

**İŞINLAMA İŞLEMİ UYGULANMIŞ  
SUMAK (*Rhus coriaria* L.) MEYVE YAĞLARININ  
FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN  
BELİRLENMESİ**

**Özgür KARADAŞ**

**Yüksek Lisans Tezi  
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı  
Danışman: Prof. Dr. İsmail YILMAZ  
Prof. Dr. Ümit GEÇGEL**

**2019**

**T.C.**  
**TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İŞİNLAMA İŞLEMİ UYGULANMIŞ SUMAK (*Rhus coriaria* L.) MEYVE  
YAĞLARININ FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN  
BELİRLENMESİ**

**Özgür KARADAŞ**

**GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN: Prof. Dr. İsmail YILMAZ**

**Prof. Dr. Ümit GEÇGEL**

**TEKİRDAĞ - 2019**

**Her hakkı saklıdır**

Bu tez, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından NKUBAP.03YL.18.182 proje ile desteklenmiştir.

Prof. Dr. İsmail YILMAZ ve Prof. Dr. Ümit GEÇGEL danışmanlığında, Özgür KARADAŞ tarafından hazırlanan “Işınlama İşlemi Uygulanmış Sumak (*Rhus coriaria* L.) Meyve Yağlarının Fizikokimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi” isimli bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Juri Başkanı : Prof. Dr. Murat TAŞAN

*İmza* :

Üye : Prof. Dr. İsmail YILMAZ

*İmza* :

Üye : Prof. Dr. Ümit GEÇGEL

*İmza* :

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Harun URAN

*İmza* :

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Salih KARASU

*İmza* :

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına

Doç. Dr. Bahar UYMAZ

Enstitü Müdürü

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### IŞINLAMA İŞLEMİ UYGULANMIŞ SUMAK (*Rhus coriaria* L.) MEYVE YAĞLARININ FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

**Özgür KARADAŞ**

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. İsmail YILMAZ

Prof. Dr. Ümit GEÇGEL

Bu araştırmada, sumak meyvelerine farklı dozlarda gama ışınları uygulanıp, sumaktan yağ elde edildikten sonra yağın kalite özelliklerinde meydana gelebilecek bazı değişikliklerin ve oksidatif stabilitelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Araştırma materyali olarak Edirne'nin Keşan ilçesine bağlı Sazlıdere Köyü'nde doğal olarak yetişen sumak bitkileri seçilmiştir. Sumak meyveleri, 400 g'lık beş eşit parçaya ayrılıp Tekirdağ-Çerkezköy'de bulunan GAMMA-PAK Sterilizasyon San. ve Tic. A.Ş. ışınlama tesisine getirildikten sonra kontrol grubu haricindeki diğer dört gruba sırasıyla 2.5, 5.0, 7.5 ve 10 kGy dozlarında ışınlama işlemi uygulanmıştır. Işınlama işleminin uygulanmasının ardından sumak örneklerinin ham yağ tayini soxhlet ekstraksiyon yöntemi ile yapılmış ve elde edilen bu yağların serbest yağ asitliği oranı, peroksit sayısı, yağ asiti bileşimi ile tokol ve sterol kompozisyonları belirlenmiştir. Ayrıca örneklerin Folin-Ciocalteu reagent yöntemi kullanılarak toplam fenolik madde miktarları ve DPPH•(2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) serbest radikal indirgeme aktivitesi ölçümü ile antioksidan aktivite değerleri tespit edilmiştir. Işınlama dozundaki artışa paralel olarak sumak meyvesi yağının, serbest yağ asitliği ve peroksit değerlerinde artışlar meydana gelmiştir. Yağ asiti bileşimleri incelendiğinde sumak meyvelerinin temel yağ asiti, oleik asit

olarak tespit edilmiştir. Ayrıca ışınlama dozu arttıkça; doymuş yağ asitlerinden olan palmitik (C<sub>16:0</sub>) ve stearik (C<sub>18:0</sub>) asit oranları ile tekli doymamış yağ asiti olan oleik (C<sub>18:1</sub>) asit oranının arttığı görülürken, çoklu doymamış yağ asitlerinden linoleik (C<sub>18:2</sub>) ve linolenik (C<sub>18:3</sub>) asit oranlarının azaldığı görülmüştür. Sumak meyvesi yağının sterol ve tokoferol kompozisyonu incelendiğinde, en fazla bulunan sterolün  $\beta$ -sitosterol olduğu ve ışınlamanın sterol bileşiminde istatistiksel olarak önemli bir değişikliğe neden olmadığı bulunmuş, tokoferol kompozisyonunun ise ışınlama dozundaki artışla beraber azaldığı belirlenmiştir. Sumak örneklerinin, toplam fenolik madde içeriğinde ve antioksidan kapasite değerinde ışınlama dozu arttıkça azalma olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** ışınlama, sumak, sumak yağı, yağ asitleri kompozisyonu, fizikokimyasal özellikler

**2019, 71 sayfa**

## **ABSTRACT**

MSc. Thesis

### **DETERMINATION OF PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF IRRADIATED SUMAC (*Rhus coriaria* L.) FRUIT OILS**

**Özgür KARADAŞ**

Tekirdağ Namık Kemal University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Food Engineering

Supervisor : Prof. Dr. İsmail YILMAZ

Prof. Dr. Ümit GEÇGEL

In this study, it has been aimed to determine some changes on quality parameters and oxidative stability of oil obtained from sumac fruit irradiated with gamma rays at different doses. Sumac plants grown naturally in Sazlıdere village of Keşan district of Edirne were chosen as research material. Sumac fruits were divided into five equal pieces of 400 g and brought to GAMMA-PAK Sterilization Ind. & Trd. Inc. in Çerkezköy, Tekirdağ. Irradiation was applied to the four groups except the control group at 2.5, 5.0, 7.5 and 10 kGy doses respectively. After the irradiation process, the extraction of crude oil of sumac fruit samples was performed by soxhlet method and then free fatty acid content, peroxide number, fatty acid composition and tocol and sterol compositions of these oils were determined. Moreover, total phenolic content by using Folin-Ciocalteu reagent method and DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazil) free radical reduction activity were determined. In parallel with the increase in irradiation dose, free fatty acidity and peroxide values of sumac fruit oil increased. When the fatty acid compositions were examined, the main fatty acid of sumac fruits was determined as oleic acid. In addition, as the irradiation dose increased; palmitic (C<sub>16:0</sub>) and stearic (C<sub>18:0</sub>) acid rates of saturated fatty acids and oleic (C<sub>18:1</sub>) monounsaturated fatty acids increased,

while linoleic (C<sub>18:2</sub>) and linolenic (C<sub>18:3</sub>) acid as polyunsaturated fatty acids rates were determined. When the sterol and tocopherol composition of the sumac fruit oil was examined, it was seen that the most common sterol was  $\beta$ -sitosterol and irradiation did not cause a statistically significant change in the sterol composition, but the tocopherol composition decreased with increasing irradiation dose. Total phenolic content and antioxidant capacity value of Sumac fruit samples, were stated to decrease as the irradiation dose increased.

**Keywords:** irradiation, sumac, sumac oil, fatty acid composition, physicochemical properties

**2019, 71 pages**



## **TEŞEKKÜR**

Tez çalışmamın her aşamasını takip ederek benden desteklerini esirgemeyen, s¼rekli teşvik eden, bilgi ve tecr¼belerinden yararlandığım danışman hocalarım sayın Prof. Dr. İsmail YILMAZ'a ve sayın Prof. Dr. Ümit GEÇGEL'e en içten teşekkür ve saygılarımı sunarım.

Laboratuvar çalışmalarım sırasında ve istatistiksel analizlerin yapılmasında bana yol gösteren sayın hocalarım Araş. Gör. Didem SÖZERİ ATİK ve Araş. Gör. Deniz Damla ALTAN KAMER'e çok teşekkür ederim.

Sumakların temin edilmesindeki yardımlarından dolayı sayın Resul GÜL'e ve ışınlama işleminin yapıldığı GAMMA-PAK Sterilizasyon San. ve Tic. A.ř.'ye teşekkür ederim.

Her zaman yanımda olan en büyük destekçilerim canım annem Emel KARADAŞ'a ve canım babam Nizamettin KARADAŞ'a sonsuz teşekkür ederim.

**Haziran, 2019**

**Özg¼r KARADAŞ**

**Gıda Yüksek M¼hendisi**

# İÇİNDEKİLER

## Sayfa

<b>ÖZET</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>iii</b>
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	<b>v</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>vi</b>
<b>ÇİZELGE DİZİNİ</b> .....	<b>viii</b>
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	<b>ix</b>
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ</b> .....	<b>xi</b>
<b>1.GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. KAYNAK ÖZETLERİ</b> .....	<b>3</b>
2.1 Sumak Bitkisinin Taksonomisi ve Coğrafik Dağılımı .....	3
2.2 Sumak ve Ticareti .....	5
2.3 Sumak Meyvesi ve Bileşimi .....	6
2.4 Sumak ve Antioksidan Aktivitesi .....	7
2.5 Sumak ve Endüstride Kullanım Alanları.....	9
2.5.1 Baharat.....	9
2.5.2 Sumak ekşisi .....	9
2.5.3 İlaç hammaddesi .....	10
2.5.4 Boya sanayi.....	10
2.5.5 Deri sanayi .....	11
2.6 Sumak Yağı .....	12
2.7 Işınlama İşlemi ve Gıdalarda Uygulanması.....	14
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM</b> .....	<b>23</b>
3.1 Materyal.....	23
3.2 Yöntem .....	24
3.2.1 Işınlama işlemi .....	24
3.2.2 Kuru madde analizi .....	25
3.2.3 Ham yağ analizi .....	25
3.2.4 Serbest yağ asitliğinin belirlenmesi.....	26
3.2.5 Peroksit sayısının belirlenmesi .....	26
3.2.6 Yağ asiti bileşiminin belirlenmesi.....	27

3.2.7 Sterol analizi .....	27
3.2.8 Tokoferol analizi .....	28
3.2.9 Toplam fenolik madde miktarının belirlenmesi.....	28
3.2.10 Antioksidan aktivitenin belirlenmesi.....	28
3.2.11 İstatistiksel analiz .....	29
<b>4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....</b>	<b>30</b>
4.1 Sumak Meyvesinin Kuru Madde Oranı ve Işınlamanın Etkisi .....	30
4.2 Sumak Meyvesinin Ham Yağ Oranı ve Işınlamanın Etkisi.....	33
4.3 Sumak Meyvesi Yağının Serbest Asitlik Değerleri ve Işınlamanın Etkisi .....	36
4.4 Sumak Meyvesi Yağının Peroksit Değerleri ve Işınlamanın Etkisi.....	39
4.5 Sumak Meyvesinin Yağ Asitleri Bileşimi ve Işınlamanın Etkisi .....	42
4.6 Sumak Meyvesi Yağının Sterol Kompozisyonu ve Işınlamanın Etkisi .....	46
4.7 Sumak Meyvesi Yağının Tokol Kompozisyonu ve Işınlamanın Etkisi .....	51
4.8 Sumak Meyvesi Yağının Toplam Fenolik Madde Miktarı ve Işınlamanın Etkisi .....	55
4.9 Sumak Meyvesi Yağının Antioksidan Kapasitesi ve Işınlamanın Etkisi.....	58
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	<b>61</b>
<b>6. KAYNAKLAR .....</b>	<b>63</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>71</b>

## ÇİZELGE DİZİNİ

### Sayfa

Çizelge 2.1 <i>Rhus coriaria</i> L. türünün taksonomik bilgileri .....	3
Çizelge 2.2 Türkiye'nin yıllara göre sumak dış ticaret verileri.....	5
Çizelge 2.3 Sumakta bulunan boyar maddeler ve elde edilen renkler.....	11
Çizelge 2.4 Sumak meyvelerinin yağ asitlerikompozisyonu.....	13
Çizelge 2.5 Gıda gruplarında belirli teknolojik amaçlara göre uygulanmasına izin verilen ışınlama dozları.....	17
Çizelge 4.1 Sumak meyvesine ait kuru madde oranlarının ışınlama dozuna göre değerleri....	30
Çizelge 4.2 Sumak meyvesine ait yağ miktarlarının ışınlama dozlarına göre değerleri.....	33
Çizelge 4.3 Sumak meyvesi yağının ışınlama dozlarına göre serbest yağ asitliği değerleri...36	
Çizelge 4.4 Sumak meyvesi yağının ışınlama dozlarına göre peroksit değerleri.....	39
Çizelge 4.5 Sumak meyvesi yağında ışınlamanın yağ asitleri bileşimine etkisi.....	42
Çizelge 4.6 Sumak meyvesi yağının ışınlama dozlarına göre sterol değerleri.....	46
Çizelge 4.7 Sumak meyvesi yağının ışınlama dozlarına göre tokol değerleri.....	51
Çizelge 4.8 Sumak meyvesi yağının ışınlama dozlarına göre fenolik madde değerleri.....	55
Çizelge 4.9 Sumak meyvesi yağının ışınlama dozlarına göre antioksidan kapasite (EC <sub>50</sub> ) değerleri.....	58

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa

Şekil 2.1 Güney Avrupa, Kuzey Afrika, Ortadoğu ve Batı Asya’da sumanın yetiştiği bölgeler.....	4
Şekil 2.2 Türkiye genelinde sumak bitkisinin yaygın olarak yetiştiği illerin dağılımını gösteren harita.....	4
Şekil 2.3 Sumak bitkisi ve meyvesinin görüntüsü.....	6
Şekil 2.4 Enerji Doz Birimi olan gray (Gy)’ın tanımı.....	15
Şekil 2.5 Radura Sembolü.....	21
Şekil 3.1 Sumak bitkisinin Edirne ilinde temin edildiği bölge.....	23
Şekil 3.2 Sazlıdere Köyü’nde yetişen sumak.....	23
Şekil 3.3 Saplarından ayrılan sumak.....	24
Şekil 3.4 Gölgede kurutulan sumak.....	24
Şekil 4.1 Sumak meyvesinin ışınlama dozlarına göre kuru madde oranlarının karşılaştırılması.....	31
Şekil 4.2 Sumak meyvesinin ham yağ miktarlarının ışınlama dozlarına göre karşılaştırılması.....	34
Şekil 4.3 Sumak meyvesi yağının ışınlama dozlarına göre serbest yağ asitliği değerlerinin karşılaştırılması.....	37
Şekil 4.4 Sumak meyvesi yağının ışınlama dozlarına göre peroksit değerlerinin karşılaştırılması .....	40
Şekil 4.5 Sumak meyvesi yağının ışınlama dozlarına göre bazı yağ asiti değerlerinin karşılaştırılması.....	43
Şekil 4.6 Sumak meyvesi yağının ışınlama dozlarına göre $\Delta$ -5-avenasterol, campesterol, $\Delta$ -7-stigmastenol, $\Delta$ -7-avenasterol, sitostanol, stigmasterol değerlerinin karşılaştırılması.....	47
Şekil 4.7 Sumak meyvesi yağının ışınlama dozlarına göre $\beta$ -sitosterol değerinin karşılaştırılması.....	48
Şekil 4.8 Sumak meyvesi yağının ışınlama dozlarına göre toplam sterol değerinin karşılaştırılması.....	49
Şekil 4.9 Sumak meyvesi yağının ışınlama dozlarına göre alfa-tokoferol, gama-tokoferol, $\Delta$ - tokoferol, toplam tokoferol değerlerinin karşılaştırılması.....	52
Şekil 4.10 Sumak meyvesi yağının ışınlama dozlarına göre gama-tokotrienol, delta-tokotrienol, toplam tokotrienol değerlerinin karşılaştırılması.....	53

Şekil 4.11 Sumak meyvesi yağının ışınlama dozlarına göre fenolik madde miktarının karşılaştırılması.....	56
Şekil 4.12 Sumak meyvesi yağının ışınlama dozlarına göre EC <sub>50</sub> değerlerinin karşılaştırılması.....	59

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### Simgeler:

$\alpha$	: Alfa
$\beta$	: Beta
$\gamma$	: Gama
$\Delta$	: Delta
dk	: Dakika
g	: Gram
kg	: Kilogram
kGy	: Kilogray
L	: Litre
m	: Metre
meq	: Miliekivalent ağırlık
mg	: Miligram
$\mu$ L	: Mikrolitre
mL	: Mililitre
$^{\circ}$ C	: Celsius derecesi
Co-60	: Kobalt-60
Sn	: Saniye
dk	: Dakika
mm	: Milimetre
L	: Litre
$^{\circ}$ C	: Celsius derecesi
MeV	: Milyon elektron volt
\$	: Dolar

## **Kısaltmalar**

- ABD : Amerika Birleşik Devletleri
- FAO : Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
- FDA : Amerikan Gıda ve ilaç Dairesi
- USDA : ABD Tarım Bakanlığı
- IAEA : Uluslararası Atom Enerjisi Kurumu
- RAD : Radyasyon absorblama dozu
- IAEA : Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı
- WHO : Dünya Sağlık Örgütü
- WTO : Dünya Ticaret Örgütü
- CDC : ABD Hastalık Kontrol ve Korunma Merkezleri
- IFT : Amerika Gıda Teknologlar Enstitüsü
- ADA : Amerikan Diyetetik Derneği
- AMA : Amerikan Tıp Derneği
- BHT : Bütillendirilmiş hidrokstoluen
- BHA : Bütillendirilmiş hidroksianisol
- GAE : Gallik Asit Eşdeğeri



## 1. GİRİŞ

Sumak, Arapça ve Süryanice'de "koyu kırmızı" anlamına gelen "summāq" kelimesinden türeyen ve *Anacardiaceae* familyasından, *Rhus* cinsine ait, 250'den fazla türü olan çiçekli bitkilere verilen ortak isimdir. *Anacardiaceae* familyasının genel özellikleri incelendiğinde, ılıman ve sıcak iklimlerde kendine doğal yayılış alanı bulan, çalı veya ağaççık formunda bitkiler olduğu görülmektedir (Köroğlu 1989, Quattrocchi 1999, USDA 2007 ).

Doğal bir biyoaktif bileşik kaynağı olan sumak; organik asitler, yağ asitleri, esansiyel ve esansiyel olmayan amino asitler, vitaminler, karbonhidratlar, mineraller, tanenler, antosiyaninler, flavonoidler, terpenoidler ve fenolik asitler gibi bileşenleri içermektedir. Sumak, içerdiği bu fenolik bileşiklerden özellikle de gallik asit ve türevlerinden dolayı güçlü bir antioksidan etki göstermektedir (Chakraborty ve ark. 2009, Kossah ve ark. 2009, Kossah ve ark. 2010, Abu-Reidah ve ark. 2014, Abu-Reidah ve ark. 2015, Demchik ve ark. 2015).

Sumak, ekonomik açıdan büyük bir öneme sahiptir ve tüketimi dünya çapında giderek artmaktadır. Ekonomik anlamda sumağın meyve ve yapraklarından, başta gıda olmak üzere ilaç, deri ve boya endüstrilerinde yararlanılmaktadır (Verzele ve ark.1985, Abu-Reidah ve ark. 2014, Kızıl ve Türk 2010, Shabbir 2012).

Gıda endüstrisinde sumak (*Rhus coriaria* L.), baharat ve sumak ekşisi olarak, birçok yemekte aroma ve lezzetin dışında ekşilik ve renk vermek amacıyla da kullanılmaktadır. Ayrıca sumak yağı, oleik ve linoleik asit bakımından zengindir ve bu yüzden sumak, yağ endüstrisi için değerli bir hammadde olarak kabul edilebilir (Ünver ve Özcan 2010).

Kaliteli bir yağ elde etmek için iyi kalitede ve iyi muhafaza edilmiş yağlı tohum kullanmak gerekir. Yağlı tohumlarda depolama esnasında yapısal etkenler, çevre (depo) koşulları ve ambar zararlıları gibi nedenlerden dolayı üründe yağ kalitesini etkileyebilecek bazı olumsuzluklar meydana gelebilmektedir (Şahin ve ark. 1995). Bu olumsuzlukların önüne geçebilmek için özellikle son yıllarda üzerinde yoğun olarak çalışılan bir yöntem olan, gıda ışınlama işlemi kullanılmaktadır. Işınlama işlemi, gıda üretiminde kayıpları azaltmak, gıda güvenliğini sağlamak ve raf ömrünü uzatmak için uygulanan bir yöntem olup kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır (Lacroix ve Ouattara 2000, Anonim 2019a).

Gıda ışınlaması; konserve, pastörizasyon ve dondurma işlemlerine benzer fiziksel bir gıda işleme yöntemidir ama bu yöntemde ısı işlem yerine iyonlaştırıcı radyasyon

kullanılmaktadır. Kimyasal yöntemler, ısıl işlemler veya kimyasal gıda koruyucu katkı maddeleri kullanımı, hem gıda muhafazası sağlama hem de gıda kaynaklı hastalıkları veya kontaminasyonları önlemede yetersiz kalabilmektedir. Bu nedenle ışınlama yöntemi, geleneksel yöntemlere alternatif bir gıda muhafaza yöntemi olarak ele alınmaktadır (Tokuşoğlu 2018).

Çeşitli gıdalara farklı dozlarda ışınlama işleminin uygulandığı birçok çalışma yapılmış ve bu ürünlerin kalite kriterleri değerlendirilmiştir. Ancak ışınlama işleminin, sumak meyvesine uygulandığı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ayrıca Trakya Bölgesi illerinden biri olan Edirne’de yetişen sumak ile yapılan bilimsel bir araştırma da bulunmamaktadır.

Bu araştırma ile sumak meyvelerine farklı dozlarda gama ışınları uygulanıp, sumaktan yağ elde edildikten sonra yağın kalite özelliklerinde meydana gelebilecek bazı değişiklikler ve oksidatif stabilitesi belirlenerek bundan sonraki çalışmalar için veri oluşturması amaçlanmaktadır.

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

### 2.1 Sumak Bitkisinin Taksonomisi ve Coğrafik Dağılımı

Ülkemizde derici sumağı (*Rhus. coriaria L.*) ve boyacı sumağı (*Rhus cotinus L.*) olmak üzere ekonomik değere sahip iki tür yetişmektedir ancak baharat ve sumak ekşisi denildiğinde anlaşılan *Rhus. coriaria L.* türüdür (Çalışkan 2011). *Rhus coriaria* türünün bilimsel sınıflandırılmasına ait çizelge 2.1’ de verilmektedir.

**Çizelge 2.1.** *Rhus coriaria L.* türünün taksonomik bilgileri (USDA 2016).

Sınıflandırma Birimleri	Sumak Bitkisi
Âlem	Plantae – (Bitki)
Alt Âlem	Tracheobionta – (Damarlı bitki)
Üst Şube	Spermatophyta – (Tohumlu bitki)
Şube	Magnoliophyta – (Kapalı tohumlu)
Sınıf	Magnoliopsida – (İki çenekli)
Alt Sınıf	Rosidae
Takım	Sapindales
Familiya	Anacardiaceae
Cins	<i>Rhus L.</i> – (Sumak)
Tür	<i>Rhus coriaria L.</i>

Sumak bitkisi ılıman ve sıcak iklimlerde, 600 - 1900 m yükseltide, taşlı ve kayalık yerlerde, yol kenarlarındaki yamaçlarda, çalılıklarda ve ormanlık alanlarda yetişebilmektedir. (Davis 1967, Browicz 1982, Başoğlu ve Cemeröglü 1984, Baytop 1999).

*R. coriaria*'nın doğal yetişme alanı, batıda Kanarya adalarından başlayıp doğuda Tacikistan'a kadar uzanmaktadır. Bu sumak türünün, Orta Asya ve Kafkasya'da yıllık ortalama yağış miktarının 500-600 mm olduğu bölgelerde doğal olarak yetiştiği ve Tacikistan'da yaklaşık olarak 6 ile 8 m arasında boyları olan ağaçların olduğu bilinmektedir (Bloschenko ve Letchamo 1996).

Dünya geneline bakıldığında sumak; Ortadoğu, Batı Asya, Güney Avrupa ve Kuzey Afrika'da yaygın olarak yetişmektedir (Davis 1967, Browicz 1982, Başoğlu ve Cemeroğlu 1984, Baytop 1999). Şekil 2.1'de Güney Avrupa, Kuzey Afrika, Ortadoğu ve Batı Asya'da sumağın yetiştiği bölgeler siyah noktalar halinde işaretlenerek gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Güney Avrupa, Kuzey Afrika, Ortadoğu ve Batı Asya'da sumağın yetiştiği bölgeler (Browicz 1982)

Türkiye'de ise batı ve güney kesimlerde yoğun olmak üzere, Marmara ve Karadeniz bölgelerinin kıyı kesimlerinde, tek tek veya gruplar halinde bulunmakla birlikte Adana, Ankara, Antalya, Artvin, Çanakkale, Denizli, Gaziantep, Gümüşhane, Hakkari, İzmir, Kastamonu ve Kütahya illerinde yaygın olarak bulunmaktadır (Başoğlu ve Cemeroğlu 1984, Davis 1967, Kurucu ve ark. 1993). Türkiye genelinde sumak bitkisinin yaygın olarak yetiştiği illerin dağılımı şekil 2.2'de işaretlenerek harita üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Türkiye genelinde sumak bitkisinin yaygın olarak yetiştiği illerin dağılımını gösteren harita

## 2.2 Sumak ve Ticareti

Sumak, dış ticarete konu olan bir ürün olup çeşitli ülkelerle ihracatı yapılmaktadır ve bu ülkelerin başında ABD, Belçika, Lüksemburg ve Lübnan gelmektedir (Anonim 2018a).

Türkiye İstatistik Kurumu kayıtlarından elde edilen rakamlara göre, Çizelge 2.2’de sumağın (öğütülmüş ve öğütülmemiş) Türkiye’de 2009-2018 yılları arasındaki dış ticaret verileri verilmiştir.

**Çizelge 2.2.** Türkiye’nin yıllara göre sumak dış ticaret verileri (Anonim 2019b)

Yıllar	SUMAK (KG)		SUMAK (\$)	
	İhracat	İthalat	İhracat	İthalat
2009	1 244 703	25 799	2 142 626	33 966
2010	1 176 553	0	2 145 219	0
2011	1 212 921	41 000	2 542 731	4 100
2012	1 205 632	123 500	2 613 616	13 680
2013	1 292 100	217 923	3 012 971	21 792
2014	1 538 564	451 176	3 570 603	93 338
2015	1 743 159	131 900	4 199 172	60 740
2016	1 737 669	592 542	4 575 833	298 150
2017	1 942 456	349 621	4 545 258	191 692
2018	2 261 170	451 260	4 868 081	113 673

Yukarıda verilen bu çizelgede, ülkelerle yapılan sumak ticaretinin ihracat yönünde olduğu ve on yıllık ihracat toplamının 15 354 927 kilogram, elde edilen gelir tutarının ise 34 216 110 dolar olduğu görülmektedir.

Ayrıca bu on yıllık süreçte, küresel krizden etkilenmeksizin yıllar geçtikçe sumak ihracat miktarının arttığı, ithalat miktarının ise yurtiçindeki talebe bağlı olarak bazı yıllarda yükseldiği bazı yıllarda azaldığı anlaşılmaktadır.

### 2.3 Sumak Meyvesi ve Bileşimi

Sumak çekirdeği, çok sert olup rengi kahverengi – gri tonlarındadır ve çekirdeğin etrafını ekşimsi bir tadı olan meyve eti kaplamaktadır. Sumak meyveleri, yuvarlak ya da hafif basık mercimek şeklinde olup tek çekirdeklidir ve meyveler olgunlaştığı zaman koyu kırmızı bir renk almaktadır (Başoğlu ve Cemeröglü 1984).

Sumak; tanen, fenolik bileşik, antosiyanin, organik asit, vitamin, mineral, oleik ve linoleik asit içerikleri bakımından zengin bir kaynaktır (Zargham ve Zargham 2008, Kossah ve ark. 2009, Kossah ve ark. 2010).

Sumak bitkisinin yaprakları; flavonoit, bi-flavonoit, gallotanen, gallik asit, şeker, vaks ve uçucu yağ içerirken (Kurucu ve ark. 1993), sumak meyveleri; tanen, flavon, organik asit, antosiyanin, uçucu ve sabit yağ içermektedir (Brunke ve ark. 1993). Şekil 2.3’de sumak bitkisi ve meyvesinin görüntüsü verilmiştir.



**Şekil 2.3.** Sumak bitkisi ve meyvesinin görüntüsü (Abu-Reidah ve ark. 2014)

a) Sumak bitkisinin çiçeği, yaprağı, meyvesi b) Sumak meyvesi c) Sumak meyvesinin toz hali

Sumak meyvesinin ekşi tadı, içerdiği organik asitlere (malik, sitrik vb.) bağlıdır ve meyvenin lezzeti yağsı, baharatsı ve biraz kimyonsudur (Brunke ve ark. 1993a).

Kossah ve ark. (2009), Suriye’ de yetişen sumak meyvelerinin organik asit içeriklerini incelediğinde, malik asidi 1568,04 mg/kg, sitrik asidi 56,93 mg/kg, tartarik asidi 2,15 mg/kg ve fumarik asidi 3,40 mg/kg olarak belirlemişlerdir. Yüksel (2018)’de Tunceli ilinin farklı ilçelerinden toplanan sumakların organik asit içeriğini incelediğinde, en yüksek oranın malik aside ait olduğunu bulmuştur.

Özcan ve Haciseferoğulları (2004), yaptıkları bir çalışmada Mersin (Büyükceceli-Gülner) ilinde yetişen sumak meyvelerinin bazı boyutsal ve kimyasal özelliklerini belirlemişlerdir. Boyutsal özellikleri incelendiğinde sumak meyvelerinin; 4,72 mm uzunluğa, 3,90 mm genişliğe ve 2,64 mm kalınlığa sahip olduğu görülmüştür. Kimyasal özellikleri incelendiğinde ise sumak meyvelerinin; %10,6 nem , %1,8 kül, 3,7 pH, %7,4 yağ , %4,6 asitlik, %14,6 ham lif, %63,8 suda çözünen ekstrakt, 147,8 Kcal/100g enerji ve %2,6 protein içeriğine sahip olduğu tespit edilmiştir.

Mineral madde miktarının incelendiği bir araştırmada, potasyum (7963,35 ppm), kalsiyum (3661,57 ppm) ve fosfor (1238,74 ppm) başta olmak üzere, alüminyum (125,47 ppm), demir (144,53 ppm), sodyum (114,06 ppm), bor (25,72 ppm) ve çinko (10,93 ppm) içeriği bakımından sumağın iyi bir kaynak olduğu görülmüştür. Ayrıca araştırmacılar, sumak meyvelerinin farklı meyvelerle kıyaslandığında daha yüksek oranda potasyum içerdiğini belirtmişlerdir (Özcan ve Haciseferoğulları 2004).

Vitamin içeriklerinin incelendiği bir araştırmada sumağın, B<sub>6</sub> (69,83 mk/kg), C (38,91 mg/kg) ve B<sub>1</sub> (30,65 mg/kg) vitaminlerini yüksek oranda içerdiği tespit edilmiştir. Sumak meyvelerinin aminoasit içeriği incelendiğinde ise, esansiyel amino asitlerden lösin ve lisin bakımından, esansiyel olmayan amino asitlerden de aspartik ve glutamik asit bakımından zengin olduğu belirlenmiştir (Kossah ve ark. 2009).

## **2.4 Sumak ve Antioksidan Aktivitesi**

Antioksidanların gıdalarda kullanımı son zamanlarda araştırılan önemli konulardan biri olup serbest radikalleri giderme ya da uzaklaştırma gibi özellikleri vardır. Serbest radikaller ve diğer reaktif olan oksijen türevleri, insanlarda hastalıklara yol açabildiği gibi gıdalarda da bozulmalara neden olmaktadır. Gıdalara ilave edilen antioksidanlar, sentetik (BHT, BHA vb.) bileşikler olabileceği gibi bitkilerden elde edilen doğal antioksidan (flavonoidler, tokoferoller, askorbik asit, karotenoidler vb.) bileşikler de olabilir. Ancak sentetik antioksidanların toksik etkilerinin olabileceği ortaya çıkınca doğal antioksidanlara olan ilgi artmıştır. Bu bileşiklerin gıdaları koruma özelliklerinin yanı sıra metabolizmaya girmesinin ardından antioksidan özellik gösterip hücreyi oksitleyici maddelere karşı koruma yetenekleri de bulunmaktadır. (Arslan 2011, Yavaşer 2011).

Sumağın antioksidan etkisinin incelendiği birçok çalışma bulunmaktadır. Yapılan çalışmalarda farklı türde sumaklar kullanılsa da araştırmacılar, daha çok *R. coriaria* türü üzerinde yoğunlaşmış ve sumağın güçlü bir antioksidan etki gösterdiği sonucuna varmışlardır. Yapılan bu çalışmalardan birkaçına aşağıda değinilmiştir.

Özcan (2003) yaptığı bir çalışmada 65 °C'de 35 gün boyunca depolanan yer fıstığı yağına, çeşitli konsantrasyonlarda sumak ekstraktı ve bütillenmiş hidroksianisol (BHA) ilave ederek antioksidan etkilerini incelemiştir. Sumak ekstraktlarının (%1, %3 ve %5'lik) , fındık yağına ilavesinden sonraki 7 gün boyunca hidroperoksit oluşumunu inhibe ettiği ancak 28 günlük depolama sonucunda sumak ekstraktının antioksidan potansiyelinin BHA' ya kıyasla azaldığı tespit edilmiştir. Bu azalmanın sumak ekstraktındaki polifenol bileşenlerin azalmasından kaynaklanabileceği ve sumak ekstraktının daha yüksek konsantrasyonlarda uygulanmasıyla antioksidan etkisinin artabileceği belirtilmiştir.

Altıok ve ark. (2006), yaptıkları bir çalışmada fonksiyonel gıda üretiminde kullanılan bazı baharatların toplam fenolik bileşiklerini ve antioksidan kapasitelerini belirlemiştir. Araştırma sonucunda, en yüksek toplam fenol miktarı (235,3 mg GAE/g) ve en yüksek antioksidan kapasitesi (10,5 TEAK) sumak baharatında bulunmuştur.

Bozkurt (2006), sulu sumak ekstraktının ve BHT'nin (bütillenmiş hidroksitolüen) olgunlaşma sırasındaki sucuğun kalitesine (pH, renk ve duyu özellikleri) etkisini belirlemek için bir çalışma yapmıştır. Çalışma sonucunda sumak ekstraktının, sucuğun kalite parametrelerini arttırmada BHT'den daha etkili olduğu belirlenmiştir. Bu yüzden sucuk üretiminde toplam kaliteyi arttırmak ve lipid oksidasyonunu azaltmak için sentetik antioksidanların yerine sumak ekstraktının kullanılabileceği belirtilmiştir.

Darwish (2011), ışınlatma işlemi uygulanan farelerin akciğer ve karaciğer dokularında meydana gelebilecek oksidatif hasara karşı sumağın antioksidan etkisini araştırmıştır. Elde edilen veriler, farelere ışınlatma işlemi öncesi ve sonrasında 10 gün boyunca sumak ekstraktı verilmesinin test edilen parametreleri iyileştirdiğini ortaya koymuştur. Sonuç olarak sumakların, farelerdeki antioksidan savunma mekanizmasını arttırabileceğini ve farelerin organlarını radyasyona karşı koruduğunu göstermiştir.

Yapılan çeşitli çalışmalar sonucunda sumağın, kayda değer miktarda antioksidan davranış sergilediği ve doğal bir antioksidan kaynağı olarak ticari açıdan önemli bir yerinin olduğu anlaşılmıştır (Rayne ve Mazza 2007).



## 2.5 Sumak ve Endüstride Kullanım Alanları

### 2.5.1 Baharat

Sumak bitkisinin olgunlaşmış meyveleri, hasat edilip uygun yöntemlerle kurutulduktan sonra, belli oranda sofru tuzuyla karıştırılıp öğütülür ve baharat olarak kullanılan sumak elde edilmiş olur. Ülkemizde sumak baharat olarak genellikle, kebablarda ve bazı salatalarda ekşilik vermek için, soğan salatalarında kokuyu azaltmak için veya yoğurt üzerine serpilerek metabolizmayı hızlandırmak için kullanılmaktadır (Anonim 2018c).

Sumak baharatında Türk Gıda Kodeksi Baharat Tebliği'ne (Tebliğ No: 2013/12) göre; yabancı madde en çok %1, nem en çok %13, kuru maddede toplam kül en çok %12, hidroklorik asitte çözünmeyen kül en çok %1, yemeklik tuz miktarı en çok %6 ve elek göz açıklığı 2 mm olmalıdır (Anonim 2019c).

### 2.5.2 Sumak ekşisi

Sumak, ülkemizde yaygın bir şekilde baharat olarak kullanılsa da sumak ekşisi olarak da tüketilmektedir. Türkiye'nin güney bölgesinde Kahramanmaraş, Gaziantep gibi illerimizde yaygın olarak kullanılmakta ve Kahramanmaraş'ta yöresel deyimle 'ahıt' olarak bilinmektedir. Evsel ölçekte üretilen sumak ekşisi, ticari amaçlı olmayıp genelde il sınırları içinde tüketilmektedir ve sumak ekşisi üretimi yöreden yöreye değişiklik göstermektedir. Sumak ekşisi, özellikle çeşitli yöresel yemeklerin ve salataların yapımında kullanılmakta ve kullanıldıkları yemeklere, salatalara tatlı-ekşi bir tat vermektedir. (Kunduhoğlu ve Pilatin 2009, Tiryaki 2010, Çalışkan 2011).

Sumak ekşisi, yemeklere tat vermesinin yanı sıra gıda kaynaklı patojen mikroorganizmalar üzerine antimikrobiyal etkisinden dolayı da kullanılmaktadır. Bu sayede kullanıldığı gıdalar bozulmadan tazeliklerini koruyarak daha uzun süre dayanabilmektedir (Tiryaki 2010). Kunduhoğlu ve Pilatin (2009) yaptıkları bir çalışmada, sumak ekşisi ve nar ekşisinin patojen bakterilerden olan *Escherichia coli* O157:H7 ile *Listeria monocytogenes*' in üzerindeki antimikrobiyal aktivitelerini araştırmışlardır. Antimikrobiyal aktivite, disk diffüzyonu yöntemiyle belirlenmiş ve sumak ekşisi ile nar ekşisinin bu patojen bakterilerin gelişimini inhibe ettiği görülmüştür.

### 2.5.3 İlaç hammaddesi

Doğal beslenmenin önemi gün geçtikçe artmakta ve bununla birlikte birçok sektörde hammadde olarak bitkiler kullanılmaktadır. İlaçların, kimyasal ve sentetik maddeler içermesi ve bu maddelerin kanserojen etkiye neden olması gibi çeşitli zararlarının ortaya çıkmasından sonra tıbbi ve aromatik bitkilerin kullanımında artış meydana gelmiştir (Metin ve ark. 2012).

Sumak bitkisinin meyve ve yaprakları, bazı önemli maddeler içermekte ve bu nedenle uzun yıllardır ilaç hammaddesi olarak kullanılmaktadır. Sumağın; şeker hastalığı, bazı kanser çeşitleri, iltihaplanma, dizanteri ve sindirim sistemi rahatsızlıkları gibi çeşitli hastalıklara karşı koruyucu ve faydalı etkilerinin olduğu kabul edilmektedir. Ayrıca antiviral, antibakteriyel, antifungal, antioksidan ve hipolipidemik aktivitelere de sahiptir (Abu-Reidah ve ark. 2014).

İbni Sina ve Dioscorides ise sumak yapraklarının, ağız yaralarında, ishalde, hemoroitte, göz hastalıklarında, el ve ayak çatlaklarının tedavisinde kullanılabileceğini belirtmişlerdir (Güvenç ve ark. 2017).

### 2.5.4 Boya sanayi

Bitkinin yaprak, çiçek ve gövde (kabuk ve kök) gibi kısımlarından, kimyasal bir işlem uygulamadan ya da en az şekilde kimyasal işlem uygulanarak elde edilen boyalara doğal boyalar denir (Mert ve ark. 1992a).

Tekstil ürününü doğal boya maddeleriyle boyamak için mordanlama denilen bir ön işlem uygulanmakta ve bu işlemde suda çözünen metal tuzları, zayıf asit veya baz özelliği gösteren maddelerden yararlanılmaktadır. Mordan maddeler, boyalardan değişik renk tonları elde etmek ve boyaların sabitlenmesi için kullanılmaktadır. Sumak, boyamalarda boya maddesi olarak kullanılmasının dışında mordan maddesi olarak da kullanılmıştır (Karadağ 2007, Demir ve ark. 2010).

Derici sumağı (*Rhus coriaria* L.), geçmişte siyah ve kirli sarı renkler vermek için yün veya ipek boyamacılığında kullanılmıştır. Boyama işlemi, mordanlı veya direk boyama yöntemleri kullanılarak sumak bitkisinin kurutulup öğütülen yapraklarıyla yapılmaktadır (Karadağ 2007).

Boyacı sumağının (*Rhus cotinus* L.) boya maddesi olarak kullanılması ise Roma İmparatorluğu dönemine (deri boyamada) kadar dayanmakla birlikte Orta Çağ Avrupası'nda (ipek boyamada) yaygın olarak kullanılmıştır. Ülkemizde ise I. Dünya Savaşı'nda Türk askerlerinin üniformaları ve çadırlarının boyanmasında sumak bitkisinin yaprakları ve ince dallarından yararlanılmıştır. Ayrıca 19. yüzyılda Anadolu'da halı dokumasında kullanılan ipliklere sarı renk verilmesi amacıyla kullanılmıştır. Boyama işlemi, mordanlı boyama yöntemi kullanılarak sumak bitkisinin kurutulup öğütülen yaprakları, kabukları ve filizleriyle yapılmaktadır (Karadağ 2007). Sumakta bulunan boyar maddeler ve elde edilen renkler Çizelge 2.3'de verilmektedir.

**Çizelge 2.3.** Sumakta bulunan boyar maddeler ve elde edilen renkler (Mert ve ark. 1992b, Karadağ 2007, Güngörmez 2015)

<b>Bitkinin Türü</b>	<b>Bitkinin Bölümleri</b>	<b>Renk maddeleri</b>	<b>Elde Edilen Renk</b>
<i>Rhus cotinus</i> L. (Dumanağacı, Boyacı sumağı, Sarı sumak)	Gövde ve yapraklar	Fisetin, Sulfurein, Sulfuretin	Zeytin Rengi, Sarı, Turuncu, Kahve-Sarı, Haki
<i>Rhus coriaria</i> L. (Sumak)	Yapraklar	Myricetin, Quercetin, Tanin	Kahverengi, Gri-Siyah, Sarı

### 2.5.5 Deri sanayi

Deri maddesi, kolajen tabaklama maddeleri sayesinde mikroorganizmalara, ısıya, suya yani dış etkilere karşı dayanıklı hale gelmekte ve ham derinin yumuşak, dolgun bir duruma getirilmesi sağlanmaktadır. Kısacası mamul deri, ham derinin tabaklanmasıyla kullanım amacına göre değiştirilmiş halidir (Dikmelik 2013).

Bitkisel tabaklama maddeleri, bitkisel orjinli polifenolik ürünler yani tanenlerdir. Tanenler, deri de bulunan proteinlerle birleşerek derileri kokuşmaz ve bozulmaz hale getirirler. Bunlar bitkilerin hemen hemen her kısmında bulunurlar ancak ticari olarak elde edilebilir miktarlarda sadece bazı bitkilerde ve bu bitkilerin bazı kısımlarında bulunmaktadır. Örneğin; mimozada kabukta tanen bulunurken sumakta yapraklarda (%25-27 tanen) bulunmaktadır (Soluk 2010, Dikmelik 2013).

Derici sumağının (*Rhus coriaria* L.) yapraklarının sulu ekstraktı tabaklama maddesi olarak kullanılmaktadır. Sumakla tabaklanmış derilerden, ışıktaki bekledikçe sararmayan, su geçirmeyen ve kullanım süreleri uzun deriler elde edilebilmektedir. Ülkemizde sumak deri sanayiinde, küçükbaş hayvanların derilerinin tabaklanmasında ve kösele imalatında kullanılmasının yanısıra yumuşak deri üretiminde yardımcı madde olarak kullanılmıştır. Ancak çok fazla yapraktan çok az miktarda ekstrakt elde edildiğinden üretimi çok azalmış ve eski önemini kaybetmiştir (Soluk 2010, Dikmelik 2013).

Zalacain ve ark. (2000) yaptıkları bir çalışmada, *Rhus coriaria* L.'nin yapraklarından elde edilen sıvı ekstresinin tabaklama kapasitesini ve koyun derilerinde krom (VI) oluşumu ile ilgili olarak ekstrenin antioksidan aktivitesini incelemiştir. Ekstraktta mevcut olan tanenlerin yaklaşık %97'sinin tabaklama etkisine sahip olduğu görülmüştür. Ekstrenin antioksidan aktivitesi incelendiğinde ise sumak ekstraktıyla kaplı olmayan derilerin UV ışığına maruz kalması sonucunda krom (VI) içeriğinde belirgin bir artış gözlemlenmiş ve böylece sumak ekstraktının güçlü bir antioksidan etki gösterdiği anlaşılmıştır.

## 2.6 Sumak Yağı

Yağlı tohumların işlenmesiyle elde edilen bitkisel yağlar; insan beslenmesinde önemli olduğu kadar sağlık açısından da son derece önemlidir. Yağların fiziksel ve kimyasal özelliklerini, yağ asiti oranları ve yağ asiti bileşimleri belirlemektedir (Karaca ve Aytaç 2007).

Yağ asiti bileşimleri açısından sumak yağı, yüksek oranda oleik asit ( $C_{18:1}$ ) içermekle birlikte linoleik ( $C_{18:2}$ ) ve palmitik ( $C_{16:0}$ ) yağ asitlerini de içermektedir. Özellikle oleik asit miktarının yüksek olmasının yağın raf ömrü, oksidasyon stabilitesi ve insan sağlığı (kanser, kalp, damar hastalıkları) üzerine olumlu etkileri yapılan çalışmalarla tespit edilmiştir. Bu nedenle sumak yağının diyetdeki kullanımının beslenme için sağlıklı bir kompozisyon oluşturabileceği düşünülmektedir (Kızıl ve Türk 2010, Duru ve Bozdoğan Konuşkan 2014). Sumak meyvelerine ait yağ asiti bileşimi Çizelge 2.4' de verilmiştir.

**Çizelge 2.4.** Sumak meyvelerinin yağ asitleri bileşimi (Kızıl ve Türk 2010)

<b>Yağ asiti</b>	<b>Miktar (%)</b>	<b>Yağ asiti</b>	<b>Miktar (%)</b>
Malik Asit	2.4	Stearik Asit	4.7
Azelaik Asit	0.4	Etil Oktadekenoat	0.1
Tetradekanoik Asit	0.2	Linoleadik Asit	-
4,8,12- Trimetil Tridekanoik Asit	-	Araşidonik Asit, Etil Ester	-
9- Hekzadekanoik Asit	-	Eikoza-5,8,11,14,17 Pentaenoik Asit	-
7- Hekzadekanoik Asit	0.2	11,13 - Eikozadioneik Asit	0.2
Palmitik Asit	21.1	11- Eikozanoik Asit	0.4
Hekzadekanoik Asit Etil Ester	-	Araşidik Asit	0.7
İzopropil Palmitik Ester	-	Eikoza – 10,13- Dienoik Asit	-
14- Metil- Hekzadekanoik Asit	-	Erusik Asit	-
Linoleik Asit	27.4	Behenik Asit	0.3
Oleik Asit	37.7	Tetrakozanoik Asit	0.1
Linolenik Asit	-	Toplam	96.8
Elaidik Asit	0.9		

Çoklu doymamış yağ asitlerince zengin gıdalar, oksidatif bozulmalara daha fazla maruz kalmaktadır. Oksidatif bozulma, gıda ürünlerinin raf ömrünü sınırlandıran ve kalite kaybına yol açan önemli faktörlerden biridir. Doymamış yağların oksidasyonu sırasında hidroperoksite ek olarak aldehitler, ketonlar, epoksitler, asitler, karbonil bileşikler ve karbondioksit gibi toksik bileşikler oluşmakta ve bunların sonucunda gıdaların tekstüründe, renginde, kokusunda ve tadında istenmeyen değişimler olmaktadır ( Çoban ve ark. 2010).

Sumak yağı ise yüksek oranda tekli doymamış yağ asiti içeriğine sahip olduğundan oksidatif bozulmalara daha dayanıklıdır ve daha uzun süre saklanabilir. Sumak yağının, özellikle zeytinyağı ile karıştırılıp salata ve yemeklerde kullanıldığında iyi bir ürün olabileceği ve bu sayede zeytinyağının da raf ömrüne katkıda bulunabileceği belirtilmiştir (Doğan ve Akgül 2005, Kızıl ve Türk 2010).

Yapılan farklı çalışmalarda sumanın yağ oranları belirlenmiştir. Güvenç ve Koyuncu (1994), Artvin ve Mersin örneklerinin perikarpında % 15 ve % 20 yağ; Özcan ve Hacıseferoğulları (2004), Mersin (Büyükeceli-Gülner)'den topladıkları sumaklarda % 7.4 yağ; Doğan ve Akgül (2005), en düşük Şanlıurfa (Birecik) ve en yüksek Kahramanmaraş örneklerinde %10-15 yağ; Matthaus ve Özcan (2015), en düşük Hakkari ve en yüksek Mersin (Mut) örneklerinde %7,7-14,7 oranında yağ tespit etmişlerdir.

Literatür bilgilerine göre sumanın yağ oranında olan değişimlerin; tür farkı, çevresel faktörler, toprak özellikleri ve iklim farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir (Ünver 2006).

## **2.7 Işınlama İşlemi ve Gıdalarda Uygulanması**

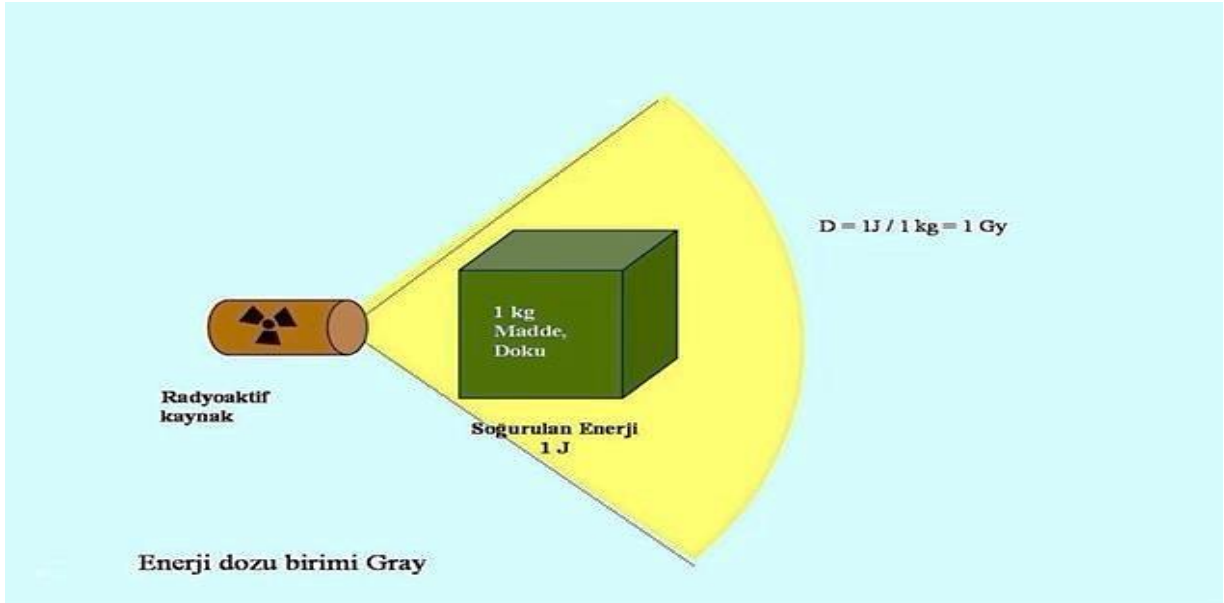
Gıda muhafazası, gıdaların besinsel ve organoleptik özelliklerini koruyarak raf ömürlerini uzatan bir yöntemdir. Günümüzde daha fazla tüketici memnuniyeti sağlayıp mevcut talepleri karşılamak amacıyla güvenli, kimyasal ve koruyucu içermeyen, düşük maliyetli, çevre güvenliğine önem veren gıda muhafaza yöntemleri geliştirilmektedir (Rahman 2012). Yüz yılı aşkın bir süredir üzerinde çalışılan ve özellikle son yıllarda kapsamlı olarak incelenen en etkili gıda muhafaza yöntemlerinden biri de gıda ışınlama yöntemidir (Lawless 2007, Shah ve ark. 2014).

Gıda ışınlaması; mikroorganizmaların yok edilmesi ile gıda zehirlenmesinin, böcek istilasının, meyvelerin olgunlaşmasının gecikmesi ve filizlenmesinin önlenmesi için gıdaların hızlandırılmış elektron ışınları, X ışınları veya gama ışınları gibi iyonlaştırıcı radyasyonlara maruz bırakılmasını içeren bir işleme tekniğidir (Patil ve ark. 1999, Lacroix ve Follett 2015).

Işınlama işlemi sırasında kullanılan ışın çeşitlerinin, gıda maddesi üzerinde hemen hemen aynı etki ve özellikleri vardır. Ancak aralarındaki temel farklılık orjinleridir. Hızlandırılmış elektron ışınları ve X ışınları makine kaynaklarından üretilmektedir. X-ışınları 5 MeV ve daha düşük enerjide çalışan kaynaklardan üretilirken hızlandırılmış elektronlar 10 MeV ve daha düşük enerjide çalışan jeneratörlerde üretilir. Gama ışınları ise radyoaktif çekirdeklerin bozulmasıyla oluşan enerji ile kendiliğinden ortaya çıkar ve Kobalt 60 ( $Co_{60}$ ) ile Sezyum 137 ( $Cs_{137}$ ) kaynaklarından elde edilir. Kobalt 60 kaynaklı gama ışınları, endüstride en yaygın kullanılan ışınlardır. Kobalt 60'ın avantajları, penetrasyon özelliğinin yüksek

olması, dozun homojen dağılması, çevreye karşı düşük bir risk oluşturması ve yayılan enerjinin yaklaşık %95'inin kullanılabilmesi şeklinde sıralanabilir. Ancak dezavantajı ise 5,3 yıl gibi kısa bir yarılanma süresine sahip olmasıdır (Alanyalı ve ark. 2009, Hirneisen ve ark. 2010).

Işınlama, gıdalarda radyoaktiviteye neden olmayan fiziksel bir işlem olup enerji girdisidir. Bu enerjinin miktarı ışınlama absorblama dozu (radyasyon dozu) olarak tanımlanır ve birimi gray'dır. 1 Gray (Gy) radyasyon dozu, 1 kg gıda materyali tarafından absorbe edilen 1 jul'lük enerjiye eşittir. Gıdaların ışınlama işlemlerinde, dozlar genellikle kGy olarak ölçülür ve bu da 1000 Gy'a eşittir (Alanyalı ve ark. 2009). Enerji doz birimi olan gray (Gy)'ın tanımı şematik olarak şekil 2.4'de gösterilmiştir (Atakan 2017).



**Şekil 2.4.** Enerji Doz Birimi olan gray (Gy)'ın tanımı

Gıdalarda bozulma yapan mikroorganizmalara ve gıdanın özelliklerine bakılarak farklı ışın dozlarında uygulamalar yapılmaktadır. Bazı ürünlerde mikroorganizma sayısını azaltmak ve raf ömrünü uzatmak için düşük dozda ( $\leq 1$  kGy) ışınlama işlemi olan radurizasyon ve orta dozda (1-10 kGy) ışınlama işlemi olan radisidasyon yeterli olmaktadır bazı ürünlerde ortamdaki mikroorganizmaların tümünü öldürmek amacıyla yüksek dozda ( $>10$  kGy) ışınlama yani radapertizasyon yapılmaktadır. İyonlaştırıcı radyasyonun dozu, ışınlamanın gıdalar üzerindeki etkilerini belirler. Gıda, ışınlama işleminin amaçlarına bağlı olarak, genellikle 50 Gy ila 10 kGy (1 kGy = 1000 Gy) seviyelerinde ışınlanır. (Özbilgin ve Acar 1988, Shea 2000).

Uygulanan doza bağlı olarak ışınlanan ürünlerde, oksidatif reaksiyonlar neticesinde istenmeyen tat ve koku oluşumu, renk ve tekstürde değişimler oluşabilmektedir. Bu olumsuz değişimler; doz, doz hızı, ışınlama sırasındaki ürün sıcaklığı, ortamdaki oksijen miktarı ve gıdanın genel bileşimi (nem, yağ, antioksidan bileşenler vb.) gibi çeşitli faktörlere bağlıdır (Güneş 2012). Önemli olan ürüne zarar vermeden mikroorganizmalara zarar veren ışınlama dozu olarak tanımlanan optimum ışınlama dozu kullanılmalıdır (Özbilgin ve Acar 1988).

Işınlama işlemi “insanlık tarihinde en yaygın olarak çalışılan gıda işleme teknolojisi” olarak tanımlanmakta ve “soğuk pastörizasyon” olarak da adlandırılmaktadır. 1 kGy ışınlamanın ürün sıcaklığını sadece 0,36 °C artırdığı belirtilmekte ve bu da ışınlama işlemi uygulanan gıdaların, ısıl işlem (konserve, pişirme vb.) uygulanan gıdalara kıyasla daha az besin kaybına yol açabileceğini göstermektedir. Ayrıca paketlenmiş ve dondurulmuş gıdalara da uygulanabilir olması bu yöntemin avantajları arasında yer almaktadır (Alkan 2015). Bu işlem, hemen hemen bütün tıbbi ve bilimsel kuruluşlar tarafından onaylanmış ya da desteklenmiştir (Eustice ve Bruhn 2006, Mostafavi ve ark. 2012, Alkan 2015).

Gıda ışınlama işleminin güvenli ve faydalı bir yöntem olduğu; Dünya Sağlık Örgütü (WHO), Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO), Uluslararası Atom Enerjisi Kurumu (IAEA) ve Codex Alimentarius gibi uluslararası kuruluşlar tarafından, Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (FDA), ABD Tarım Bakanlığı (USDA) ile ABD Hastalık Kontrol ve Korunma Merkezleri (CDC) gibi ABD devlet kurumları tarafından ve Amerikan Tıp Derneği (AMA), Amerikan Diyetetik Derneği (ADA), Amerika Gıda Teknologlar Enstitüsü (IFT) gibi birçok ulusal sağlık ve bilim kuruluşu desteklenmiş ve 50'den fazla devlet tarafından onaylanmıştır (Lawless 2007).

Türkiye’de ise “Gıda Işınlama Yönetmeliği” ile gıdaların ışınlanmasına ve insan tüketimine sunulmasına onay verilmiştir. Bu yönetmelik, 6 Kasım 1999 tarihinde 23868 sayılı Resmî Gazete’de yayınlanmış ve 15 Ekim 2002 ile 19 Aralık 2003 tarihlerinde revize edilmiştir. Gıda Işınlama Yönetmeliği’nde gıda ışınlama işlemi; “Gıdalarda bozulmaya sebep olan mikroorganizmalar ve biyokimyasal olayların miktar ve faaliyetlerinin engellenmesi, azaltılması, yok edilmesi, gıdaların raf ömürlerinin uzatılması, olgunlaşma süresinin kontrolü veya müteakip işlemlerdeki istenen değişiklikleri sağlamak amaçlarından biri veya birkaçı için belirlenmiş ışınlama dozunda, uygun teknolojik ve hijyenik koşullarda yapılır.” şeklinde tanımlanmıştır (Anonim 2019d). Gıda Işınlama Yönetmeliği’ne göre ışınlanmasına izin verilen gıda grupları, ışınlama amacı ve ışınlama dozları Çizelge 2.5’de gösterilmektedir.



**Çizelge 2.5.** Gıda gruplarında belirli teknolojik amaçlara göre uygulanmasına izin verilen ışınlama dozları (Anonim 2019d)

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

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

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

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

Yağlı tohumlar arasında yer alan sumak meyvesinin ışınlanması; Gıda Işınlama Yönetmeliği'nde ışınlanmasına izin verilen yedi gıda grubu içerisinde hububat, öğütülmüş hububat ürünleri, kabuklu yemişler, yağlı tohumlar, baklagiller, kurutulmuş sebzeler ve kurutulmuş meyvelerin yer aldığı üçüncü grupta değerlendirilebilir. Bu grupta böceklenmeyi önlemek için 1 kGy, mikroorganizmaları azaltmak için ve raf ömrünü uzatmak için 5 kGy maksimum ışın dozları verilmiştir.

Ülkemizde yer alan Gamma Pak ışınlama tesisinde, 2013 yılında 4550 ton gıda ışınlanması gerçekleşmiş ve bu miktarın %75'ini baharat ışınlanması oluştururken geriye kalan kısmın çoğunluğunu kurutulmuş meyve sebze, bitkisel çay, kuruyemiş ve kanatlı eti ile dondurulmuş kırmızı et ışınlaması oluşturmaktadır (Alkan 2015).

Işınlamanın etkisini incelemek amacıyla, yağlı tohumların da içerisinde yer aldığı çeşitli gıdalar üzerinde bir takım çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar sayesinde yapılan analizlerin (yağ asiti kompozisyonu, asitlik miktarı, peroksit değeri, tokoferol vb.) sonuçları belirlenerek ışınlamanın dozuna göre etkisi kıyaslanmıştır.

Niyas ve ark. (2003), ışınlamanın hindistan cevizinin (*Myristica fragrans*) lipid bileşenleri üzerindeki etkisini 2,5 ile 10 kGy dozları arasında incelemiştir. Bu incelemenin sonucunda artan doza paralel olarak, serbest yağ asitlerinde artış olurken yağ içeriğinde doza bağlı bir azalma olduğunu belirlemiştir.

Arslan Çolak ve ark. (2006) yaptıkları bir çalışmada, ışınlama işleminin çörekotunun (*Nigella sativa* L.) bazı fizikokimyasal, mikrobiyolojik özellikleri ve yağ asitleri kompozisyonuna etkisi incelenmiş ve çörekotu numuneleri 2,5 kGy, 6 kGy, 8 kGy, 10 kGy dozlarında ışınlanmıştır. Işınlamanın dozu arttıkça numunelerin yağ oranı (%), iyot sayısı, kırılma indeksi ve ransimat değerlerinde azalma görülürken, yağın asitlik ve peroksit sayısı yükselmiştir. Yağ asiti kompozisyonunda ise doymamış yağ asitlerinin oranları azalırken; trans yağ asitleri oluşumu artmıştır. Işınlama dozu ile ters orantılı olarak tohumların mikroorganizma sayıları azalmıştır. Uygulanan 10 kGy'lik ışınlamayla toplam mezofil canlı bakteri sayısı ile maya ve küf sayısı belirlenemeyecek seviyelere kadar indiği tespit edilmiştir.

Mexis ve ark. (2009), bademlerin fizikokimyasal (renk, peroksit değeri, heksan içeriği, yağ asiti bileşimi, uçucu bileşikler) ve duyuşal (renk, doku, koku, tat) özellikleri üzerine ışınlama işleminin etkisini araştırmış ve minimum seviyede istenmeyen değişikliğe neden olabilecek dozu belirlemeyi amaçlamışlardır. Badem örnekleri 1 kGy, 1,5 kGy, 3 kGy, 5 kGy

ve 7 kGy dozda ışınlanmıştır. Yapılan analizler sonucunda; doymuş yağ asitleri miktarının arttığı, doymamış yağ asitlerinden oleik asit miktarının artan ışınlama dozuna paralel olarak azaldığı, linoleik asit miktarının istatistiki olarak önemli bir değişimin olmadığı ve peroksit değerinin 7 kGy'lik bir dozda ışınlamanın ardından kontrol numunesine göre yaklaşık on kat arttığı tespit edilmiştir. Duyusal analiz sonuçları ise bademlerin 3 kGy'lık bir doza kadar organoleptik özelliklerinin kabul edilebilir olduğunu göstermiştir.

Yaqoob ve ark. (2010), 2 kGy, 4 kGy, 6 kGy, 8 kGy ile 10 kGy dozlarında ışınlanmış ayçiçeği ve mısır tohumlarından elde edilen yağların özelliklerini araştırmışlardır. Araştırma bulgularına göre ışınlamanın, ayçiçeği ile mısır tohumlarının lipid, protein, lif ve kül içeriğini önemli ölçüde etkilemediği görülmüştür. Işınlama dozuna paralel olarak, peroksit ve serbest yağ asiti değerlerinin arttığı, tokoferol (alfa, gama, delta) içeriğinin ise azaldığı tespit edilmiştir. Tokoferol içeriğinde, 6 kGy'a kadar düşüşün az olduğu ancak 8 kGy ve 10 kGy dozlarında belirgin bir düşüş olduğu görülmüştür. Işınlamanın ayçiçek yağının yağ asiti bileşimi üzerindeki etkilerine bakıldığında, stearik asit ile oleik asit konsantrasyonunda bir artış olurken linoleik asit konsantrasyonunda azalış olduğu tespit edilmiş ve palmitik asit konsantrasyonunun 10 kGy ışınlama dozundan bile etkilenmediği görülmüştür. Mısır yağında da stearik, palmitik, oleik ve linoleik asit için benzer bir eğilim gözlenmiştir.

Geçgel ve ark. (2011) yapmış oldukları bir çalışmada, 1 kGy, 3 kGy, 5 kGy ile 7 kGy dozlarında ışınlanan fındık, ceviz, badem ve antep fıstığı örneklerinin, yağ içeriği, serbest yağ asiti, peroksit değeri ve yağ asiti bileşimlerini incelemişlerdir. Bu çalışma sonucunda ışınlama dozunun, numunelerin yağ içeriği üzerindeki etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunurken serbest yağ asiti ve peroksit değerinin ışınlama dozuna orantılı olarak arttığı belirlenmiştir. Ayrıca belirlenen yağ asitleri arasında, toplam doymuş yağ asitleri konsantrasyonunun ışınlama dozuna paralel olarak arttığı görülürken, toplam çoklu doymamış yağ asitlerinin ve ceviz numunesi haricindeki diğer örneklerde toplam tekli doymamış yağ asitlerinin ışınlama dozu ile azaldığı görülmüştür.

Yalçın ve ark. (2011) yaptıkları bir çalışmada, ışınlamanın (2,5 kGy, 4,0 kGy, 5,5 kGy ve 7,0 kGy) keten tohumunun kimyasal özelliği ve uçucu bileşikleri üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Artan ışınlama dozları ile ışınlanmış keten tohumu numunelerinin hem protein hem de yağ içeriğinde düşüşler gözlenmiştir. Işınlanmış keten tohumlarının kül içeriğinin, artan ışınlama dozuyla birlikte (5,5 kGy hariç) önemli ölçüde arttığı görülürken, kuru madde içeriğinin ışınlama işleminden etkilenmediği görülmüştür. Bununla birlikte elde

edilen sonuçlar, özellikle yüksek dozlarda ışınlama uygulanmasının keten tohumunda uçucu bileşikleri önemli ölçüde azalttığını göstermektedir.

Çatal (2012), ayçiçeği tohumları (orta oleik asit, yüksek oleik asit ve linoleik asit içerikli) ile kanola tohumları üzerine yaptığı bir çalışmada, ışınlama işleminin yağ kalitesinde meydana getirdiği bazı değişiklikleri incelemiştir. Örneklere 2,5 kGy, 5,0 kGy, 7,5 kGy ve 10 kGy dozlarında ışınlama işlemi uygulanmış ve tohumlardan ekstrakte edilen yağların % asitlik, peroksit sayısı, yağ asitleri bileşimi ile tokoferol ve sterol kompozisyonları belirlenmiştir. Işınlama dozu arttıkça tüm örneklerin % asitlik ve peroksit sayıları ile doymuş yağ asitleri (palmitik ve stearik asit) miktarlarında belli oranda artış olurken doymamış yağ asitleri (oleik ve linoleik asit) ve alfa tokoferol miktarlarında azalış görülmüştür. Sterol kompozisyonları incelendiğinde ise, tüm örneklerde en yüksek sitosterol oranı bulunmuş ve orta oleik ile yüksek oleik asit içerikli ayçiçeği örneklerinde ışınlama dozu arttıkça % sitosterol oranı artmıştır. Linoleik asit içerikli ayçiçeği ve kolza tohumlarındaki % sitosterol oranlarının ışınlama dozu arttıkça azaldığı belirlenmiştir.

Apaydın (2015), yaptığı çalışmada 5 farklı üzüm çekirdeğine 1,0 kGy, 3,0 kGy, 5,0 kGy ve 7,0 kGy dozlarında ışınlama işlemi uygulanmış olup yapılan analizlerle birlikte üzüm çekirdeklerinde ve üzüm çekirdekleri yağlarında meydana gelen değişimler belirlenmiştir. Üzüm çekirdeklerinin mikroorganizma sayılarının ışınlama dozu arttıkça azaldığı tespit edilmiştir. Üzüm çekirdeği yağlarının, % asitlik ile peroksit sayılarındaki artışın ışınlama dozuna paralel olarak arttığı görülmüştür. Yağ asitleri bileşimleri incelendiğinde ışınlama dozundaki artışa bağlı olarak, doymuş yağ asitlerinden olan palmitik ve stearik asit miktarlarının arttığı belirlenirken doymamış yağ asitlerinden olan oleik ve linoleik asit miktarlarının azaldığı belirlenmiştir. Üzüm çekirdeği yağı örnekleri sterol kompozisyonları açısından ele alındığında ise; tüm örneklerde en yüksek düzeyde  $\beta$ -sitosterol tespit edilmiş olup  $\beta$ -sitosterol miktarının ışınlama dozu arttıkça azaldığı görülmüştür. Ayrıca ışınlama dozu arttıkça üzüm çekirdeği ile yağın toplam fenolik madde içeriğinde ve antioksidan kapasitesinde azalma olduğu tespit edilmiştir.

Güler ve ark. (2017) yaptıkları bir çalışmada, farklı ışınlama dozlarının (0,5 kGy, 1 kGy ve 1.5 kGy) ve saklama sürelerinin (0-18 ay) fındık çekirdeklerinin kalite parametreleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Araştırma sonucunda 0,5 kGy dozla ışınlanmış fındık çekirdeklerinin, serbest yağ asiti, peroksit ve E vitamini açısından çok iyi kalitede olduğunu

ortaya çıkarmıştır. Ayrıca 0,5 kGy gama ışını dozunun, fındık çekirdeklerinin duyuşal özellikleri üzerinde zararlı bir etkisi olmadığı görülmüştür.

Aslan Öner (2018), 3 kGy, 5 kGy ile 7 kGy dozlarında ışınlanan ve farklı yağ oranlarına sahip hindistan cevizi örnekleriyle bir çalışma yapmıştır. Bu çalışmayla birlikte hindistan cevizine uygulanan ışınlama dozunun artmasıyla mikroorganizma sayısının azaldığı ve 5 kGy dozla yapılan ışınlamanın toplam mezofilik aerobik ile maya-küf sayılarını belirlenemeyecek kadar az seviyelere indirdiği tespit edilmiştir. 7 kGy dozla yapılan ışınlamanın ise tüm örneklerin % nem miktarını artırdığı tespit edilirken, %yağ miktarını azalttığı görülmüştür. Işınlama dozundaki artışa paralel olarak tüm örneklerde % asitlik ve peroksit değerlerinin arttığı görülmüştür. Farklı yağ oranına sahip hindistan cevizi numunelerinde, ışınlama dozunun artmasıyla doymuş yağ asiti miktarının arttığı tespit edilmiştir. % 62 ve % 44 yağlı hindistan cevizlerinin 3 kGy, 5 kGy ve 7 kGy dozlarında ışınlanmasıyla tekli ve çoklu doymamış yağ asitleri miktarının azaldığı belirlenirken, %37 yağlı hindistan cevizi örneğinin 7 kGy dozla ışınlandığında kontrol grubuna kıyasla tekli ve çoklu doymamış yağ asitlerinin arttığı belirlenmiştir.

Gıda Işınlama Yönetmeliği'ne göre, tüketiciye ve toplu tüketim yerlerine ulaşacak ışınlanmış ürünlerde etiket üzerinde "Işınlanmıştır" veya "Işınlama İşlemi Yapılmıştır" ifadesinin yanında Şekil 2.5'de verilen yeşil renkli uluslararası gıda ışınlama sembolünün kolayca görülebilir şekilde etiket üzerinde bulunması zorunludur (Anonim 2019d).



**Şekil 2.5.** Radura Sembolü

Radura kelimesi; radyasyon ve Latince'de kuvvetli, dayanıklı anlamlarına gelen durus kelimelerinin ilk hecelerinin birleştirilmesiyle oluşturulmuştur (Ehlermann 2009).

Radura uluslararası bir semboldür ve gıda ürününün ışınlanmış olduğunu belirtir. Bu sembolde; ortadaki daire ve yapraklar bir bitkiyi yani tarımsal bir ürün olarak gıdayı simgelerken, bitkinin etrafındaki daire kapalı bir paketi ve bu dairenin üst kısmındaki boşluklar kapalı pakete nüfuz eden ışınları simgelemektedir (Ulmann 1972).

Tüketicinin bir gıda ürününe, ışınlama işlemi uygulanıp uygulanmadığını gözle ayırt etmesi mümkün olmayacağından bu sembol sayesinde ışınlanmış gıdayı fark edebilmesi sağlanmaktadır (Mol ve Ceylan 2011). Ancak ışınlanmış gıdaların tüketiciler tarafından kabul edilebilirliği istenilen seviyeye ulaşmamıştır. Bunun en büyük sebebi tüketicilerin, ışınlanmış gıdaların radyoaktif olabileceği ya da zararlı bileşikler oluşturabileceği yönündeki önyargıdır (Güneş ve Tekin 2004).

2004 yılında Türkiye’de yapılan bir anket araştırmasında, tüketicilerin ışınlanmış gıdaya bakışı incelenmiştir. Bu araştırma neticesinde, tüketicilerin %29’unun gıda ışınlama işleminden haberdar olduğu, %80’ninin ışınlanmış gıdanın güvenliğinden emin olmadığı ve sadece %11’inin ışınlanmış gıdanın güvenli olduğunu düşündüğü tespit edilmiştir. Ancak anketin devamında tüketiciler, gıda ışınlama işleminin faydalı hakkında bilgilendirilmiş ve bunun sonucunda ışınlanmış gıdalara karşı olan tutum pozitif yönde %62 oranında artmıştır (Güneş ve Tekin 2004).

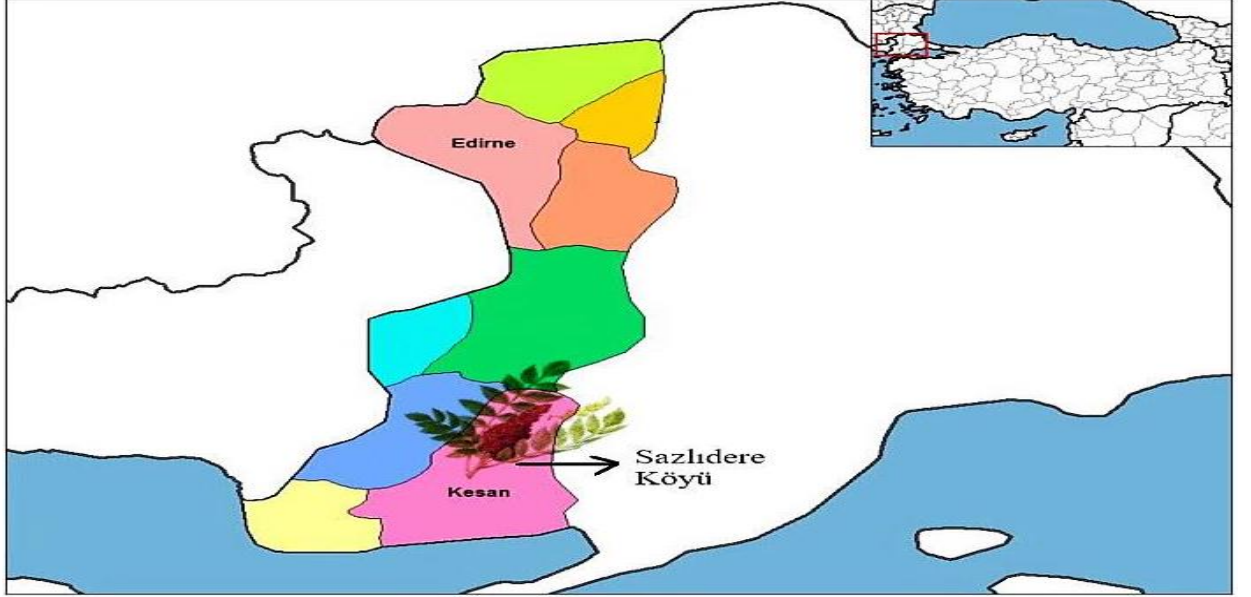
2016 yılında yapılan anket araştırmasında ise, Ankara ili devlet üniversitelerinde eğitim gören öğrencilerin ışınlanmış gıdalar hakkında bilgi, tutum ve davranışlarını değerlendirilmiştir. Ankete katılan kişilerin %74,8’i ışınlanmış ürün kullanmadıklarını, %86,6’sı ışınlanma ile ilgili mevzuat varlığını bilmediklerini, %57,7’si ise ışınlanmış ürün sembolünü bilmediklerini belirtmiştir. Bu çalışma, tüketicilerin gıda ışınlaması hakkında bilgi sahibi olmadıklarını göstermiştir (Gezmen Karadağ ve ark. 2016).

Gıda ışınlama yönteminin, tüketiciler tarafından güvenli kabul edilmesi için öncelikle bu yöntemin iyi ve doğru bir şekilde anlaşılması gerekmektedir (Alkan 2015).

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1 Materyal

Tez çalışması kapsamında, Edirne'nin Keşan ilçesine bağlı Sazlıdere Köyü araştırma alanı olarak belirlenmiş ve bu bölgede doğal olarak yetişen sumak bitkileri araştırma materyali olarak seçilmiştir. Sumak bitkisinin temin edildiği bölge Şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Sumak bitkisinin Edirne ilinde temin edildiği bölge (Keşan-Sazlıdere Köyü)

Sumak bitkisinin meyveleri, 2017 yılında meyvelerin hasat olgunluğuna ulaştığı zaman olan Eylül ayında toplanmıştır. Şekil 3.2 Sazlıdere Köyü'nde yetişen sumak bitkisine aittir.



Şekil 3.2. Sazlıdere Köyü'nde yetişen sumak

Salkım halinde toplanan sumak meyveleri, saplarından ayrılıp gölgede kurutulduktan sonra çuvalalarda serin ve kuru bir yerde analize kadar muhafaza edilmiştir. Şekil 3.3' de saplarından ayrılan sumak meyveleri gösterilirken, Şekil 3.4'de kurutulan sumak meyveleri gösterilmiştir.



**Şekil 3.3.** Saplarından ayrılan sumak



**Şekil 3.4.** Gölgede kurutulan sumak

## 3.2 Yöntem

Sumak meyveleri, laboratuvara getirilerek 400 g'lık beş eşit parçaya ayrılmış ve polietilen filmlerle ambalajlanarak ışınlama işlemine hazır hale getirilmiştir.

Işınlama işlemi uygulandıktan sonra, sumak örneklerinin kuru madde üzerinden ham yağ tayini soxhlet ekstraksiyon yöntemi ile yapılmış ve elde edilen bu yağların serbest yağ asitliği oranı, peroksit sayısı, yağ asiti bileşimi ile tokoferol ve sterol kompozisyonları belirlenmiştir. Ayrıca örneklerin Folin-Ciocalteu reagent yöntemi kullanılarak toplam fenolik madde miktarları ve DPPH•(2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) serbest radikal indirgeme aktivitesi ölçümü ile antioksidan aktivite değerleri tespit edilmiştir. Elde edilen veriler istatistiksel yöntemler yardımıyla değerlendirilerek karşılaştırılmıştır.

### 3.2.1 Işınlama işlemi

Sumak meyveleri, ışınlama işleminin uygulanacağı Çerkezköy-Tekirdağ'da bulunan GAMMA-PAK Sterilizasyon Sanayi ve Ticaret. A.Ş. ışınlama tesisine getirilmiştir.

Işınlama işlemi, Co-60 gamma ışını kullanılarak, kontrol grubu haricindeki diğer dört gruba sırasıyla 2,5 kGy, 5,0 kGy, 7,5 kGy ve 10 kGy olarak ifade edilen dozlarda sumak meyvelerine uygulanmıştır. Işınlama işlemi yapılmayan sumak meyveleri, kontrol numunesi olarak isimlendirilmiştir.



### 3.2.2 Kuru madde analizi

Kuru madde analizi, Uylaşer ve Başoğlu (2014)'nin uyguladığı method esas alınarak yapılmıştır. Kuru madde kapları (petriler), 105°C'lik etüvde kurutulup sabit ağırlığa getirildikten sonra desikatörde soğutularak 0,1 mg hassasiyetle daraları alınmıştır. Bu kaplara, öğütülmüş sumak meyvesi örnekleri koyulup tartılarak, etüvde 105 °C'de, sabit ağırlığa ulaşmaya kadar (2-3 saat) kurutulmuştur. Etüvden çıkarılan kuru madde kapları desikatörde soğutulduktan sonra hassas olarak tartılmıştır. Analiz sonucunda sumak örneğine ait kuru madde miktarı 3.1'deki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\%Nem\ Miktarı = [ (E-M) / E ] \times 100$$

E: Örneğin ilk ağırlığı (g)

M: Örneğin kuruduktan sonraki ağırlığı (g)

$$\%Toplam\ Kuru\ Madde\ Miktarı = 100 - \%Nem\ Miktarı \quad (3.1)$$

### 3.2.3 Ham yağ analizi

Sumak meyvesi örneklerinin ham yağ analizi Uylaşer ve Başoğlu (2014)'nin uyguladığı yöntemle göre yapılmıştır. Sumakların toplam yağ miktarı soxhelet ekstraksiyon düzeneği ile tayin edilmiştir.

Öncelikle 500 ml hacmindeki cam balonların etüvde 105±2 °C'de iki saat bekletilerek sabit tartıma gelmeleri sağlanmış ve desikatörde oda sıcaklığına geldiği zaman balonların daraları alınmıştır. Ardından sumak meyveleri öğütüldükten sonra tartılarak kaba filtre kağıdına konulmuş ve soxhelet cihazına yerleştirilmiştir. Solvent olarak n-heksan kullanılmıştır. Analize 4 saat süreyle devam edilmiş ve işlem sonucunda solvent bir rotary evaporatör kullanılarak ortamdaki uzaklaştırılmıştır. Balonlar, 45°C'deki etüvde kalan solventin tamamen yağdan uzaklaşmasını sağlamak için bekletilmiş ve desikatörde oda sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra son tartım yapılmıştır.

Analiz sonucunda sumak örneğine ait % yağ oranı 3.2'deki eşitlik yardımıyla hesaplanmış ve ardından sumak yağı örnekleri, kahverengi cam şişelerde +4 C° 'deki buzdolabında diğer analizlerde kullanılmak üzere muhafaza edilmiştir.

$$\%Yağ = [ (M_1 - M_2) / m ] \times 100 \quad (3.2)$$

$M_1$  = Yağ + sabit tartıma getirilen balonun ağırlığı

$M_2$  = Sabit tartıma gelen balonun ağırlığı

$m$  = Numune ağırlığı

### 3.2.4 Serbest yağ asitliğinin belirlenmesi

Serbest yağ asitliği analizi için, sumak meyvesi örneklerinden elde edilen yağdan, erlen içine 10 g tartılmış ve üzerine (1:1) oranında etil alkol/dietil eter karışımı ilave edilmiştir. Titrasyonda dönüm noktasını görmek için erlen içine 2-3 damla %1'lik fenolfitaleyn damlatıldıktan sonra 0,1 N KOH ile titre edilmiştir. Bu noktada rengin değiştiği ve geri dönmediği ilk anı yakalayıp harcanan baz miktarı bulunur. Sonuçlar % oleik asit cinsinden aşağıda verilen 3.3'deki eşitlik ile hesaplanmıştır (Akgün ve ark. 2017).

$$\text{Serbest yağ asitliği (\%oleik asit)} = (V \times N \times F) / M \times 10 \quad (3.3)$$

V: Harcanan 0.1 N potasyum hidroksit çözeltisinin hacmi (ml)

N: Kullanılan potasyum hidroksit çözeltisinin normalitesi

F: Sonuçların ifade edileceği serbest yağ asitinin eşdeğer ağırlığı (oleik asit için 282 ml KOH/g Oleik asit)

M: Yağ örneğinin ağırlığı (g)

### 3.2.5 Peroksit sayısının belirlenmesi

Peroksit analizi için, erlen içerisine 2 g sumak yağı örneği tartılmış ve 25 ml asetik asit-kloroform karışımı eklenip yağ örneğinin tamamen çözünmesi sağlanmıştır. Ardından üzerine 1 ml potasyum iyodür ilave edilerek 1 dakika boyunca karıştırılarak 5 dakika karanlık bir yerde bekletilmiştir. Süre sonunda erlen içerisine 75 ml saf su ile 1 ml nişasta indikatörü ilave edilmiş ve 0,1 N sodyum tiyosülfat ile renk kaybolana kadar titrasyon gerçekleştirilmiştir. Aynı işlemler kör deneme içinde gerçekleştirilmiş ve en az iki paralelli çalışılmıştır. Peroksit sayısı 3.4'deki eşitlik aracılığıyla hesaplanmıştır (Akgün ve ark. 2017).

$$\text{Peroksit sayısı} = [ (V_2 - V_1) \times N \times 1000 ] / M \quad (3.4)$$

S: Titrasyonda harcanan sodyum tiyosülfat çözeltisinin hacmi (mL)

K: Kör deneme için harcanan sodyum tiyosülfat çözeltisinin hacmi (mL)

N: Sodyum tiyosülfatın normalitesi

M: Yağ örneğinin ağırlığı (g)

### 3.2.6 Yağ asiti bileşiminin belirlenmesi

Sumak yağları, BF<sub>3</sub>-metanol ile yağ asiti metil esterlerine AOCS (Ce 2-66) nolu metoda göre dönüştürülmüştür (Anonim 1992). Yağ asiti metil esterleri, kapiler gaz-likit kromatografisinde (GLC) alev iyonizasyon dedektörü (FID) ve Hewlett-Packard Chemstation 3365 ile donanmış, HewlettPackard 6890 Series II kromatografi cihazında analiz edilmiştir. Bu analiz için silika kapiler kolon (CPTM -Sil 88, 50m x 0,25mm i.d., 0,20µm film; Chrompack, Middelburg, Hollanda) kullanılmıştır. Kolon sıcaklığı 177°C, enjeksiyon ve dedektör sıcaklıkları 250°C'dir. Taşıyıcı gaz olarak da akış hızı 1ml/dk. olan helyum gazı kullanılmıştır.

### 3.2.7 Sterol analizi

Sumak yağlarında sterol analizi, ISO 12228:1999 sterol kompozisyonu metodu kullanılarak, BAP kapsamında TÜBİTAK MAM'da hizmet alımı olarak yaptırılmıştır.

Metoda göre 1 ml iç standart 5α-kolesten3β-ol (1000 mg/L) ve 0,5 g yağ örneği 10 ml doymuş metanollü KOH çözeltisi ile 80°C'de 1 saat boyunca sabunlaştırılmış ve daha sonra 5 ml n-hekzan ile 3 kez ekstrakte edilmiştir. Ekstraktın hacmi 10 ml'nin altına düşecek şekilde azot altında uçurulduktan sonra 5 ml saf su ile 3 kez ekstrakte edilmiş ve organik faz n-hekzan ile 10 ml'ye tamamlanarak susuz Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ile kurutulmuştur. 0,5 ml ekstrakt vial içerisine alınıp, üzerine 250 µl bis(trimetilsilil) trifluoroasetamid / trimetilklorosilan (4:1, v/v) ve 250 µl saf piridin eklenip 60°C'de 15 dakika türevlendirilmiştir. Hazırlanan örnekler gaz kromatografisi-alev iyonlaşma dedektörü (GC-FID) (Perkin Elmer, Autosystem GLX, Shelton, ABD) ve SE-54 [5%- phenyl-1%-vinylmethylpolysiloxane, 30 m x 0,32 mm x 0,25 µm (Agilent, Santa Clara, CA, ABD)] kolonu kullanılarak analiz edilmiştir.

GC-FID çalışma koşulları: taşıyıcı gaz, helyum; akış hızı, 0,8 mL/dk; enjeksiyon sıcaklığı, 280°C; detektör sıcaklığı, 300 °C; fırın sıcaklık programı, başlangıç sıcaklığı 60 °C'de 2 dk tutulup 40 °C/dk ile 220 °C'ye çıkartılıp 1 dakika tutulup, 5 °C/dk ile 310 °C'ye arttırılıp bu sıcaklıkta 30 dk kalacak şekilde ayarlanmıştır. Sonuçlar, Total Chrom Navigator ile değerlendirilmiştir (Pelvan ve Demirtaş 2018).

### **3.2.8 Tokoferol analizi**

Sumak yağlarında tokoferol ve tokotrienoller, ISO 9936:2006 bitkisel yağlarda tokol kompozisyonunun belirlenmesi metodu kullanılarak, BAP kapsamında TÜBİTAK MAM'da hizmet alımı olarak yaptırılmıştır.

Metoda göre hazırlanan örnek floresans detektörlü yüksek basınçlı sıvı kromatografisi (HPLC-FLD) ve normal-faz kolon [5µm LiCrosorb Si60 25 cm x 4.6 mm i.d. (HiChrom Ltd., Theale, İngiltere)] ile analiz edilmiştir. Kromatografik ayırma isokratik tetrahidrofurana / n-heptana (% 3.8, v/v) taşıyıcı ile 1 mL/dk akış hızı uygulanarak yapılmıştır. Kolon sıcaklığı 40 °C'de tutulmuştur. Detektörün dalga boyu uyarılma için 270 nm, emisyon için 310 nm olarak ayarlanmıştır (Pelvan ve Demirtaş 2018).

### **3.2.9 Toplam fenolik madde miktarının belirlenmesi**

Sumak yağının, toplam fenolik madde miktarı, fenolik bileşiklerin alkali ortamda Folin-Ciocalteu çözeltisi ile verdiği rengin spektrofotometrede ölçümü ile saptanmıştır.

Singleton ve ark. (1999)'nın yöntemleri modifiye edilerek kullanılmıştır. 100 µl örnek alınarak üzerine 7,5 ml saf su ve 500 µl Folin-Ciocalteu ayracı eklendikten sonra iyice çalkalanmıştır. 3 dk beklendikten sonra 0,25 ml doygun Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> çözeltisinden 1 ml ilave edilerek saf suyla 10 ml'ye tamamlanmıştır. 60 dakika bekletildikten sonra 720 nm'de şahide karşı okunmuştur. Sonuçlar gallik asit eşdeğeri (GAE) olarak verilmiştir.

### **3.2.10 Antioksidan aktivitenin belirlenmesi**

Sumak yağlarına ait, antioksidan aktivitenin belirlenmesinde DPPH• (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil radikal süpürme kapasitesi) metodu uygulanmıştır. Çalışmamızda ekstraktların DPPH• radikali indirgeme yetenekleri Viuda-Martos ve ark. (2010)'nın yöntemine dayanarak belirlenmiştir.

Öncelikli olarak sumak yağı örneklerini analize hazırlamak amacıyla, 2 g örnek tartılarak üzerine % 80'lik metanol çözeltisinden 12 ml ilave edilmiştir ve oda sıcaklığında çalkalanmıştır. Ardından karışım 4500 devirde 20°C'de 15 dakika boyunca santrifüj edilmiş ve berrak kısım ayrılmıştır. Ayrılan bu metanollü ekstrakt analizde kullanılmış ve buna göre örneklerden 4 farklı hacimde (40-80-120-200 µl) alınarak, içlerinde 600 µl DPPH• radikal çözeltisi bulunan tüpler üzerine ilave edilmiştir. Her bir tüp içerisindeki toplam hacim 6 ml'ye tamamlanmış ve tüp içerikleri vorteks ile karıştırıldıktan sonra tüpler oda sıcaklığında karanlık bir ortamda 30 dakika süre ile inkübasyona bırakılmıştır. Süre bitiminde karışımın absorbansı spektrofotometrede 517 nm'de şahit numuneye karşı okunmuştur. Antioksidan aktivite DPPH• radikalinin % engellenmesi (% 1) olarak 3.5'deki eşitlikten yararlanılarak 4 farklı örnek hacmine karşılık gelen % inhibisyon değerleri hesaplanmıştır (Cemeroğlu, 2010).

$$\% \text{ İnhibisyon} = [(A_{\text{DPPH}} - A_{\text{ekstrakt}}) / A_{\text{DPPH}}] \times 100 \quad (3.5)$$

$A_{\text{DPPH}}$  : DPPH• şahit örneğinin absorbans değeri

$A_{\text{ekstrakt}}$  : Örnek ekstraktının absorbans değeri

Yukarıdaki eşitliğe göre belirlenen inhibisyon değerleri örnek hacimlerine karşı bir grafiğe aktarılıp linear regresyon analizi uygulanmak suretiyle örneğe ilişkin eğriye ve bu eğriyi tanımlayan eşitliğe ( $y = ax + b$ ) ulaşılmıştır. Elde edilen bu eşitlikten yararlanılarak örneğe ilişkin  $EC_{50}$  değerleri hesaplanmıştır.

### 3.2.11 İstatistiksel analiz

Araştırmadan elde edilen sonuçlar, ortalama  $\pm$  standart sapma olarak verilmiştir. Sonuçların değerlendirilmesinde istatistiksel bilgisayar programı JMP (5.0.1, USA) kullanılmıştır. Önemli bulunan faktörler Tukey çoklu karşılaştırma testine tabi tutularak  $p < 0,01$  ve  $p < 0,05$  önem derecelerine göre farklı gruplar belirlenmiştir.

#### 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Yapılan analizlerden elde edilen veriler, farklı dozlarda uygulanan ışınlama etkileri arasındaki farkların daha iyi görülebilmesi için çizelge ve grafikler halinde sunulmuştur.

##### 4.1 Sumak Meyvesinin Kuru Madde Oranı ve Işınlamanın Etkisi

Çizelge 4.1'de sumak meyvesine ait % kuru madde miktarının, kontrol grubu ile 2,5 kGy, 5,0 kGy, 7,5 kGy ve 10,0 kGy ışınlama dozundaki değerleri gösterilmiştir.

**Çizelge 4.1.** Sumak meyvesine ait kuru madde oranlarının ışınlama dozuna göre değerleri(%)

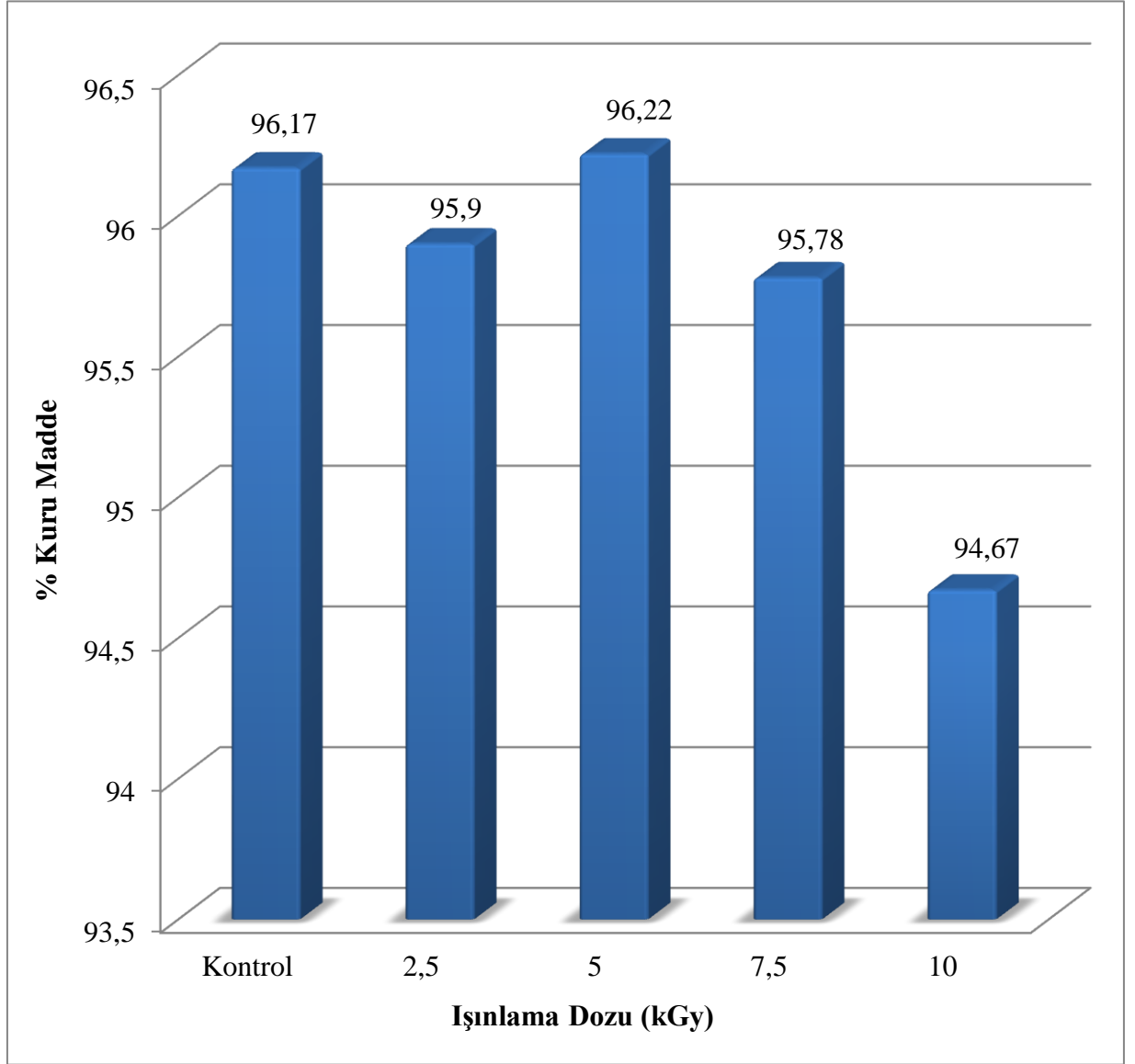
Örnek	Işınlama Dozu (kGy)	Kuru madde (%)
Sumak	Kontrol	96,17 ± 0,12
	2,5	95,90 ± 0,40
	5,0	96,22 ± 0,26
	7,5	95,78 ± 0,43
	10,0	94,67 ± 0,46
	Işınlama Etkisi	NS

Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir.

\*P<0,05 düzeyinde önemli; \*\*P<0,01 düzeyinde önemli; NS önemsiz

2,5 kGy, 5,0 kGy, 7,5 kGy ve 10,0 kGy dozlarında ışınlanan sumak meyvesinin kuru madde oranları, ışınlama işlemi uygulanmamış kontrol grubuna göre kıyaslanmıştır. Çizelge 4.1 incelendiğinde, sumak meyvesinin kuru madde oranının %94,67 ile %96,22 arasında değiştiği anlaşılmaktadır.

Şekil 4.1'de sumak meyvesine ait kuru madde oranlarının ışınlama dozlarına göre değişimi gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Sumak meyvesinin ışınlama dozlarına göre kuru madde oranlarının karşılaştırılması

Yapılan istatistik analizi sonuçlarına göre, farklı doz uygulanarak ışınlanan sumak meyvelerinin kuru madde oranları arasında istatistiksel açıdan önemli bir değişim olmadığı anlaşılmaktadır.

Yalçın ve ark. (2011) ışınlamanın (2,5 kGy, 4,0 kGy, 5,5 kGy ve 7,0 kGy) keten tohumunda etkisini araştırmışlardır ve kuru madde oranının ışınlama işleminden etkilenmediğini belirlemişlerdir.

Apaydın (2015) yaptığı bir çalışmada, farklı dozlarla (1 kGy, 3 kGy, 5 kGy, 7 kGy) ışınlanan üzüm çekirdeklerinin kuru madde oranlarını incelemiştir. Bu araştırma sonucunda, üzüm çekirdeklerinin kuru madde oranlarının, kontrol grubuna kıyasla ışınlama dozu arttıkça azaldığı belirlenmiştir.

Al-Bachir (2016), 3 kGy 6 kGy ve 9 kGy dozlarında ışınlanan yer fıstığı tohumlarının nem oranına, ışınlama işleminin etkisinin istatistiksel açıdan önemsiz olduğunu tespit etmiştir.

Maxwell ve ark. (2017), 50 Gy, 100 Gy, 300 Gy ve 800 Gy dozlarında ışınlanmış mango meyveleriyle yaptıkları çalışma sonucunda ışınlamanın, mango meyvesinin nem içeriği üzerine etkisi olmadığını ancak solunum hızını yavaşlatarak olgunlaşma ve raf ömrünü uzatabileceğini tespit etmişlerdir.

Aslan Öner (2018) yaptığı çalışma sonucunda, farklı yağ oranlarına sahip hindistan cevizleri örneklerinin 3 kGy, 5 kGy ve 7 kGy dozlarında ışınlanmasının ardından tüm örneklerde % nem miktarının, kontrol grubuna kıyasla 7 kGy'lık dozla arttığı tespit edilmiştir.

Yalçın ve ark. (2011), Al-Bachir (2016) ve Maxwell ve ark. (2017)'nin yaptığı çalışmalarda elde edilen veriler, araştırmamızda bulduğumuz sonuçlarla paralellik göstermektedir.



#### 4.2 Sumak Meyvesinin Ham Yağ Oranı ve Işınlamanın Etkisi

Çizelge 4.2'de sumak meyvesine ait yağ miktarlarının, kontrol grubu ile 2,5 kGy, 5,0 kGy, 7,5 kGy ve 10,0 kGy ışınlama dozundaki değerleri gösterilmiştir.

**Çizelge 4.2.** Sumak meyvesine ait yağ miktarlarının ışınlama dozlarına göre değerleri (%)

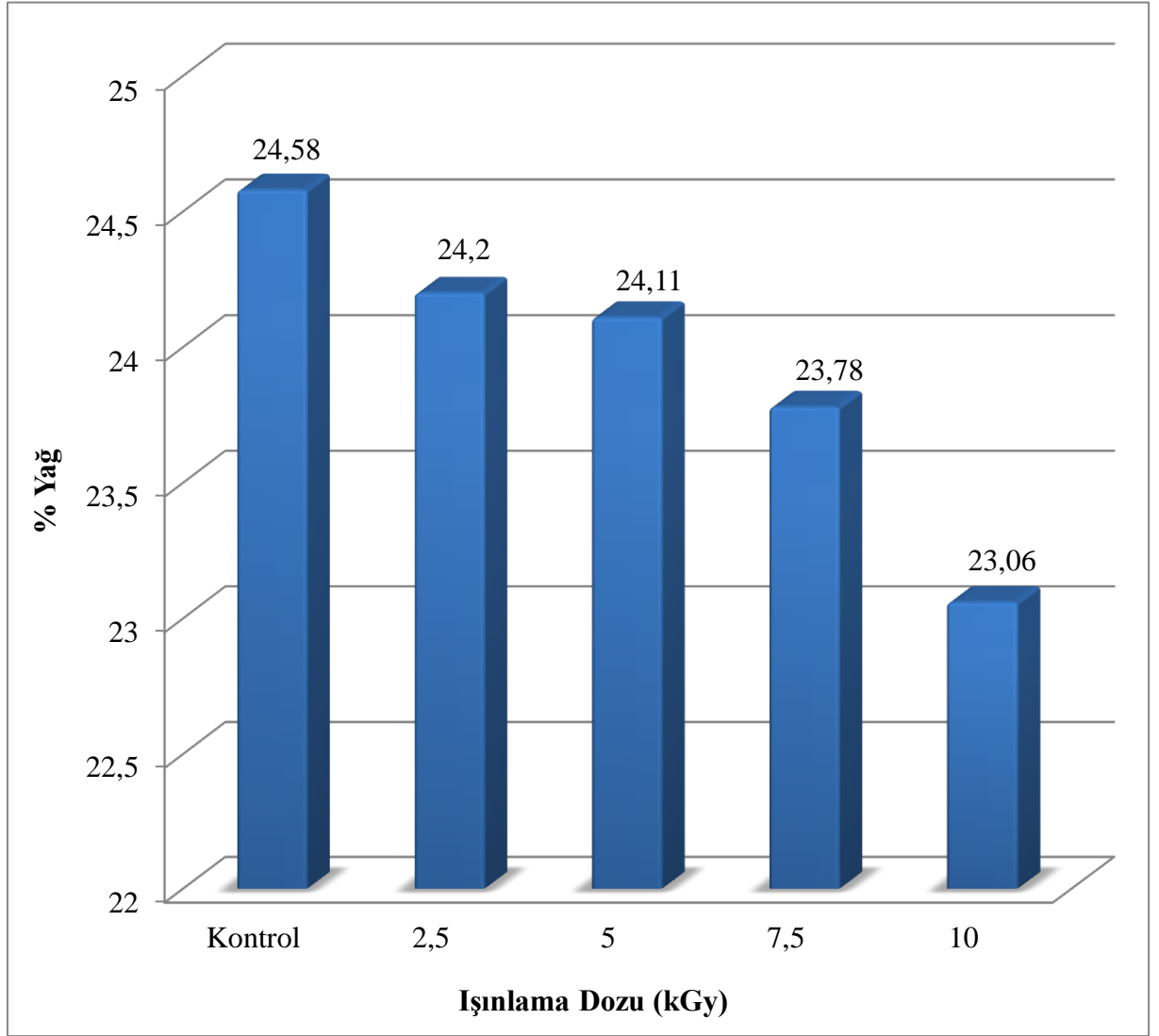
Örnek	Işınlama Dozu (kGy)	Yağ (%)
Sumak	Kontrol	24,58 ± 0,95
	2,5	24,20 ± 1,38
	5,0	24,11 ± 1,46
	7,5	23,78 ± 0,78
	10,0	23,06 ± 0,74
	Işınlama Etkisi	NS

Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir.

\*P<0,05 düzeyinde önemli; \*\*P<0,01 düzeyinde önemli; NS önemsiz

2,5 kGy, 5,0 kGy, 7,5 kGy ve 10,0 kGy dozlarında ışınlanan sumak meyvesinin yağ oranları, ışınlama işlemi uygulanmamış kontrol grubuna göre kıyaslanmıştır. Çizelge 4.2 incelendiğinde, sumak meyvesinin yağ oranının %24,58 ile %23,06 arasında değiştiği görülmektedir.

Şekil 4.2'de sumak meyvesine ait ham yağ oranlarının ışınlama dozlarına göre değişimi gösterilmiştir



Şekil 4.2. Sumak meyvesinin ham yağ miktarlarının ışınlama dozlarına göre karşılaştırılması

Sumak meyvesinin ham yağ oranının ışınlama işleminden nasıl etkilendiği incelendiğinde istatistiki açıdan önemli bir değişim bulunmamıştır.

Arslan Çolak ve ark. (2006), yaptıkları çalışmada farklı dozlarda (2,5 kGy, 6 kGy, 8 kGy, 10 kGy) ışınlanan çörekotu örneklerine ait yağ miktarlarındaki değişimi incelemiş ve çörekotu yağı oranını, en yüksek kontrol örneğinde bulurken en düşük yağ oranını 10 kGy dozda ışınlanan örnekte tespit etmişlerdir. Yani ışınlama dozu arttıkça çörekotu tohumlarından daha az miktarda yağ elde edildiği anlaşılmaktadır.

Yaqoob ve ark. (2010), yaptıkları bir çalışmada 2 kGy, 4 kGy, 6 kGy, 8 kGy ile 10 kGy dozlarında ışınlanmış ayçiçeği ve mısır tohumlarının yağ içeriğinin, ışınlama işlemi sonucunda istatistiksel olarak değişmediğini tespit etmişlerdir.

Geçgel ve ark. (2011) farklı dozlarda (1 kGy, 3 kGy, 5 kGy, 7 kGy) ışınlanan fındık, ceviz, badem ve antep fıstığı örnekleriyle yapmış oldukları bir çalışmada ışınlama dozunun, numunelerin yağ içeriğindeki etkisini istatistiksel olarak önemsiz bulmuşlardır.

Yalçın ve ark. (2011) keten tohumunun 2,5 kGy, 4,0 kGy, 5,5 kGy ve 7,0 kGy dozlarında ışınlanması sonucunda yağ oranındaki değişimi incelemiş ve artan ışınlama dozları ile keten tohumu numunelerinin yağ içeriğinde düşüşler olduğunu gözlemlemişlerdir. Yani yağ oranı ve ışınlama dozu arasında ters bir ilişki olduğunu bildirmişlerdir.

Ma ve ark. (2013) yaptıkları bir çalışmada 0,1 kGy, 0,5 kGy, 1,0 kGy ve 5,0 kGy dozlarında ışınlanan taze cevizlerin yağ oranlarının, 1kGy ışınlama dozuna kadar istatistiksel olarak değişmediğini ancak 5 kGy'da kontrol grubuna kıyasla azaldığını belirlemişlerdir. Ayrıca ışınlama işlemi uygulanan cevizlerde, depolama süresince besinsel ve duyuşal özelliklerinde meydana gelen değişimler incelenmiş ve depolama süresi arttıkça yağ oranlarının düştüğü tespit edilmiştir.

Apaydın (2015), beş farklı üzüm çekirdeğinin ışınlama dozuna (1 kGy, 3 kGy, 5 kGy, 7 kGy) göre yağ oranlarındaki değişimleri tespit etmiştir. Buna göre üzüm çeşitlerinin ham yağ içeriği, 7 kGy ışınlama dozunda kontrol grubuna kıyasla azalırken bu azalışların istatistiksel açıdan çok önemli değişikliklere neden olmadığı belirlenmiştir.

Al-Bachir (2016), yaptığı çalışmada yer fıstığının 3 kGy, 6 kGy ve 9 kGy dozlarında ışınlanması sonucunda yağ oranındaki değişimin istatistiksel açıdan önemsiz olduğunu tespit etmiştir.

Aslan Öner (2018) farklı yağ oranlarına sahip hindistan cevizi örnekleriyle yaptığı bir çalışma neticesinde, numunelere uygulanan ışınlama işleminin dozu arttıkça yağ oranlarında azalma olduğunu belirlemiştir.

Yaqoob ve ark. (2010), Geçgel ve ark. (2011), Apaydın (2015) ve Al-Bachir (2016)'in yaptığı çalışmalarda elde edilen veriler, araştırmamızda bulduğumuz sonuçlarla paralellik göstermektedir.

### 4.3 Sumak Meyvesi Yağının Serbest Asitlik Değerleri ve Işınlamanın Etkisi

Çizelge 4.3'de sumak meyvesi yağının serbest asitlik değerlerinin, kontrol grubu ile 2,5 kGy, 5,0 kGy, 7,5 kGy ve 10,0 kGy ışınlama dozlarındaki oranları gösterilmiştir.

**Çizelge 4.3.** Sumak meyvesi yağının ışınlama dozlarına göre serbest yağ asitliği değerleri

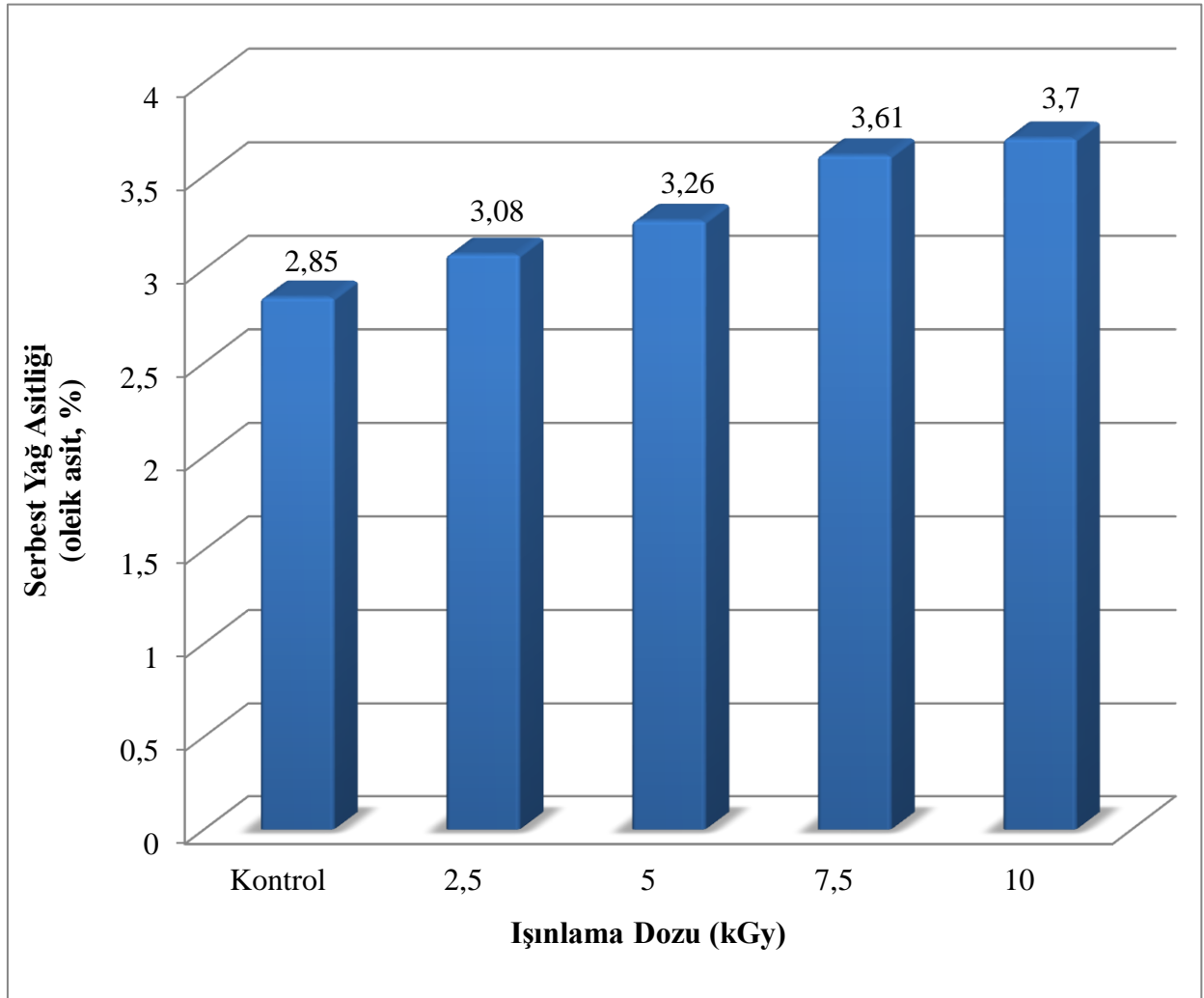
Örnek	Işınlama Dozu (kGy)	Serbest Yağ Asitliği (oleik asit, %)
Sumak	Kontrol	2,85 ± 0,03d
	2,5	3,08 ± 0,01c
	5,0	3,26 ± 0,02b
	7,5	3,61 ± 0,03a
	10,0	3,70 ± 0,01a
	Işınlama Etkisi	**

Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir.

\*P<0,05 düzeyinde önemli; \*\*P<0,01 düzeyinde önemli; NS önemsiz

2,5 kGy, 5,0 kGy, 7,5 kGy ve 10,0 kGy dozlarında ışınlanan sumak meyvesi yağının serbest yağ asiti oranları, ışınlama işlemi uygulanmamış kontrol grubuna göre kıyaslanmıştır. Çizelge 4.3 incelendiğinde, sumak meyvesi yağının serbest asitlik değerlerinin %2,85 ile %3,70 arasında değiştiği anlaşılmaktadır.

Şekil 4.3'de sumak yağına ait serbest yağ asitliği değerlerinin ışınlama dozlarına göre değişimi gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Sumak meyvesi yağının ışınlama dozlarına göre serbest yağ asitliği değerlerinin karşılaştırılması

Sumak meyvesi yağlarının serbest yağ asitliği oranlarının ışınlama dozuna paralel olarak arttığı görülmüş ve bu değişimler istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ( $p < 0,01$ ). Kontrol örneğinde %2,85 olan serbest asitlik değerinin, 2,5 kGy, 5 kGy, 7,5 kGy ve 10 kGy dozlarında ışınlamanın ardından sırasıyla %0,23, %0,41, %0,76 ve %0,85 oranlarında artış meydana gelmiştir.

Arslan Çolak ve ark. (2006) yaptıkları bir çalışma sonucunda, 2,5 kGy, 6 kGy, 8 kGy ve 10 kGy dozlarında ışınlanan çörekotu numunelerinden elde edilen yağın %asitlik miktarında, ışınlama dozuna paralel olarak artış olduğunu belirlemişlerdir.

Bhatti ve ark. (2010) yaptıkları bir çalışmada, 4, 6 ve 8 kGy dozlarında ışınlanan farklı yer fıstığı çeşitlerinden ekstrakte edilen yağların serbest yağ asiti değerlerinin, ışınlama dozu arttıkça arttığını belirlemişlerdir.

Geçgel ve ark. (2011) yapmış oldukları bir çalışmada, 1 kGy, 3 kGy, 5 kGy ile 7 kGy dozlarında ışınlanan fındık, ceviz, badem ve antep fıstığı örneklerinin serbest yağ asiti değerlerinin ışınlama dozuna paralel olarak arttığını tespit etmişlerdir.

Çatal (2012), 2,5 kGy, 5,0 kGy, 7,5 kGy ve 10 kGy dozlarında ışınlama işlemi uygulanmış ayçiçeği ve kanola tohumları ile yaptığı bir çalışmada, bu tohumlardan ekstrakte edilen yağların % asitlik miktarının ışınlama dozuna paralel olarak arttığını tespit etmiştir.

Apaydın (2015) yaptığı bir çalışmada, beş farklı üzüm çekirdeği yağına uygulanan ışınlama dozunun (1 kGy, 3 kGy, 5 kGy, 7 kGy) artmasıyla, %asitlik miktarının da belli oranlarda arttığını belirlemiştir.

Koç Güler (2015) yaptığı bir çalışmada, iç fındıkların 0,5 kGy, 1 kGy ve 1,5 kGy dozlarında ışınlanmasının hemen ardından serbest yağ asiti miktarının istatistiksel olarak önemli oranda değişmediğini ancak depolama süresi uzadıkça bu miktarın arttığını belirlemişlerdir.

Aslan Öner (2018) yaptığı çalışma sonucunda, farklı yağ oranlarına sahip hindistan cevizlerinin 3 kGy, 5 kGy ve 7 kGy dozlarında ışınlanmasının ardından tüm örneklerde serbest yağ asitliği değerinin kontrol grubuna kıyasla 7 kGy'lık dozla arttığı tespit edilmiştir.

Yapılan bu çalışmalarda elde edilen veriler, sumak yağının serbest yağ asitliği üzerine ışınlamanın etkisini belirlediğimiz araştırma sonucumuzla paralellik göstermektedir.

#### 4.4 Sumak Meyvesi Yağının Peroksit Değerleri ve Işınlamanın Etkisi

Çizelge 4.4'de sumak meyvesi yağının peroksit değerlerinin, kontrol grubu ile 2,5 kGy, 5,0 kGy, 7,5 kGy ve 10,0 kGy ışınlama dozlarındaki oranları gösterilmiştir.

**Çizelge 4.4.** Sumak meyvesi yağının ışınlama dozlarına göre peroksit değerleri

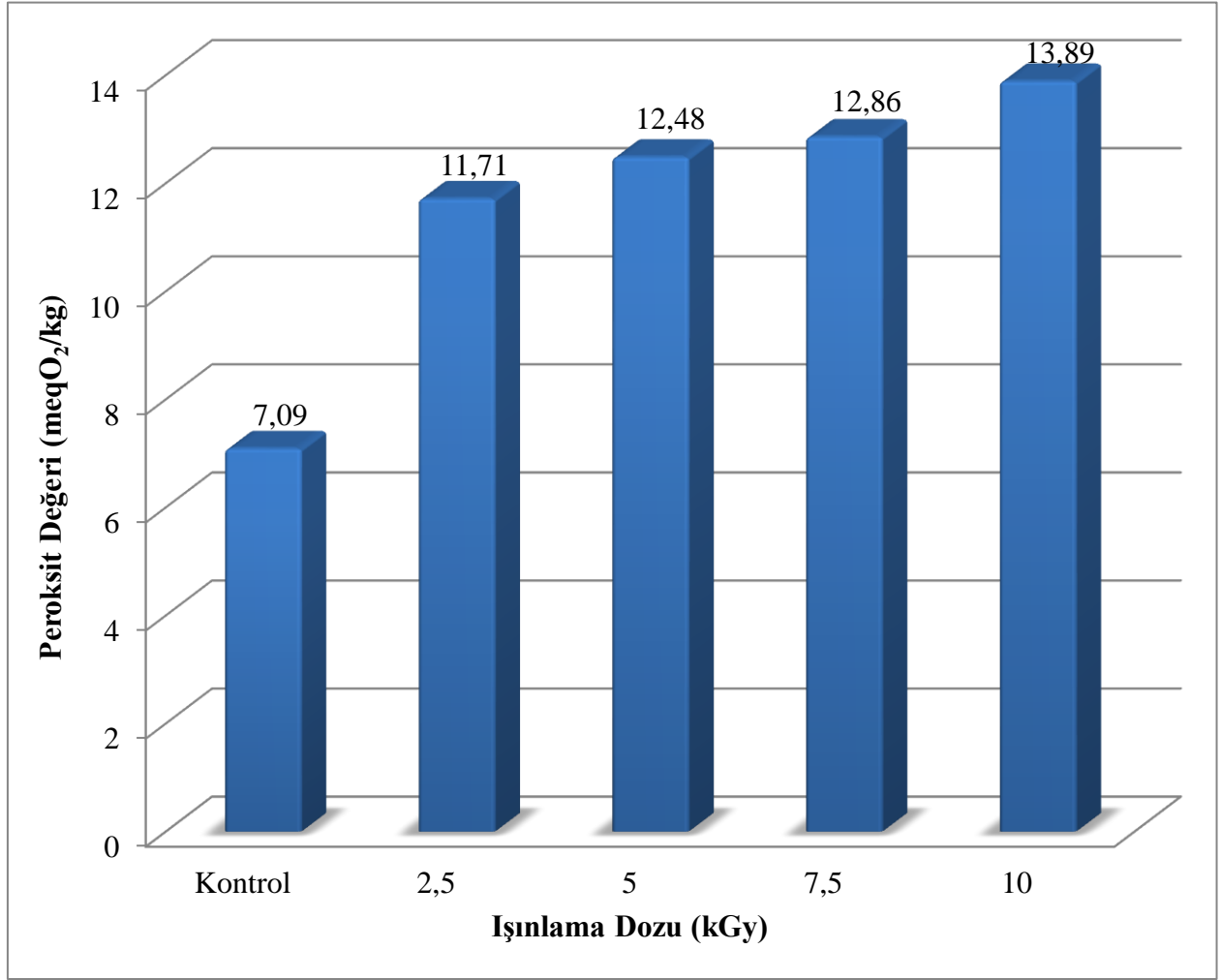
Örnek	Işınlama Dozu (kGy)	Peroksit Değeri (meqO <sub>2</sub> /kg)
Sumak	Kontrol	7,09 ± 0,05c
	2,5	11,71 ± 0,08b
	5,0	12,48 ± 0,46b
	7,5	12,86 ± 0,01ab
	10,0	13,89 ± 0,02a
	Işınlama Etkisi	**

Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir.

\*P<0,05 düzeyinde önemli; \*\*P<0,01 düzeyinde önemli; NS önemsiz

2,5 kGy, 5,0 kGy, 7,5 kGy ve 10,0 kGy dozlarında ışınlanan sumak meyvesi yağının peroksit değerleri, ışınlama işlemi uygulanmamış kontrol grubuna göre kıyaslanmıştır. Çizelge 4.4 incelendiğinde, sumak meyvesi yağının peroksit değerlerinin 7,09 meqO<sub>2</sub>/kg ile 13,89 meqO<sub>2</sub>/kg arasında değiştiği görülmektedir.

Şekil 4.4'de sumak yağına ait peroksit değerlerinin ışınlama dozlarına göre değişimi gösterilmiştir.



Şekil 4.4. Sumak meyvesi yağının ışınlama dozlarına göre peroksit değerlerinin karşılaştırılması

Sumak meyvesi yağlarının peroksit değerleri ışınlama dozu arttıkça artmış ve bu değişimler istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ( $p < 0,01$ ). Kontrol örneğinde 7,09 meqO<sub>2</sub>/kg olan peroksit değeri, sumak örneklerinin 2,5 kGy, 5 kGy, 7,5 kGy ve 10 kGy doz düzeylerinde ışınlandıktan sonra sırasıyla 11,71 meqO<sub>2</sub>/kg, 12,48 meqO<sub>2</sub>/kg, 12,86 meqO<sub>2</sub>/kg ve 13,89 meqO<sub>2</sub>/kg değerlerine kadar yükselmiştir.

Gölge ve Ova (2008) yaptıkları bir çalışmada, çam fıstıklarının 0,5 kGy, 1,0 kGy, 3,0 kGy ve 5,0 kGy dozlarında ışınlanmasının ardından peroksit değerlerinin doz artışına paralel olarak attığını belirlemişlerdir.



Bhatti ve ark. (2010) yaptıkları bir çalışmada, 4, 6 ve 8 kGy dozlarında ışınlanan iki çeşit yer fıstığından elde edilen yağların peroksit değerlerini incelemiş ve kontrol grubuna kıyasla ışınlama dozu arttıkça peroksit değerinde yükseldiğini tespit etmişlerdir.

Geçgel ve ark. (2011) yapmış oldukları bir çalışmada, 1 kGy, 3 kGy, 5 kGy ile 7 kGy dozlarında ışınlanan örneklerden fındık, badem ve antep fıstığının peroksit değerlerinde, doz artışına paralel olarak artışın meydana geldiğini tespit ederken ceviz örneğinde istatistiksel olarak önemli bir artış olmadığını belirlemişlerdir.

Çatal (2012), farklı dozlarda (2,5 kGy, 5,0 kGy, 7,5 kGy ve 10 kGy) ışınlama işlemi uygulanmış ayçiçeği ve kanola tohumları ile yaptığı bir çalışma sonucunda, örneklerde doz artışıyla beraber peroksit değerinin arttığını özellikle de 7,5 ile 10,0 kGy dozlarında artışın daha belirgin olduğunu bulmuştur.

Apaydın (2015) yaptığı bir çalışmada, 1 kGy, 3 kGy, 5 kGy ve 7 kGy dozlarında ışınlanan beş farklı üzüm çekirdeği yağının peroksit değerlerinde, 7 kGy'lık ışınlamanın ardından kontrol grubuna kıyasla artış olduğunu belirlemiştir.

Koç Güler (2015) yaptığı çalışma sonucunda, 0,5 kGy, 1 kGy ve 1,5 kGy dozlarında ışınlanan iç fındıkların peroksit değerlerinin, ışınlama dozu arttıkça kontrol grubuna kıyasla arttığı ancak bu artışın istatistiksel açıdan önemli olmadığı bulunmuştur.

Aslan Öner (2018), farklı yağ oranlarına sahip hindistan cevizleriyle ilgili yaptığı bir çalışmada, örneklerin 3 kGy, 5 kGy ve 7 kGy dozlarında ışınlanmasının ardından doz artışına paralel olarak peroksit değerinin de yükseldiğini tespit etmiştir..

Gölge ve Ova (2008), Bhatti ve ark. (2010), Geçgel ve ark. (2011), Çatal (2012), Apaydın (2015) ve Aslan Öner (2018)'in yaptığı çalışmalarda elde edilen veriler, araştırmamızda bulduğumuz sonuçlarla paralellik göstermektedir.

#### 4.5 Sumak Meyvesinin Yağ Asitleri Bileşimi ve Işınlamanın Etkisi

Çizelge 4.5'de sumak meyvesi yağının, yağ asitleri bileşimine ışınlanmanın etkisi gösterilmektedir.

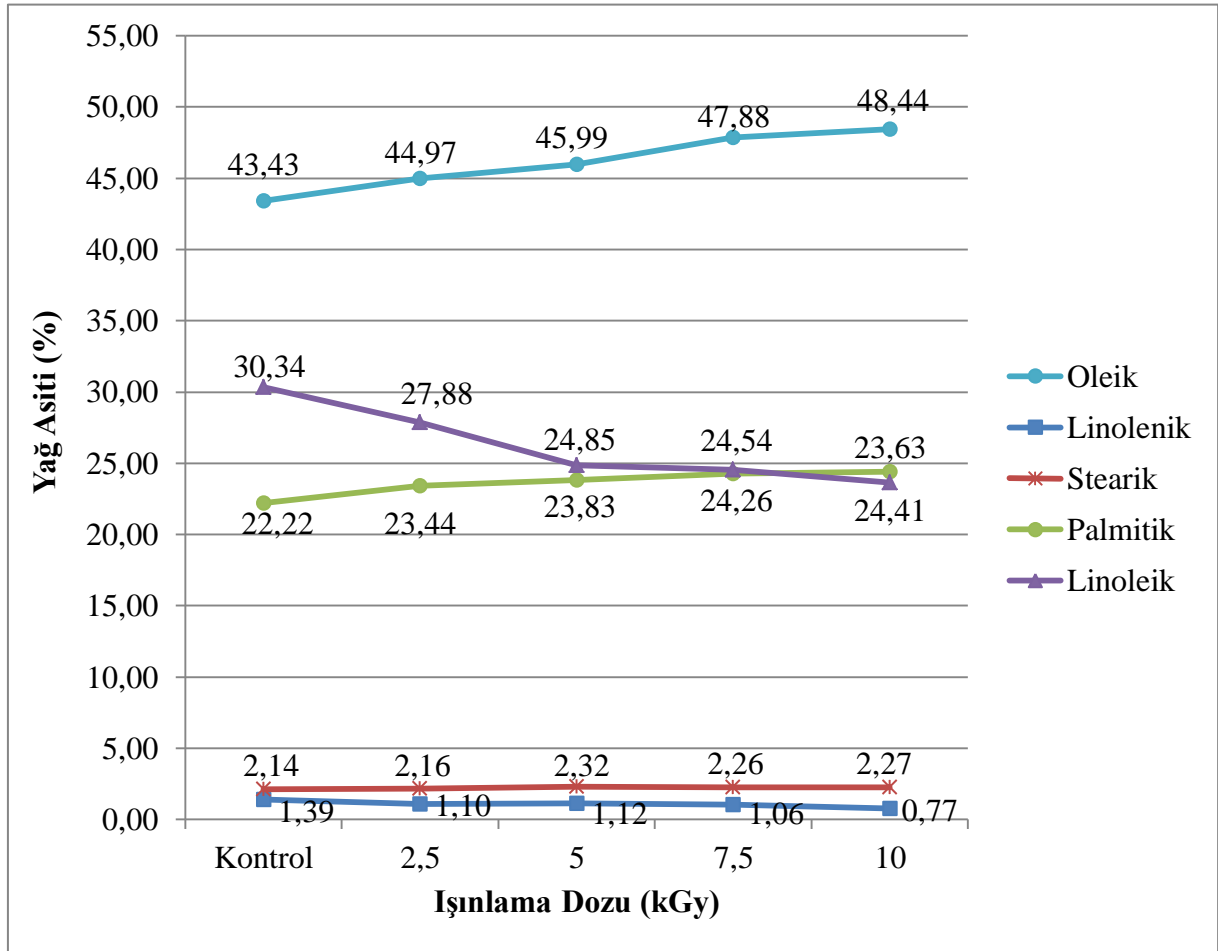
**Çizelge 4.5.** Sumak meyvesi yağında ışınlanmanın yağ asitleri bileşimine etkisi

Yağ asitleri (%)	Işınlama Dozu (kGy)					Işınlama Etkisi
	Kontrol	2,5	5,0	7,5	10,0	
<b>Palmitik asit</b> C <sub>16:0</sub>	22,22 ± 0,17d	23,44 ± 0c	23,83 ± 0,02bc	24,26 ± 0,02ab	24,41 ± 0,03a	**
<b>Stearik asit</b> C <sub>18:0</sub>	2,14 ± 0,02d	2,16 ± 0d	2,32 ± 0,01b	2,26 ± 0,09c	2,75 ± 0,06a	**
<b>Oleik Asit</b> C <sub>18:1</sub>	43,43 ± 0,04e	44,97 ± 0,03d	45,99 ± 0,01c	47,88 ± 0,03b	48,44 ± 0a	**
<b>Linoleik Asit</b> C <sub>18:2</sub>	30,34 ± 0,03a	27,88 ± 0,01b	24,85 ± 0c	24,54 ± 0,01d	23,63 ± 0,01e	**
<b>Linolenik Asit</b> C <sub>18:3</sub>	1,39 ± 0,02a	1,10 ± 0b	1,12 ± 0,05b	1,06 ± 0,03b	0,77 ± 0,01c	**
<b>Diğer Yağ Asitleri</b>	0,48 ± 0,27b	0,45 ± 0,02b	1,89 ± 0,08a	-	-	*

Aynı satırda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir.

\*P<0,05 düzeyinde önemli; \*\*P<0,01 düzeyinde önemli; NS önemsiz

Şekil 4.5'de sumak meyvesi yağının ışınlama dozlarına göre oleik, linoleik, palmitik, stearik ve linolenik asit değerleri gösterilmiştir.



Şekil 4.5. Sumak meyvesi yağının ışınlama dozlarına göre bazı yağ asiti değerlerinin karşılaştırılması

Sumak meyvesi yağında palmitik asit ( $C_{16:0}$ ) değeri, kontrol örneğinde %22,22 oranında bulunurken, 2,5 kGy, 5 kGy, 7,5 kGy ve 10 kGy dozlarında uygulanan ışınlama işleminin ardından sırasıyla %23,44, %23,83, %24,26 ve %24,41 oranlarında bulunmuştur. 10 kGy'lık örneğin palmitik asit miktarında, kontrol örneğine kıyasla %2,19'lık bir artış olduğu görülmüştür.

Stearik asit ( $C_{18:0}$ ) değeri ise, kontrol örneğinde %2,14 iken, 2,5 kGy, 5 kGy, 7,5 kGy ve 10 kGy dozlarında ışınlanan örneklerde sırasıyla %2,16, %2,32, %2,26 ve %2,75 olarak tespit edilmiştir. Stearik asit içeriği en çok 10 kGy'lık örnek de belirlenmiş ve kontrol örneğine kıyasla %0,61 oranında bir artış olduğu görülmüştür.

Sumak meyvesi yağlarının, palmitik ve stearik asit değerleri ışınlama dozu arttıkça artmış ve ışınlamanın bu doymuş yağ asitlerine etkisi istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ( $p<0,01$ ).

Sumak meyvesi yağında linoleik asit ( $C_{18:2}$ ) içeriği, kontrol örneğinde % 30,34 oranında bulunurken 2,5 kGy, 5 kGy, 7,5 kGy ve 10 kGy dozlarında ışınlanan örneklerde sırasıyla %27,88, %24,85, %24,54 ve %23,63 oranlarında bulunmuştur. Linoleik asit miktarının, kontrol örneğine kıyasla 10 kGy'lık örnek de %6,71 oranında azaldığı belirlenmiştir.

Linolenik asit ( $C_{18:3}$ ) değeri ise, kontrol örneğinde %1,39 iken, 2,5 kGy, 5 kGy, 7,5 kGy ve 10 kGy dozlarında ışınlanan örneklerde sırasıyla %1,10, %1,12, %1,06 ve %0,77 olarak tespit edilmiştir. Linolenik asit içeriği en az 10 kGy'lık örnek de belirlenmiş ve kontrol örneğine kıyasla %0,62 oranında bir azalış olduğu görülmüştür.

Sumak meyvesi yağlarının, linoleik ve linolenik asit değerleri ışınlama dozu arttıkça azalmış ve ışınlamanın bu çoklu doymamış yağ asitlerine etkisi istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ( $p<0,01$ ).

Sumak meyvesi yağının oleik asit ( $C_{18:1}$ ) miktarı incelendiğinde, kontrol grubunda oleik asit oranı %43,43 iken, 2,5 kGy, 5 kGy, 7,5 kGy ile 10 kGy ışınlama dozlarında ki artışa paralel olarak bu değerler sırasıyla %44,97, %45,99, %47,88 ve %48,44'e yükseldiği tespit edilmiştir. 10 kGy'lık örneğin oleik asit miktarında, kontrol örneğine kıyasla %5,01'lik bir artış olduğu görülmüş ve ışınlamanın bu tekli doymamış yağ asitine etkisi istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ( $p<0,01$ ).

Yağların ışınlanması sonucu oluşan kimyasal reaksiyonlar; yağ asiti kompozisyonu (doymuş ya da doymamış), diğer maddelerin varlığı (antioksidanlar vb.), yağın sıvı ya da katı formda olması ve ışınlanmanın uygulandığı koşullar gibi parametrelerden etkilenmektedir (Stewart 2001).

Gıdalarda doymamış yağ asiti miktarı arttıkça bu gıdaların ışınlama işlemine karşı gösterdiği hassasiyet de artmaktadır. Çünkü bir yağ molekülünde serbest radikaller için en hassas nokta çift bağlardır ve bu nedenle ışınlamadan en fazla çoklu doymamış yağ asitleri etkilenmektedir (Giroux ve Lacroix 1998, Denli ve ark. 2010).

Yaqoob ve ark. (2010), 2 kGy, 4 kGy, 6 kGy, 8 kGy ile 10 kGy dozlarında ışınlanmış ayçiçeği ve mısır tohumlarından elde edilen yağların özelliklerini araştırmışlardır. Işınlamanın ayçiçek yağının yağ asiti bileşimi üzerindeki etkilerine bakıldığında, stearik asit ile oleik asit konsantrasyonunda bir artış olurken linoleik asit konsantrasyonunda azalış olduğu tespit edilmiş ve palmitik asit konsantrasyonunun 10 kGy ışınlama dozundan bile etkilenmediği görülmüştür. Mısır yağında da stearik, palmitik, oleik ve linoleik asit için benzer sonuçlar elde edilmiştir.

Geçgel ve ark. (2011) yapmış oldukları bir çalışmada, 1 kGy, 3 kGy, 5 kGy ile 7 kGy dozlarında ışınlanan fındık, ceviz, badem ve antep fıstığı örneklerinin yağ asiti bileşimlerini incelemiştir. Bu çalışma sonucunda tüm örneklerde, toplam doymuş yağ asitleri konsantrasyonunun ışınlama dozuna paralel olarak arttığı görülürken, toplam çoklu doymamış yağ asitlerinin ışınlama dozu ile azaldığı görülmüştür. Toplam tekli doymamış yağ asiti değerinin ise fındık, badem ve antep fıstığı örneklerinde ışınlama dozu arttıkça azaldığı belirlenmiş ancak ceviz örneğinde ışınlama dozu arttıkça oleik asit miktarının arttığı tespit edilmiştir.

Apaydın (2015) yaptığı çalışmada, 1 kGy, 3 kGy, 5 kGy ve 7 kGy dozlarında ışınlanan beş farklı üzüm çekirdeği yağı örneklerinde, ışınlama dozunun artmasıyla oleik ve linoleik asit değerlerinin azaldığını, palmitik ve stearik asit değerlerinin ise yükseldiğini belirlemiştir.

Aslan Öner (2018), 3 kGy, 5 kGy ile 7 kGy dozlarında ışınlanan ve farklı yağ oranlarına (%37, %44, %62) sahip hindistan cevizi örnekleriyle bir çalışma yapmıştır. Bu çalışmayla birlikte hindistan cevizlerine uygulanan ışınlama dozunun artmasıyla, doymuş yağ asiti miktarının arttığı tespit edilmiştir. % 62 ve % 44 yağlı hindistan cevizlerinin 3 kGy, 5 kGy ve 7 kGy dozlarında ışınlamasıyla tekli ve çoklu doymamış yağ asitleri miktarının azaldığı belirlenirken, %37 yağlı hindistan cevizi örneğinin 7 kGy dozla ışınladığında kontrol grubuna kıyasla tekli ve çoklu doymamış yağ asitlerinin arttığı belirlenmiştir.

Çalışmamızda ise ışınlama dozu arttıkça; palmitik, stearik ve oleik asit değerlerinde artış olduğu görülürken linoleik ve linolenik asit değerlerinde düşüş olduğu görülmektedir.

#### 4.6 Sumak Meyvesi Yağının Sterol Kompozisyonu ve Işınlamanın Etkisi

Çizelge 4.6'da sumak meyvesi yağının, ışınlama dozuna göre sterol kompozisyonu değerleri gösterilmektedir.

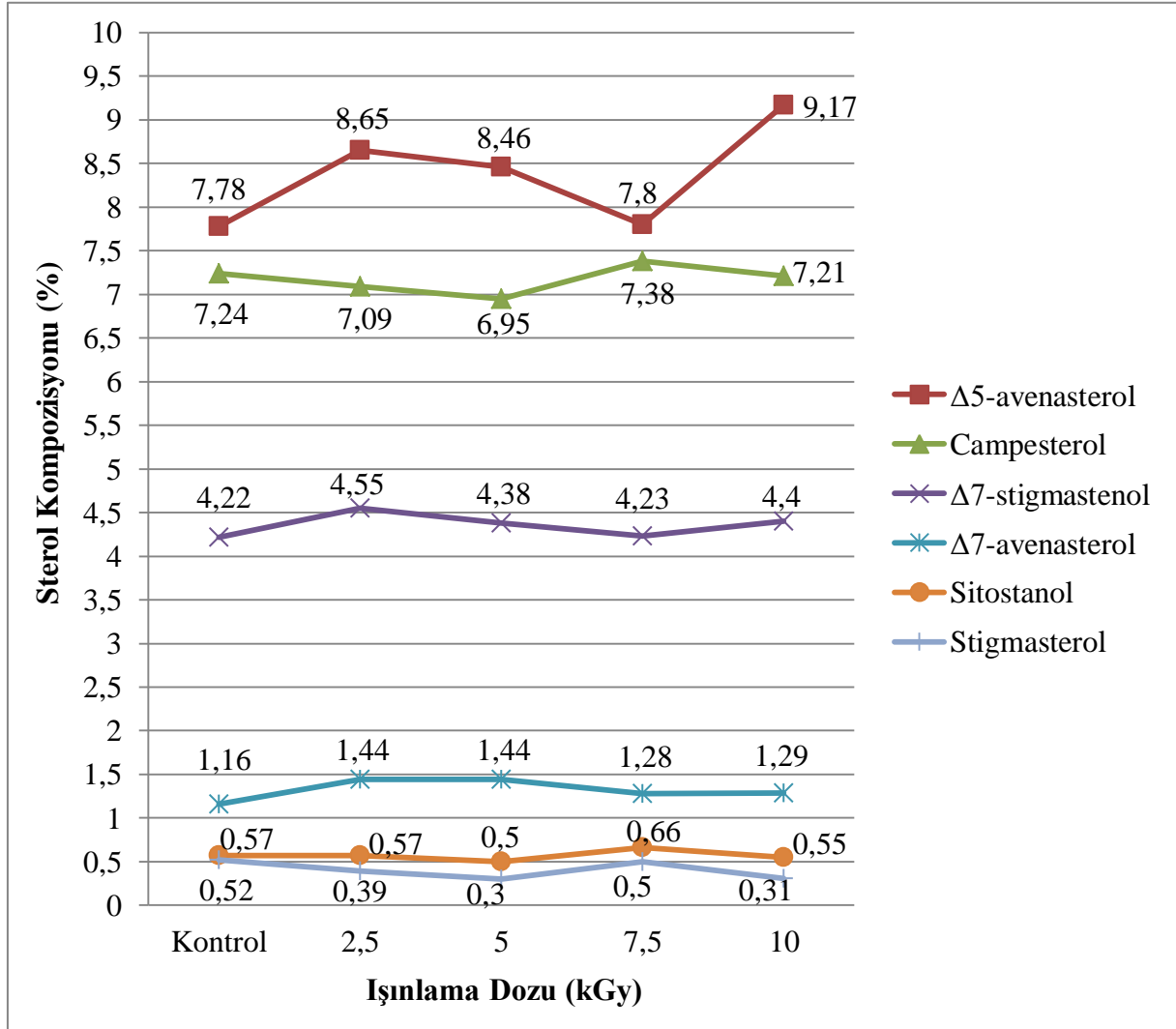
Çizelge 4.6. Sumak meyvesi yağının ışınlama dozlarına göre sterol değerleri

Sterol Kompozisyonu (%)	Işınlama Dozları (kGy)					Işınlama Etkisi
	Kontrol	2,5	5,0	7,5	10,0	
Campesterol	7,24 ± 0,05	7,09 ± 0,20	6,95 ± 0,06	7,38 ± 0,18	7,21 ± 0,13	NS
Stigmasterol	0,52 ± 0,02a	0,39 ± 0,04ab	0,30 ± 0,04b	0,5 ± 0,01a	0,31 ± 0,02b	*
β-sitosterol	78,51 ± 0,72	77,31 ± 0,01	77,97 ± 0,67	78,15 ± 0,09	77,07 ± 0	NS
Sitostanol	0,57 ± 0,16	0,57 ± 0,05	0,5 ± 0,02	0,66 ± 0,05	0,55 ± 0	NS
Δ5-avenasterol	7,78 ± 0,05b	8,65 ± 0,16ab	8,46 ± 0,34ab	7,8 ± 0,01b	9,17 ± 0,16a	*
Δ7-avenasterol	1,16 ± 0,27	1,44 ± 0,21	1,44 ± 0,21	1,28 ± 0,1	1,29 ± 0,05	NS
Δ7-stigmastenol	4,22 ± 0,25	4,55 ± 0,05	4,38 ± 0,12	4,23 ± 0,23	4,40 ± 0,03	NS
Toplam sterol (mg/kg)	3839,83 ± 128,69	3817,01 ± 85,25	3742,54 ± 159,71	3875,49 ± 14,59	3660,54 ± 25,94	NS

Aynı satırda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir.

\*P<0,05 düzeyinde önemli; \*\*P<0,01 düzeyinde önemli; NS önemsiz

Şekil 4.6'da sumak meyvesi yağının, ışınlama dozlarına göre delta-5-avenasterol, campesterol, delta-7-stigmastenol, delta-7-avenasterol, sitostanol ve stigmasterol değerleri gösterilmiştir.

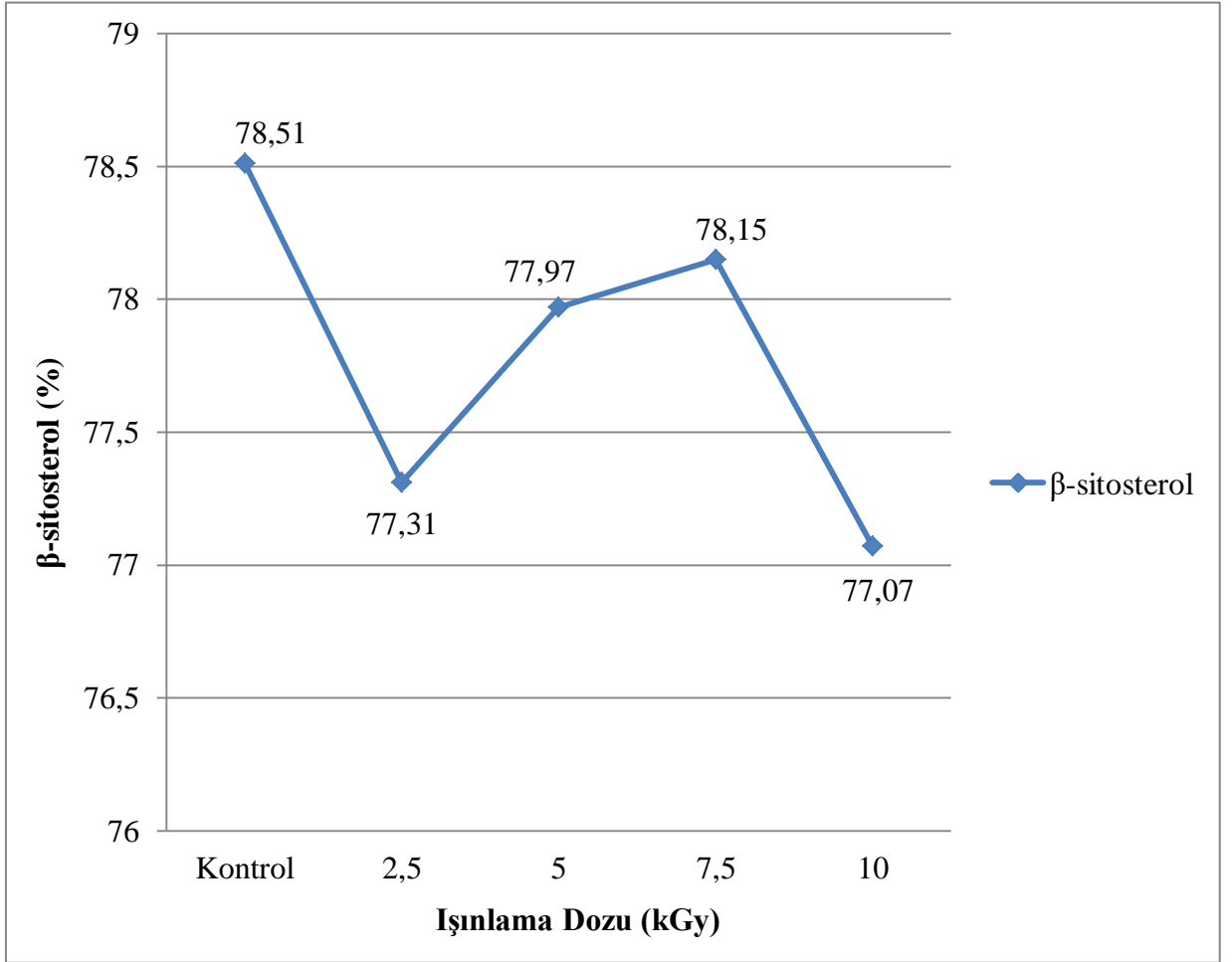


**Şekil 4.6.** Sumak meyvesi yağının ışınlama dozlarına göre delta-5-avenasterol, campesterol, delta-7-stigmastenol, delta-7-avenasterol, sitostanol, stigmasterol değerlerinin karşılaştırılması

Şekil 4.6 incelendiğinde, uygulanan ışınlama dozları sonucunda campesterol, Δ7-stigmastenol, Δ7-avenasterol ve sitostanol değerlerindeki değişim kontrol grubuna kıyasla istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur ( $p>0,05$ ).

10 kGy'lık ışınlama işleminin sonucunda ise kontrol grubuna kıyasla Δ5-avenasterol değerinde artış meydana gelirken, stigmasterol değerinde azalış meydana gelmiştir ve bu değişimler istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ( $p<0,05$ ).

Şekil 4.7'de sumak meyvesi yağının, ışınlama dozlarına göre  $\beta$ -sitosterol değeri gösterilmiştir.



Şekil 4.7. Sumak meyvesi yağının ışınlama dozlarına göre  $\beta$ -sitosterol değerinin karşılaştırılması

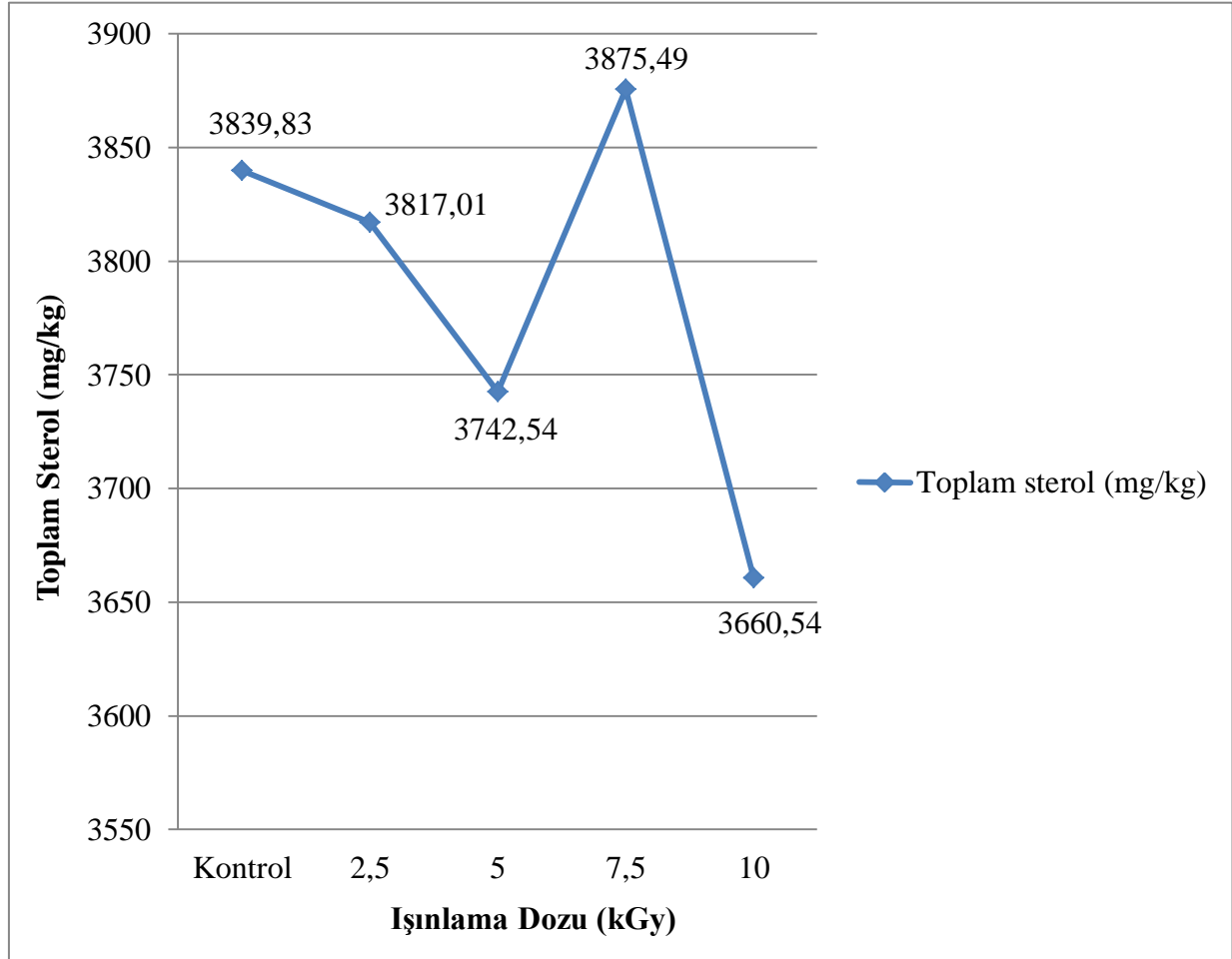
Şekil 4.7 incelendiğinde, kontrol grubunda %78,51 oranında bulunan  $\beta$ -sitosterol, 2,5 kGy, 5 kGy, 7,5 kGy ve 10 kGy dozlarında ışınlama işleminin ardından sırasıyla %77,31, %77,97, %78,15 ve %77,07 oranlarında tespit edilmiştir.

$\beta$ -sitosterol içeriği en az 10 kGy'lık örnek de belirlenmiş ve kontrol örneğine kıyasla %1,44 oranında bir azalış olduğu görülmüştür. Ancak ışınlama dozlarına bağlı olarak  $\beta$ -sitosterol değerlerindeki değişimler, kontrol grubuna kıyasla istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur ( $p>0,05$ ).



Sumak meyvesi yağının sterol kompozisyonu değerlendirildiğinde en fazla bulunan sterolün  $\beta$ -sitosterol olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 4.8'de sumak meyvesi yağının, ışınlama dozlarına göre toplam sterol (mg/kg) değeri gösterilmiştir.



**Şekil 4.8.** Sumak meyvesi yağının ışınlama dozlarına göre toplam sterol değerinin karşılaştırılması

Şekil 4.8 incelendiğinde toplam sterol değerinin, kontrol örneğindeki miktarı 3839,83 mg/kg iken, 2,5 kGy, 5 kGy, 7,5 kGy ve 10 kGy dozlarında ışınlanan örneklerde sırasıyla 3817,01 mg/kg, 3742,54 mg/kg, 3875,49 mg/kg ve 3660,54 mg/kg olarak belirlenmiştir.

Toplam sterol miktarı, en az 10 kGy'lık örnekte belirlenmiş ve kontrol örneğine kıyasla 179,29 mg/kg değerinde bir azalış olduğu görülmüştür. Ancak ışınlama dozlarına bağlı olarak toplam sterol miktarındaki değişimler, kontrol grubuna kıyasla istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur ( $p>0,05$ ).

Çatal (2012), yaptığı bir çalışmada ayçiçeği tohumları (orta oleik asit, yüksek oleik asit ve linoleik asit içerikli) ve kanola tohumlarına 2,5 kGy, 5,0 kGy, 7,5 kGy ve 10 kGy dozlarında ışınlama işlemi uygulanmıştır. Bu çalışmada sterol kompozisyonları incelendiğinde, tüm örneklerde en yüksek oranda sitosterol bulunmuş ve orta oleik ile yüksek oleik asit içerikli ayçiçeği örneklerinde ışınlama dozu arttıkça % sitosterol oranı artmıştır. Linoleik asit içerikli ayçiçeği ve kolza tohumlarındaki % sitosterol oranlarının ise ışınlama dozu arttıkça azaldığı belirlenmiştir.

Afify ve ark. (2013), yaptıkları bir çalışmada soya fasülyesi, yer fıstığı ve susam tohumlarına 0,5 kGy, 1 kGy, 2 kGy, 3 kGy, 5 kGy ve 7,5 kGy dozlarında ışınlama işlemi uygulanmıştır. Bu çalışma sonucunda ışınlanmamış tohumlara kıyasla ışınlanmış tohumlardan elde edilen yağların kolesterol, campesterol, stigmasterol ve beta-sitosterol seviyeleri daha düşük bulunmuştur.

Apaydın (2015), yaptığı çalışmada 5 farklı üzüm çekirdeğine 1,0 kGy, 3,0 kGy, 5,0 kGy ve 7,0 kGy dozlarında ışınlama işlemi uygulanmıştır. Üzüm çekirdeği yağı örnekleri sterol kompozisyonları açısından ele alındığında, tüm örneklerde en yüksek düzeyde  $\beta$ -sitosterol tespit edilmiş olup  $\beta$ -sitosterol miktarının ışınlama dozu arttıkça azaldığı tespit edilmiştir.

Çatal (2012) ve Apaydın (2015)'in yaptığı çalışmalar, bizim çalışmamızla paralel olarak en fazla bulunan sterolün  $\beta$ -sitosterol olduğu tespit edilmiştir. Ancak yaptığımız çalışmaya genel olarak bakıldığında, sumak meyvesi yağının sterol kompozisyonunda ışınlama işleminin istatistiksel olarak önemli bir değişikliğe neden olmadığı görülmüştür.

#### 4.7 Sumak Meyvesi Yağının Tokol Kompozisyonu ve Işınlamanın Etkisi

Çizelge 4.7'de sumak meyvesi yağının, tokol kompozisyonundaki değişimde ışınlamanın etkisi gösterilmektedir.

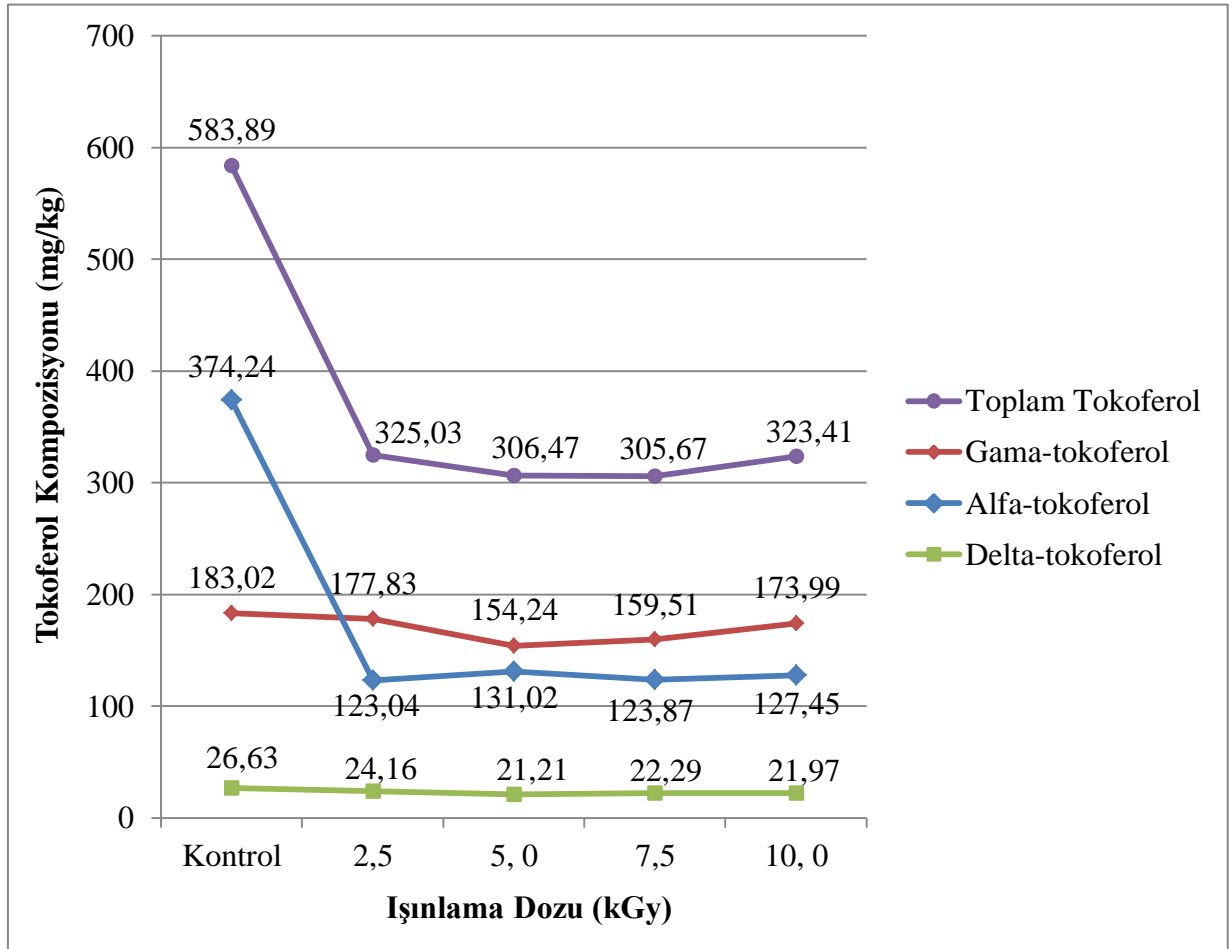
Çizelge 4.7. Sumak meyvesi yağının ışınlama dozlarına göre tokol değerleri

Tokol Kompozisyonu (mg/kg)	Işınlama Dozları (kGy)					Işınlama Etkisi
	Kontrol	2,5	5, 0	7,5	10, 0	
<b>Alfa-tokoferol</b>	374,24 ± 0,43a	123,04 ± 0,83c	131,02 ± 2,06b	123,87 ± 0c	127,45 ± 1,48bc	**
<b>Gama-tokoferol</b>	183,02 ± 0,37a	177,83 ± 2,94ab	154,24 ± 0,13b	159,51 ± 8,27ab	173,99 ± 5,62ab	*
<b>Delta-tokoferol</b>	26,63 ± 0,16a	24,16 ± 0,22b	21,21 ± 0,88c	22,29 ± 0bc	21,97 ± 0,10bc	**
<b>Gama-tokotrienol</b>	54,47 ± 0,03a	54,16 ± 0,19a	48,58 ± 0,15b	47,33 ± 0b	53,87 ± 0,46a	**
<b>Delta-tokotrienol</b>	7,92 ± 0,35a	6,97 ± 0,04a	5,47 ± 0,02b	6,63 ± 0,02ab	7,04 ± 0,46a	**
<b>Toplam Tokoferol</b>	583,89 ± 0,90a	325,03 ± 3,99b	306,47 ± 1,3b	305,67 ± 8,27b	323,41 ± 7,0b	**
<b>Toplam Tokotrienol</b>	62,39 ± 0,44a	61,13 ± 0,23a	54,05 ± 0,17b	53,96 ± 0,02b	60,91 ± 0,92a	**

Aynı satırda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistik olarak önemlidir.

\*P<0,05 düzeyinde önemli; \*\*P<0,01 düzeyinde önemli; NS önemsiz

Şekil 4.9’da sumak meyvesi yağının, ışınlama dozlarına göre alfa-tokoferol, gama-tokoferol, delta-tokoferol ve toplam tokoferol değerleri gösterilmiştir.

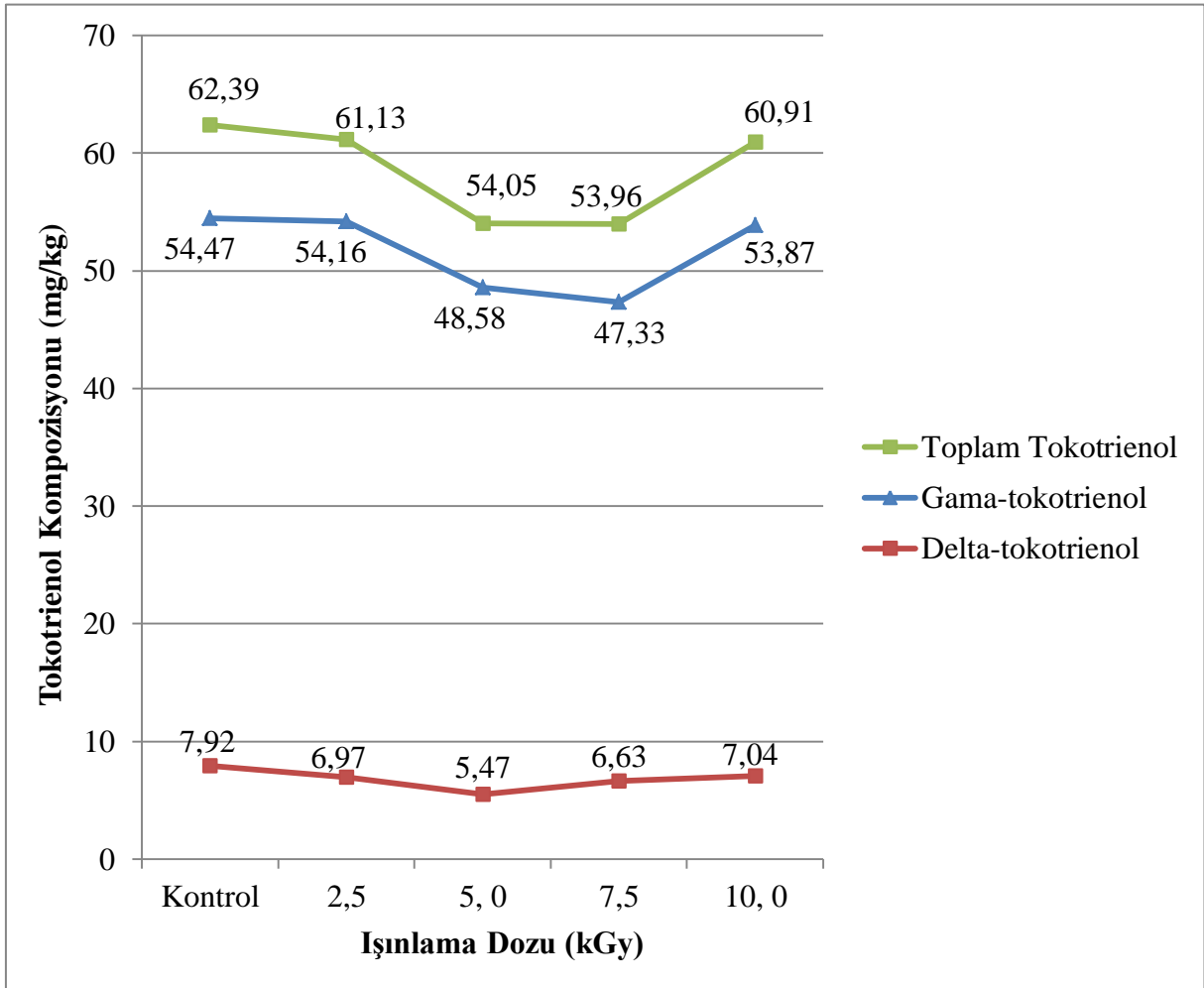


Şekil 4.9. Sumak meyvesi yağının ışınlama dozlarına göre alfa-tokoferol, gama-tokoferol, delta-tokoferol, toplam tokoferol değerlerinin karşılaştırılması

Şekil 4.9 incelendiğinde delta-tokoferol, alfa-tokoferol, gama-tokoferol ile toplam tokoferol değerlerinin, 2,5 kGy, 5 kGy, 7,5 kGy ve 10 kGy dozlarında ışlandıktan sonra kontrol grubuna kıyasla azaldığı tespit edilmiş ve bu değişimler istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Sumak meyvesi yağında toplam tokoferol içeriği, kontrol örneğinde 583,89 mg/kg olarak bulunurken 2,5 kGy, 5 kGy, 7,5 kGy ve 10 kGy dozlarında ışınlanan örneklerde sırasıyla 325,03 mg/kg, 306,47 mg/kg, 305,67 mg/kg ve 323,41 mg/kg değerlerinde bulunmuştur. Bu değerlere göre, kontrol örneğine kıyasla 10 kGy’lık örnekte 260,48 mg/kg oranında azalış olurken, en çok azalma 278,22 mg/kg oranıyla 7,5 kGy’lık örnekte meydana gelmiştir.

Şekil 4.10’da sumak meyvesi yağının, ışınlamanın dozlarına göre gama-tokotrienol, delta-tokotrienol ve toplam tokotrienol değerleri gösterilmiştir.



Şekil 4.10. Sumak meyvesi yağının ışınlama dozlarına göre gama-tokotrienol, delta-tokotrienol, toplam tokotrienol değerlerinin karşılaştırılması

Şekil 4.10 incelendiğinde delta-tokotrienol, gama-tokotrienol ile toplam tokotrienol değerlerinin, 2,5 kGy, 5 kGy, 7,5 kGy ve 10 kGy dozlarında ışlandıktan sonra kontrol örneğine kıyasla azaldığı görülürken ve bu değişimler istatistiki açıdan önemli bulunmuştur.

Sumak meyvesi yağında toplam tokotrienol miktarı, kontrol örneğinde 62,39 mg/kg olarak belirlenirken 2,5 kGy, 5 kGy, 7,5 kGy ve 10 kGy dozlarında ışınlanan örneklerde sırasıyla 61,13 mg/kg, 54,05 mg/kg, 53,96 mg/kg ve 60,91 mg/kg değerlerinde tespit edilmiştir. Bu değerlere göre, kontrol grubuna kıyasla 10 kGy’lık örnekte 1,48 mg/kg oranında azalış olurken, en çok azalma 8,43 mg/kg oranıyla 7,5 kGy’lık örnekte belirlenmiştir.

Bhatti ve ark. (2010) yaptıkları bir çalışmada, 4 kGy, 6 kGy ve 8 kGy dozlarında ışınlanan iki çeşit yer fıstığından elde edilen yağların tokoferol kompozisyonlarını incelemiştir. Bu çalışma sonucunda, kontrol grubuna kıyasla ışınlama dozu arttıkça tokoferol içeriğinde azalma olduğu tespit edilmiştir. Tokoferol içeriğindeki azalmanın nedeni olarak ışınlanma sonucu, yer fıstığı yağlarındaki doymamış yağ asitlerinin bozulması ve bu yağların peroksidasyonu gösterilmiştir.

Yaqoob ve ark. (2010), 2 kGy, 4 kGy, 6 kGy, 8 kGy ile 10 kGy dozlarında ışınlanmış ayçiçeği ve mısır tohumlarından elde edilen yağların tokoferol (alfa, gama, delta) içeriğinin, ışınlama işlemiyle azaldığını tespit etmişlerdir. Tokoferol içeriğinde, 6 kGy'a kadar düşüşün az olduğu ancak 8 kGy ve 10 kGy dozlarında belirgin bir düşüş olduğu görülmüştür.

Çatal (2012) yaptığı çalışmada, 2,5 kGy, 5,0 kGy, 7,5 kGy ve 10 kGy dozlarında ışınlanan ayçiçeği ve kanola örneklerindeki alfa tokoferol miktarlarının, kontrol numunesine kıyasla artan ışınlama dozuna bağlı olarak belirgin oranlarda azaldığını tespit etmiştir.

Koç Güler (2015) yaptığı bir çalışmada, iç fındıkların 0,5 kGy, 1 kGy ve 1,5 kGy dozlarında ışınlanması sonucunda kontrol grubuna kıyasla E vitamini ( $\alpha$  tokoferol) miktarının, ışınlama dozu arttıkça azaldığını tespit etmiştir.

Bhatti ve ark. (2010), Yaqoob ve ark. (2010), Çatal (2012) ve Koç Güler (2015)'in yaptığı çalışmalarda elde edilen veriler, araştırmamızda bulduğumuz sonuçlarla paralellik göstermektedir.

#### 4.8 Sumak Meyvesi Yağının Toplam Fenolik Madde Miktarı ve Işınlamanın Etkisi

Çizelge 4.8'de sumak meyvesi yağına ait toplam fenolik madde analizi sonuçlarındaki değişimde ışınlamanın etkisi gösterilmektedir.

**Çizelge 4.8.** Sumak meyvesi yağının ışınlama dozlarına göre fenolik madde değerleri

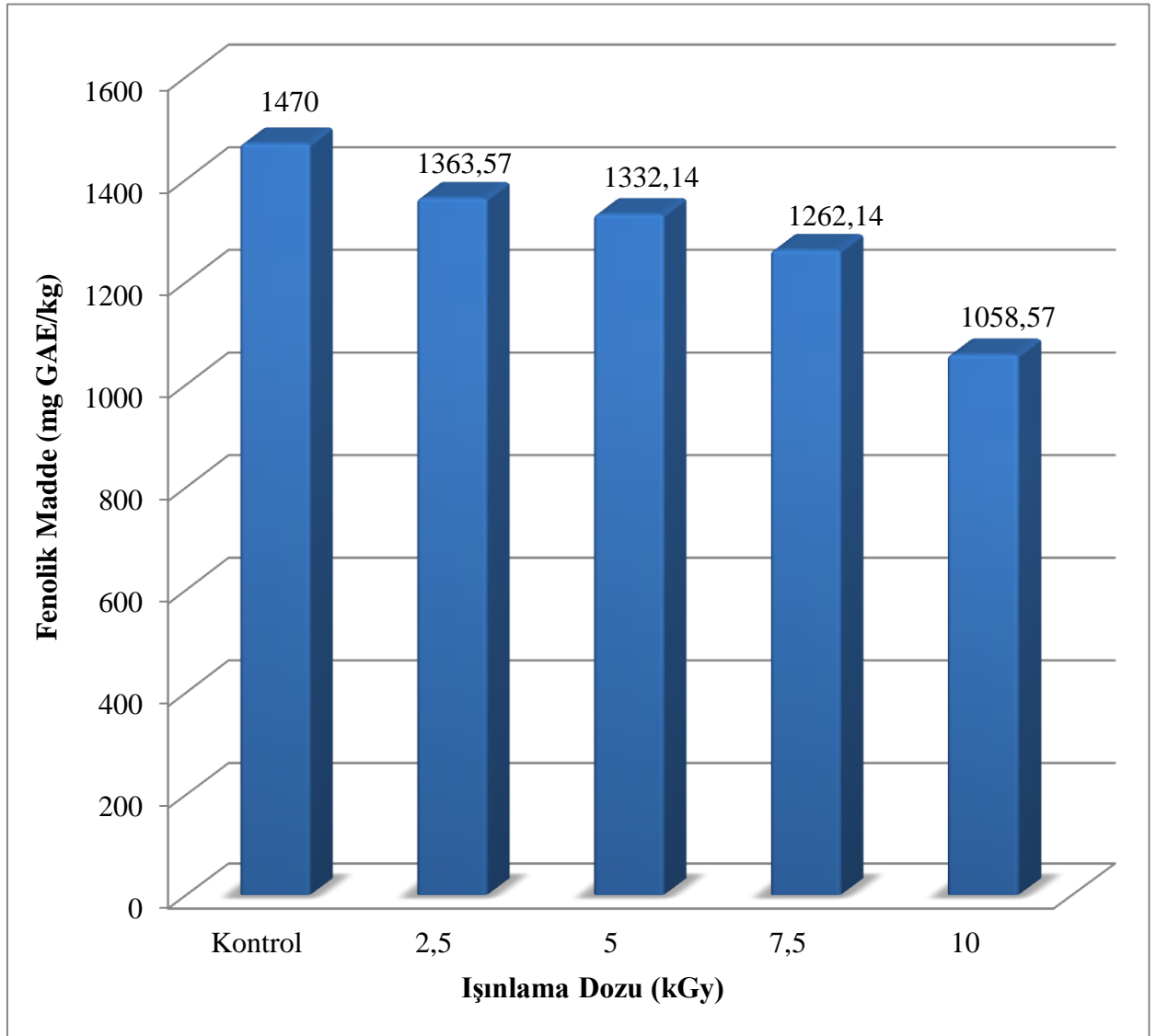
Örnek	Işınlama Dozu (kGy)	Fenolik Madde (mg GAE/kg yağ)
Sumak	Kontrol	1470,00 ± 6,06a
	2,5	1363,57 ± 11,11b
	5	1332,14 ± 9,09b
	7,5	1262,14 ± 7,07c
	10	1058,57 ± 14,14d
	Işınlama Etkisi	**

Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir.

\*P<0,05 düzeyinde önemli; \*\*P<0,01 düzeyinde önemli; NS önemsiz

2,5 kGy, 5,0 kGy, 7,5 kGy ve 10,0 kGy dozlarında ışınlanan sumak meyvesi yağının fenolik madde miktarları, ışınlama işlemi uygulanmamış kontrol grubuna göre kıyaslanmıştır. Çizelge 4.8 incelendiğinde, sumak meyvesi yağının fenolik madde miktarının 1470,00 mg GAE/kg yağ ile 1058,57 mg GAE/kg yağ arasında değiştiği görülmektedir.

Şekil 4.11’de sumak meyvesi yağının, toplam fenolik madde içeriğine ışınlamanın etkisi gösterilmektedir.



**Şekil 4.11.** Sumak meyvesi yağının ışınlama dozlarına göre fenolik madde miktarının karşılaştırılması

Sumak meyvesi yağının fenolik madde içeriğinin, ışınlama dozunun artmasıyla ters orantılı olarak azaldığı görülmüş ve bu değişimler istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p < 0,01$ ). Kontrol örneğinde 1470,00 mg GAE/kg olan fenolik madde miktarının, 2,5 kGy, 5 kGy, 7,5 kGy ve 10 kGy dozlarında ışınlamanın ardından sırasıyla 1363,57, 1332,14, 1262,14 ve 1058,57 mg GAE/kg değerlerine düşüş meydana gelmiştir.



Orman (2005), yaptığı bir çalışmada adaçayı, kekik ve fesleğene 10 kGy gama ışınıyla sterilizasyon işlemi uygulanmıştır. Tüm ürünlerde ışınlama işlemi sonucunda fenolik madde içeriğinin azaldığı görülmüştür.

Apaydın (2015), yaptığı çalışmada üzüm çekirdeği ve yağlarının toplam fenolik madde içeriğine ışınlamanın etkisini değerlendirmiştir. Bu çalışma sonucunda, ışınlama dozu arttıkça üzüm çekirdeği ile yağının toplam fenolik madde içeriğinde azalma olduğu tespit edilmiştir.

Kırkın (2015), yaptığı bir çalışmada örneklerle uygulanan 14 kGy'lık ışınlama işlemi sonucunda toplam fenol içeriğinin; karabiber uçucu yağında arttığını, biberiye uçucu yağında ise azaldığını belirlerken, kekik ve kimyon uçucu yağlarında ışınlamayla birlikte herhangi bir değişim olmadığını tespit etmiştir.

Taşoğulları (2017), yaptığı bir çalışmada tarhana örnekleri 2,5 kGy, 5 kGy ve 10 kGy dozlarında ışınlanmıştır. Bu çalışma sonucunda, en düşük toplam fenolik madde miktarı 10 kGy ışınlama uygulanmış tarhana örneklerinde bulunurken, en yüksek toplam fenolik madde miktarı kontrol grubu tarhana örneklerinde tespit edilmiştir.

Orman (2005), Apaydın (2015) ve Taşoğulları (2017)'nin fenolik madde miktarına ışınlamanın etkisini inceledikleri çalışmalardan elde edilen veriler, araştırmamızda bulduğumuz sonuçlarla paralellik göstermektedir.

#### 4.9 Sumak Meyvesi Yağının Antioksidan Kapasitesi ve Işınlamanın Etkisi

Çizelge 4.9'da sumak meyvesi yağının ışınlama dozlarına göre, DPPH metodu ile bulunan antioksidan kapasitesindeki değişim EC<sub>50</sub> değeri (mg/ml) olarak verilmektedir.

**Çizelge 4.9.** Sumak meyvesi yağının ışınlama dozlarına göre antioksidan kapasite (EC<sub>50</sub>) değerleri

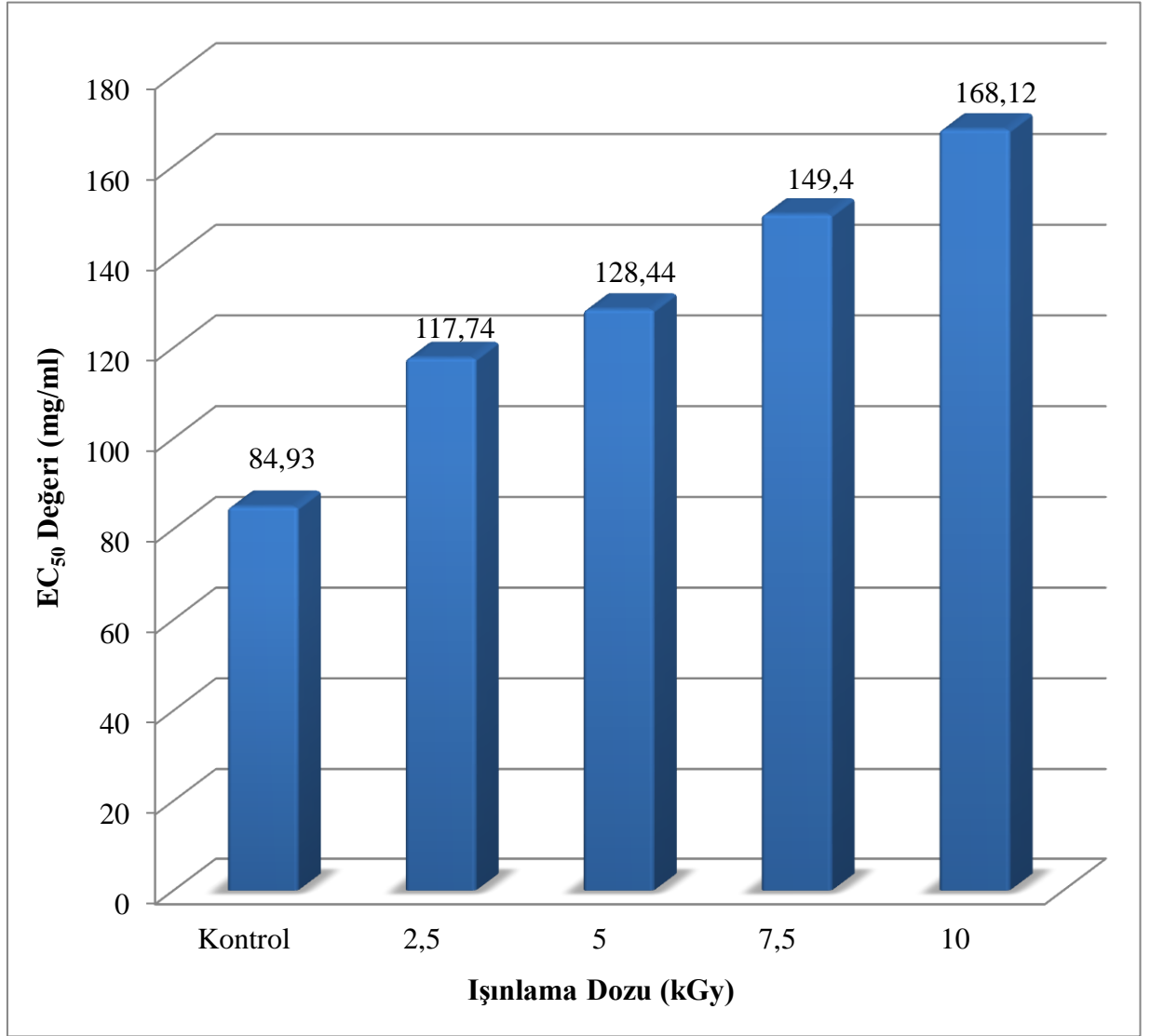
Örnek	Işınlama Dozu (kGy)	Antioksidan Kapasite (EC <sub>50</sub> ) (mg/ml)
Sumak	Kontrol	84,93 ± 1,15c
	2,5	117,74 ± 3,26b
	5	128,44 ± 2,40b
	7,5	149,40 ± 8,09a
	10	168,12 ± 5,85a
	Işınlama Etkisi	**

Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir.

\*P<0,05 düzeyinde önemli; \*\*P<0,01 düzeyinde önemli; NS önemsiz

2,5 kGy, 5,0 kGy, 7,5 kGy ve 10,0 kGy dozlarında ışınlanan sumak meyvesi yağının antioksidan kapasite (EC<sub>50</sub>) değerleri, kontrol grubuna göre kıyaslanmıştır. Çizelge 4.9'da, sumak meyvesi yağının EC<sub>50</sub> değerlerinin 84,93 mg/ml ile 168,12 mg/ml arasında değiştiği görülmektedir.

Şekil 4.12’de sumak meyvesi yağının, EC<sub>50</sub> değeri (mg/ml) olarak hesaplanan antioksidan kapasitesine ışınlamanın etkisi gösterilmiştir.



Şekil 4.12. Sumak meyvesi yağının ışınlama dozlarına göre EC<sub>50</sub> değerlerinin karşılaştırılması

Sumak meyvesi yağında, DPPH radikali yakalama metodu kullanılarak yapılan antioksidan aktivite ölçümünde örneklerin EC<sub>50</sub> değeri hesaplanmıştır ve hesaplanan EC<sub>50</sub> değeri ne kadar düşükse örneklerin antioksidan aktivitesi de o kadar yüksek olmaktadır. EC<sub>50</sub> değeri; “Ortamda bulunan DPPH radikalinin %50’sini inhibe eden antioksidan maddenin konsantrasyonu” şeklinde tanımlanmaktadır.

Sumak meyvesi yağının EC<sub>50</sub> değerleri, ışınlama dozunun artmasına paralel olarak artmış yani antioksidan aktiviteleri azalmıştır. EC<sub>50</sub> değerlerinde meydana gelen bu değişimler istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0,01).

EC<sub>50</sub> değeri, en düşük olarak kontrol örneğinde 84,93 mg/ml belirlenmiş, 2,5 kGy, 5 kGy, 7,5 kGy ve 10 kGy dozlarında ışlandıktan sonra ise sırasıyla 117,74 mg/ml, 128,44 mg/ml, 149,40 mg/ml ve 168,12 mg/ml değerlerine yükselmiştir. Bu durum kontrol örneğinin, ışınlama işlemi uygulanan örneklerle kıyasla antioksidan aktivitesinin daha yüksek olduğunu göstermektedir.

Işınlamanın etkisiyle oluşan serbest radikaller, sumak meyvesi yağındaki antioksidan bileşiklerle reaksiyona girerek antioksidan kapasite değerlerinde azalmaya neden olmuştur. Yaptığımız çalışmadan elde ettiğimiz sonuçlara göre, sumak yağının fenolik madde içeriğinin antioksidan aktivite ile paralellik gösterdiği görülmüştür.

Orman (2005), yaptığı çalışma sonucunda 10 kGy dozla ışınlanan adaçayı, kekik ve fesleğenin antioksidan kapasitelerinin, ışınlanmayan kontrol gruplarına göre azaldığını belirlemiştir.

Apaydın (2015), yaptığı çalışmada üzüm çekirdeği ve yağlarına uygulanan ışınlama işlemi dozunun artmasıyla antioksidan kapasite değerlerinin azaldığını tespit etmiştir.

Taşoğulları (2017), yaptığı bir çalışmada 2,5 kGy, 5 kGy ve 10 kGY dozlarda ışınlanan tarhana örneklerinin antioksidan aktivite değerlerinde, ışınlama dozunun önemli farklılıklara neden olmadığını belirlemiştir.

Orman (2005) ve Apaydın (2015)'nin antioksidan kapasiteye ışınlamanın etkisini inceledikleri çalışmalardan elde edilen veriler, araştırmamızda bulduğumuz sonuçlarla paralellik göstermektedir.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Türkiye’de sumak ve özellikle sumak yağı üzerine yapılan çalışmalar detaylı olarak incelendiğinde bu çalışmaların sınırlı olduğu ve sumağın yetiştiği ancak bu konuda hiç araştırma yapılmamış yerlerin olduğu tespit edilmiştir. Trakya Bölgesi illerinden biri olan Edirne’de yetişen sumak ile yapılan bilimsel bir araştırma da bulunmamaktadır. Yaptığımız çalışmada Edirne’de yetişen sumak araştırma materyali olarak seçilmiş ve bu sayede farklı bölgelerde yetişen sumaklar arasında kıyaslama yapılabilmesi sağlanmıştır. Bunun yanı sıra yapılan çalışmalarda, çeşitli gıdalar üzerine farklı dozlarda ışınlama işlemi uygulanmış ve sonrasında ürünlerin kalite kriterleri değerlendirilmiştir. Ancak ışınlama işleminin, sumak meyvesine uygulandığı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Yaptığımız çalışma, literatürde yer alan eksiklikleri gidermiş ve sonraki çalışmalar için veri oluşturmuştur.

Bu tez çalışması ile sumak meyvelerine farklı dozlarda (2,5 kGy, 5,0 kGy, 7,5 kGy, 10 kGy) gama ışınları uygulanıp, sumaktan yağ elde edildikten sonra yağın kalite özelliklerinde meydana gelebilecek bazı değişiklikler ve oksidatif stabiliteleri belirlenmiştir. Farklı ışınlama dozlarının sumak üzerindeki etkileri ışınlama işlemi uygulanmamış kontrol grubuna göre kıyaslanmış ve gerçekleştirilen deneysel çalışmalar sonucunda elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

- Sumak örneklerinin kuru madde ve yağ oranlarının ışınlama işlemi ile değişimi istatistiki açıdan önemli bulunmamıştır.
- Işınlama dozundaki artışa paralel olarak sumak meyvesi yağının, serbest yağ asitliği ve peroksit değerlerinde artışlar meydana gelmiştir.
- Yağ asiti bileşimleri incelendiğinde sumak meyvelerinin temel yağ asitleri, başta oleik asit (%43,43) olmak üzere linoleik (%30,34 ) ve palmitik asit (%22,22 ) olarak bulunmuştur.
- Işınlama dozu arttıkça; doymuş yağ asitlerinden olan palmitik (C<sub>16:0</sub>) ile stearik (C<sub>18:0</sub>) asit miktarlarının ve tekli doymamış yağ asiti olan oleik (C<sub>18:1</sub>) asit miktarının arttığı görülürken, çoklu doymamış yağ asitlerinden linoleik (C<sub>18:2</sub>) ile linolenik (C<sub>18:3</sub>) asit miktarlarının azaldığı görülmüştür.

- Sumak meyvesi yağının sterol ve tokoferol kompozisyonu incelendiğinde, en fazla bulunan sterolün  $\beta$ -sitosterol (%78,51) olduğu ve ışınlamanın sterol bileşiminde istatistiksel olarak önemli bir değişikliğe neden olmadığı bulunmuştur. Tokoferol kompozisyonunun ise ışınlama dozundaki artışla beraber azaldığı belirlenmiştir.
- Sumak örneklerinin, toplam fenolik madde içeriğinde ve antioksidan kapasite değerinde ışınlama dozu arttıkça azalma olduğu tespit edilmiştir.

İçerdiği yağ asiti bileşiminden dolayı sumak yağının, diyetteki kullanımının beslenme için sağlıklı bir kompozisyon oluşturabileceği düşünülmektedir. Bu nedenle sumak yağı ile ilgili bilimsel çalışmaların artırılarak, bu yağın tüketime sunulması önerilmektedir.

Günümüzde sumağın gıda sektöründeki kullanım alanlarının artması ve insan sağlığına olan katkılarının bilinmesi, tüketicilerin sumağa olan ilgisini her geçen gün daha da artıracak ve bu da sumak üretimini tetikleyecektir. Ayrıca tüketicilerin, gıda ışınlaması hakkında bilgi sahibi olması ve ışınlanmış gıdaları kabul edip etmeme konusunda bilinçli karar verebilmesi için gıda ışınlamasının sınırlamaları, yararları ve güvenilirliği hakkında doğru bir şekilde bilgilendirilmesi önerilmektedir.

## 6. KAYNAKLAR

- Abu-Reidah IM, Jamous RM, Ali-Shtayeh MS (2014). Phytochemistry, Pharmacological Properties and Industrial Application of *Rhus coriaria* L. Sumac: A Review. Jordan Journal of Biological Sciences JJBS., 7: 233-244.
- Abu-Reidah IM, Ali-Shtayeh MS, Jamous RM, Arráez-Román D, Segura-Carretero A (2015). HPLC–DAD–ESI-MS/MS Screening of Bioactive Components from *Rhus coriaria* L. Sumac fruits. Food Chemistry, 166:179–191. doi: 10.1016/j.foodchem. (erişim tarihi, 10.02.2019).
- Afify AMR, Rashed MM, Ebtesam AM, El-Beltagi HS (2013) Effect of Gama Radiation On The Lipid Profiles of Soybean, Peanut, Sesame Seed Oils. Grasas Y Aceites, 64: 356-368.
- Akgün A, Hüner Dİ, Yılmaz E, Çınar K (2017). Gıda Analiz Uygulamaları Sıdaş Yayınları, 131s, Edirne.
- Alanyalı FS, Yılmaz Sarıözlü N, Güven A, Kıvanç M, Yılmaz M, Demirel R, Güven K, Mutlu MB (2009). Gıda Muhafaza Anadolu Üniversitesi Yayını No: 1948, 227s, Eskişehir.
- Al-Bachir M (2016). Evaluation The Effect of Gamma Irradiation on Microbial, Chemical And Sensorial Properties of Peanut (*Arachis Hypogaea* L.) Seeds. Acta Sci. Pol. Technol. Aliment., 15:171–179.
- Alkan H (2015). Işınlama Gıdaları Koruyan En Etkin Teknoloji. Gıda Teknolojisi, <http://www.gidateknolojisi.com.tr/haber/2015/04/isinlama-gidaları-koruyan-en-etkin-teknoloji> (erişim tarihi, 19.04.2019).
- Al-Shabibi MMA, Siddiqi AM, Kassim S, Haddad BA (1982). Studies on the Sumach of Iraq. I. Proximate Analysis and Characterization of Seed Coat Lipids. Can. Inst. Food Sci. Technl. J., 15:65-67.
- Altıok D, Altıok E, Bayraktar O (2006). Fonksiyonel Gıda Üretiminde Kullanılan Bazı Baharatın Antioksidan Kapasiteleri. Türkiye 9. Gıda Kongresi, 97-100 , Bolu.
- Anonim (1992). Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society, 4th edn., American Oil Chemists' Society, Champaign, Metot Ce 2-66.
- Anonim (2018a). T.C. Milli Eğitim Bakanlığı Tarım Yapağından Yararlanılan Bitkiler. [http://megep.meb.gov.tr/mte\\_program\\_modul/moduller/Yapra%C4%9F%C4%B1ndan%20Yararlan%C4%B1lan%20Bitkiler.pdf](http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller/Yapra%C4%9F%C4%B1ndan%20Yararlan%C4%B1lan%20Bitkiler.pdf) (erişim tarihi, 25.11.2018).
- Anonim (2018b). Yapraklarından Faydalanılan İlaç ve Baharat Bitkileri Yetiştiriciliği. [http://megep.meb.gov.tr/mte\\_program\\_modul/moduller/Yapra%C4%9F%C4%B1ndan%20Yararlan%C4%B1lan%20Bitkiler.pdf](http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller/Yapra%C4%9F%C4%B1ndan%20Yararlan%C4%B1lan%20Bitkiler.pdf) (erişim tarihi, 19.12.2018)
- Anonim (2018c). Işınlama Tesisi. <https://gammapak.com/hakkimizda> (erişim tarihi, 23.12.2018).

- Anonim (2019a). American Council On Science And Health. [http://www.acsh.org/docLib/20040331\\_irradiated.pdf](http://www.acsh.org/docLib/20040331_irradiated.pdf) (erişim tarihi, 14.04.2019).
- Anonim (2019b). TÜİK Dış Ticaret Verileri <https://biruni.tuik.gov.tr/disticaretapp/disticaret.zul?param1=25&param2=0&sitcrev=0&isicrev=0&sayac=5802> (erişim tarihi, 15.03.2019).
- Anonim (2019c). Türk Gıda Kodeksi Baharat Tebliği. <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/04/20130410-19.htm> (erişim tarihi, 06.03.2019).
- Anonim (2019d). Gıda İşnlama Yönetmeliği. 6.11.1999, 23868 sayılı Resmi Gazete, Ankara.
- Apaydın D (2015). Üzüm Çekirdeklerinin Biyokimyasal ve Mikrobiyolojik Özelliklerine İşnlama İşleminin Etkilerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Arslan Çolak F, Arıcı M, Geçgel Ü (2006). İşnlamanın Çörekotunun (Nigella sativa L.) Bazı Fizikokimyasal, Mikrobiyolojik Özellikleri ve Yağ Asitleri Kompozisyonuna Etkisi. Türkiye 9. Gıda Kongresi, 465-468, Bolu.
- Arslan G (2011). Gıda Katkı Maddeleri ve Yeni Yapılan Dioksimlerin Gıda Katkı Maddesi Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Aslan Öner E (2018). İşnlama İşlemi Uygulanan Farklı Yağ Oranlarına Sahip Hindistan Cevizlerinin Mikrobiyolojik ve Fizikokimyasal Özelliklerinde Meydana Gelen Değişimlerin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Atakan Y (2017). Gıdaların X-İşnları ve Gamalarla İşnlanması Nasıl ve Neden Yapılıyor, Bizlere Zararlı mı?. Fizik Mühendisleri Odası. <https://www.fmo.org.tr/wp-content/uploads/2016/01/GIDA-ISINLAMASI-atakan-FMO-290317-1.pdf> (erişim tarihi, 19.04.2019).
- Başoğlu F, Cemeroğlu B (1984). Sumak'ın Kimyasal Bileşimi Üzerine Araştırma. Gıda, 84:167-172.
- Baytop T (1999). Türkiye'de Bitkiler ile Tedavi: Geçmişte ve Bugün. Nobel Kitabevi, 480s, İstanbul.
- Bhatti IA, Ashraf S, Shadid M, Asi MR, Mehboob S (2010). Quality Index of Oils Extracted From  $\gamma$  Irradiated Peanuts (*Arachis hypogaea* L.) of The Golden and Bari Varieties. Applied Radiation and Isotopes, 68: 2197-2201.
- Bloshenko EK, Letchamo W (1996). Characterization of Natural Distribution and Some Biological Traits of Sumach (*Rhus coriaria*) in Central Asia. Acta Hort., 426:113-121.
- Bozkurt H (2006). Investigation of the Effect of Sumac Extract and BHT Addition on the Quality of Sucuk (Turkish Dry-Fermented Sausage). Journal of the Science of Food and Agriculture, 86: 849-856.



- Brunke EJ, Hammerschmidt FJ, Schmaus G, Akgül A (1993a). The essential oil of *Rhus coriaria* L. fruits. *Flavour Fragr. J.*, 8:209-214.
- Browicz K (1982). Distribution of Species from the Genus *Rhus* L. In the Eastern Mediterranean Region and In Southwestern Asia. *Arboretum Karnickie rocznik*, 26:3-11.
- Cemeroğlu B (2010). Gıdalara Uygulanan Bazı Özel Analiz Yöntemleri, Gıda Analizleri, Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, 657s, Ankara.
- Çalışkan G (2011). Sumak Ekstraktı Tozu Eldesi. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Çatal P (2012). Işınlama İşlemi Uygulanmış Ayçiçeği ve Kolza (Kanola) Tohumlarının Yağ Kalitesi Özelliklerinde Meydana Gelen Bazı Değişikliklerin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Chakraborty A, Ferk F, Simić T, Brantner A, Dušinská M, Kundi M, Hoelzl C, Nersesyan A, Knasmüller S (2009). DNA - Protective Effects of Sumach (*Rhus coriaria* L.), a Common Spice: Results of Human and Animal Studies. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 661: 10-17.
- Çoban EÖ, Patır B (2010). Derleme Antioksidan Etkili Bazı Bitki ve Baharatların Gıdalarda Kullanımı. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*. 5: 7-19.
- Darwish MM (2011). Dried Fruit Extract of Sumac (*Rhus coriaria* L.) Protects Albino Rats from Adverse Effects of Whole Body gamma-Radiation. *Egypt. J. Rad. Sci. Applic.*, 24: 271-283.
- Davis PH (1967). *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*, Vol 2. University Press, Edinburgh.
- Demchik S, Rajangam A, Hall J, Singaas E (2015). Fatty Acids, Carbohydrates and Total Proteins of Wild Sumac (*Rhus typhina* L.) Drupes From the Upper Midwest of the United States. *American Journal of Essential Oils and Natural Products*, 3:30-34.
- Demir M, Çelik S, Noyan ÖF (2010). Türkiye’de yetişen bazı önemli boya bitkilerinin üretim teknikleri ve elde edilen renklerin haslık dereceleri. III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, 3:1187-1196.
- Denli E, Güçlü H, Tükenmez İ (2010). Işınlamanın Gıda Bileşenleri Üzerine Etkisi. *Gıda Işınlama*, Ed: N. Çetinkaya. Türkiye Atom Enerjisi Kurumu, Ankara, 37-63.
- Dikmelik Y. (2013). *Deri Teknolojisi Kitabı*, Sepici Kültür Hizmeti Yayınları , 387 s, İzmir.
- Dinç M (2014). Gıda Işınlama ve Işınlanmış Gıdaların Analizi. *Gıda & Yem Analiz’35 Dergisi*, 21: 12-17.
- Doğan M, Akgül A (2005). Characteristics and Fatty Acid Composition of *Rhus coriaria* Cultivars from Southeast Turkey. *Chem. Nat. Comp.*, 41:724-725.
- Duru S, Bozdoğan Konuşkan D (2014). Bitkisel Yağlarda Oleik Asit Miktarının Arttırılması ve Yağ Kalitesi Üzerine Etkileri. *Gıda*, 39: 1-7.

- Ehlermann DAE (2009). The Radura Terminology and Food Irradiation, *Food Control*, 20: 526-528.
- Eustice RF, Bruhn CM (2006). Consumer Acceptance and Marketing of Irradiated Foods. *Food Irradiation Research and Technology*, Ed: C. H. Sommers, X. Fan. Blackwell Publishing and the Institute of Food Technologists, 63-83, USA.
- Geçgel Ü, Gümüş T, Tasan M, Dağlıoğlu O, Arıcı M (2011). Determination of Fatty Acid Composition of  $\gamma$  -Irradiated Hazelnuts, Walnuts, Almonds and Pistachios. *Radiation Physics and Chemistry*, 80:578–581.
- Gezmen Karadağ M, Çelik E, Yıldırım H (2016). Işınlanmış Besinler Hakkında Üniversite Öğrencilerinin Bilgi, Tutum ve Davranışlarının Belirlenmesi. *Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi*, 3: 94-95.
- Giroux M, Lacroix M (1998). Nutritional Adequacy of Irradiated Meat - A Review. *Food Research International*, 31: 257-264.
- Gölge E, Ova G (2008). The Effects of Food Irradiation on Quality of Pine Nut Kernels. *Radiation Physics and Chemistry*, 77: 365-369.
- Güler SK, Bostan SZ, Çon AH (2017). Effects of Gamma Irradiation on Chemical and Sensory Characteristics of Natural Hazelnut Kernels. *Postharvest Biology and Technology*. 123: 12-21.
- Güneş G, Tekin MD (2004). Tüketici Perspektifinde Gıda Işınlama Teknolojisi ve Işınlanmış Gıdalar. *Gıda Teknolojisi*, 8: 56-61.
- Güneş G (2012). Gıdaların Muhafazasında İyonize Işınlarmın Kullanımı. *Gıda Teknolojisi*, 16: 86-88.
- Güngörmez H (2015). Doğal Boyalar ve Tuz. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 5: 57-63.
- Güvenç A, Koyuncu M (1994). A Study on The Main Active Compounds of Leaves and Fruits of *Rhus coriaria* L. *Tr. J. Med. Sci.*, 20:11-13.
- Güvenç G, Özcan A, Bükücü ŞB, Sütyemez M (2017). Bazı Derici Sumak (*Rhus Coriaria* L.) Genotiplerinin Fenolojik Özelliklerinin Belirlenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 4: 477–483.
- Hirneisen KA, Black EP, Cascarino JL, Fino VR, Hoover DG, Kniel KE (2010). Viral Inactivation in Foods: A Review of Traditional and Novel Food - Processing Technologies. *Comprehensive Reviews in Food Science Food Safety*, 9: 3-20.
- ISO 12228 (1999). Animal And Vegetable Fats And Oils-Determination Of İndividual And Total Sterols Contents Gas Chromatographic Method.
- ISO 9936 (2006). Animal And Vegetable Fats And Oils-Determination Of Tocopherol And Tocotrienol Contents By High-Performance Liquid Chromatography.
- Karaca E, Aytaç S (2007). Yağ Bitkilerinde Yağ Asitleri Kompozisyonu Üzerine Etki Eden Faktörler. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22: 123- 131.

- Karadağ R (2007). Doğal Boyamacılık. TC Kültür ve Turizm Bakanlığı, Geleneksel El Sanatları Döner Sermaye İşletmesi Merkez Müdürlüğü, Ankara.
- Kırkım C (2015). Gama Işınları Ve Modifiye Atmosferde Ambalajlamanın Bazı Baharatların Sterilizasyonu Ve Kalitesi Üzerine Etkileri. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kızıl S, Türk M (2010). Microelement Contents and Fatty Acid Compositions of *Rhus coriaria* L. and *Pistacia terebinthus* L. Fruits Spread Commonly in the South Eastern Anatolia Region of Turkey. *Nat Prod Res.*, 24: 92-98.
- Koç Güler S (2015). Gama Işını Uygulamalarının Natürel İç Fındıkta Depolama Kalitesine Etkileri. Doktora Tezi, Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ordu.
- Kossah R, Nsabimana C, Zhao JX, Chen HQ, Tian FW, Zhang H and Chen W (2009). Comparative Study on the Chemical Composition of Syrian Sumac (*Rhus coriaria* L.) and Chinese Sumac (*Rhus typhina* L.) Fruits. *Pak. J. Nutr.*, 8: 1570-1574.
- Kossah R (2010). Optimization of Extraction of Polyphenols from Syrian Sumac (*Rhus Coriaria* L.) and Chinese Sumac (*Rhus Typhina* L.) Fruits *Res. J. Of phytochemistry*, 4: 146-153.
- Köroğlu A (1989). *Rhus coriaria* L. (Sumak) Bitkisi Yaprak ve Meyvaları Üzerinde Farkonogozik Çalışmalar. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimi Enstitüsü, Ankara.
- Kunduhoglu B, Pilatin S (2009). Nar Ekşisi ve Sumak Ekşisi'nin *Escherichia coli* O157 ve *Listeria monocytogenes* Üzerine Antimikrobiyal Etkisinin Belirlenmesi. *Geleneksel Gıdalar Sempozyumu*, 27-29.
- Kurucu S, Koyuncu M, Güvenç A, Başer KHC, Özek T (1993). The Essential Oils of *Rhus coriaria* L. (Sumac). *J. Essent. Oil. Res.*, 5:481-486.
- Lacroix M, Ouattara B (2000). Combined Industrial Processes with Irradiation to Assure Innocuity and Preservation of Food Products a Review. *Food Research International*, 33:719-724.
- Lacroix M, Follett P (2015). Combination Irradiation Treatments for Food Safety and Phytosanitary Uses. *Stewart Postharvest Review*, 11:1-10.
- Lawless A (2007). Food Irradiation – What's the big deal?. *Food Regulation In The United States*, [https://www.canr.msu.edu/iflr/uploads/files/Student%20Papers/Angie\\_Lawless\\_FoodIrradiationWhatsTheBigDeal.pdf](https://www.canr.msu.edu/iflr/uploads/files/Student%20Papers/Angie_Lawless_FoodIrradiationWhatsTheBigDeal.pdf) (erişim tarihi, 05.04.2019).
- Ma Y, Lu X, Liu X, Ma H (2013). Effect of <sup>60</sup>Co Gamma-Irradiation Doses on Nutrients and Sensory Quality of Fresh Walnuts During Storage. *Postharvest Biology and Technology*, 84: 36- 42.
- Matthaus B, Özcan MM (2015). Fatty Acid Composition, Tocopherol, and Sterol Contents of Sumac (*Rhus coriaria* L.) Fruit Oils. *Eur. J. Lipid Sci. Technol*, 117:1301-1302.

- Maxwell I, Haruna A, Baba-Kutigi A, Eli D (2017). Effect of Irradiation on Vitamin C, Acidity and Moisture Content of Mango Fruits with Gamma Ray from Cobalt-60 Source. *Asian Journal of Physical and Chemical Sciences*, 2:1-8.
- Mert H, Doğan Y, Başlar S (1992a). Doğal Boya Eldesinde Kullanılan Bazı Bitkiler. *Ekoloji*, 5: 14-17.
- Mert HH, Başlar S, Doğan Y (1992b). Çevre Sorunları Yönünden Bitkisel Boyaların Önemi. 2. Uluslararası Ekoloji ve Çevre Sorunları Sempozyumu, 104-111, Ankara.
- Metin İ, Güngör H, Çolak FÖ (2012). Bazı Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin İhracatı ve İthalatı. *Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Sempozyumu*, 326-336, Tokat.
- Mexis SF, Badeka AV, Chouliara E, Riganakos KA, Kontominas MG (2009). Effect of  $\gamma$ -Irradiation on the Physicochemical and Sensory Properties of Raw Unpeeled Almond Kernels (*Prunus dulcis*). *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 10:87-92.
- Mol S, Ceylan Z (2011). Su Ürünleri Ve Işınlama Teknolojisi, *Dünya Gıda Dergisi*, 10: 79-87
- Mostafavi HA, Mirmajlessi SM, Fathollahi H (2012). The Potential of Food Irradiation: Benefits and Limitations. In A. H. A. Eissa (Ed.), *Trends in Vital Food and Control Engineering Rijeka, Croatia: InTech.*, 43-68.
- Niyas Z, Variyar PS, Gholap AS, Sharma A (2003). Effect of Gamma-Irradiation on the Lipid Profile of nutmeg (*Myristica fragrans* Houtt.). *J Agric Food Chem.*, 51:6502–6504.
- Orman S (2005). Sterilizasyon Yöntemlerinin Baharatların Antioksidan Aktiviteleri Ve Renk Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Manisa.
- Özcan M (2003). Effect of Sumach (*Rhus coriaria* L.) Extracts on the Oxidative Stability of Peanut Oil. *Journal of Medicinal Food*, 6:63-6.
- Özcan M, Haciseferoğulları H (2004). Acondiment Sumac (*Rhus coriaria* L.) Fruits: Some Physico-Chemical Properties. *Bul. J. Plant Physiol*, 30:74-84.
- Özbilgin S, Acar J (1988). Gıdaların İyonize Radyasyonla Muhafazasında Radyasyonun Mikroorganizmalar Üzerine Etkileri. *Gıda*, 13:23-27.
- Patil BS, Pike LM, Howard LR (1999). Effect of Gamma Irradiation on Quercetin on Onion (*Allium cepa* L.) Cultivars. *Subtropical Plant Science*, 51:16-22.
- Pelvan E, Demirtaş İ (2018). Türkiye’de Yetişen Bittım (*Pistacia terebinthus* L.) ve Fıstık (*Pistacia vera*) Yağlarının Yağ asiti, Sterol, Tokol Kompozisyonları, Toplam Fenolik Madde Miktarları ve Antioksidan Aktivitelerinin Belirlenmesi, 43: 384-392.
- Rahman MS (2012). Food Preservation and Processing Methods. *Handbook of Food Process Design*, Ed: Ahmed J, Rahman MS. Blackwell Publishing, New York, 1-17.
- Rayne ve Mazza (2007). Biological Activities of Extracts from Sumac (*Rhus* spp.): A Review. *Plant Foods for Human Nutrition*, 62: 165–175.

- Quattrocchi U (1999). CRC World Dictionary of Plant Names: Common Names, Scientific Names, Eponyms, Synonyms, and Etymology. Taylor & Francis, 696.
- Shabbir A (2012). *Rhus Coriaria* linn, a Plant of medicinal, nutritional and industrial importance: a review. J. Anim. Plant Sci., 22: 505–512.
- Shah M, Mir S, Pala S (2014). Enhancing Food Safety and Stability Through Irradiation: a Review. The Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences, 3:371-378.
- Shea KM (2000). Technical Report: Irradiation of Food. Committee on Environmental Health. Pediatrics, 106:1505–1510.
- Singleton VL, Orthofer R, Lamuela-Raventos RM (1999). Analysis Of Total Phenols And Other Oxidation Substrates And Antioxidants By Means Of Folin-Ciocalteu Reagent. Methods Enzymol, 299: 152-178.
- Suluk R (2010). Bitkisel Tabaklama. <https://tr.scribd.com/document/27007581/bitkisel-tabaklama> (erişim tarihi, 23.04.2019).
- Stewart EM (2001). Food Irradiation Chemistry. Food Irradiation: Principles and Applications, Ed: RA. Molins. John Wiley&Sons, Canada, 37-76.
- Şahin İ, Kılıç O, Kurdal E, Başoğlu F, Çopur UÖ, Ünal S, Kundakçı A, Yücel A (1995). Gıda Teknolojisi. Anadolu Üniversitesi Yayınları, 292s, Eskişehir.
- Taşoğulları N (2017). Kurutulmuş Ve Ambalajlanmış Tarhananın Kalite Özellikleri Üzerine Işınlamanın Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- Tiryaki GY (2010). Kahramanmaraş İlinde Üretilen Simgesel Geleneksel Bir Ürün: Sumak Ekşisi. Gıda Mühendisliği Dergisi, 31. 54-60.
- Tokuşoğlu Ö (2018). Gıda Işınlama ile Raf Ömrü Stabilitesi ve Ürün Muhafazası Yaşam İçin Gıda, <https://www.yasamicingida.com/gida-beslenme-ve-kanser/gida-isinlama-ile-raf-omru-stabilitesi-ve-urun-muhafazasi/> (erişim tarihi, 18.02.2019).
- Ulmann RM (1972). Introducing Irradiated Foods to the Producer and Consumer, in: Peaceful Uses of Atomic Energy. Proceedings of the Fourth International Conference on the Peaceful Uses of Atomic Energy, Vienna (Austria) IAEA, 12,299-308.
- USDA (2007) Germplasm Resources Information Network. Beltsville, MD, USA: United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service <http://www.ars-grin.gov/npgs/aboutgrin.html> (erişim tarihi,13.04.2019).
- USDA United State Department of Agriculture (2016). Natural Resource Conservation Service <https://plants.usda.gov/java/ClassificationServlet?source=display&classid=RHUS> (erişim tarihi, 09.02.2019).
- Uylaşer V, Başoğlu F (2014). Temel Gıda Analizleri Kitabı Gıdalarda Nem ve Kuru Madde Tayini. Soxhlet Yöntemiyle Yağ Tayini, 2: 73-74.
- Ünver A (2006). Sumak (*Rhus coriaria* L.) Meyvelerinden Oleorezin Üretimi Üzerine Araştırma. Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

- Ünver A, Özcan MM (2010). Fatty Acid Composition of Seed and Pericarp of Sumach (*Rhus coriaria* L.) Grown Wild in Different Regions of Turkey. J Food Agric Environ., 8: 31-33.
- Verzele M, Delahaye P, Van Damme F (1985). Determination of the Tanning Capacity of Tannic Acids by High-Performance Liquid Chromatography, J. Chromatogr., 362:363-372.
- Viuda-Martos M, El Gendy AN GS, Sendra E, Fernandez-Lopez J, El Razik KA. A., Omer EA, Perez-Alvarez JA (2010). Chemical Composition and Antioxidant and Anti-Listeria Activities of Essential Oils Obtained from Some Egyptian Plants. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 58:9063-9070.
- Yalçın H, Öztürk İ, Hayta M, Sağdıç O, Gümüş T (2011). Effect of Gamma-Irradiation on Some Chemical Characteristics and Volatile Content of Linseed. Journal of Medicinal Food, 14: 1223–1228.
- Yavaşer R (2011). Doğal ve Sentetik Antioksidan Bileşiklerin Antioksidan Kapasitelerinin Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Yaqoob N, Bhatti IA, Anwar F, Asi MR (2010). Oil Quality Characteristic of Irradiated Sunflower and Maize Seed. European Journal of Lipid Science and Technology, 112: 488-495.
- Yüksel E, Kaplan İ (2018). Tunceli İlinde Yetişen Sumak Bitkisinin Fitokimyasal Bileşenlerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Munzur Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tunceli.
- Zalacain A, Alonso GL, Prodanov M, Carmona M (2000). Determination of the Tanning Capacity of a *Rhus Coriaria* L. Extract and its Antioxidant Activity. Journal - Society of Leather Technologists and Chemists, 84: 212- 215.
- Zargham H and Zargham R (2008). Tannin Extracted from Sumac Inhibits Vascular Smooth Muscle Cell Migration. Medical J Malaysia, 11: 119-123.

## **ÖZGEÇMİŞ**

1994 yılında İstanbul'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini İstanbul'da tamamladı. 2012 yılında Kırklareli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği bölümünde başladığı lisans eğitimini 2016 yılında bitirdi. Aynı yıl, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı.

**Özgür KARADAŞ**