gıdaların gama ışınları ile muhafazası, *Gıda*, Aralık, 82-87.
- GHALY, A. E., DAVE, D., BUDGE, S., BROOKS, M. S., 2010, Fish spoilage mechanisms and preservation techniques: Review, *American Journal of Applied Sciences*, 7 (7), 859-877.
- GIROUX, M., LACROIX, M., 1998, Nutritional adequacy of irradiated meat – a review, *Food Research International*, 31(4), 257-264.
- GONZALEZ-FANDOS, E., VILLARINO-RODRIGEZ, A., GARCIA-LINARES, M. C., GARCIA-ARIAS, M. T., GARCIA-FERNANDES, M. C., 2005, Microbiological safety and sensory characteristics of salmon slices processed by the sous vide method, *Food Control*, 16, 77-85.
- GONZALEZ-FANDOS, E., GARCIA-LINARES, M. C., RODRIGEZ, A. V., GARCIA-ARIAS, M. T., GARCIA-FERNANDES, M. C., 2004, Evaluation of

the microbiological safety and sensory quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) processed by the sous vide method, *Food Microbiology*, 21, 193–201.

GORRIS, L. G. M., 1995, *The Concept of Combined Processing (Hurdle Technology) for Minimally Processing of Food*, Edt.: Oliveira, J. C., Minimal & Combined Processes, Process Optimisation and Minimal Processing of Foods, Porto, Portugal, 1-24.

GUILLEN-CASLA, V., ROSALES-CONRADO, N., LEON-GONZALEZ, M. E., PEREZ-ARRIBAS, L. V., POLO-DIEZ, L. M., 2011, Principal component analysis (PCA) and multiple linear regression (MLR) statistical tools to evaluate the effect of E-beam irradiation on ready-to-eat food, *Journal of Food Composition and Analysis*, 24, 456–464.

HE, H., ADAMS, R. M., FARKAS, D. F., MORRISSEY, M. T., 2002, Use of high-pressure processing for oyster shucking and shelf-life extension, *Journal of Food Science*, 67(2), 640-645.

HOCAOĞLU, A., DEMİRCİ, A. Ş., GÜMÜŞ, T., DEMİRCİ, M., 2012, Effects of gamma irradiation on chemical, microbial quality and shelf life of shrimp, *Radiation Physics and Chemistry*, 81, 1923–1929.

IAEA (International Atomic Energy Agency), 2001, *Annual Report 2000*, July 2001, Austria: printed by IAEA.

IAEA (International Atomic Energy Agency), 2003, *Radiation processing for safe, shelf-stable and ready-to-eat food, Proceedings of a final Research Co-ordination Meeting held in Montreal, Canada, 10–14 July 2000*, Austria: IAEA.

ICMSF, 1986, International Commission on Microbiological Specifications for Foods, 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, 181-196.

İNANLI, A. G., ÖZPOLAT, E., ÇOBAN, Ö. E., KARATON, N., 2011, Alabalık keki yapımı ve ürünün duyuşal, kimyasal kalitesi, *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, 4(1), 149-153.

JANG, J. D., LEE, D. S., 2005, Development of a sous-vide packaging process for Korean seasoned beef, *Food Control*, 16, 285-291.

JANG, J. D., SEO, G. H., LYU, E. S., YAM, K. L., LEE, D. S., 2006, Hurdle effect of vinegar and sake on Korean seasoned beef preserved by sous vide packaging, *Food Control*, 17, 171-175.

JUNEJA, V. K., 2006, Delayed *Clostridium perfringens* growth from a spore inocula by sodium lactate in sous-vide chicken products, *Food Microbiology*, 23, 105-111.

- JUNEJA, V.K., NOVAK, J. S., 2003, Heat resistance of *Escherichia coli* O157:H7 in cook-in-bag ground beef as affected by pH and acidulant, *International Journal of Food Science and Technology*, 38, 297-304.
- KILIÇ, E., ŞANLIER, N., 2007, Üç kuşak kadınının beslenme alışkanlıklarının karşılaştırılması, *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 15(1), 31-44.
- KRIS-ETHERTON, P. M., HARRIS, W. S., APPEL, L. J., 2002, Fish consumption, fish oil, omega-3 fatty acids, and cardiovascular disease, *Circulation*, 106, 2747-2757.
- KRIZEK, M., MATEJKOVA, K., VACHA, F., DADAKOVA, E., 2012, Effect of low-dose irradiation on biogenic amines formation in vacuum-packed trout flesh (*Oncorhynchus mykiss*), *Food Chemistry*, 132, 367-372.
- LACROIX, M., OUATTARA, B., SAUCIER, L., GIROUX, M., SMORAGIEWIEZ, W., 2004, Effect of gamma irradiation in presence of ascorbic acid on microbial composition and TBARS concentration of ground beef coated with an edible active coating, *Radiation Physics and Chemistry*, 71, 71-75.
- LAKSHMANAN, R., VENUGOPAL, V., VENKETASHVARAN, K., BONGIWAR, 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.
- LARSEN, R., EILERTSEN, K., ELVEVOLL, E. D., 2011, Health benefits of marine foods and ingredients, *Biotechnology Advances*, 29, 508-518.
- LICHTENSTEIN, A. H., APPEL, L. J., BRANDS, M., CARNETHON, M., DANIELS, S., FRANCH, H. A., FRANKLIN, B., KRIS-ETHERTON, P., HARRIS, W. S., HOWARD, B., KARANJA, N., LEFEVRE, M., RUDEL, L., SACKS, F., HORN, L. V., WINSTON, M., WYLIE-ROSETT, J., 2006, Diet and lifestyle recommendations revision 2006: A scientific statement from the American Heart Association nutrition committee, *Circulation*, 114, 82-96.
- LUDORFF, W., MEYER, V., 1973, *Fische und Fischerzeugnisse*, Paul Parey Verlag, Berlin, pp 95-111, 176-269.
- MARTENS, T., SHELLEKENS, M., 1996, *The sous vide process*, Edt.: Oliveira, J. C., Minimal & combined processes, Process optimisation and minimal processing of foods, Porto, Portugal, 25-37.
- MASNIYOM, P., 2011, Deterioration and shelf-life extension of fish and fishery products by modified atmosphere packaging, *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 33(2), 181-192.
- MBARKI, R., MILOUD, N. B., SELMI, S., DHIB, S., SADOK, S., 2009, Effect of vacuum packaging and low-dose irradiation on the microbial, chemical and

- sensory characteristics of chub mackerel (*Scomber japonicus*), *Food Microbiology*, 26, 821-826.
- MBARKI, R., SADOK, S., BARKALLAH, I., 2008, Influence of gamma irradiation on microbiological, biochemical, and textural properties of bonito (*Sarda sarda*) during chilled storage, *Food Science and Technology International*, 14(4), 367-373.
- MCMANUS, A., FIELDER, L., NEWTON, W., WHITE, J., 2011, Health benefits of seafood for men, *Journal of Men's Health*, 8(4), 252-257.
- MIGUEL-GARCIA, D. Y., JUNEJA, V. K., VALENZUELA-MELENDEZ, M., DINAZ-CINCO, M. E., THIPPAREDDI, H., PENA-RAMOS, A., 2009, *Clostridium perfringens* growth from spore inocula in sous-vide processed Pork-Based Mexican Entree, *Journal of Food Science*, 74(4), 172-176.
- MOHANTY, B. P., GANGULY, S., KARUNAKARAN, D., CHAKRABORTY, K., SHAMA, A. P., MOHAPATRA, P. K. R., NAYAK, N. R., 2012, Maternal fish consumption and prevention of low birth weight in the developing world, *National Academy Science Letters*, 35(5), 433-438.
- MOL, S., ÖZTURAN, S., COŞANSU, S., 2012, Determination of the quality and shelf life of sous vide packaged Whiting (*Merlangius merlangus euxinus*, NORDMAN, 1840) stored at cold (4°C) and temperature abuse (12°C), *Journal of Food Processing and Preservation*, 36, 497-503.
- MOL, S., CEYLAN, Z., 2011, Su ürünleri ve ışınlama teknolojisi, *Dünya Gıda Dergisi*, 10. 79-87.
- MOL, S., ÖZTURAN, S., 2009, Sous-vide teknolojisi ve su ürünlerindeki uygulamalar, *Journal of Fisheriesciences.com*, 3(1), 68-75.
- MOL, S., ERKAN, N., ÜÇOK, D., TOSUN, Ş. Y., 2007, Effect of psychrophilic bacteria to estimate fish quality, *Journal of Muscle Foods*, 18(1), 120-128.
- MOL, S., 2005, Preparation and the shelf-life assessment of ready-to-eat fish soup, *European Food Research and Technology*, 220, 305-308.
- MOL, S., ÖZDEN, Ö., ERKAN, N., BAYGAR, T., 2004, İthal uskumruların değişik çözülme koşullarındaki kalite parametrelerinin belirlenmesi, *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 28, 1071-1077.
- MOL, S., VARLIK, C., 2004, *Hazır Yemek (Catering) Teknolojisi*, Edt.: Varlık, C., Su Ürünleri İşleme Teknolojisi, İ.Ü. Basın ve Yayınevi Müdürlüğü, İstanbul, 359-377.
- MOLINS, R. A., MOTARJEMI, Y., KAFERSTEIN, F. K., 2001, Irradiation: A critical control point in ensuring the microbiological safety of raw foods, *Food Control*, 12, 347-356.

- NAM, K. C., KO, K. Y., MIN, B. R., ISMAIL, H., LEE, E. J., CORDRAY, J., AHN, D. U., 2006, Influence of rosemary–tocopherol/packaging combination on meat quality and the survival of pathogens in restructured irradiated pork loins, *Meat Science*, 74, 380-387.
- NYATI, H., 2000, An evaluation of the effect of storage and processing temperatures on the microbiological status of sous vide extended shelf-life products, *Food Control*, 11, 471- 476.
- OĞUZHAN, P., ANĞIŞ, S., ATAMANALP, M., 2009, Erzurum ilindeki tüketicilerin su ürünleri tüketim alışkanlığının belirlenmesi üzerine araştırma, XV. *Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu, 01-04 Temmuz 2009, Rize*, 1-6.
- OHLSSON, T., BENGSTON, N., 2002, *Minimal Processing of Foods With Thermal Methods*, Woodhead Publishing, Cambridge, U.K, 978-1-85573-547-7.
- OKEN, E., ØSTERDAL, M. L., GILLMAN, M. W., KNUDSEN, V. K., HALLDORSSON, T. I., STRØM, M., BELLINGER, D. C., HADDERS-ALGRA, M., MICHAELSEN, K. F., OLSEN, S. F., 2008, Associations of maternal fish intake during pregnancy and breastfeeding duration with attainment of developmental milestones in early childhood: a study from the Danish National Birth Cohort, *The American Journal of Clinical Nutrition*, 88, 789-796.
- ORAEI, M., MOTALLEBİ, A., HOSEINI, E., JAVAN, S., 2012, Effect of gamma irradiation and frozen storage on chemical and sensory characteristics of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillet, *International Journal of Food Science and Technology*, 47, 977–984.
- ÖZDEN, Ö., İNUĞUR, M., ERKAN, M., 2007a, Preservation of iced refrigerated sea bream (*Sparus aurata*) by irradiation: Microbiological, chemical and sensory attributes, *European Food Research Technology*, 225, 797–805.
- ÖZDEN, Ö., İNUĞUR, M., ERKAN, M., 2007b, Effect of different dose gamma radiation and refrigeration on the chemical and sensory properties and microbiological status of aqua cultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*), *Radiation Physics and Chemistry*, 76, 1169–1178.
- ÖZDEN, Ö., 2004, *Su Ürünlerinde Işınlama Teknolojisi*, Edt.: Varlık, C., Su Ürünleri İşleme Teknolojisi, İ.Ü. Basın ve Yayınevi Müdürlüğü, İstanbul, 345-358.
- ÖZTURAN, S., 2009, *Vakum ambalajda pişirilmiş (sous vide) balıkta kalite ve raf ömrünün belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- PAARI, A., KANMANI, P., SATISKUMAR, R., YUVARAJ, N., PATTUKUMAR, V., AGRAWAL, M., 2012, The combined effect of irradiation and antioxidant packaging on shelf life extension of goat fish (*Parupeneus indicus*): Microbial, chemical and EPR spectral assessment, *Journal of Food Processing and Preservation*, 36, 152-160.

- PAIK, H. D., KIM, H. J., NAM, K. J., KIM, C. J., LEE, S. E., LEE, D. S., 2006, Effect of nisin on the storage of sous vide processed Korean seasoned beef, *Food Control*, 17, 994-1000.
- PAULUS, K., GUTSCHMIT, J., FRICKER, A., 1969, Bewertungsscheme-Entwicklung, anwendbarkeit, modifikationen, *Lebensm. Wiss.u. Technol*, 2, 132-139.
- PICOUET, P. A., COFAN-CARBO, S., VILAASECA, H., BALLBE, L. C., CASTELLS, P., 2011, Stability of sous-vide cooked salmon loins processed by high pressure, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 12, 26-31.
- PLACEK, V., SVOBODOVA, V., BARTONICEK, B., ROSMUS, J., CAMRA, M., 2004, Shelf-stable food through high dose irradiation, *Radiation Physics and Chemistry*, 71, 513-516.
- RAYMAN, P. M., 2012, Selenium and human health, *Lancet*, 379, 1256-1268.
- RODGERS, S., 2003, Potential applications of protective cultures in cook-chill catering, *Food Control*, 14, 35-42.
- RYBKA-RODGERS, S., 2001, Improvement of food safety design of cook-chill foods, *Food Research International*, 34, 449-455.
- SANT'ANA, L. S., MANCINI, F., J., 2000, Influence of the addition of antioxidants in vivo on the fatty acid composition of fish fillets, *Food Chemistry*, 68, 175-178.
- SCHORMÜLLER, J., 1968, *Handbuch der Lebensmittel Chemie*, Band III/2 Teil. Tierische Lebensmittel Eier, Fleisch, Buttermilch, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York.
- SHAKILA, R. J., RAJ, B. E., FELIX, N., 2012, Quality and safety of fish curry processed by sous vide cook chilled and hot filled technology process during refrigerated storage, *Food Science and Technology International* 18(3), 261-269.
- SHAMSUZZAMAN, K., CHUAQUI-OFFERMANN, N., LUCHT, L., McDOUGALL, T., BORSA, J. 1992, Microbial and other characteristics of chicken breast meat following electron-beam and sous-vide treatments, *Journal of Food Protect*, 55, 528-533.
- SIKORSKI, Z. E., KOLAKOWSKA, A., BURT, J.R., 1990, *Postharvest biochemical and microbial changes*, Ed.: Sikorski, Z. E., *Seafood: Resources, Nutritional Composition and Preservation*, CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida.
- SOMMERS, C. H., BOYD, G., 2006, Variations in the radiation sensitivity of foodborne pathogens associated with complex ready-to-eat food products, *Radiation Physics and Chemistry*, 75, 773-778.

- SÜMBÜLOĞLU, K., SÜMBÜLOĞLU, V., 1990, *Biyoistatistik*, Hatiboğlu Yayınevi, İstanbul, Türkiye, 975-7527-12-2.
- SZERMAN, N., GONZALEZ, C. B., SANCHO, A. M., GRIGIONI, G., CARDUZA, F., VAUDAGNA, S. R., 2007, Effect of whey protein concentrate and sodium chloride addition plus tumbling procedures on technological parameters, physical properties and visual appearance of sous vide cooked beef, *Meat Science*, 76(3), 463-473.
- ŞENGÖR, G. F., ÇELİK, U., AKKUŞ, S., 2000, Buzdolabı koşullarında depolanan istavrit balığı (*Trachurus trachurus*, L. 1758)'nın tazeliğinin ve kimyasal bileşiminin belirlenmesi, *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 24, 187-193.
- TANGUY, S., GRAUZAM, S., LEIRIS, J. D., BOUCHER, F., 2012, Impact of dietary selenium intake on cardiac health: Experimental approaches and human studies, *Molecular Nutrition & Food Research*, 56, 1106-1121.
- TÜKENMEZ, İ., ERSEN, M. S., BAKIOĞLU, A. T., BİÇER, A., PAMUK, V., 1997, Dose dependent oxidation kinetics of lipids in fish during irradiation processing, *Radiation Physics and Chemistry*, 50(4), 407-414.
- ÜÇOK, D., 2003, *İstanbul Balık Halinin Hijyenik Koşullarının Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- VARLIK, C., ÖZDEN, Ö., ERKAN, N., ÜÇOK ALAKAVUK, D., 2007, *Su Ürünlerinde Temel Kalite Kontrol*, İstanbul Üniversitesi Yayını, İstanbul, 975-404-771-5.
- VARLIK, C., ERKAN, N., BAYGAR, T., 2004, *Su Ürünleri Besin Bileşimi*. Edt.: Varlık, C., Su Ürünleri İşleme Teknolojisi, İ.Ü. Basın ve Yayınevi Müdürlüğü, İstanbul, 1-94.
- VARLIK, C., ÜÇOK, D., 2002, Su ürünlerinin beslenmedeki önemi ve değeri, *Tarım İstanbul*, 80, 13-15.
- VARLIK, C., ERKAN, N., METİN, S., BAYGAR, T., ÖZDEN, 2000, Marine balık köftesinin raf ömrünün belirlenmesi, *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 24, 593.
- VARLIK, C., UĞUR, M., GÖKOĞLU, N., GÜN, H., 1993, Su Ürünlerinde Kalite Kontrol İlke ve Yöntemleri, *Gıda Teknolojisi Derneği*, No: 17, 4-5.
- VENUGOPAL, V., 2006, *Cook-Chill Processing*, Chapter 5, Seafood Processing: Adding Value Through Quick Freezing, Retortable Packaging, and Cook-Chilling, CRC Press Taylor & Francis Group, USA, pp. 141-166.
- VYNCKE, W., 1981, 12th Western European Fish Technologists' Association (WEFTA) Meeting, Copenhagen, Denmark.

- WTO (World Trade Organization)., 2011, *World Trade Report*, WTO Publications: Geneva, Switzerland, 978-92-870-3764-0.
- YAN, H. J., LEE, E. J., NAM, K. C., MIN, B. R., AHN, D. U., 2006, Effects of dietary functional ingredients and irradiation on the quality of cooked turkey breast meat during storage, *Journal of Food Science*, 71(9), 556-563.
- YANAR, Y., FENERCİOĞLU, H., 1999, Sazan (*Cyprinus carpio*) etinin balık köftesi olarak değerlendirilmesi, *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 23, 361-365.
- YAGIZ, Y., KRISTINSSON, H. G., BALABAN, M. O., WELT, B. A., RALAT, M., MARSHALL, M. R., 2009, Effect of high pressure processing and cooking treatment on the quality of Atlantic salmon, *Food Chemistry*, 116(4), 828–835.
- YAGIZ, Y., KRISTINSSON, H. G., BALABAN, M. O., WELT, B. A., RAGVAHAN, S., MARSHALL, M. R., 2010, Correlation between astaxanthin amount and a* value in fresh Atlantic salmon (*Salmo salar*) muscle during different irradiation doses, *Food Chemistry*, 120, 121-127.
- YEŞİLAYER, N., ERDEM, M., ARAL, O.,Z., 2008, Karotenoid içeren yemlerle beslenen Gökkuşığı alabalıklarında (*Oncorhynchus mykiss*) renk geri dönüşümünün enstrümental (fiziksel) ve renk kartı yöntemi ile incelenmesi, *Journal of Fisheriesciences.com*, 2(3), 560-569.
- ZEUTHEN, P., BOGH-SORENSEN, L., 2003, *Food Preservation Techniques*, Woodhead Publishing, Cambridge, U.K, 1-57444-622-3.

ÖZGEÇMİŞ

1986 yılında İstanbul'da doğdu. Özel Darüşşafaka Lisesi'nden 2004 yılında mezun oldu. 2004-2005 yılında AFS Kùltürler arası Değişim Programı ile bir sene süresince Nes Videregående Skole'de (Norveç) eğitim aldı. Lisans eğitimini Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi'nde 2009 yılında tamamladı. Yüksek lisans eğitimine İstanbul Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, İşleme Teknolojisi Anabilim Dalında devam etti. İstanbul Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi'nde Araştırma Görevlisi olarak 2010 yılından beri görevine devam etmektedir. İyi derecede İngilizce ve Norveççe bilmektedir.

Hande DOĞRUYOL TANRIVERDİ