

T.C.
BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOTEKNOLOJİ ANABİLİM DALI

**UV KURUTMA YÖNTEMİNİN KURUTULMUŞ BALIK ÜRETİMİNDE LİPİD
PEROKSİDASYONU ÜZERİNE ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

RAHİME DOĞAN

TEZ DANIŞMANI

DR.ÖĞR.ÜYESİ ALPER KÜRŞAT DEMİRKAYA

BİLECİK, 2022

10500186

T.C.
BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOTEKNOLOJİ ANABİLİM DALI

**UV KURUTMA YÖNTEMİNİN KURUTULMUŞ BALIK ÜRETİMİNDE LİPİD
PEROKSİDASYONU ÜZERİNE ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

RAHİME DOĞAN

TEZ DANIŞMANI
DR.ÖĞR.ÜYESİ ALPER KÜRŞAT DEMİRKAYA

BİLECİK, 2022

10500186



**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
TEZ SAVUNMA SINAVI JÜRİ ONAY FORMU**

BŞEÜ-KAYSIS Belge No	DFR-360
İlk Yayın Tarihi/Sayısı	26.08.2022/35
Revizyon Tarihi	
Revizyon No.su	
Toplam Sayfa	01

Not: Formdaki ıslak imzalı kısımlar hariç tüm bilgileri bilgisayar ortamında doldurulmalıdır. El yazısı ile doldurulan formlar işleme alınmayacaktır.

Öğrencinin,

Adı Soyadı :Rahime DOĞAN

Anabilim/Anasanat Dalı :Biyoteknoloji Anabilim Dalı

Programı :Biyoteknoloji

Tez Danışmanı :Dr.Öğr. Üyesi Alper Kürşat DEMİRKAYA

Tez Başlığı :UV Kurutma Yönteminin Kurutulmuş Balık Üretiminde Lipit Peroksidasyonu

Üzerine Etkisi

Tezin İngilizce Başlığı : The Effect of UV Drying Method on Lipit Peroxidation in Dried Fish Production

Savunma Sınavı Tarihi : 13/09/2022

Yukarıda bilgileri verilen tez çalışması ilgili EYK kararıyla oluşturulan jüri tarafından **OY BİRLİĞİ** ile Biyoteknoloji Anabilim Dalında **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri;

Unvan, Ad Soyad	İmza
Dr.Öğr.Üyesi Alper Kürşat DEMİRKAYA	
Prof.Dr. Gülşah ÇANAKÇI ADIGÜZEL	
Doç.Dr. Ayça KIYAK YILDIRIM	

ONAY

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun .. /.. / 20.. tarih ve ../.. sayılı kararı.

Enstitü Müdürü Unvan, Ad Soyad

İmza/Mühür

BEYAN

“UV Kurutma Yönteminin Kurutulmuş Balık Üretiminde Lipid Peroksidasyonu Üzerine Etkisi” adlı yüksek lisans tezi hazırlık ve yazımı sırasında bilimsel araştırma ve etik kurallarına uyduğumu, başkalarının eserlerinden yararlandığım bölümlerde bilimsel kurallara uygun olarak atıfta bulunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, tezin herhangi bir kısmının Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını, aksinin tespit edileceği muhtemel durumlarda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Bu çalışmanın, Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP), TÜBİTAK veya benzeri kuruluşlarca desteklenmesi durumunda; projenin ve destekleyen kurumun adı proje numarası ile birlikte, ETİK KURUL onayı alınması durumunda ise ETİK KURUL tarih karar ve sayı bilgilerinin beyan edilmesi gerekmektedir.			
DESTEK ALINMIŞTIR	<input type="checkbox"/>	DESTEK ALINMAMIŞTIR	<input checked="" type="checkbox"/>
Destek alındı ise;			
Destekleyen kurum;			
Desteğin Türü		Proje Numarası	
1- BAP (Bilimsel Araştırma Projesi)			
2- TÜBİTAK			
Diğer;.....			
ETİK KURUL onayı var ise;			
ETİK KURUL karar tarih/sayı:	/.....	

Rahime Doğan

Tarih

.....

İmza

.....

ÖN SÖZ

Tez çalışmam boyunca danışmanlığımı yürüten, bilgi, tecrübe ve yardımlarını esirgemeyen, değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Alper Kürşat DEMİRKAYA'ya sonsuz teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Yüksek lisans ve hayatım boyunca maddi ve manevi destekleriyle yanımda olan en kıymetlim, annem Behiye DOĞAN'a, ablam Zeliha Karakuş ve ailesine, yeğenlerim Şule, Mehmet ve Zehra KARAKUŞ'a, abim Fedli DOĞAN ve ailesine, yeğenlerim A. Enes, Belinay, Ö.Faruk ve Y.Emre DOĞAN'a, ablam Perizade Yalçın ve ailesine, ablam Nurcan DOĞAN'a, kardeşim M. Emin ve Ramazan DOĞAN'a, kardeşim E. Yeşim CAN'a ve ailesine ve son olarak hayatta olmasada can içimde olan babam Abdurrahman DOĞAN'a sonsuz teşekkür ederim.

Yüksek lisans süresince desteklerini esirgemeyen sevgili dayım Mehmet ERDURAN'a ve ailesine, Bilecik'de tanıştığım çok kıymetli Nergis Çelik'e, Ayşegül ALTUN'a ve ailelerine teşekkür ederim.

Hayatımın her anında yanımda olup destek veren ve beni hiç yalnız bırakmayan değerli arkadaşlarım Ülkü Hülya BUZCU'ya ve ailesine, Sevilay BÜYÜKBOĞA'ya ve ailesine, Sariye Koç'a ve ailesine, Arzu SEZER'e, Alime ÇOLAK'a ve S.Özlem AYDIN'a ve ailesine teşekkür ederim.

Yüksek Lisansım süresince derslerini aldığım ve bana tezim sırasında destek olan Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi'ndeki hocalarıma ve arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Rahime DOĞAN

2022

ÖZET

UV KURUTMA YÖNTEMİNİN BALIK ÜRETİMİNDE LİPİD PEROKSİDASYONU ÜZERİNE ETKİSİ

Dünya nüfusunun artması ve gıda kaynaklarının kısıtlı olması bu kaynakların daha verimli kullanılmasının önemini artırmıştır. İnsan beslenmesinde et ve et ürünleri oldukça önemli bir yer tutmaktadır. Et ve et ürünleri fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik olarak bozulmalara karşı oldukça hassas gıda maddeleridir. Et bileşiminde bulunan karbonhidrat, yağ ve proteinin parçalanması etin insan sağlığı açısından olumsuzluklara, kötü tadın ve kokunun oluşmasına neden olmaktadır. Gıda maddesinin hijyenik ve ekonomik olmasının yanı sıra bileşiminde karbonhidrat, yağ, protein, vitaminler ve mineral maddeleri yeterli ve dengeli oranda bulundurması gerekmektedir. Su ürünleri bu özelliklere sahip gıda ürünleridir ve balıklar bu besin grubu içerisinde ilk sırada yer almaktadır. Balık etini en çok değerli kılan unsurlardan biri de enerji veren önemli bir besin ögesi olan doymamış yağları uygun miktarlarda içermesidir. Yüksek konsantrasyonda doymamış olan yağ asitlerini içermekte olan gıdalar lipid peroksidasyonuna karşı son derece hassastır. Lipid peroksidasyonu, gıdalarda renk, tat, aroma, tekstür ve besin değerlerinde kayıplara ve peroksidasyon ürünlerinin oluşumlarına neden olan zincirleme şeklinde reaksiyonlardır. Bu şekilde zincirleme reaksiyonlar, foto-oksidadif şeklinde ya da serbest radikallerin otokataliz mekanizmaları ile gerçekleşmektedir. Balık ve ürünlerinin kalitesini belirleyen ve raf ömrünü sınırlayan en önemli değişimlerden birisi de lipid peroksidasyonudur. Tarihsel süreçte, etin bozulmasını önlemek ve raf ömrünü uzatmak için tuzlama, kurutma, tütsüleme, fermantasyon ve konserve gibi geleneksel yöntemlerin kullanıldığı görülmektedir. Balık ve balık ürünlerinde lipid peroksidasyonunu önlemek ve besin değerlerini korumak amacıyla yeni işleme yöntemleri geliştirilmektedir. Bu amaçla, kurutulmuş balık ve ürünlerinin üretiminde, çeşitli gıda maddelerinin de üretim süreçlerinde yaygın olarak kullanılmakta olan ultraviyole ışık uygulamalarından yararlanılabileceği düşünülmektedir. Kurutulmuş balık ve ürünlerinde lipid oksidasyon düzeylerini azaltan ve duyuşsal özelliklerini olumsuz etkilemeyen farklı dozlarda ultraviyole ışık uygulamaların kullanılabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Lipit Peroksidasyonu, Ultraviyole Işık, Balık, Kurutma.

ABSTRACT

THE EFFECT OF UV DRYING METHOD ON LIPIT PEROXIDATION

IN DRIED FISH PRODUCTION

The increase in the world population and the limited food resources have increased the importance of using these resources more efficiently. Meat and meat products have a very important place in human nutrition. Meat and meat products are highly sensitive foodstuffs against physical, chemical and microbiological spoilage. The breakdown of carbohydrates, fats and proteins in the meat composition causes negative effects on human health, bad taste and odor. In addition to being hygienic and economical, the foodstuff should contain carbohydrates, fats, proteins, vitamins and minerals in sufficient and balanced proportions. Fisheries are food products with these characteristics, and fish are in the first place in this food group. One of the elements that makes fish meat the most valuable is that it contains unsaturated fats, an important energy-giving nutrient, in appropriate amounts. Foods containing high concentrations of unsaturated fatty acids are extremely sensitive to lipid peroxidation. Lipid peroxidation is a chain reaction that causes loss of colour, flavour, aroma, texture and nutritional value in foods and the formation of peroxidation products. In this way, chain reactions take place in the form of photo-oxidatives or by autocatalysis mechanisms of free radicals. One of the most important changes that determine the quality of fish and its products and limit the shelf life is lipid peroxidation. In the historical process, it is seen that traditional methods such as salting, drying, smoking, fermentation and canning have been used to prevent meat from spoiling and to extend its shelf life. New processing methods are being developed in order to prevent lipid peroxidation and preserve their nutritional values in fish and fish products. For this purpose, it is thought that ultraviolet light applications, which are widely used in the production of dried fish and its products, and in the production processes of various foodstuffs, can be utilized. It is thought that different doses of ultraviolet light applications can be used in dried fish and its products, which reduce lipid oxidation levels and do not adversely affect their sensory properties.

Keywords: Lipid Peroxidation, Ultraviolet Light, Fish, Drying.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖN SÖZ.....	i
ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
TABLolar LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vii
KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ	viii
1.GİRİŞ.....	1
2.LİPİDLER.....	4
2.1. Yağ Asitleri.....	4
2.2. Lipid Oksidasyonu Oluşum Mekanizması	5
2.3. Hidroperoksitlerin Oluşumu ve Bozunması.....	7
2.2.Lipid Oksidasyonunu Etkileyen Faktörler.....	8
2.2.1. Yağ Asidi Bileşeni	8
2.2.2. Oksijen	8
2.2.3. Su Aktivitesi (a_w)	9
2.2.4. Enerji.....	9
2.2.5. Enzim	10
2.2.6. Metal İyonları ve Hem Bileşikleri	10
2.2.7. Lipidler.....	11
2.2.8. Toplam Yağ	12
2.2.9. Fosfolipidler	12
2.2.10. pH Değeri.....	13

3.LİTERATÜR	14
4. ULTRAVİOLE KURUTMA TEKNOLOJİSİNİN GIDA ENDÜSTRİSİNDE KULLANIMI.....	18
4.1. Ultraviyole Işık (UV)	19
4.2. Ultraviyole Işık (UV) Etki Mekanizması.....	21
4.3.Gıdalarda Ultraviyole Işık Uygulamaları.....	23
4.4. Kırmızı Et.....	24
4.5. UV Işık Kullanılarak Gıdalarda Mikroorganizma İnaktivasyonu.....	26
4.6. Ultraviyole Işık Uygulamasının Gıdalarda Olumsuz Etkileri.....	28
5.TARTIŞMA	29
6.SONUÇ	30
KAYNAKÇA	31

TABLULAR LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 2.1. Yağ Asitlerinin Yaklaşık Oksidasyon Oranları.....	8
Tablo 4.1. Mikroorganizma hücreleri için hücre merkezine % ışık geçişi.....	24

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Lipid Oksidasyon Mekanizması	6
Şekil 2.2. Metal katalizör lipid oksidasyon mekanizması reaksiyonu	11
Şekil 4.1. Elektromanyetik spektrum	20
Şekil 4.2 Ultraviyole ışığın elektromanyetik spektrumdaki alt bölümleri	20
Şekil 4.3 Ultraviyole ışığın antimikrobiyal etkinliği	22
Şekil 4.4 UV ışık etkisiyle DNA yapısının bozulması.....	23

KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ

ALA	:Alfa-linoleik Asit
ATP	:Adenozintrifosfat
DHA	:Dokosaheksaenoik Asit
EPA	:Eikosapentaenoik Asit
FAO	:Gıda Tarım Örgütü
FD	:Dondurarak Kurutma
HD	:Sıcak Havada Kurutma
HUFA	: Highly Unsaturated Faty Acids (Yüksek Doymamış Yağ Asidi)
LA	:Linoleik Asit
MD	:Mikrodalga Kurutma
MDV	:Mikrodalga Vakum Kurutma
MUFA	:Monounsaturated (Tekli Doymamış Yağ Asidi)
PC	:Fosfatidilkolin
PE	:Fosfatidiletanolamin
PUFA	:Polyunsaturated (Çoklu Doymamış Yağ Asidi)
ROS	:Reaktif Oksijen Türleri
TAGs	:Triaçilgliseroller
TBARs	:Tiyobarbütirik Asit Reaktif Maddeler
UV	:Ultraviyole
a_w	:Su Aktivitesi
C	:Karbon
°C	:Santigrat Derece

cm	:Santimetre
H	:Hidrojen
H₂O₂	:Hidrojen Peroksit
kJ	:Kilojoule
Log	:Logaritma
m	:Metre
mW	:Miliwatt
N	:Azot
Nm	:Nano Metre
pH	:Hidrojen İyon Konsantrasyonun Logaritması
O	:Oksijen
O₂	:Süper Oksit Anyonu
OH	:Hidroksil Radikali
P	:Fosfor
%	:Yüzde
µm	:Mikrometre

1.GİRİŞ

Her geçen gün dünya nüfusunun hızla artması ve gıda kaynaklarının sınırlı olması bu kaynakların daha verimli kullanılmasını zorunlu kılmıştır. Günümüzde, beslenme, insanların yalnızca biyolojik ihtiyacını karşılamak için değil, aynı zamanda sağlıklı, yeterli ve dengeli beslenme ihtiyacını karşılamak için de önemli olarak görülmektedir (FAO, 2003).

İnsan beslenmesinde etler ve et ürünleri oldukça önemli bir yer tutmaktadır. Etin bu özelliği, yüksek ve kaliteli protein, vitamin B grubu ve bazı mineraller özellikle demir içeriğinin yüksek olmasından ileri gelmektedir. Et, taze tüketilebildiği gibi üstün besin değeri içeriğinden en iyi şekilde yararlanmak, ürünlerin dayanım süresini uzatmak, sağlıklı, kaliteli ve fonksiyonel ürünler elde etmek amacıyla çeşitli et ürünlerine (örneğin, pastırma, sosis, salam, sucuk, kavurma) işlenerek de değerlendirilmektedir (Demirkaya, 2010: 1).

Gıda maddesinin hijyenik ve ekonomik olmasının yanında karbonhidrat, yağ, protein, vitaminler ve mineral maddeleri yeterli ve dengeli oranda bulundurması arzu edilmektedir. Su ürünleri bu özelliklere sahip tek gıda ürünüdür ve balıklar bu besin grubunda ilk sırada yer almaktadır. Balık, özellikle yüksek protein içeriği, vitamin ve mineraller, büyüme faktörleri nedeniyle beslenme için çok önemli bir gıdadır. Ayrıca enerji değerinin düşük olması balık etine diyetetik bir özellik kazandırmaktadır (FAO, 2003).

Su ürünleri ve balık etinin ana bileşimi de diğer gıdalarda olduğu gibi yağ, su (H₂O) ve proteinlerden oluşmaktadır. Balık kas dokusu, ortalama %75-80 oranında su ve balık eti %17-20 oranında protein içermektedir. Biyolojik değeri yüksek protein bütün esansiyel aminoasitleri (lösin, izolösin, triptofan, valin, lizin, treonin, metiyonin, fenilalanin, arjinin ve histidin) içeren ve uygun miktarda bulunduran ve bundan dolayı yapı taşı olarak kullanılan proteindir. Balık etini üstün değerli gıda maddesi yapan, beslenme fizyolojisi açısından uygun aminoasit içeriği, kolay sindirilebilmesi, vitamin ve mineral maddelerce zengin olma gibi özelliklerin bir araya gelmesidir (İnal, 1988: 127; Ludorff ve Meyer, 1973: 126).

Balık eti, protein içeriği bakımından yüksek olmasından dolayı organizmanın gelişiminde, emzirenlerin ve küçük çocukların dengeli ve doğru beslenmesinde önemli bir gıdadır (Tülsner, 1994: 20).

Balık etini çok değerli kılan unsurlardan biride, enerji veren önemli bir besin ögesi olan yağları, uygun miktarlarda içermesidir. Balıkların yağ içeriği türe, mevsime, beslenme türüne, biyolojik yapısına, fizyolojik koşullara, yetiştirildiği yere, suyun sıcaklığına, yaşa ve büyüklüğüne göre farklılık göstermektedir (Lohs ve Kamke, 1980: 260; Ludorff ve Meyer, 1973: 127; Reichwald, 1976: 330).

Yağlı balık çeşitleri olarak somon, ton balığı, ring, yılan balığı, çaça, uskumru ve hamsi verilebilir. Yağsız balıklar sınıfında ise mezgit, morina ve denizanası çeşitleri vardır. Yağ miktarı ve yağın vücutta depolanma şekli tüm balıklarda farklılık gösterebilmektedir (Hawthorn, 1972: 83; Ludorff ve Meyer, 1973: 127).

Bütün gıdalarda olduğu gibi balık ve balık ürünlerinde de kaliteyi etkileyen en önemli etkenlerden biri de raf ömrüdür. Et, yüksek su aktivitesi, mikroorganizmalar için uygun ortam, pH, doymamış yağ asidi içeriği vb. birçok nedenden dolayı sınırlı raf ömrüne sahiptir. Lipid peroksidasyonu balık ve balık ürünlerinin raf ömrünü kısıtlayan en önemli değişimlerden biridir. İnsanların kaliteli ürünleri tercih etmesi nedeniyle, lipid oksidasyonun takip ve kontrol edilmesi büyük öneme sahiptir (Botsoglou vd., 2014: 152).

Lipid peroksidasyonu, yüksek oranda doymamış yağ içeren gıdalarda kalite kayıplarına yol açan çok önemli bir reaksiyondur. Gıdalardaki lipid peroksidasyonunun yaygın sonuçlarından bazıları hoş olmayan tat, aroma, lezzet ve koku üretimi, besin değerlerindeki kayıplar (PUFA'lar ve çoklu doymamış yağ asitleri kaybı) kalite kayıpları, raf ömrünün kısılması ve sağlıksız moleküllerin olası üretimidir.

Oksidasyon, gıda maddelerinin besin değeri, tat, aroma, renk ve tekstür gibi özelliklerinde kayıplara sebep olan zincirleme bir olaydır (Ericson, 1982: 5; Ulu, 2004: 685). Bu şekilde zincirleme olan reaksiyon, serbest olan radikallerin otokataliz mekanizması yolları ile ya da foto-oksidatif şekilde gerçekleşebilir (Guillén-Sans ve Guzmán-Chozas, 1998: 321).

Aldehit ve keton bileşikleri serbest radikallerin otokataliz reaksiyonu sonucu olarak acı tadın oluşmasına, lezzetin bozulmasına ve raf ömrünün kısılmasına sebep olabilmekte ve aynı zamanda ileri seviyede oksidasyon oluşumlarında farklı toksik bileşenler de oluşabilmektedir (Demirkaya vd., 2007: 42).

Balık lipidleri ve memeli lipidleri birbirinden farklıdır. Temel fark, balık lipidlerinin doymamış olan uzun zincirli yağ asitlerini (14-22 karbon atomu) yüksek oranda (%40'a kadar) içermesidir. Memeli lipidleri, yağ asidi molekülü başına aradabir ikiden fazla çift bağ

içerirken, balıkları depo yağları, beş veya altı çift bağ içeren birkaç yağ asidi içerir. Balık lipidleri ayrıca, EPA (eikosapentaenoik, C20, 5n-3) ve DHA (dokosapentaenoik, C22, 6n-3) asitler gibi esansiyel olarak kabul edilen diğer PUFA'ları içerir. EFSA (2010)'a göre günlük 250-500 mg EPA+DHA alımının koroner kalp hastalığını ve ani kardiyak ölüm riskini azalttığını bildirmişlerdir. Bu, kandaki EPA miktarının son derece güçlü bir antitrombotik (kanın pıhtılaşmasını önleyici) faktör olduğunu gösmektedir (Simopoulos, 1991: 442).

2.LİPİDLER

Lipidler suda çözünmeyen, organik çözücü olan eter, benzen ve kloroform gibi çözücülerle çözünebilen biyolojik olarak önemli bir sınıfı oluşturan biyomoleküllerdir. Genel olarak %75 C, %12-13 H ve O, bunların dışında P ve N elementlerini içerirler (Güner, 2007: 191; Griffin ve Cunnane, 2009: 101). Lipidler oda sıcaklığındaki polaritelerine göre polar ve nötral, fiziksel özelliklerine göre katı ve sıvı hal olarak, ayrıca insanlar için esansiyel olup olmadıklarına göre ve yapılarına göre sınıflandırılabilirler. Yağ asitlerinin gliserolle esterleşmesi sonucu oluşan basit lipid, nötral yapıda olan triaçilgliserollerdir (TAGs). Bunlar metabolik enerjinin temel depo maddesi olduğu için depo lipidleri olarak adlandırılır. Yağ asitlerinin farklı gruplarla birleşiminden oluşan polar yapıdaki fosfolipidler ve glikolipidler ise bileşik lipidlerdir.

Hormonlar, steroidler ve kolesterol sabunlaşmayan (non-saponifiable) lipidleri oluşturmaktadır. Kolesterol hücre membranlarının temel bileşenlerinden birini oluşturur. Belirli fizyolojik işlemler için bu gruptaki lipidler gereklidir (Hrycyna, 2007: 10).

Lipidler, birçok organizmada hücre çeperleri ve organellerin koruyucu bileşenleridir. Enerji maddesi olan ATP (adenozintrifosfat) sentezi ile ilgili işlemler olan elektron taşıma işlemi, oksidatif fosforilasyon ve fotosentez gibi metabolik işlemlerin gerçekleştiği yerlerdir (Güner, 2007: 195).

2.1. Yağ Asitleri

Lipidlerin temel bileşeni yağ asitleridir. Yağ asitleri, doymuş ve doyumamış olan yağ asitleri (unsaturated fatty acids, UFA) olarak doygunluk derecesine göre isimlendirilir. Tekli doymamış yağ asitleri (monounsaturated, MUFA) ve çoklu doymamış yağ asitleri (polyunsaturated, PUFA) olarak kendi içinde ikiye ayrılır. Çift bağın konumu, özellikle metil grubu ile ilişkili tek bağın konumu farklıdır. İki den fazla çift bağa sahip doymamış yağ asitleri (Örn: n-3 ve n-6), metilen grubundan üçüncü (n-3) ve altıncı (n-6) karbon atomlarına birinci çift bağın bağlanmasıyla oluşur. HUFA (highly unsaturated fatty acids), üçten fazla çift bağ ve yirmiden fazla karbon atomu içeren yağ asididir (Sargent vd., 2002: 232). Oleik asit, doğada en yaygın olarak bulunan yağ asididir, bu yağ asidi, birçok yağda bulunan yağ asitlerinin yarıdan fazlasını oluşturmaktadır (C18: 1). Yağlarda oleik asitten sonra en yaygın asit SPF veya palmitik asittir (C16: 1). Doymuş bir yağ asidinin (MUFA) en önemli iki bileşeni palmitoleik asit ve oleik asittir. Oleik asit bilinen tüm doğal yağların bir parçasıdır, palmitoleik asit ise genellikle deniz hayvanı yağlarında bulunur

(Gunstone, 1996: 73). Çoklu olan doymuş yağ asitleri (PUFA) içerisinde n-3 ve n-6 yağ asitleri birbirinden çok farklı biyokimyasal özelliklere sahiptir. Diyetle esansiyel yağ asidi olarak bilinen linoleik asit (n-6, LA) ve alfa-linolenik asit iki temel bileşendir (Benatti vd., 2004: 288). N-3 yağ asitlerinin önemli olan DHA (dokosaheksaenoik asit) ve EPA (eikosapentaenoik asit)'nin ana kaynağının deniz ürünleri olduğu bildirilmiştir (Gordon ve Ratliff, 1992: 406).

2.2. Lipid Oksidasyonu Oluşum Mekanizması

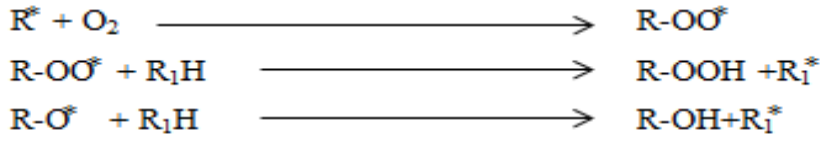
Gıdalar içerisinde ve biyolojik olan sistemlerde doğal şekilde üretimi yapılan ve ROS (reaktif oksijen türleri) olarak bilinen H_2O_2 (hidrojen peroksit), O_2 (süper oksit anyonu) ve 1O_2 (süper oksit anyonu) şeklinde indirgenmiş olan oksijen ürünleri çok fazla üretildiklerinde canlı olan organizmada DNA, lipid ve protein şeklinde kompleks hücresel olan moleküllerde oldukça önemli hasarlara neden olabilirler. ROS'ların organizmalara verdikleri zararlı etkileri canlı organizmalar koruma mekanizmalarıyla kolaylıkla nötralize edebilirler. Ölüm sonrası, kaslarda biriken reaktif oksijen türü, vücudun bağışıklık sistemi işlev göremediğinden, lipidlerde ve proteinde istenmeyen değişikliklere sebep olmaktadır. Yağlı olan balıkların depolanmaları ve işlenmesi sırasında, özellikle ölümden sonra, ROS, doğrudan doymamış yağ çift bağları ile reaksiyona girerek lipid oksidasyonunu aktive eder ve bu da lipid oksidasyonuna neden olmaktadır (Han ve Liston, 1989: 810; Hultin, 1992: 99).

Lipid peroksidasyonu, biyolojik membranların yıkımında, protein denatürasyonunda ve enzim inaktivasyonunda olumsuzluklara neden olmaktadır (Brannan ve Erickson, 1996: 69; Chan, 1987: 12; Stansby, 1990: 122). Bu olumsuzluklar, balıkların renginde, dokusunda, tadında, aromasında ve kalitesinde istenmeyen değişikliklere neden olabilir (Brannan ve Erickson, 1996: 73; Khalil ve Mansour, 1998: 1160; Yinci vd., 1995: 679). Gıda oksidasyonu sonucu malonaldehit (MA) oluşumunun kanserojen ve mutajenik olduğu ifade edilmektedir (Polat ve Tokur, 2000: 301).

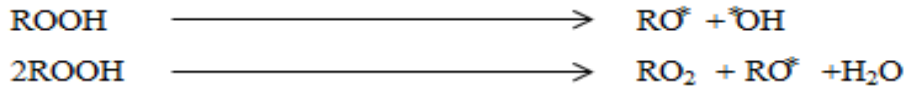
Tepkimenin Başlaması

Peroksi (R-COO^{*}), Alkoksi (R-O^{*}), veya Alkil (R-^{*})

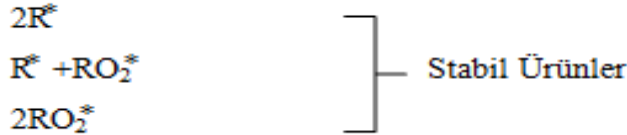
Tepkimenin Gelişmesi



Tepkimenin Dallanması



Zincir Parçalanması



Şekil 2.1. Lipid Oksidasyon Mekanizması

Kaynak: (Belitz ve Grosch, 1992: 587).

Buna göre de otooksidasyondaki başlıca tepkimeleri üç aşamada gruplandırmak mümkündür. Bunlar; aktif radikallerin oluşumu, sübtütisyon yolu ile zincir dallanması ve dallanmış zincirin kırılmasıdır.

Başlama basamağının gerçekleşmesi hidroperoksitlerin bozulmasının yanı sıra, ısı, ışık, oksijenler, metal olan organik komplekslerin ve onların iyonlarının aracılıkları ile foto kimyasal olan pigmentler ve kimyasal olan oksidanlar ile olabilecekleri belirtilmektedir (Belitz ve Grosch, 1992: 589; Min ve Ahn, 2005: 152).

2.3. Hidroperoksitlerin Oluşumu ve Bozunması

Hidroperoksitler, otooksidasyonun başlama ürünleri olarak oksidatif bozulmalara neden olan bir seri ikincil ürünlere dönüşmektedir. Serbest lipid radikallerinin rezonans stabilite enerjisinden dolayı, reaksiyon genellikle çift bağın pozisyonunu değiştirerek gerçekleşir ve çiftli dien grupları içeren izomerik hidroperoksitlerin oluşumuyla sonuçlanır (Frankel, 1991: 501; Nawar,1996: 230). Doymamış olan yağ asitlerinde ve doymuş yağ asitlerinde C atomlarında oluşan hidroperoksit miktarı değişiklik gösterir. Substrat konsantrasyonu, oksidasyon ortamı, sıcaklık ve karbon atomları ile reaksiyona girmek için oksijen tercihi ile değerlendirilirler (Frankel, 1991: 501; Şimşek, 2008: 5; Porter, 1985: 225).

Hidroperoksitler, birçok uçucu ve uçucu olmayan ürünlere bozunurlar ve çok kararlı değildirler. Hidroperoksit gruplarının oksijen ile arasındaki bağları koptuğunda hidroperoksit bozulmaları başlamaktadır (Frankel, 1991: 502; Nawar, 1996: 231). Alkoksi (R-O-), radikal karbon tarafından bozular. Yağların hoş olmayan kokularından lipid moleküllerini radikallerin tüm bölümlerinden uzaklaştırarak lipid oksidasyonu sırasında oluşan uçucu bileşikler ve aldehitler sorumludur. Ayrıca aldehitler, kısa zincir hidrokarbon, oksidasyon reaksiyonlarına ve dialdehit gibi farklı biçimlere uğrayabilir. Bunun yanı sıra aldehitler yoğunlaşma ve dimerizasyon reaksiyonlarına katılabilir. Linoleik asidin çok güçlü bir kokuya sahip ikincil oksidasyonlarından biri de deneysel trialkiltrioksanlardır (Nawar, 1996: 235). Hidroperoksitlerin bölünmeleri ile furanlar, ketonlar ve hidrokarbonlar (alkan, alken ve alkin) oluşmaktadır.

Doymamış olan yağ asitlerinde çift bağ veya hidrokarbon zinciri içinde yer alan doymamış bölümlerin oksijenlerle birlikte etkileşime girerek peroksit ve hidroperoksitlerin oluşmasıyla oksidasyon oluşur. Tatsız ve kokusuz hidroperoksitler, aromatik karbonil bileşikleri oluşturmak için hızla ayrışır. Hidroperoksitin bozulma malzemeleri doymuş olan ya da doymamış olan alkoller, doymuş ve doymamış aldehitler, doymuş olan ve doymamış hidrokarbonlar, malonaldehit ve doymamış ketonlardır. Serbest radikallerin ve aromaların (meyvemsi, acı balığımsı, yağlı tatlar vb.) otokatalitik reaksiyonları sonucu aldehitler ve keton bileşikleri oluşur ve “oksitlenmiş” olarak tanımlanan bozunmalar raf ömrünü kısaltır ve ileri oksidasyonda toksik bileşikler üretir. Bu nedenle lipid peroksidasyonunu belirlemek için çeşitli analitik yöntemler geliştirilmiştir. Birçok fiziksel (refraktometre, hassas spektroskopi, polarografi, floresans ve konjugat dien yöntemleri) ve kimyasal yöntemler (tiyobarbitürik asit testi, peroksit değeri, toplam ve uçucu karbonil bileşiklerinin belirlenmesi ve kriz testi) geliştirilmiştir (Demirkaya, 2013: 238).

2.2.Lipid Oksidasyonunu Etkileyen Faktörler

2.2.1. Yağ Asidi Bileşeni

Oksidasyon düzeyini, yapısındaki çift bağların sayıları, durumları ve geometrisi etkilemektedir (Nawar,1996: 275). Çift bağların sayıları artarken oksijen ekli olan kısımlar ve oksidasyon sayıları da orantılı biçimde artış göstermektedir (German vd., 1992: 83).

Tablo 2.1. Yağ Asitlerinin Yaklaşık Oksidasyon Oranları

Yağ Asidi	Adı	İndüksiyon Periyodu(saat)	Yaklaşık Oran
C 18:0	Stearik Asit	0	1
C 18:1	Oleik Asit	82.00	100
C 18:2	Linoleik Asit	19.00	1200
C 18:3	Linolenik Asit	1.34	2500

Kaynak: (Belitz ve Grosch, 1992: 592).

Lipid oksidasyonunda indüksiyon periyotlarının uzunlukları ve tepkimelerin hızı, ilk olarak lipidlerin yağ asidi bileşenlerine bağlıdır. Tablo 2.1’de de görüldüğü gibi, yağ asitlerinin içerdiği doymamışlık oranı (-C=C-) arttıkça oksidatif tepkimenin oranı artmakta ve bu yağların indüksiyon periyodu kısalmaktadır (Belitz ve Grosch, 1992: 592).

2.2.2. Oksijen

Lipid oksidasyonunu etkilemekte olan en önemli faktörden birisi de gıdalarda ki bileşenlerdir ve oksijen basıncıyla oksidasyon oranının değiştiği bilinmektedir (Lee, 1983: 19; Anderson ve Lingnert, 1999: 263). Oksijen kısmi basıncı ve oksidasyon oranı arasındaki ilişki gıdanın türü, a_w (su aktivitesi), sıcaklık, ışık ve metallerde oksijen konsantrasyonunu etkileyen faktörlerdir (Anderson ve Lingnert, 1999: 263; Jenske, 2004: 43). Parçalanmış ve yüzey alanı genişlemiş gıda ürünleri ransidite (acılaşma) gelişimine ve oksidatif değişimlere bütün haldeki gıda ürünlerinden daha duyarlıdır. Yüzey alanı arttıkça oksijene temas eden alan artmakta ve oksidasyon daha hızlı biçimde gerçekleşmektedir (Lee, 1983: 19; Jenske, 2004: 44). Biyolojik sistemlerdeki en önem taşıyan gerçekler oksijen radikalleridir. Et ve et ürünlerindeki lipid peroksitler, kesim işleminin ardından hücreleri yok etmeye ve çeşitli tiplerde aktif oksijen üretmeye başlamaktadır. Reaktif oksijen türleri (ROS), moleküler oksijenin farklı formları olarak bilinmektedir. O_2 (süperoksit) radikali, hidrojen peroksit

kaynağı olması ve geçiş metal iyonları indirgeyicisi olmasından dolayı önemli olduğundan ve ayrıca hücrenel koşullarda üretilerek oksitleyici ve indirgeyici olarak etki edebilmektedir. Hidrojen peroksit, yapısında benzersiz elektronlar içermediği için radikal değildir. H_2O_2 , hücrelerin içinde ve biyolojik zarlar arasında kolayca yayılmasına izin veren uzun süreli oksitleme özellikleri sergiler. Biyolojik sistemlerdeki en reaktif ve zararlı radikal türleri olan OH (hidroksil) radikalleri çok kısa bir yarı ömre sahiptir, ancak her ortamdaki biyomolekül ile reaksiyona girmekte ve girdiği ortama büyük zarar vermektedir (Halliwell, 2007: 9; İşbilir, 2008: 9).

Tekli (singlet) oksijen, lipid oksidasyonunun başlatıcılarından birisidir. Singlet oksijen ortamda yer alan belirli moleküllerin ışıklarını absorbe ederek ileri düzeyde enerji toplar ve oksijenle reaksiyona girerek serbest radikaller oluşmaktadır. Normalde hayvan ve bitki dokuları içinde yer alan sensitizerler (maddeler) tarafından moleküler oksijenin singlet oksijenine dönüşümü gerçekleşmektedir. Örneğin; balık dokusunda bulunan porfirin ve riboflavin gibi belirli bileşenler ışıkları absorbe edip oldukça yüksek enerji toplayarak tekli oksijen oluşturmaktadır. Otoksidasyon reaksiyonlarının başlamasında singlet oksijen, doymamış olan yağ asitlerindeki çift bağ ile direkt etkileşime girmesi ve hidrojen ayrılmasıyla etkili olmaktadır (Karabudak, 2000: 35; Kanner ve Rosenthal, 1992: 1962; Frankel, 1980: 17).

2.2.3. Su Aktivitesi (a_w)

Su aktivitesi (a_w) düşük gıdalarda lipid oksidasyon hızı yüksektir. Hidroperoksitler, kuru gıdalarda parçalanmaya daha yatkındırlar ve metal katalizör etkisiyle oksidasyonu katalizlemek için çok daha aktif olmaktadır (Anonim, 2011). Metal katalizörlerin katalitik aktivitesini orta seviyelerdeki su miktarı düşürerek ve serbest kutuplu radikallerin yeniden bir araya gelmesini teşvik ederek antioksidan gibi davranır. H_2O , hidropeoksitlerle hidrojen bağlarını oluşturmaktadır. Oksidasyon, su aktivitesi yüksek gıdalarda daha hızlıdır (Albu vd., 2004: 263).

2.2.4. Enerji

Işık, ısı ve radyasyon iyonlaşmaları oluşlarındaki reaksiyon lipid oksidatif reaksiyonunu etkiler. Geniş sıcaklıklar aralığında oksidasyon oluşmasına rağmen, yüksek sıcaklıkların birçok kimyasal reaksiyona göre lipid oksidasyonu üzerine daha fazla bir etkiye sebep olduğu belirtilmektedir. Sıcaklık yükseldikçe oksidasyon miktarı artmaya başlar ve yüksek sıcaklıklarda hidroperoksit konsantrasyonunun ikincil oksidasyon ürününe

indirgenmesi önemli ölçüde artar ve oksidasyonun yayılmasını hızlandırır (Lee, 1983: 20; Shahidi ve Zhong, 2010: 4070; Salcedo vd., 2010: 1192).

2.2.5. Enzim

Lipid oksidasyonunu doğrudan veya dolaylı olarak kaslarda bulunan birçok enzimatik sistem etkilemektedir. Dioksijenazlar (lipoksijenazlar ve siklogenazlar), peroksidazlar ve mikrozomal enzimler olmak kaydı ile üç enzim grupları lipid oksidasyonunda hidroperoksitleri meydana getirirler. 12 ay boyunca -20°C'de muhafaza edilen çığ balıkta mikrozomal enzimlerin aktif kalabildiği belirtilmektedir. Lipid peroksidasyonunu, piliç ve çığ balık karkaslarındaki siklooksijenaz ve lipoksijenaz enzimleri arttırabilmektedir. Süperoksitten H_2O_2 (hidrojen peroksit) meydana gelmekte ya da bu süperoksit radikali, ferrik (Fe^{+3})-ADP kompleksini ferros (Fe^{+2})-ADP kompleksine indirgeyerek H_2O_2 'den hidroksil radikallerinin veya ferril bileşiklerinin oluşmasına bu enzimler neden olmaktadır (Karabudak, 2000: 36; Kanner, 1994: 172; Ericson, 1997: 145; Rutgersson vd., 2000: 409).

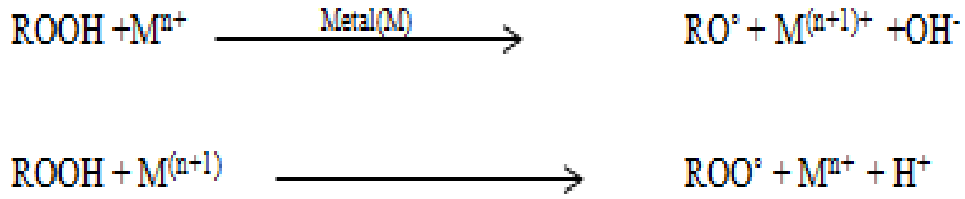
2.2.6. Metal İyonları ve Hem Bileşikleri

Metal İyonları

Doymamış olan yağların oksidasyonları çoğunlukla kendiliğinden bir şekilde başlasa da katalizör varlıkları da bu reaksiyonla hızı artmaktadır. Bakır, kobalt, demir gibi geçiş metalleri serbest oksijen radikallerinin oluşumunu kolaylaştırarak lipid oksidasyonunu katalizlemektedir (Kanner ve Rosenthal, 1992: 1961; Shahidi, 2002: 112). Metal iyonlarının subsrattan bir elektron alarak ya da vererek zincir reaksiyonları başlattıkları ya da serbest biçimde radikal meydana getirdikleri ifade edilmektedir (Cascone, 2005: 8; Ladikos ve Lougovois, 1990: 296).

Lipid oksidasyon oranını metallardaki form ve miktar etkilemektedir (Karabudak, 2000: 35). Oksidasyon, serbest metal miktarı sınırlı ise daha yavaş oluşmaktadır. Oksidasyonun başlangıç, gelişme ve sonuç dönemlerinde ağır metallerden özellikle iki veya daha fazla değerliğe sahip olanlar lipid hidroperoksitlerin parçalanmasını arttırmakta, lipid peroksidasyonun hızlı bir şekilde yayılmasını neden olmakta ve oksidasyon oranını etkilemektedir (Ladikos ve Lougovois, 1990: 296; Lee, 1983: 20). Lipid peroksidasyonunun bazı metal iyonları diğerlerine göre daha çok uyarıcı etkiye sahiptirler. Örnek vermek gerekirse; Balıkta lipid peroksidasyonunu arttırmak için Fe^{+2} , Cu^{+2} 'dan ya da Cd^{+2} 'dan oldukça daha etkilidirler. Genelde hidroperoksitlerin parçalanma hızının artmasına neden olan

ve metal tarafından katalize edilmiş olan lipid oksidasyonlar mekanizmaları Şekil 2.2’de gösterilmektedir (De La Ossa, 2009: 19; Kanner ve Rosenthal, 1992: 1961).



Şekil 2.2. Metal katalizör lipid oksidasyon mekanizması reaksiyonu

Kaynak:(De La Ossa, 2009: 19; Kanner ve Rosenthal, 1992:1961).

Hem Bileşikleri

Hemoglobin ve demirli olan profillerin yağlardaki oksidasyonların üzerinde hızlandırıcı etkileri oldukları bilinmektedir. Et ve et ürünlerinde bulunan hemoproteinler oksidasyonları başlatan ana bileşikler olarak görülmektedir (Shahidi, 2002: 112). Et, heme proteinleri (oksimyoglobin ve oksihemoglobin) bakımından zengin olmakla beraber özellikle geçiş metalleri, hidrojen peroksit, lipoksi radikalleri şeklinde aktif oksijen çeşitlerinin bu bileşiklere etkilerinden dolayı peroksidasyona duyarlı olduğu belirtilmektedir (Cascone, 2005: 9).

Demir porfirin bileşiklerini (hemoglobin, myoglobin, sitokrom C, peroksidaz ve katalaz) içeren ve hidroperoksitlerin parçalanmasına neden olan heme katalizinin, heme olmayan katalizden farklı olarak özel bir metal katalizi olduğu belirtilmektedir. Heme bileşiklerinin ve hidroperoksit bileşiminden kompleks bir yapı oluşması ve oluşan bileşiklerin parçalanması sonucu lipid peroksidasyonunu başlatması hematin kataliz mekanizması olarak bilinmektedir. Sadece lipidlerde değil, protein ve vitamin değerlerinde de bu reaksiyon sonucu daha fazla bozulmalar meydana geldiği belirtilmektedir (Karabudak, 2003: 196).

2.2.7. Lipidler

Etin lezzetini, kokusunu, aromasını, besleyici değerini ve raf ömrünü dokularda bulunan lipidlerin miktarı ve konsantrasyonu etkilemektedir. Dokularda lipid miktarının çok fazla olması, lipid peroksidasyonu adına oldukça potansiyel olan bir tehlike meydana getirmektedir (Dominguez vd., 2019: 429).

2.2.8. Toplam Yağ

Ette bulunan yağlar, kas içi (doku yağları) ve kaslar arası (depo yağlar) olarak sınıflandırılmaktadır. Trigliseritler, kaslar arası yağların temel bileşeni iken, kas içi yağları kas dokularının arasında dağılmış ve onunla bir bütün haline gelmiş yağlar olarak tanımlanmaktadır. Doku yağları, proteinlerle sıkı bir ilişki içerisinde olmakta ve fosfolipidleri fazla miktarlarda içermektedirler (Dominguez vd., 2019: 429).

Yüksek yağ içeriğine sahip etlerin genel olarak peroksidasyona daha duyarlı olduğu bildirilmektedir (Decker vd., 2005: 4305). Lipidlerin doymuşluk durumu, lipid peroksidasyonunun bozulma derecesini de etkilemektedir (Jayasingh ve Cornforth, 2002: 84). Oksidasyon oranı ve gelişimi yapılarında bulunan doymamış yağ asidi sayısına bağlı olarak arttıkça artmaktadır (Anonim, 2011; Lee, 1983: 19; Zanini vd., 2006: 718).

Lipidler ve yapıları kanatlılarda kaslara göre değişmektedir. But etinde trigliserit oranı daha yüksek, göğüs etinde ise fosfolipid içeriğinin daha yüksek olduğu görülmektedir. But etinde toplam lipid dağılımı %51,4 trigliserit, %42,9 fosfolipid, %3,7 kolestrol ve %0,8 oranında kolestrol esterleri, göğüs etinde %70,1 fosfolipid, %22,2 trigliserit, %4,2 kolestrol ve %1,2 kolestrol esterleri olarak belirlenmiştir (De La Ossa, 2009: 22).

2.2.9. Fosfolipidler

Oksidasyonun ilk gelişimine, özellikle mebranlarda bulunan fosfolipidlerin neden olduğu düşünülmektedir (Renerre vd., 1999). Etin bileşiminde %0,5-1 civarında fosfolipid bulunmaktadır. Lipid oksidasyonun ilk substratlarından olan fosfolipidlerin yüzey alanı trigliseritlerden 100 kat daha çok alana sahip olduğu ifade edilmektedir (Decker vd., 2005: 4307). Membranlarda fosfolipid fraksiyonundaki (ÇDYA) çoklu doymamış yağların asitleri peroksidasyonu sonucu meydana gelen serbest radikal, nötral lipid fonksiyonlarında doymamış olan yağ asitleri ile tepkimeye girerek oksidasyon oranını genişletmektedir (Shahidi, 2002: 115).

Fosfolipidlerin varlığı ette çok az olmasına rağmen, oksidasyona duyarlılıklarından dolayı et kalitesinin belirlenmesinde önemli olmaktadır. İki veya daha çok sayılarda çift bağa sahip olan asitlerin fazlalığı fosfolipidlerin kararsızlığındandır. Örneğin, sığır eti trigliseritlerinin sadece %0,1'i dört veya daha üzeri çift bağa sahip, sığır eti fosfolipitlerinin yağ asitlerinin %19'unun dört veya daha üzeri çift bağa sahip olduğu belirtilmektedir. Karkas bölgelerine göre fosfolipidlerin yağ asitleri bileşimi belirgin bir şekilde değişmektedir. Koyu

renkli kaslar, beyaz renkli kaslara göre dokularındaki toplam yağ ve yağ asidi kompozisyonuna bağlı olarak daha kolay bir şekilde modifiye olabilmektedir.

Açık renkli kasların fosfolipidleri tekli doymamış yağ asitlerini fazla içerirken, koyu renkli kasların fosfolipidlerinde çoklu doymamış yağ asitleri daha fazla bulunmaktadır (Karabudak, 2000: 37; De La Ossa, 2009: 25; Love ve Pearson, 1971: 547).

2.2.10. pH Değeri

pH değeri , metallerin çözünürlüğü, oksijen çözünürlüğü ile enzimatik olmayan esmerleşme (browning) reaksiyonun hızına etki ederek gıda maddelerinde oksidasyonu etkileyen oldukça önemli etken şeklinde kabul edilir (Velasco vd., 2010: 23). Demir çözünürlüklerinin çoğalmasını sağlayarak, prooksidan, çözünürlük ve şelat kapasiteleri üzerine etki gösterip antioksidan olarak oksidatif reaksiyonları ve pH değerinin azalmasını etkilemektedir (Decker vd., 2005: 4307).

3.LİTERATÜR

Liu ve Xiong, (2000: 626) enzim kaynaklı ya da enzim temelli olmayan serbest radikal üretmekte olan sistemler ile oksitlenmiş olan tavuk miyosinlerinin proteolitik bozulmalarına karşı duyarlılıklarının yükselmekte olduğunu etmiştir.

Rowe vd., (2004) post-mortem depolama sırasında yaşanan proteolize bağlı olarak meydana gelen kas yumuşamalarının oksijen radikalleri ile meydana gelebileceğini ileri sürmüştür.

Deyang vd., (2019: 297) yapmış olduğu çalışmada dondurularak kurutulmuş (FD) ve sıcak havada kurutulmuş (HD) *Penaeus vannamei'nin* raf ömrü Arrhenius Denklemi ile birleştirilmiş hızlandırılmış depolama testleri ile tahmin edilmiştir. Bu süre içerisinde kurutulmuş karideslerin rengindeki değişiklikler ve lipid profilleride incelenmiştir. Dondurularak kurutulmuş karideslerin tahmini raf ömrü, sıcak havada kurtulmuş karideslere kıyasla 1,47 kat fazla olmuştur. Sıcak havada kurutulmuş (HD) karidesler ile karşılaştırıldığında, dondurularak kurutulmuş karideslerin depolama sırasında tiyobarbitürik asit-reaktif madde değeri (TBARS) ve peroksit değeri (POV) gibi düşük oksidasyon parametreleri bulunmuştur. Ek olarak, FD karideslerde doymuş yağ asitleri (SFA), tekli doymamış olan yağ asitleri (MUFA) ve çoklu doymamış yağ asitleri (MUFA) , fosfatidiletanolamin (PE), fosfatidilkolin (PC) ve triaçilgliserol (TAG) dahil olmak üzere lipid bileşenlerinde daha az azalma olduğu görülmüştür.

Xiangjin vd., (2015: 252) kurutma yöntemlerinin (sıcak hava, mikrodalga (MD) ve mikrodalga vakum (MV)) kurutma kinetiği , lipid oksidasyonu, poli-doymamış yağ asitleri (EPA ve DHA) ve gümüş sazan dilimlerinin lezzetleri üzerindeki etkisini araştırmaktadır. Mikrodalga ve mikrodalga vakum kurutması sırasında numunelerin sıcaklığı, sıcak hava kurutmasından daha düşük olmasına rağmen, mikrodalga ve mikrodalga vakum ile kurutulan dilimler daha düşük TBARS (tiyobarbitürik asit değeri) elde edilmiştir. Kurutma; EPA, DHA ve yağ miktarını azaltmıştır. Mikrodalga kurutulmuş dilimleri (MD), sıcak havadan (HD) ve mikrodalga vakumlu (MVD) kurutulmuş numunelerden daha fazla EPA, DHA ve yağ içeriği koruduğu görülmüştür.

Hewajulige vd., (2016: 359) yapmış oldukları çalışmada düşük tuz ve düşük tuz baharat (%0,2 zerdeçal ile %1 tuz, %0,5 chlli, % 0,5 biber (T4) ve %0,2 zerdeçal ile %2 tuz, %0,2 chlli, %0,2 biber (T5)) karışımlarının *Sardinella gibbosa'nın* organoleptik, mikrobiyolojik ve kimyasal özellikleri üzerine yapılan çalışmada düşük tuz seviyelerinin ve

düşük tuz ve baharatların birleşik etkisinin kurutulmuş balığın kalitesine olan etkisi araştırılmıştır. Düşük tuz oranının (%5) kurutulmuş balıklarda başarıyla kullanılabilceğini açıkça belirtilmiştir. %2 tuz ve baharat eklenmiş numunelerin en yüksek değerlere sahip olan su aktivitesi (a_w), nem ve tuz içeriğine sahip numuneler olduğunu bulmuştur.

Dave ve Ghaly, (2011: 487) yaptıkları çalışmada kesimin ardından kan akışının durması sonucu yağ asitleri oksijen ile reaksiyona girdiğini, oksidasyon sonrası oluşan bileşiklerin ette kötü kokuya neden olabileceğini ifade etmişlerdir. Enzimatik ve enzimatik olmayan hidroliz, yağ dokusunda trigliseritlerin parçalanması ve kızarıklıkla sonuçlanır. Kesimin ardından et hücreleri içinde meydana gelen enzimatik reaksiyonlar etlerin bozulmalarında oldukça önemli etkenler arasında bulunmaktadır. Trigliserit parçalanmaları sonucu gerçekleşen acılaşıma, kompleks bileşiklerin parçalanması sebebiyle oluşan yumuşama, doku bozulmaları ve polipeptid yıkılmasından sonra meydana gelen kötü koku otolitik enzim aktiviteleri sonucunda gerçekleşmektedir.

Armstrong vd., (1994: 297) Avustralya suları içinde yaygın biçimde bulunan beş deniz balığı cinsinin, iki farklı mevsimde lipid ve yağ asidi içeriklerini incelemişlerdir. Yapılan çalışma sonunda en yüksek PUFA (çoklu doymamış yağ asidi) değeri, soğuk sulardan ve Avustralya'nın güneyinden yakalanan türlerde saptanmıştır.

Mendez ve Gonzalez (1997: 214), Atlantik berlamı (*Merluccius hubbsi*) filetoalarının lipid kompozisyonunun aylara bağlı olarak değişimini, Şubat, Mart, Nisan ve Aralık ayları içerisinde incelemişlerdir. Yapılan çalışmada yağ miktarını en yüksek Şubat ayında %3,4 olarak tespit etmişlerdir. Bundan dolayı Şubat ayında yağ asitleri içeriği, yüksek değerlerde saptanmıştır. DHA ve EPA içeriğinin yıl boyunca benzer değerlerde olduğu belirlenmiştir.

Kuzu (2005: 39), İskenderun Körfezi'nde avlanmakta olan Keserbaş Barbun (*Mullus barbatus* L., 1758) üzerine yaptığı bir çalışmasında farklı biçimlerde avlanma aylarının yağ asidi kompozisyonlarına etkilerini araştırmıştır. Bu çalışmasında, DHA miktarının ilkbahar mevsimlerinde %10,89, kış aylarında %8,25 ve sonbahar aylarında %4,6 düzeylerinde olduğu EPA miktarlarının ise güz döneminde %7,93, kış aylarında %4,59 ve ilkbahar aylarında %4,56 oldukları ifade edilmiştir. Yapılan çalışmanın sonuçlarına göre sağlıklı ve dengeli şekilde beslenmesi adına gereksinim duyulan DHA ve EPA'nın sonbahar, kış ve ilkbahar aylarında yaklaşık olarak bir kg veya 100g Keserbaş Barbun tüketilmesi sonucunda karşılanabileceği saptanmıştır.

Öksüz ve Özyılmaz (2010: 382) çalışmalarında Karadeniz'den avlanmakta olan hamsilerin toplam n-3 miktarını %3,47, n-6 miktarını ise %0,51 olarak bulmuşlardır. Her iki değer birbirlerine oranı 6,80 olduğu görülmüştür. Hamsilerde bulunan EPA ve DHA yağlarının asitlerinin toplam değeri %3 şeklinde tespit edilmiştir.

Krishnamurthy vd., (2008: 288) suyun dezenfeksiyonunu belirleme amacı ile gerçekleştirilmiş olan bir araştırmalarında, *Escherichia coli*, *Streptococcus fecalis* ve *S. aureus* hücreleri inaktive edilmiştir. *E. coli*, *S. aureus*, *S. sonnei* ve *S. typhi* 0,007 J / cm² UV dozunda benzer duyarlılığa sahiptir ve bakteri sayısı 3 log azalma görülmüştür. Öte yandan, *S. fecalis* diğerlerine göre daha yüksek bir dirence sahipti ve 3 logu azaltmak için UV (ultraviyole) dozunun 1,4 katı bir doz gerektiği bulunmuştur. *Salmonella* ve *E. coli*'nin çeşitli gıdalardaki 253,7 nm UV'de inaktivasyonu çalışılmış ve 24 * 10⁻³ W / cm² dozunda örnekleri *E. coli* sayısı 3,3, domates örneğinde 2,19 azalmıştır. Marul örneğinde de *Salmonella* sayısı 2,65, *E. coli* miktarı 2,79 azalmıştır.

Fonseca ve Rushing, (2006: 257) doğranmış meyveler üzerinde yaptıkları araştırmalarda, yüzeyde mikroorganizmaların büyümesini engellediğini ve kalitesinde istenmeyen değişikliklere (tekstür bozukluklarına ve renk bozukluklarına) neden olmadığını göstermiştir. Ayrıca UV (ultraviyole) ışık tedavisinin hidrojen peroksit, klor veya ozon uygulamasından daha etkili olduğu tahmin edilmektedir. Dilimlenmiş kavunlar üzerinde yapılan bir çalışmada 4,1 kJ / m² doz kullanılmış ve mikrobiyal popülasyon da yapı, renk, görünüm gibi özellikleri etkilemeden 1'den fazla azalma olduğu görülmüştür.

Lyon vd., (2007: 265) tavukların etinde *Salmonella typhimurium* inaktivasyonu ve domuz kası ve kutanöz *Escherichia coli* inaktivasyonu üzerine yapılan bazı çalışmalar, UV-C radyasyonunun et yüzeyindeki bakteri kontaminasyonu azalttığını göstermiştir. Yumurta kabuğunun yüzeyi üzerinde yapılan çalışmalar, UV ışığının *S. typhimurium* ve *E. coli* popülasyonlarını azaltmada etkili olduğunu göstermiştir.

Lyon vd., (2007: 266) yapılmış olan araştırmanın birisinde 254 nm dalga boyunda 1 mW / cm² yoğunlukta 5 dakika süreyle yapılan çığ tavuk numunesinde *L. monocytogenes* sayısının iki kez azaldığı bulunmuştur. Ayrıca ultraviyole ışık (UV ışığı) uygulamasının etin renginde önemli değişikliğe neden olduğu bildirilmiştir.

Cattaneo ve Cantoni'nin (1978: 304) taze ve işlenmiş balıklarda ayrışan histamin varlığını belirlenmesine yönelik yapılan çalışmada, depolanması amaçlanan balık

örneklerinde histamin varlığını tespit edilmemiştir. Ancak *Bacillus sp.* histamin ile ilişkili oluşumun belirtilerinin tespiti yapılmıştır.

Johnson ve Bishop'ın (1997: 360) yaptığı çalışmada kurutulmuş balıklara saldıran böcek larvalarına karşı etkili olan yeni bir *Bacillus thuringiensis* türü izole edilmiştir. Bu türün balık işleme tesislerinde böcek öldürücüler için kullanılabilceği düşünülmektedir.

Kim vd. (1985: 411), balık işleme ve satış noktalarından toplanan balık kafesi ununun mikrobiyal kalitesini ve özelliklerini incelemiştir. Çalışmanın sonucunda *Bacillus licheniformis*'in ısıya en dayanıklı bakteri olduğunu belirtilmiştir. Ek olarak, bakterinin güçlü bir proteolitik etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir.

Moravali, (1979: 16) yapmış olduğu çalışmada balıkların bozulmasında psikrofil ve mezofil mikroorganizmaların etkili olduğunu, primer açıdan *Achromobacter*, *Aerobacter*, *Flavobacter* şeklinde bakterilerin yanı sıra belirli mayalar ile mantarlar olduğunu bildirmişlerdir. Sekonder olarak *Enterobacteriaceae*, *Bacillus*, *Micrococcus* şeklinde bakteriler bulunmakta, yapılmış olan yanlış uygulamalar ya da fabrikalarda yapılan hatalara bağlı olarak balıklar bozulduğu bildirilmiştir.

Ringo ve Strom'un 1994: 624) yapmış oldukları araştırmada ticaret amacı ile yemler ile beslenmekte olan balıklarda *Aeromonas* ve *Pseudomonas* bakteri çeşitlerinin fazla olduğu anlaşılırken; yumurtaları sayesinde beslenmekte olan balıklarda ise *Enterobacteriaceae* familyalarına ait olan bakterilerin daha çok oldukları bildirilmiştir.

Balık yakalandıktan ve yendikten sonra kullanılan işleme ve çevresel koşullara bağlı olarak deri, solungaçlar ve bağırsaklardaki mikroorganizmalar kaslara girer. Bu nedenle, kaslar yüksek derecede kontamine olabilir (tifo, kolera, hepatit, çocuk felci) veya zehirlenmeye (*Bacillus*, *Staphylococcus*, *Salmonella*, *Clostridium*, *E. coli*, *Sreptococcus*) neden olabilmektedir (Alperden, 1993:124; Ertaş, 1981:8).

4. ULTRAVİYOLE KURUTMA TEKNOLOJİSİNİN GIDA ENDÜSTRİSİNDE KULLANIMI

Gıda endüstrisinde gıda güvenliğinin ve gıda muhafazasının sağlanması adına birden fazla teknolojik uygulamalar kullanılır. Düşük maliyetleri ve verimlilikleri nedeniyle, sterilizasyon, pastörizasyon ve termal enerji ile kurutma gibi rutin ısıtma yöntemleri gıda kalitesini olumsuz etkileyebilir. Özellikle ısıya duyarlı bileşikler içeren gıdalarda, bu işlemler istenmeyen bileşikler üretir ve oldukça besleyici bileşenlerin yok olmasına neden olur. Termal yöntemin ürünler üzerindeki olumsuz etkileri, üreticilerin bu yöntemleri kullanmaktan kaçınmasına neden olmaktadır. Sonuç olarak veba ve zehirlenme gibi olumsuz durumlar insan sağlığını ve gıda güvenliğini etkilemektedir (Gabriel, 2015: 723).

Gıda güvenliği ve gıda kalitesi üzerindeki olumsuz etkileri önlemek için termal olmayan dekontaminasyon ve saklama yöntemleri geliştirilmektedir. Bu doğrultuda; gıda ürünlerinde kullanılmak üzere ultraviyole ışık, ultrason, ozon, manyetik alanlar, elektrik alanları ve hidrostatik basınç gibi termal olmayan teknolojiler incelenmekte ve araştırılmaktadır. Geleneksel yöntemlerin yerini alacak yeni teknolojiler üzerine araştırmalar gün geçtikçe artmakta ve bu yöntemler gıda endüstrisinde kullanılmaktadır. Tüketiciler arasında sağlıklı gıda ürünlerine yönelik artan talep, ürünlerin besin değerini korumak ve geliştirilen teknolojiyi üretime uyarlamak için depolama yöntemlerinde reform yapılmasını gerektirmektedir. Bu yeni gıda muhafaza teknikleri, geleneksel işleme metotlarına göre genel olarak daha düşük sıcaklık derecelerinde uygulandıklarından gıda kalite kayıpları minimum düzeyde gerçekleşmektedir (Türker ve Yel, 2014: 2).

Ultraviyole (UV) ışık uygulaması, gıdanın muhafaza edilmesi ve mikrobiyal olan inaktivasyon amaçları ile kullanılan ve ısıl olmayan teknolojilerden birisidir. Gıda endüstrisinde son yıllarda ultraviyole (UV) ışık uygulamalarının kullanımları ve geliştirilmiş olan yöntem ve tekniklerin iyileştirilmesi amacı ile ilgili bilimsel çalışmalar gerçekleştirilmiş ve bu çalışmalar yapılmaya devam etmektedir.

10-400 nanometre arasında dalga boyuna sahip olan ultraviyole (UV) ışık elektromanyetik belirli bir ışığın çeşididir. Dalga boylarının uzunluklarına göre ultraviyole ışık üç kategoriye ayrılmıştır. Bunlar UV-C (200-290 nm), UB-B (290-320 nm) ve UV-A (320-400 nm) arasında dalga boylarına sahiptir (Türker ve Yel, 2014: 3).

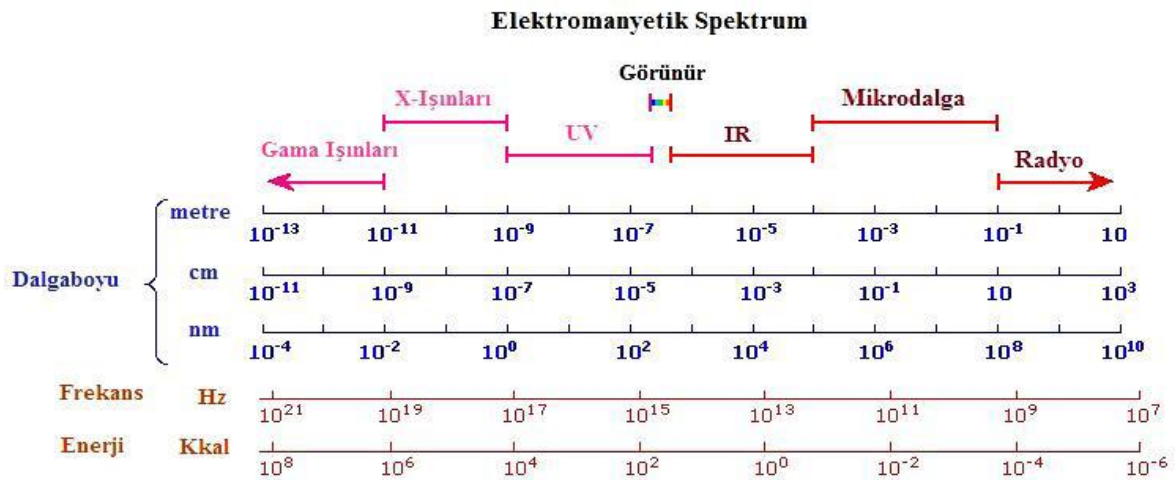
Yaşadığımız dönemde etkili şekilde ısıl olmayan inaktivasyon teknolojileri olarak (ultraviyole)UV-C ışık uygulaması kullanılabilir. UV radyasyonunun gıdalarda

kullanılması, çok çeşitli mikroorganizmaları etkisiz hale getirir ve gıda üzerinde başka olumlu etkilere sahiptir (Manzocco vd., 2012: 524). Genel olarak bakıldığında son senelerde UV ışık uygulamaları uygun şekilde maliyetli, ısı olmayan fiziki ve çevre dostu olduğundan önemlilik düzeyi oldukça artmıştır. Son yıllarda birçok gıda maddesi için UV ışık dekontaminasyon ve muhafaza amacıyla başarılı şekilde uygulanmaktadır (Bhat ve Karim, 2009: 1162).

Gıdaların depolanması sırasında optimum sıcaklıklarda UV-C ışığının kullanılması başlangıçtaki mikrobiyal yükü azaltır ve gıdalardaki mikrobiyal büyümeyi yavaşlatır.

4.1. Ultraviyole Işık (UV)

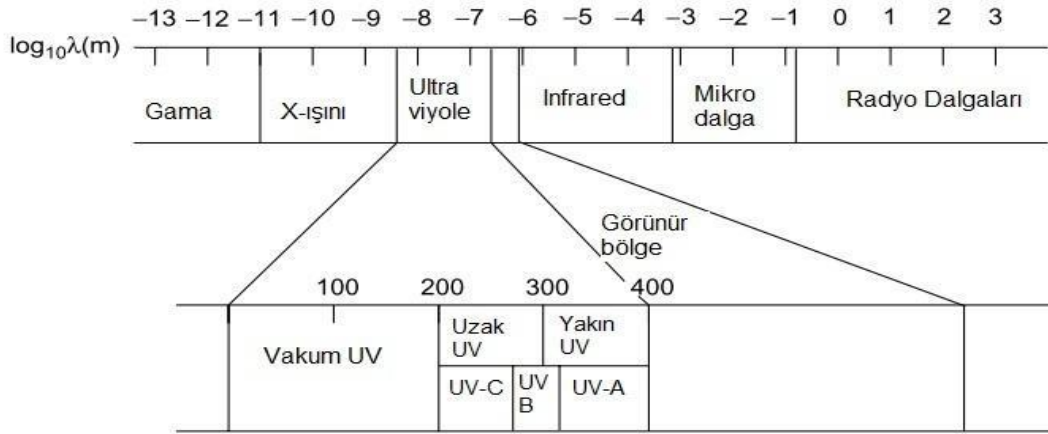
Ultraviyole ışıklar güneş tarafından gelmekte olan elektromanyetik enerjilerin belirli bir türüdür. Spektrumda X ışınları ve görünür bölge arasında kalmakta ve 10-400 nm arasında dalga boyuna sahiptir. Ultraviyole ışık, görünen bölgenin oldukça yüksek frekans çeşidi olan mor ötesi ışık olarak adlandırılmaktadır. Ultraviyole ışığın içerdiği fotonlar 3,10-124,0 elektrovolt aralarında enerjileri taşır ve ışınları 3,5*10¹⁵-7,9*10¹⁴ hertz aralarında frekanlara sahiptirler. Şekil 4.1.' de ultraviyole ışığın elektromanyetik spektrumda bulunduğu konumları gösterilmektedir (Reusch, 2013).



Şekil 4.1. Elektromanyetik spektrum

Kaynak:(Reusch, 2013).

Elektromanyetik spektrumda yer aldığı dalga boyları aralıklarında ultraviyole ışık farklı şekilde alt kısımlara ayrılmıştır. Görünmekte olan bölgelere uzaklık bakımından gerçekleştirilen sınıflandırmaya göre; yakın ultraviyole 300-400 nanometre arasındaki dalga boylarına sahip UV ışık, uzak ultraviyole 200-300 nanometre arasındaki dalga boylarına sahip UV ışık, vakum ultraviyole ise 200 nanometre altında dalga boylarına sahip UV ışık olarak isimlendirilmektedir. Bilimsel olan kaynaklarda sıklıkla kullanılan bir diğer sınıflandırmada ise, UV-A ışık 315-400 nanometre, UV-B ışık 285-315 nanometre, UV-C ışık 100-280 nanometre arasında dalga boyuna sahip üç bölüm içermektedir. Şekil 4.2.'de ultraviyole ışığın elektromanyetik olarak spektrumdaki altta yer alan kısımları görülmektedir (Cai ve Corke, 2004: 2180).



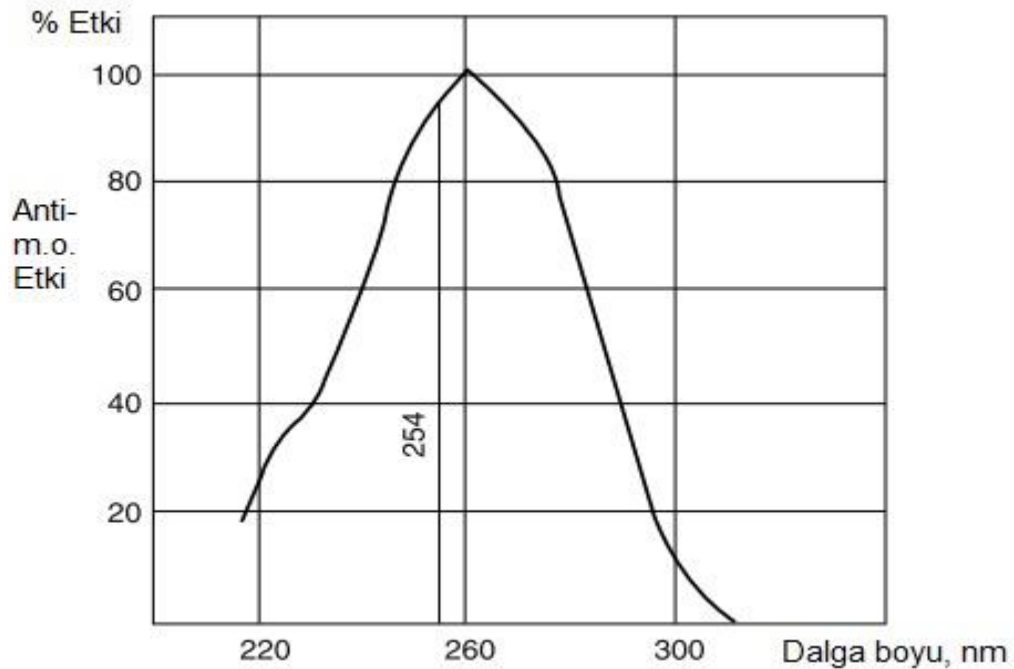
Şekil 3.2. Ultraviyole ışığın elektromanyetik spektrumdaki alt bölümleri

Kaynak:(Cai ve Corke, 2004: 2180).

UV kullanımına yönelik yapay olan ışığın üretilmesi için gaz deşarjlı lambalar kullanılır. Bu lambalar iyonize gazdan elektrik akımı geçirerek ışık üretme prensiplerine dayanır. Yayılmakta olan ışığın niteliği, kullanılmakta olan gaza, gaz basınçlarına ve elektrik akımının frekanslarına bağlıdır. UV lambaları argon, neon ve ksenon gibi inert gazlarla ve sodyum ve cıva ile doldurulabilir. UV lambaları arasında ticari olarak kullanılan eksimer lambaları (EL), atımlı lambalar (PL), düşük basınçlı cıva lambalar (LPM- low pressure mercury) ,orta basınçlı cıva lambalar (MPM-medium pressure mercury) ve ışık yaymakta olan diyot lambalar (LED) buundur. Genel anlamda kısa olan dalga boyu (254 nm) antimikrobiyal etkiler göstermekte olan çeşitli basınçlarda cıvalı olan lambalar (LPM ve MPM), dezenfeksiyon uygulamasında kullanılmaktadır. UV-C ışık üreten cıva lambaları dezenfeksiyon uygulamalarında kullanılmaktadır (Pala ve Tokluca, 2010: 17).

4.2. Ultraviyole Işık (UV) Etki Mekanizması

Ultraviyole ışık antimikrobiyal (germisidal) etkisini 100 nanometreden 280 nanometreye kadar dalga boyları uzunluklarında göstermektedir. Bu dalga boyu uzunluğunda bulunan ultraviyole alt bölümü UV-C ışığıdır. Şekil 4.3’de gösterildiği gibi, UV radyasyonu, 200-300 nm dalga boyuna sahip bir çan eğrisi şeklinde inaktivasyon etkisini artırır ve azaltır. Geleneksel cıva lambaları genellikle 254 nanometre dalga boyunun boylarına sahip ultraviyole ışık yayar. Organik bir moleküller tarafından emilen UV ışığının enerjisi, patojenlerin fotokimyasal, fotofiziksel ya da fototermal etkilerle etkisiz hale getirilmesine izin verir. Bu nedenle istenilen sonuca ulaşmak için uygun bir lamba ve kamera tasarlamak ve emilen enerjiyi maksimize etmek gerekmektedir (Krishnamurthy vd., 2008: 283).



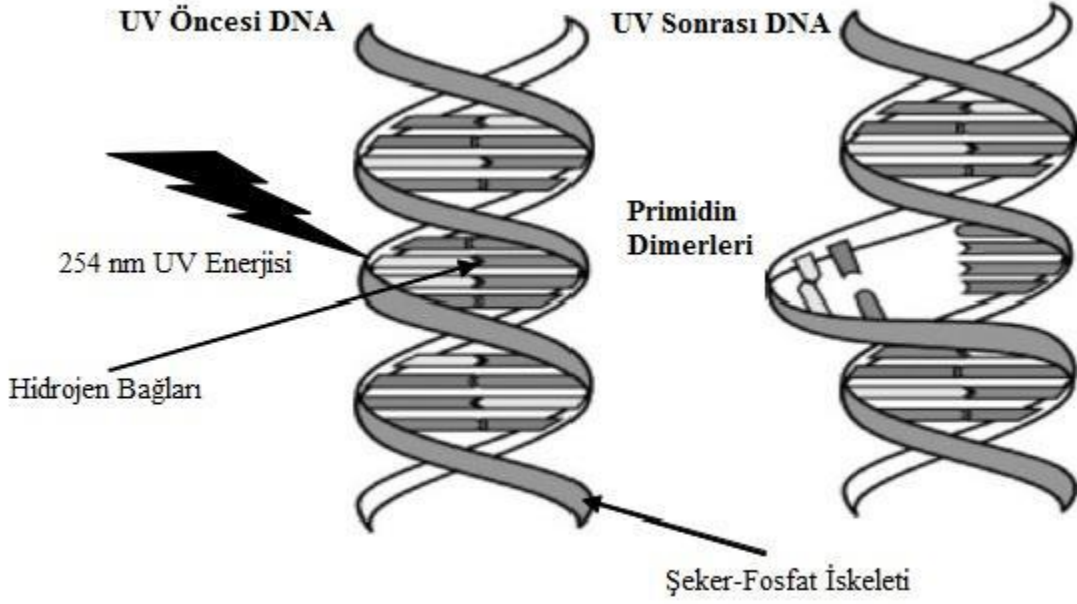
Şekil 4.3. Ultraviyole ışığın antimikrobiyal etkinliği

Kaynak: (Krishnamurthy vd., 2008: 283).

Organik moleküllerin yapılarında yer alan bağların geneli ultraviyole ışığı absorblar ve molekülde fotokimyasal değişikliklere neden olabilmektedir. Teorik açıdan C-C, C-H, C-N, H-N,O-H ve S-S bağları 112,8 kkal/Einstein enerjilere sahip 253,7 nanometre ışıklardan etkilenmektedir. Nükleik asitler, en güçlü 253,7 nm ışık absorblayıcı moleküllerdir. Nükleik asitlerdeki polimer iskelet ışıktan etkilenmezken, pürin ve pirimidin bazları ışığı

absorblamaktadır. 253,7 nanometrede, çift halka, aromatik halka ve disulfit bağları içermekte olan bileşikler absorblayıcısı olarak belirtilmektedir. Genellikle “ ışığa hassas ” bileşikler olarak karoten, A vitamini, riboflavin (B₂ vitamini), siyanokobalomin (B₁₂ vitamini), D vitamini, folik asit, K vitamini, E vitamini (tokoferoller), katı yağlar, doymamış yağ asitleri, triptofan ve fosfolipidler tanımlanmaktadır. Karbonhidratlar ise ışığa karşı duyarlı değildir (Koutchma vd., 2009: 116).

Ultraviyole ışık, mikroorganizmaları etkiler ancak genellikle nükleik asitlere zarar verir ve çoğalmalarını engeller. 200-310 nanometre arasındaki ultraviyole ışık, nükleik asitleri emer ve mikroorganizmalara verilen hasar sonucu inaktif duruma gelmektedir. Absorblanan ışık altı şekilde hasarlar meydana getirilerek mikroorganizmanın inaktif olmasını sağlar. Ultraviyole ışığın mikroorganizma üzerindeki inaktive edici etkileri, primidinlerin hidrasyonu, zincirlerin çapraz bağlanması, plinükleotit içindeki komşu olan bazların dimer oluşturmaları DNA zincirinin kırılması ve aromatik amino asitlerin denatüre olmasıdır. Bunlar içinden öncelikli olan Şekil 4.4'te görüldüğü gibi ışık etkisiyle primidin dimerlerin oluşumudur. Pirimidin dimerleri, timin ve sitozin bazları arasında zincire bitişik bağların oluşmasıyla oluşur, bu da DNA replikasyonunu engeller ve proliferasyonun durmasına yol açar. Bununla birlikte, nükleik asitlere verilen hasar, diğer hücresel işlevler devam ederken çoğalmayı engeller. Hücre canlı olduğu sürece metabolizma aktiftir ve enzim mekanizması DNA'daki hasarı onarmak için çalışmaktadır (Koutchma vd., 2009: 117).



Şekil 4.4. UV ışık etkisiyle DNA yapısının bozulması

Kaynak:(Koutchma vd., 2009: 117).

Mikroorganizma DNA'sında meydana gelen tepkiler ürünlerin yaklaşık olarak %78'i primidin dimerleridir ve bunlar UB-B ve UV-C ışık etkisiyle gerçekleşmektedir. %1-10 arasında devar primidinon , %10-20 arasında ise primidin primidinon bileşikleri oluşmaktadır.

4.3.Gıdalarda Ultraviyole Işık Uygulamaları

Ultraviyole ışık teknolojisinin gıda maddeleri üzerindeki etkinin belirlenebilmesi için birçok araştırma ve çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu doğrultuda ultraviyole ışığın gıda maddelerinin kalitesi üzerindeki etkileri ve gıda maddelerinin içerdiği mikroorganizmalar üzerindeki inaktif edici etkileri de çok sık araştırılmaktadır. Ultraviyole ışık uygulamasının etki mekanizması, proses koşullarına, gıda maddelerinin özelliğine, mikroorganizmaların tiplerine ve ışığın karakteristik özelliklerine bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir. Ultraviyole ışığın penetrasyon kabiliyeti açısından gıda maddesinin sıvı veya katı hali ve saydamlığı oldukça önemlidir. Akışkan gıda maddeleri (sıvı veya toz şeklinde olan) UV ışığın içinde hareketler ederek oldukça homojen olan bir ışık etkilerine maruz kalabilmektedirler, katı veya mat olan maddelerin yüzeylerine etkir ve derin kısımlara işlemleri konusunda etkili olmamaktadır (Keklik ve Demirci, 2007: 85). Geçirgenlik, UV odaklı mikroorganizmalar için de aynıdır. Farklı mikroorganizma türleri arasında veya farklı mikroorganizma türleri arasında ışık geçişinde farklılıklar olabilir. Işınlama işleminde

ışınlaşma dozu yani ışının madde tarafından absorbe miktarı, bir taraftan istenilen amaç, diğer taraftan da gıda kalitesi ve insan sağlığı açısından önemlidir (Ünlütürk ve Turantaş, 2015: 245). Farklı mikroorganizma hücreleri adına hücrelerin merkezlerine % ışık geçişleri Tablo 4.1’de gösterilmiştir.

Tablo 4.1. Mikroorganizma hücreleri belirli hücre merkezlerine % ışık geçişi

Hücre	Hücre Çapı (μm)	Seçili Dalga Boyları için % Işık Geçişi			
		200 nm	250 nm	300 nm	350 nm
Virüs	0,15	64	81	140	101
Bakteri	1	43	77	96	101
Maya	5	1,5	61	99	100

Kaynak: (Ünlütürk ve Turantaş, 2015: 245).

4.4. Kırmızı Et

Genel olarak kırmızı et, sığır, keçi, koyun, dana, deve ve manda gibi büyükbaş ve küçükbaş hayvanlarda bulunan kas dokularını ifade etmektedir. Hayvanlarda kas dokuları ve bu dokulara bağlı olan yağ ve deri dokuları tamamını kapsamaktadır. Böbrek, dil, ciğer, beyin ve benzeri kısımlar, sakatat ve iç organ olarak tanımlanmakta ve hayvan eti ifadesinin dışında yer almaktadır. Yüksek oranda biyolojik açıdan değere sahip olan kırmızı et, önemli mikro besin maddeleri ve protein açısından oldukça zengin bir kaynaktır. Kırmızı et, yeterli protein içeriğine sahip olmasının yanı sıra, demir, çinko, fosfor, selenyum gibi mineral maddeler ve riboflovin, niasin, B₆ ve B₁₂ gibi vitamin açısından önemli bir kaynaktır. Et ve et ürünlerinde besin öğeleri; hayvan çeşidine, beslenme alışkanlıklarına, yaşına, yetiştirildiği bölgeye, mevsime, hayvanın kısımlarına ve birçok özelliklere göre değişiklik gösterebilmektedir.

Yetişkin bir birey için 100 gr kırmızı et, B₆ vitamini, protein, niasin ve çinko bakımından gündelik olarak önerilmekte olan miktarın (RDI) yaklaşık olarak %50’sini karşılayabilmektedir. Günlük önerilen miktarın (RDI) fosfor, selenyum, demir ve riboflovin için %25, B₁₂ vitamini için %90-100 arasında olduğu belirtilmektedir.

Et ve et ürünlerinin üretimi, taşınması, depolanması ve tüketici tarafından muhafaza edilmesi ve tüketime kadar ürünlerde mikrobiyolojik ve kimyasal olarak değişiklikler

meydana gelmektedir. Etin bozulması depolama süresinin artmasıyla artmakta, insan sağlığını ve gıda kalitesini etkilemektedir. Etlerin ve buna benzer ürünlerin raf ömürlerinin uzatılması için yeni teknolojilerin kullanımından yararlanmayı amaçlamaktadır. Kırmızı etin raf ömrü, hayvan türü, yaşı, kesimde tüketimi, beslenme alışkanlıkları, doğal mikroflora, peroksit içeriği, pH, asitlik, sıcaklık, ambalajlama, üretim koşulları ve depolama sırasında oksijen varlığını etkileyen en önemli faktörler listelenebilir (Rahman, 1999: 47). Kırmızı etin bozulmasına neden olmakta oldukça önemli olan mekanizmalar, lipid oksidasyonu, otolitik enzim ve mikrobiyal aktivitesidir.

Et ve et ürünleri, mikrobiyal büyüme için ideal bir ortam sağlar. Bozulan faktörler ürün için çok uygun bir ortam yaratır. Bozulmanın nedeninin bağırsak ve deride mikrobiyal kontaminasyon kaynağı olduğu söylenmektedir. Soğukta saklanan etlerde genellikle bozulma, *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Proteus*, *Microbacterium*, *Moraxella*, *Flavobacterium*, *Alcaligenes*, *Alteromonas*(*Pseudomonas putrefaciens*) ve *Saccharomyces* gibi psikrotrof bakteriler ve mayaların metabolik aktiviteleri sonucu meydana gelmektedir. Yüzeyde yapışkanlık bozulmasına *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, *Alteromonas*, *Aeromonas*, türleri neden olur. *Pseudomonas* ve *Alcaligenes* grubu bakteriler daha çok soğukta saklanan taze etlerde gelişir. Et ürünlerinde birçok biyokimyasal reaksiyon meydana gelir ve bu reaksiyonlar sonucunda etin ayrışmasını belirleyen peroksitler, NH₃, H₂S, kadaverin, indol ve putresin gibi bileşikler açığa çıkar. Bu bileşikler sadece etin doğal kırmızı rengini yeşil, kahverengi ve grinin farklı tonlarına dönüştürmekle kalmaz, aynı zamanda et çeşnisinde de kusurlara neden olur. Taze et, nem içeriği %98'in altına düştüğü ortamda muhafaza edildiği zaman su kaybeder. Etin yüzey kısmında suyun aktivite değeri 0,96-0,95'inden aşağı düştüğü zaman bakteriler gelişemez ancak ortamda küf gelişmeye başlar. *Thamnidium chaetocladioides* ve *T. elegans* ette sakallanmaya, *Cladsporium herbarum* siyah nokta oluşmasına ve *Sporotrichum carnis* beyaz nokta oluşumuna neden olur. Etin ekşi tadı ve aroması, propiyonik asit, bütirik asit, asetik asit, yüksek karbonlu yağ asitleri ve laktik asitlerden ve sakarin gibi diğer organik asitlerden kaynaklanır. *Clostridium* türleri, koliform bakterileri ve laktik asit bakterileri vakumlu paketlenmiş ette çürümeye neden olur. Putrit bozulma anaerobik mikroorganizmaların faaliyeti sonucu ette kötü koku oluşmasına neden olan NH₃, H₂S, kadaverin-putresin, indol, merkaptan gibi bileşiklerin açığa çıkması sonucu meydana gelir (Ünlütürk ve Turantaş, 2015: 251). Ette yaygın olarak bozulma sonucu ortaya çıkmış olan bileşikler *Pseudomonas* türlerinin ürettiği metilaamin, dimetilamin ve trimetilamindir (Garcia-Lopez vd., 1998). Optimum pH aralıkları bakteriler için 5,5-7,0 aralığında olmasının

yanı sıra *Pseudomonas* türlerinin üreme hızı 0°C'de göreceli şekilde yavaşken 2 °C'de üremelerin hızları artmakta ve raf sürelerine de etki etmektedir (Dave ve Ghaly, 2011: 503).

Hayvanların kesiminin ardından kan akışı durduğunda hayvan dokularındaki yağ asitleri oksidasyon reaksiyonlarına uğramaktadır. Oksidasyonun ardından meydana gelen bileşikler nedeniyle ette ransit tat, bozulmalar ve kötü kokular oluşur. Ette, lipid hidrolizi, enzimatik olarak veya enzimatik olmayan bir şekilde gerçekleşir ve hidroliz sonucunda yağ dokulardaki trigliseritler parçalanmakta ve acılaşmalar yaşanmaktadır. Gerçekleşen lipid oksidasyonu boyutunu, ette bulunan prooksidan miktarı, yağ asidi kompozisyonu ve tokoferol miktarı gibi etkenler belirler.

Et hücrelerinde kesim sonrası gerçekleşen enzimatik reaksiyonlar et ürünlerinin bozulmasında önemli bir etkidir. Yağ dokusundaki trigliseritlerin parçalanması nedeniyle oluşan ransit tat, kompleks bileşiklerin(yağlar, karbonhidrat ve protein) parçalanması sonucu oluşan yumuşama, polipeptid yıkılmasının sonucunda meydana gelen kötü kokulara ve otolitik enzim aktiviteleri sonucunda dokularda bozulmalara gerçekleşir (Dave ve Ghaly, 2011: 503).

4.5. UV Işık Kullanılarak Gıdalarda Mikroorganizma İnaktivasyonu

Gıda maddelerinde ve özellikle gıda maddelerinin yüzeylerinde mikroorganizma inaktivasyonu sağlamak amacıyla yapılan çalışmalar her geçen gün artmaktadır. Bu çalışmalar özellikle tüketime hazır gıdalar, et ve et ürünleri, meyve sebzeler, ekmek, toz gıdalar, yumurta ve balık gibi ürünler sıralanabilir.

Gerçekleştirilmiş olan bir çalışmada tavukların etlerinin üzerinde bulunan *Salmonella typhimurium*, ve *Listeria monocytogenes* bakterilerinde yer alan inaktivasyonların domuzların deri ve kaslarında *E.coli* inaktivasyonu hedefi ile uygulanan UV ışığın et yüzeyleri üzerinde bakteriler kontaminasyonun azalttığı sonucu belirtilmiştir. Ultraviyole ışığın yumurta kabuk yüzeylerine uygulanmasıyla ilgili yapılan çalışmada *S.typhimurium* ve *E.coli* türlerini azalmasında oldukça etkili olduğu ifade edilmiştir (Coufal vd., 2003: 755).

254 nanometre dalga boyunda 1 mW/cm² yoğunlukta 5 dakika uygulanan ultraviyole ışığın çığ tavuk örneklerinde bulunan *L.monocytogenes* sayısında 2 log azalma olduğu ve bunun yanı sıra ultraviyole uygulamasının ardından et renginde meydana gelen değişimin ihmal edilecek düzeyde olduğu ifade edilmiştir (Lyon vd., 2007: 266).

Kesilmiş meyvelerin üzerlerinde gerçekleştirilen çalışmalarda meyve yüzeylerinde mikrobiyal gelişmenin engellendiği ve arzu edilmeyen kalite değişimlerine sebep olmadığı

belirtilmiştir. Ayrıca ultraviyole ışık uygulamasında hidrojen peroksit, klor ve ozon uygulamalarından daha etkili sonuçlar elde edilebileceği tahmini yapılmaktadır. Dilimlenmiş kavun üzerine yapılan bir araştırmada 4,1 kJ/m² dozunda yapılan uygulama doku, renk ve görünüm özelliklerine etki etmeden mikrobiyal popülasyonlarda 1 logdan daha fazla azalma olduğu belirtilmiştir (Fonseca ve Rushing, 2006: 258).

Yapılmış olan araştırmada inek sütü örneklerinde uygulanan doz miktarı 15 kJ/L'dir. Bu doz uygulamada toplam bakteri sayısında (TMAB) 3 log azalma olduğu, tüm flora içerisinde en fazla koliformlara etki ettiği, sporlu olan bakterilerin en az düzeyde etkilediği gözlemlenmiştir (Reinemann vd., 2006: 8).

Keçi sütü üzerinde uygulanmış olan 15,8 ve 1,6 mJ/cm² dozlarının kamülatif etkileri ile *Listeria monocytogenes* sayılarında 5 log azalamalara neden olduğu anlaşılmıştır (Matak vd., 2005: 2213).

Su dezenfeksiyonu sağlamak amacıyla yapılan bir araştırmada uygulanan UV ışık dozunun *Streptococcus fecalis*, *S. Aureus*, *Shigella sonnei*, *S. Typhi* ve *Escherichia coli* hücrelerinin inaktivasyonu üzerine etkileri incelenmiştir. *S. aureus*, *S. Sonnei*, *S. typhi* ve *E. coli* 0,007 J/cm² dozda benzer duyarlılık göstermekte ve bakterin sayılarında 3 log azalmalar olduğu belirtilmiştir. *S. fecalis* ise daha yüksek direnç göstererek 3 log azalamalar için 1,4 kat daha çok ultraviyole doz uygulanması gerekli olduğu belirtilmiştir. Farklı gıda maddeleri üzerine aynı doz uygulama yapılarak *E. coli* ve *Salmonella* inaktivasyonu üzerine bir çalışma yapılmıştır. 253,7 nanometre UV uygulamasında, 24*10⁻³ W/cm² dozda elma örneklerinin *E. coli* sayısında 3,3 log azalma olduğu, domates örneklerinde 2,19 log azalma olduğu belirtilmiştir. Marul örneklerine aynı doz uygulanmasıyla *Sallmanella* sayısında 2,65 log azalma olduğu ve *E. coli* sayılarında 2,79 log azalmalar olduğu görülmüştür (Krishnamurthy vd., 2008: 285).

Darbeli UV ışığı tedavisi ile çiğ somon filetolarına aşılınmış *Escherichia coli* O157:H7 ve *Listeria monocytogenes*'in etkisizleştirilmesine yönelik bir araştırma yapılmıştır. Somon filetoları üzerinde *Escherichia coli* O157:H7 ve *Listeria monocytogenes* Scott A'yı inaktive etmek için somon fileto pedri kapları UV ışığından 3,5 ve 8 cm aralıklı mesafelere yerleştirilmiştir. Darbeli UV ışığı her mesafede 15,30,45 ve 60 saniye uygulanmıştır. Yapılan çalışmada yaklaşık olarak 1 log azalma (yaklaşık %90) olduğu tespit edilmiştir. 8 cm mesafeden 60 saniyelik UV ışık uygulaması ile kaliteyi etkilemeden *Escherichia coli*

O157:H7 ve *Listeria monocytogenes*'in inaktiv edilebileceği tespit edilmiştir (Özer ve Demirci, 2006:359).

4.6. Ultraviyole Işık Uygulamasının Gıdalarda Olumsuz Etkileri

Ultraviyole ışık uygulaması mikrobiyal popülasyonlarının azalmalarının yanı sıra, yüksek düzeyde uygulama yapılması gıda maddelerinde kalite kayıplarına neden olabilmektedir. Metal oksit ve hava varlığında ultraviyole ışık yağ içeren gıdalarda H₂O₂ (hidrojen peroksit) ve lipid radikalleri oluşabilmektedir. Gıdalarda H₂O₂ oluşumu, renk pigmentlerinin, yağda çözünen vitaminlerin (A,D,E,K) ve besin değerlerinin yok olmasına neden olabilir (Kolakowska, 2003: 156). Ultraviyole ışık teknolojisinin uygulanması sonucunda renk pigmentlerinde değişim ve kötü olan kokular oluşabilmektedir. UV ışık uygulama esnasında oksijen radikalleri oluşabilmektedir ve bu da 185-195 nanometre dalga boylarında ozon gazları oluşumlarına neden olmaktadır ve bunun sonucunda istenmeyen koku oluşumları yaşanabilmektedir (Ohlsson ve Bengtsson, 2002: 43). Uzun süre UV ışık uygulama yapılması B₂, C ve A vitaminlerinin kaybına neden olmaktadır, uygulama esnasında meydana gelen proksitlerden renk maddeleri zarar görür, ışık yardımıyla riboflavinlerin aktifleşmesi ve metiyonin oluşması arzu edilmeyen koku oluşmasına neden olmaktadır (Cuvelier ve Berset, 2005: 69).

Ultraviyole ışık teknolojileri genel anlamda çok fazla olmayan, uygun seviyelerde uygulaması yapılırsa gıda maddeleri içerisinde olumsuz yönde etkilere yol açmamaktadır. Yalnız gıda maddeleri ultraviyole ışığa uzun süre maruz kaldığında arzu edilmeyen değişiklikler ortaya çıkabilmektedir. UV ışık teknolojisinde kullanılan ekipmanlarda yapılacak değişiklikler ve modifikasyonlarla istenilen sürede mikroorganizma inaktivasyonun sağlanabileceği ve uygun proseslerin geliştirilebileceği belirtilmektedir (Krishnamurthy vd., 2009: 278).

5.TARTIŞMA

Gıdanın bozulması; üretim esnasında, taşınmasında ya da depolama esnasının birinde meydana gelmekte ve özellikle ürün güvenliği, ürünün kalitesi ve besleyici özelliğinin kaybolmasına neden olabilmektedir (Sanches-Silva vd., 2014: 377). Oksidatif bozulmalar ise gıda bozulmasının temel nedeni olmakla birlikte, ürünlerde raf ömürlerinin azalması ve ürünlerin kalitesinin bozulmasına neden olabilmektedir (Falowo vd., 2014: 179). Oksidasyona duyarlı olan biyomolekülleri yüksek konsantrasyonda içeren gıdalarda bozulmalara neden olan başlıca etken lipid peroksidasyonudur. Lipid peroksidasyonu, lipidlerin oksijen ile kompleks etkileşimleri olmakla birlikte triasilgliserollerin ve fosfolipidlerin parçalanmalarına, istenmeyen lezzetleri oluşturan uçucu bileşenlerin oluşmalarına (oksidatif ransidite) neden olmaktadır. Bu bileşenler özellikle yiyeceklerde bozulmalara ve besin değerlerinde azalmaya neden olabilmektedir (Sanches-Silva vd., 2014: 377).

Özellikle balık ve et ürünleri gibi bozulması kolay olan ürünlerde ürünün kalitesini ve güvenliğini sağlamak özellikle diğer ürünlere oranla daha da zordur. Balık ve ürünlerinin bileşiminde yüksek oranda lipid içermesi, renk pigmenti ve metal katalizör gibi birçok oksidatif ajandan dolayı özellikle peroksidasyona karşı daha hassas olmaktadır. Lipid peroksidasyonunun düzeyi, etin kimyasal yapısı, ışık varlığı, oksijen geçirgenliği, saklama sıcaklıkları, depolama süreleri ve özellikle uygulama alanında ki teknolojik işlemlere bağlı olarak değişim gösterirken, genel olarak kalitesi ve kabul edilebilirliğini olumsuz şekilde etkilemektedir (Shah vd., 2014: 31). Bundan dolayı et endüstrisinde, lipid peroksidasyonunu önlemeye yönelik yeni stratejiler belirlemek zorunda kalınmıştır (Kumar vd., 2015: 805).

Kurutulmuş balık ve ürünlerinde lipid oksidasyon düzeylerini azaltan ve duyuşal özelliklerini olumsuz etkilemeyen farklı dozlarda ultraviyole ışık uygulamaları bu konuya ilişkin oldukça önemli potansiyel oluşturur. Tat ve kokuya ilişkin olarak olumsuz yönde etki gösterecek olan lipid oksidasyon temelli olan bozulmaların engelleneceği ve bu bağlamda da raf ömürlerinin uzatılacağı düşünülmektedir.

6.SONUÇ

Dünyada nüfusun artması ve sınırlı gıda kaynaklarının olmasından dolayı var olan kaynakların üretim, dağıtım ve tüketime kadar yani çiftlikten çatala kadar gıda maddelerinin her aşaması kontrol edilebilir ve izlenebilir sistemlerinin olması ve HACCP kurallarının uygulanması gerekmektedir.

Lipit peroksidasyonu üzerine yapılan çalışmalar göz önünde bulundurulduğunda gıdalarda meydana gelen fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik bozulmaların önüne geçebilmek için bu gibi çalışmaların yapılması gerektiğini göstermektedir. Balık, özellikle yüksek protein içeriği, vitamin ve mineraller, büyüme faktörleri nedeniyle beslenme için çok önemli bir gıdadır. Balık etini üstün değerli gıda maddesi yapan, beslenme fizyolojisi açısından uygun aminoasit içeriği, kolay sindirilebilmesi, vitamin ve mineral maddelerce zengin olma gibi özelliklerin bir araya gelmesidir. Balık etini çok değerli kılan unsurlardan biride, enerji veren önemli bir besin ögesi olan yağları, uygun miktarlarda içermesidir. Bütün gıdalarda olduğu gibi balık ve balık ürünlerinde de kaliteyi etkileyen en önemli etkenlerden biri de raf ömrüdür. Et, yüksek su aktivitesi, mikroorganizmalar için uygun ortam, pH, doymamış yağ asidi içeriği vb. birçok nedenden dolayı sınırlı raf ömrüne sahiptir. Lipid peroksidasyonu balık ve balık ürünlerinin raf ömrünü kısıtlayan en önemli değişimlerden biridir. Belirli gıda ürünlerinde (balık, et vb.) oksidasyonun başlama aşamasının önlenmesi veya inhibe etme yöntemlerinin netleştirilmesi gerekmektedir. Spesifik gıdalarda lipit peroksidasyonunun kapsamını ve dolaylı olarak oksidatif bozunma derecesini değerlendirmek için bazı analitik sistemlerin geliştirilmesi ve standardizasyonun sağlanması gerekmektedir. UV ışık uygulamaları ile gıda maddelerinde başlangıç mikroorganizma yükü azaltılabilir ve mikrobiyolojik bozulmaların yavaşlatılması sağlanabilmektedir.

Yapılan çalışmada gıdaların raf ömrünün uzatılmasında, üretim esnasında oksidasyona dikkat edilerek gerekli tedbirlerin alınması, kurutulmuş balık üretiminde UV kurutma yönteminin lipit peroksidasyonu üzerine etkili olabileceği düşünülmektedir.

Sonuç olarak bakıldığında ürünlerin raf ömürlerinin uzatılmasında, standart düzeyde ürünlerin üretilmesi ve halk sağlığı kriterlerinin dikkate alınarak, üretim esnasında oksidasyon tehlikelerine dikkat edilerek gerekli tedbirlerin alınması oldukça önem taşımaktadır. Bunun da yalnızca üretim aşamasında yeni olan ve iyi teknolojilerin kullanımı ve bilinçli olan uygulamalar sayesinde olabileceği anlaşılmaktadır.

KAYNAKÇA

- Albu, S., Joyce, E., Paniwnyk, L., Lorimer, J. P. & Mason, T. J.,** (2004). "Potential for the use of ultrasound in the extraction of antioxidants from *Rosmarinus officinalis* for the food and pharmaceutical industry", *Ultrason.Sonochem.*, 11(3-4), 261-265.
- Alperden, İ.,** (1993). "Gıda sanayinde mikrobiyoloji ve uygulamaları: Et ve su mikrobiyolojisi; TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi, Gıda ve Soğutma Teknolojileri Bölümü, Kocaeli-Gebze, 124.
- Andersson, K., & Lıngnert, H.** (1999). Kinetic studies of oxygen dependence during initial lipid oxidation in rapeseed oil. *Journal Food Science*, 64, 262–266.
- Anonim,** (2011).6.*Lipids*. [Erişim: 09.Mart.2020, https://www.courses.psu.edu/fd_sc/fd_sc400_jnc3/lipids/6-lipids.pdf].
- Armstrong, S.G., Wyllie, S.G. & Leach, D.N.,** (1994). Effects of Season and Location of Catch on the Fatty Acid Composition of Some Australian Fish Species. *Food Chemistry*, 51 (3), 295-305.
- Belitz, H.D., & Grosch, W.** (1992). *Lehrbuch der Lebensmittelchemie*. Vierte Überarbeitete Auflage, Springer Verlag Berlin Heidelberg New York, 145-222, 580-606.
- Benatti, P., Peluso, G., Nicolai, R., & Calvani, M.** (2004). Polyunsaturated Fatty Acids: Biochemicaml, Nutritional and Epigenetic Properties. *Journal of the American College of Nutrition*, 23(4), 281-302.
- Bhat, R. & Karim, A. A.,** (2009). Ultraviolet irradiation improves gel strength of fish gelatin. *Food Chemistry*, 113, 1160–1164.
- Brannan, R.G., & Ericson, M.C.** (1996). Sensory assesment of frozen stored channel catfish in relation to lipid oxidation. *J.Aquatic Food Product Tech.*, 5(1), 67-80.
- Botsoglou, E., Govaris, A., Ambrosiadis, I., Fletouris, D. & Botsoglou, N.** (2014). Effect of olive leaf (*Olea europea L.*) extracts on protein and lipid oxidation of long-term frozen n-3 fatty acids-enriched pork patties. *Meat science*, 98(2), 150-157.
- Cai, Y., Q. Luo., M. Sun., & H. Corke.** 2004. Antioxidant activity and phenolic compounds of 112 traditional Chinese medicinal plants associated with anticancer. *Life Science*, 74, 2157-2184.

- Cascone, A.** (2005). *Study and prevention of lipid oxidation in meat*. (Doctoral Thesis). University of Naples Federico, Food Science and Nutrition. Naples, Italy.
- Cattaneo, P. & Cantoni, C.,** (1978). "Identification and rapid determination of histamine in fish samples", *Industrie Alimentari*, 17(4): 303-307.
- Chan, H.W.S.** (1987). Microsomal lipid peroxidation in autoxidation of unsaturated lipids. H.W.S Chan (Ed.), *Academic Press*, Londra 1-16.
- Coufal, C.D., Chavez, C., Knape, K.D., & Carey, J.B.** (2003). Evaluation of ultraviolet lightsanitation of broiler hatching eggs, *Poultry Science*, 82, 754–759.
- Cuvelier, M. & Berset, C.** (2005). Phenolic compounds and plant extracts protect paprika against UV-induced discoloration. *International Journal Food Science and Technology*, 40, 67–73.
- Dave, D., & Ghaly, A.E.** (2011). Meat Spoilage Mechanisms and Preservation Techniques: A Critical Review, *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 6, 486–510.
- Decker, E.A., Warner, K., Richards, M.P., & Shahidi, F.** (2005). Measuring antioxidant effectiveness in food. *J. Agric. Food Chemistry.*, 53, 4303-4310.
- De La Ossa, T.I.P.** (2009). *Omega-3 Enrichment and Oxidative Stability of Broiler Chicken Meat*. (Master of Science). University of Alberta, Food Science and Technology.
- Demirkaya, A.K.** (2010). *Glukano delta lakton kullanımının pastırmanın kalite kriterleri üzerine etkisi*. (Yayınlanmış Doktora Tezi). Atatürk Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Demirkaya, A.K., Özturan, K., & Ceylan, Z.G.,** (2007). Erzurum piyasasında tüketime sunulan piliç gövde etlerindeki tiyobarbitürik asit sayılarının belirlenmesi. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi*, 2(1), 41-43.
- Demirkaya, A.K.** (2013). Tereyağında tiyobarbitürik asit (TBA) testi ile lipid oksidasyonunun değerlendirilmesi. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi*, 2013 8(3), 237-240.
- Deyang, L., ^a^bHongkai, X., ^a^cZhongyuan, L., ^a^bAo, L., ^a^bJiaxuan, L., ^bBing, L., ^a^bXi aoyang, L. & ^a^bDayong, Z. ^a^b** (2019). Shelf life prediction and changes in lipid profiles of dried shrimp (*Penaeus vannamei*) during accelerated storage. *Food Chemistry*, 297.

- Dominguez, R., Pateiro, M., Gagaoua, M., Barba, F. J., Zhang, W., & Lorenzo, J. M.** (2019). A comprehensive review on lipid oxidation in meat and meat products. *Antioxidants*, 8(10), 429.
- Ericson, C.,** (1982). Lipid oxidation catalysts and inhibitors in foods. *Food Chemistry*, 9, 3-9.
- Ericson, M.C.** (1997). *Lipid oxidation: Flavor and nutritional quality deterioration in frozen foods*. In: Ericson M.C., Hung Y.C. (Eds). *Quality in Frozen Foods*. Chapman & Hall, 141-173.
- Ertaş, A. H.,** (1981). “Balık mikroflorası ve kutu konserve balıklarında bozulmaya neden olan bakteriler”, *Gıda Dergisi*, 6(4), 7-9.
- Falowo A.B., Fayemi P.O., & Muchenje V.** (2014). Natural antioxidants against lipid–protein oxidative deterioration in meat and meat products: A review. *Food Research International*, 64, 171-181.
- FAO,** (2003). [<http://www.fao.org/docrep>].
- Cuvelier, M. & Berset, C.** (2005). Phenolic compounds and plant extracts protect paprika against UV-induced discoloration. *International Journal Food Science and Technology*, 40, 67–73.
- Frankel, E.N.** (1980). *Lipid oxidation*. *Progress Lipid Res.* 19, 1-22.
- Frankel, E.N.,** (1991). Recent advances in lipid oxidation. *Journal Science Food Agriculture*, 54, 495-511.
- Fonseca, J., & Rushing, J.** (2006). Effect of ultraviolet-C light on quality and microbial population of fresh cut watermelon, *Post Harvest Biology and Technology*, 40, 256–261.
- Gabriel, A.,** (2015). Combinations of selected physical and chemical hurdles to inactivate *Escherichia coli* O157:H7 in apple and orange juices, *Food Control*, 50, 722–728.
- German, B., Zhang, H., & Berger, R.** (1992). The Role of Lipooxygenases in Lipid Oxidation in Foods. *Lipid Oxidation in Foods* 5, 74-92.
- Gordon, D.T., & Rattliff, V.** (1992). The implications of Omega-3 fatty acids in Human Health, George L. Flick (Ed.) *In Advances in Seafood Biochemistry Composition and Quality*, 406.

- Griffin, B.A., Gamble, J.C., & Sargent, J.R.** (2009). Nutrition and Metabolism of Lipids. Gibney, M.J., Vorster, H.H., Kok, F.J.(Eds), *Introduction to Human Nutrition*. Blackell Publ., 86-122.
- Guillén-Sans & Guzmán-Chozas,** (1998). The Thiobarbituric Acid (TBA) reaction in foods a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 38, 315–330.
- Gunstone, F.** (1996). *Fatty acid and lipid Chemistry*, Aspen Pulp., Chapman&Hall, New York, 1(6), 61-76.
- Güner, S.** (2007). Biyokimya, Biyomoleküllerin yapı ve işlevi, *Karedeniz Teknik Üniversitesi Fen Edebiyat Yayınları*, 52, 189-206.
- Halliwell, B.** (2007). Oxidative stress and cancer, have we moved forward? *Biochemistry Journal*, (401), 1–11.
- Han, T.J., & Liston, J.** (1989). Lipid Peroxidation Protection factors in Rainbow Trout (*Salmo gairdnerii*) Muscle Cytosol. *Journal Food Science*, (54), 809-813
- Hawthorn, J.** (1972). *Fish 1. Varietie and structre food Science and technology*. John Murray so Albermarle Street London 83-84.
- HewajuligeI.G.N.,^a , Nuwanthi, S.G.L.I.,^b , Madage,S.S.K.,^a & Wijesekera,^b R.G.S.,** (2016). Comparative study on organoleptic, microbiological and chemical qualities of dried fish, Goldstripe *Sardinella (Sardinella gibbosa)* with low salt levels and spices. *Procedia Food Science*, 6, 356-361.
- Hultin, H.O.** (1992). *Lipid oxidation in fish Muscle, In Advance in Seafood Biochemistry*. Flick, G.J., Martin, R.E.(Eds.) Techonomic Publishing Co., Inc: Lancaster, 99.
- Hrycyna, C.** (2007). Lipids, CHM333 Lecture 21, 10/17 –19/07.
- İnal, T.** (1988). *Besin Hijyeni*. İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Gümüş Basımevi,(1988), İstanbul.
- İşbilir, Ş.S.** (2008). *Yaprakları salata-baharat olarak tüketilen bazı bitkilerin antioksidan aktivitelerinin incelenmesi*. (Yayınlanmış Doktora Tezi). Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.
- Jayasingh, P., & Cornforth, D.P.** (2002). Comparison of Antioxidant Effects Of Milk Mineral, Butylated Hydroxytoluene and Sodium Tripolyphosphate in Raw and Cooked Ground Pork. *Meat Scince*, 66, 83–89.

- Jenschke, B.E.** (2004). *Chemical, color, and sensory attributes of sorghum bran-enhanced beef patties in a high oxygen environment*. (Master of Science). Texas A&M University, Teksas, ABD.
- Johnson, C. & Bishop, A.,** (1997) “Development of a microbial insecticide for use against the dipteran pests of traditionally processed fish”, Tenth session of the working party on fish technology and marketing, *FAO Fisheries Report*, Colombo, Sri Lanka, 563, 359-363.
- Kanner, J., & Rosenthal, I.** (1992). *An assessment of lipid oxidation in foods*. Pure &App/Chern., 64 (12), 1959-1964.
- Kanner, J.** (1994). Oxidative processes in meat and meat products, Quality implications. *Meat Science*, 36, 169–189.
- Karabudak, E.** (2000). *Sığır, balık ve tavuk etlerindeki lipid oksidasyonuna etki eden etmenler üzerine bir araştırma*. (Yayınlanmış Doktora Tezi). Hacettepe Üniversitesi. Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Karabudak, E.,** (2003). “Etlerdeki Demir Bileşiklerin Lipit Oksidasyonu Üzerine Etkisi”, *The Journal of Food*, 28(2), 195-201.
- Karakulak, O.** (2011). *Piliç karkaslarında tiyobarbitürik asit değerinin belirlenmesi*. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Ankara Üniversitesi. Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Keklik, N. M. & Demirci, A.** (2014). *Applications and Modeling Aspects of UV and Pulsed UV-Light for Food Decontamination*. Boziaris, I.S., (Ed.), Novel Food Preservation and Microbial Assessment Techniques, CRC Press, New York, 67–101.
- Kim, D. P., Chang, D. S. & Kim, S. J.,** (1985) “Bacterial quality of fish meat paste products and isolation of thermotolerant bacteria”, *Korean Journal of Applied Microbiology and Bioengineering*, 13(4), 409-415.
- Khalil, A.H., & Mansour, E.H.,** (1998). Control of lipid oxidation in cooked and uncooked refrigerated carp fillets by antioxidant and packaging combinations. *Journal Agriculture Food Chemistry*, 46, 1158-1162.
- Kolakowska, A.** (2003). *Lipid oxidation in food systems, Chemical and Functional Properties of Food Lipids*. Sikorski, Z.E., Kolakowska, A., (Eds.), CRC press, New York, 133–168.

- Koutchma, T., Forney, L.J. & Moraru, C.I.** (2009). *Ultraviolet Light in Food Technology*. Principles and Applications. CRC Press, New York, 1-31, 69-101, 102-125.
- Krishnamurthy, K., Irudayaraj J., Yang, W. & Demirci, A.** (2008). UV Pasteurization of Food Materials. *Food Processing Operations Modeling Design and Analysis*. Irudayaraj J., Jun, S., (Eds.), CRC Press, New York, 281–302.
- Krishnamurthy, K., Irudayaraj, J., Demirci A. & Yang, W.** (2009). UV Pasteurization of Food Materials. *Food Processing Operations Modeling Design and Analysis*. Irudayaraj J., Jun, S., (Eds.), Second Press, New York, 271–302.
- Kumar Y., Yadav D.N., Ahmad T., & Narsaiah K.** (2015). Recent Trends in the Use of Natural Antioxidants for Meat and Meat Products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 14(6), 796-812.
- Kuzu, S.,** (2005). *Farklı avlama mevsimlerinin İskenderun Körfezi'nde avlanan keserbaş barbun (Mullus barbatus, L., 1758)'un aminoasit ve yağ asitleri kompozisyonuna etkileri*. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Anabilim Dalı, Adana.
- Ladikos, D., & Lougovois, V.** (1990). Lipid oxidation in muscle foods. A review. *Food Chemistry*, 35, 295-314.
- Lee, H.B.S.,** (1983). *The effect of animal age and refrigerated storage time on lipids in pig ham muscle*. (Master of Science). Texas Techn. University, Food Technology, Teksas, ABD.
- Lei, C., ^{ab1}Tian, J., ^{a1}Zhang, W., ^cLi, Y., ^aJi, H., ^dYu, E., ^aGong, W., ^aLi, Z., ^aZhang, K., ^aWang, G., ^aYu, D. & ^aXie, J.^a** (2019). Lipid droplets participate in modulating innate immune genes in *Ctenopharyngodon idella* kidney cells. *Fish & Shellfish Immunology*, 88, 595-605.
- Liu, G., & Xiong, Y.L.** (2000). Electrophoretic pattern, thermal denaturation, and in vitro digestibility of oxidized myosin. *J. Agric. Food Chem.*, 48, 624-630.
- Lohs, P., & Kamke, G.** (1980). *Bertrag zur Histamin problematik bei fischen und Fischerzeugnissen under besonderer Berücksichtigung weniger bekannter Fischarten*. Nahrung, 24 (3), 255-264.
- Love, J.D., & Pearson, A.M.** (1971). Lipid oxidation in meat and meat products: A review. *J American oil Chemistry.*, 48, 547-549.

- Ludorff, W., & Meyer, V.** (1973). *Fische und Fischerzeugnisse*. Paul Parey Verlag in Berlin und Hamburg, 125-130. ISBN:3 489 71914 X.
- Lyon, S.A., Fletcher, D.L. & Berrang, M.E.** (2007). Germicidal ultraviolet light to lower numbers of *Listeria monocytogenes* on broiler breast fillets, *Poultry Science*, 86, 964–967.
- Manzocco, L., & Panozzo, A. & Nicoli, M.C.,** (2012). Effect of ultraviolet processing on selected properties of egg white. *Food Chemistry*, 135, 522–527.
- Matak, K. E., Churey, J.J., Worobo, R.W., Sumner, S.S., Hovingh, E., Hackney, C.R. & Pierson, M.D.** (2005). Efficacy of UV light for the reduction of *Listeria monocytogenes* in goat's milk. *Journal of Food Protection*, 68, 2212–2216.
- Mendez, E. & Gonzalez, R.M.,** (1997). Seasonal Changes in the Chemical and Lipid Composition of the Southwest Atlantic Hake (*Merluccius hubbsi*). *Food Chemistry*, 59 (2), 213-217.
- Min, B. & Ahn, D.U.,** (2005). Mechanism of Lipid Peroxidation in Meat and Meat Products -A Review. *Food Science and Biotechnology*, 14 (1), 152-163.
- Moravah, E. H.,** (1979). Balık hijyeni. *Gıda Bil. Tek. Dergisi*, II(2), 15-17.
- Nawar, W.W.** (1996). *Lipids*. In “*Food Chemistry*”. O.R. Fennema, Marcel Dekker, (Eds.), New York. 225-319.
- Ohlsson, T. & Bengtsson, N.** (2002). *Minimal Processing Technologies in the Food Industry*, CRC Press, New York, 34–57.
- Öksüz, A., & Özyılmaz, A.** (2010). Changes in fatty acid compositions of Black Sea anchovy (*Engraulis encrasicolus* L. 1758) during catching season. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 10, 381-385.
- Özer, N. P. & Demirci, A.** (2006). Inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes* inoculated on raw salmon fillets by pulsed UV-light treatment. *International Journal of Food Science and Technology*, 41(4): 354–360.
- Pala, Ç., & Tokluca, A.,** (2010). Ultraviyole ışın (UV) teknolojisinin meyve sularına uygulanması. *Akademik Gıda*, 8 (1), 17-22.
- Polat, A. & Tokur, B.,** (2000). Balıklarda prooksidan ve antioksidanların lipid oksidasyonuna etkileri. *Ege Üniversitesi Su ürünleri Fak. Dergisi*, 17 (3-4), 299-310.

- Porter, L.J., Hrstich, L.N. & Chan, B.G.** (1985). The conversion of procyanidins and prodelphinidins to cyanidin and Delphinidin. *Phytochemistry*, 25 (1), 223-230.
- Rahman, S.F.** (1999). *Post harvest handling of foods of animal origin, Handbook of food preservation*. Rahman, S.F., Marcel Dekker, (Eds.), New York, 47-54.
- Reichwald, I.** (1976). Chemie der Fischlipide. *Fat Science Technology*. 78 Jahrgang Br.8, 328-332.
- Reinemann, D.J., Gouws, P., Cilliers, T., Houck, K. & Bishop, J.R.** (2006). New methods for UV treatment of milk for improved food safety and product quality. *American Society of Agricultural and Biological Engineers*, St. Joseph, MI. 2-10.
- Renerre, M., Poncet, K., Mercier, Y., Gatellier, P., & Metro, B.** (1999). Influence of dietary fat and vitamin E on antioxidant status of muscles of turkey. *Journal. Agriculture Food Chemistry*, 47, 237–244.
- Reusch, W.,** (2013). Visible and Ultraviolet Spectroscopy. Michigan State University, Department of Chemistry. [Erişim: 12.Ocak.2019, <https://www2.chemistry.msu.edu/faculty/reusch/virttxtjml/Spectrpy/UV-Vis/spectrum.htm#uv1>].
- Ringo, E. & Strom, E.,** (1994). "Microflora of arctic charr, *Salvelinus alpinus* (L.): Gastrointestinal Microflora Of Free-Living Fish And Effect Of Diet And Salinity Pn İntestinal Microflora", *Aquaculture and Fisheries Management*, 25 (6), 623-629.
- Rutgersson, A., Toukkuri, V.M., Reimkamen, P., & Lingnert, H.** (2000). Influence of hydrothermal treatment on lipid oxidation in barley. *Cereal Chemistry*, 77 (4), 407–413.
- Salcedo, C. L., de Mishima, B. A. L. & Nazareno, M. A.,** (2010). "Walnuts and almonds as model systems of foods constituted by oxidisable, pro-oxidant and antioxidant factors", *Food Res. Int.*, 43(4): 1187-1197.
- Sanches-Silva A., Costa D., Albuquerque T.G., Buonocore G.G., Ramos F., & Castilho M.C.** (2014). Trends in the use of natural antioxidants in active food packaging: A review. *Food additives, contaminants Part A, Chemistry, Analysis, Control, Exposure & Risk assessment*, 31 (3), 374-395.
- Sargent, J.R., Tocher, D.R., Bell, J.G.** (2002). *The Lipids: Fish nutrition*, Halver, J.E., Hardy, R.W. (Eds.), 3. ed., San Diego, California, USA, (Academic Press), 181-257.

Shah M.A., Bosco S.J.D., & Mir S.A. (2014). Plant extracts as natural antioxidants in meat and meat products. *Meat Science*, 98(1),21-33.

Shahidi, F., (2002). Lipid-derived flavors in meat products. In: *Meat Processing Improving Quality*. Joseph Kerry, John Kerry and David Ledward (Eds.), CRC Pres LLC, Cambridge, 105-117.

Shahidi, F. & Zhong, Y., (2010). “Lipid oxidation and improving the oxidative stability”, *Chem. Soc. Rev.*, 39(11): 4067-4079.

Simopoulos, A. (1991). Omega-3 fatty acids in health disease and in growth and development. *American Journal of Clinical Nutrition*, 54 (3), 438-463.

Stansby, M.E., (1990). *Deteriotion*. In: *Fish Oil in Nutrition*. M. Stansby, Van Nostrand Reinhold, New York, 120-131.

Şimşek, A., (2008). *Kızartma yağlarının kararlılığı ve termal yöntemler ile kalitesinin belirlenmesi*. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı, Adana.

Tülsner, M. (1994). *Fischverarbeitung*. Bd.1-Rohstoffeigenschaften von Fisch und Grundlagen der Verarbeitungsprozesse. Behr’s Verlag, Hamburg, 19-23.

Türker, H. & Yel, M. (2014). Ultrastructural effects of ultraviolet C radiation on the stratum basale of mole rats epidermis. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 7, 2–6.

Ulu, H., (2004). Evaluation of three 2-thiobarbituric acid methods for the measurement of lipid oxidation in varius meats and meat products. *Meat Science*, 67, 683-687.

Ünlütürk, A.& Turantaş, F. (2015). *Gıda Mikrobiyolojisi*. Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri, İzmir, 243-264.

Velasco, J., Dobarganes, C. & Márquez-Ruiz, G. (2010). *Chemical Deterioration and Physical Instability of Food and Beverages*. Woodhead Publishing Limited, Cambridge, UK., 3-32.

Xiangjin, F., ^{ab}Qinglu, L., ^aShiying, X., & ^{bc}Zhang, W.^{bc} (2015). Effect of drying methods and antioxidants on the flavor and lipid oxidation of silver carp slices. *LTW-Food Science and Technology*, 61 (1), 251-257.

Yinci, X., Yamaguchi, T., Takeuchi, M., & Lida, H., (1995). Determination of oxidative rancidity in fish oil by an odor sensor. *J. Jpn. Soc. Food Sci. Technol.*, 42, 677-681.

Zanini, Z.F., Colnago, G.L., Bastos, M.R., Pessotti, B.M.S., Casagrande, F.P., & Lima, V.R. (2006). Oxidative stability and total lipids on thigh and breast meat of broilers fed diets with two fat sources and supplemented with conjugated linoleic acid. *Food Sci. Technol.*, 39 (10), 717-723.