

**İŞINLAMA İŞLEMİ UYGULANAN FARKLI YAĞ  
ORANLARINA SAHİP HİNDİSTAN  
CEVİZLERİNİN MİKROBİYOLOJİK VE  
FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİNDE  
MEYDANA GELEN DEĞİŞİMLERİN  
İNCELENMESİ**

**Ebru ASLAN ÖNER**

**Yüksek Lisans Tezi  
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı  
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Figen DAĞLIOĞLU  
Prof. Dr. Ümit GEÇGEL**

**2018**

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

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İŞİNLAMA İŞLEMİ UYGULANAN FARKLI YAĞ ORANLARINA  
SAHİP HİNDİSTAN CEVİZLERİNİN MİKROBİYOLOJİK VE  
FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİNDE MEYDANA GELEN  
DEĞİŞİMLERİN İNCELENMESİ**

**Ebru ASLAN ÖNER**

**GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN: Dr. Öğr. Üyesi Figen DAĞLIOĞLU**  
**Prof. Dr. Ümit GEÇGEL**

**TEKİRDAĞ-2018**

**Her hakkı saklıdır**

Dr. Öğr. Üyesi Figen DAĞLIOĞLU ve Prof. Dr. Ümit GEÇGEL danışmanlığında Ebru ASLAN ÖNER tarafından hazırlanan “Işınlama İşlemi Uygulanan Hindistan Cevizlerinin Mikrobiyolojik ve Fizikokimyasal Özelliklerinde Meydana Gelen Değişimlerin İncelenmesi” isimli bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı : Prof. Dr. Murat TAŞAN

*İmza :*

Üye : Prof. Dr. Ümit GEÇGEL

*İmza :*

Üye : Doç. Dr. Ahmet Şükrü DEMİRCİ

*İmza :*

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Figen DAĞLIOĞLU

*İmza :*

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Harun URAN

*İmza*

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına

Prof. Dr. Fatih KONUKCU

**Enstitü Müdürü**

**ÖZET**  
Yüksek Lisans Tezi

**İŞINLAMA İŞLEMİ UYGULANAN FARKLI YAĞ ORANLARINA SAHİP HİNDİSTAN  
CEVİZLERİNİN MİKROBİYOLOJİK VE FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİNDE  
MEYDANA GELEN DEĞİŞİMLERİN İNCELENMESİ**

**Ebru ASLAN ÖNER**

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Figen DAĞLIOĞLU  
Prof. Dr. Ümit GEÇGEL

Bu araştırmada, ışınlama işlemi uygulanan farklı yağ oranlarına sahip hindistan cevizi örneklerinde meydana gelen mikrobiyolojik ve fizikokimyasal değişimler incelenmiştir. Araştırmada kullanılan örnekler, yurt dışından ülkemize ithalat yolu ile bu ürünü getiren bir firmadan rende hindistan cevizi olarak temin edilmiştir. Farklı yağ oranına sahip hindistan cevizi örnekleri, Tekirdağ- Çerkezköy’de bulunan GAMMA-PAK Sterilizasyon San. ve Tic. A.Ş. ışınlama tesisine getirilerek sırasıyla 3 kGy, 5 kGy ve 7 kGy dozlarda gama ışınlama işlemine tabi tutulmuştur. Işınlama işlemi sonrasında hindistan cevizinde mikrobiyolojik (toplam mezofilik aerobik bakteri, maya ve küf) ve kimyasal (nem, kül ve yağ) değişimler, hindistan cevizi yağında ise peroksit sayısı, serbest yağ asitliği ve yağ asiti bileşimindeki değişimler incelenmiştir. Işınlama dozu arttıkça mikroorganizma sayısında azalma olduğu, 5 kGy doz ışınlamanın toplam mezofilik aerobik (TMAB) ve maya-küf sayılarını belirlenemeyecek seviyelere kadar düşürdüğü tespit edilmiştir. 7 kGy doz ışınlama sonrası tüm örneklerin % nem miktarının kontrol grubuna kıyasla arttığı ve bu artışın istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir. 7 kGy doz ışınlamanın % ham yağ miktarında

azalmaya neden olduğu görülmüştür. Artan ışınlama dozuyla beraber tüm örneklerin % serbest yağ asitliği ve % peroksit değerlerinde kontrol grubuna kıyasla artış olduğu belirlenmiştir. Bu değışiklikler istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. Farklı yağ oranına sahip hindistan cevizi örneklerinde, artan ışınlama dozunun doymuş yağ asit miktarını arttırdığı tespit edilmiştir. Ancak bu artış istatistik olarak önemli bulunmamıştır. 3 kGy, 5 kGy ve 7 kGy dozlarda ki gama ışınlama işlemi , % 62 ve % 44 yağlı hindistan cevizi örneklerinin tekli ve çoklu doymamış yağ asitleri miktarını arttırmıştır. 7 kGy doz ışınlama sonrası % 37 yağlı hindistan cevizi örneklerinin, tekli ve çoklu doymamış yağ asitleri miktarının kontrol grubuna kıyasla arttığı tespit edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Işınlama, hindistan cevizi yağı, mikrobiyolojik özellikler, fizikokimyasal özellikler, yağ asitleri kompozisyonu

## **ABSTRACT**

MSc. Thesis

### **INVESTIGATION OF CHANGES IN MICROBIOLOGICAL AND PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF COCONUT WITH DIFFERENT FATTY RATIOS IN IRRADIATION PROCESS**

**Ebru ASLAN ÖNER**

Namık Kemal University in Tekirdağ  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Food Engineering

Supervisor : Asist.Prof. Dr. Figen DAĞLIOĞLU  
Prof. Dr. Ümit GEÇGEL

In this research, microbiological and physicochemical changes occurred during irradiation process for coconut samples were investigated. The samples used in the research were supplied from a company by importation. Coconut samples with different fat content were subjected to gamma irradiation at 3 kGy, 5 kGy and 7 kGy doses in GAMMA-PAK Sterilizasyon San. and Tic. Inc. After irradiation process, microbiological (total mesophilic aerobic bacteria, yeast and mould) and chemical (moisture, ash and oil) changes in coconut and peroxide value, free fatty acidity and the changes of the fatty acid composition in coconut oil were examined. It was determined that the number of microorganisms decreased as the irradiation dose increased, and that the 5 kGy dose irradiation reduced the total mesophilic aerobic and yeast - mold counts to undetectable levels. After the 7 kGy dose irradiation, it was determined that the % moisture content of all samples increased compared to the control group and this increase was statistically significant. It was observed that 7 kGy dose irradiation caused a decrease in the amount fat content. The increase in free fatty acidity and peroxide values of all samples with increasing irradiation dose was found to be higher

compared to the control group. These changes were found to be statistically significant. In the coconut samples with different fat content, it was determined that the increased irradiation dose increased the amount of saturated fatty acid. However, this increase was not statistically significant. Gamma irradiation at 3 kGy, 5 kGy and 7 kGy doses increased the amount of single and polyunsaturated fatty acids of coconut samples having 62% and 44% fat. After 7 kGy dose irradiation, it was determined that the amount of single and polyunsaturated fatty acids in coconut samples having 37% fat increased compared to the control group.

**Keywords:** Irradiation, coconut oil, microbiological properties, physicochemical properties, fatty acids composition

**2018, 51 pages**

## TEŞEKKÜR

Tez çalışmam sırasında ve tezimin hazırlanma sürecinde benden yardımlarını ve desteğini esirgemeyen danışman hocam sayın Dr. Öğr. Üyesi Figen DAĞLIOĞLU'na, tez konumun belirlenmesinde ve çalışmalarımın her aşamasını takip ederek, yardımlarını esirgemeyen değerli hocam sayın Prof. Dr. Ümit Geçgel'e, laboratuvar çalışmalarım sırasında bana yol gösteren sayın hocam Doç. Dr. AHMET ŞÜKRÜ DEMİRCİ'ye ve bölüm başkanımız saygıdeğer hocam Prof. Dr. Mehmet DEMİRCİ'ye çok teşekkür ederim.

İstatistiksel analizlerin yapılmasında desteğini esirgemeyen Araş. Gör. Dr. Demet APAYDINA'a, çalışmalarımın tamamlanmasında büyük emeği olan arkadaşım Hülya AZAKLI DEMİRTAŞ'a ve ışınlama işlemi için yardımlarını esirgemeyen GAMMA-PAK Sterilizasyon San. ve Tic. A.Ş.'ne teşekkür ve minnetlerimi sunarım.

Her zaman yanımda olan ,hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen babam Hayati ASLAN'a , annem Şengül ASLAN'a, kardeşim Emre ASLAN'a , sabrı ve büyük desteği için sevgili eşim Hüseyin ÖNER'e sonsuz teşekkür ederim.



# 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>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	<b>viii</b>
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b> .....	<b>ix</b>
<b>SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ</b> .....	<b>x</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. KAYNAK ÖZETLERİ</b> .....	<b>5</b>
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM</b> .....	<b>12</b>
3.1. Materyal .....	13
3.2. Yöntem .....	13
3.2.1. Hindistan cevizinde yapılan analizler.....	13
3.2.1.1. Dilüsyon sıvılarının hazırlanması .....	13
3.2.1.2. Toplam mezofilik aerobik bakteri sayımı (TMAB) .....	13
3.2.1.3. Maya-küf sayımı.....	13
3.2.1.4. Nem oranının (%) belirlenmesi .....	13
3.2.1.5 Kül oranının (%) belirlenmesi .....	14
3.2.1.6. Ham yağ oranının (%) belirlenmesi.....	14
3.2.2. Hindistan cevizi yağında yapılan analizler .....	15
3.2.2.1.Peroksit sayısının belirlenmesi .....	15
3.2.2.2.Serbest yağ asitliği oranının belirlenmesi.....	15
3.2.2.3.Yağ asidi bileşiminin belirlenmesi .....	15
3.2.3. İstatistiksel analizler .....	16
<b>4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA</b> .....	<b>17</b>
4.1. Işınlama işlemi uygulanmış farklı yağ oranlarına sahip hindistan cevizlerinde mikrobiyolojik özelliklerin incelenmesi.....	17
4.2. Işınlama işleminin hindistan cevizinin nem oranına etkisi .....	20
4.3. Işınlama işleminin hindistan cevizinde kül oranına etkisi.....	23
4.4. Işınlama işleminin hindistan cevizinin ham yağ oranına etkisi .....	25

4.5. Işınlama işleminin farklı yağ oranlarına sahip hindistan cevizi yağının asitlik ve peroksit sayısı değerlerine etkisi.....	28
4.5.1. Serbest yağ asitlik değerlerindeki değişimin incelenmesi.....	28
4.5.2. Peroksit değerlerindeki değişimin incelenmesi .....	30
4.6. Işınlama işleminin farklı yağ oranlarına sahip hindistan cevizinin yağ asitleri bileşimine etkisi .....	34
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	<b>44</b>
<b>6. KAYNAKLAR.....</b>	<b>46</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>51</b>

## ŞEKİL DİZİNİ

### Sayfa

Şekil 2.1 Işınlanmış gıdayı ifade eden radura sembolü.....	7
Şekil 4.1 Farklı yağ oranlarına sahip hindistan cevizi örneklerinin ışınlama dozunun bağlı mikrobiyolojik değişimleri.....	18
Şekil 4.2 Farklı yağ oranlarına sahip hindistan cevizi örneklerine ait nem miktarlarının ışınlama dozuna bağlı değişim grafiği .....	21
Şekil 4.3 Farklı yağ oranlarına sahip hindistan cevizi örneklerine ait kül miktarlarının ışınlama dozuna bağlı değişim grafiği.....	24
Şekil 4.4 Farklı yağ oranlarına sahip hindistan cevizi örneklerine ait ham yağ miktarlarının ışınlama dozuna bağlı değişim grafiği .....	26
Şekil 4.5 Farklı yağ oranlarına sahip hindistan cevizi örneklerine ait serbest yağ asitliği miktarlarının ışınlama dozuna bağlı değişim grafiği.....	29
Şekil 4.6 Farklı yağ oranlarına sahip hindistan cevizi örneklerine ait peroksit değerlerinin ışınlama dozuna bağlı değişim grafiği.....	32
Şekil 4.7 % 62 yağlı hindistan cevizi örneğinin ışınlama dozuna bağlı olarak yağ asidi değerlerindeki değişim grafiği.....	35
Şekil 4.8 % 62 yağlı hindistan cevizi örneği yağının ışınlama dozuna bağlı olarak SAFA, UFA, MUFA, PUFA değerleri grafiği.....	36
Şekil 4.9 % 44 yağlı hindistan cevizi örneğinin ışınlama dozuna bağlı olarak yağ asidi değerlerindeki değişim grafiği.....	38
Şekil 4.10 % 44 yağlı hindistan cevizi örneği yağının ışınlama dozuna bağlı olarak SAFA, UFA, MUFA, PUFA değerleri grafiği.....	39
Şekil 4.11 % 37 yağlı hindistan cevizi örneğinin ışınlama dozuna bağlı olarak yağ asidi değerlerindeki değişim grafiği.....	41
Şekil 4.12 % 37 yağlı hindistan cevizi örneği yağının ışınlama dozuna bağlı olarak SAFA, UFA, MUFA, PUFA değerleri grafiği.....	42

## ÇİZELGE DİZİNİ

### Sayfa

Çizelge 2.1 Gıda işinlamada çeşitli uygulamalar için gerekli dozlar.....	6
Çizelge 2.2 Belirli gıdalarda teknolojik amaçlara göre izin verilen işinlama dozları.....	7
Çizelge 4.1 İşinlamanın farklı yağ oranlarına sahip hindistan cevizi örneklerinin mikrobiyolojik özelliklerine etkisi .....	17
Çizelge 4.2 Farklı yağ oranlarına sahip hindistan cevizi örneklerin işinlama dozlarına göre nem değerleri (%).....	20
Çizelge 4.3 Farklı yağ oranlarına sahip hindistan cevizi örneklerinin işinlama dozlarına göre kül değerleri (%).....	23
Çizelge 4.4 Farklı yağ oranlarına sahip hindistan cevizi örneklerinin işinlama dozlarına göre ham yağ değerleri (%).....	25
Çizelge 4.5 Farklı yağ oranlarına sahip hindistan cevizi örneklerinin işinlama dozlarına göre serbest yağ asitliği değerleri.....	28
Çizelge 4.6 Farklı yağ oranlarına sahip hindistan cevizi örneklerinin işinlama dozlarına göre peroksit değerleri.....	31
Çizelge 4.7 İşinlamanın % 62 yağlı hindistan cevizinin yağ asitleri bileşimine etkisi.....	34
Çizelge 4.8 İşinlamanın % 44 yağlı hindistan cevizinin yağ asitleri bileşimine etkisi.....	37
Çizelge 4.9 İşinlamanın % 37 yağlı hindistan cevizinin yağ asitleri bileşimine etkisi.....	40

## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

### Simgeler:

$\alpha$	: Alfa
$\gamma$	: Gamma
dk	: Dakika
g	: Gram
kg	: Kilogram
kGy	: kiloGray
L	: Litre
log	: Logaritma 10luk taban
m	: Metre
meq	: Miliekivalent ağırlık
mg	: Miligram
$\mu$ g	: Mikrogram
$\mu$ L	: Mikrolitre
mL	: Mililitre
$^{\circ}$ C	: Celsius derecesi
Co <sub>60</sub>	: Kobalt-60

## Kısaltmalar

AB	: Avrupa Birliği
FAO	: Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Teşkilatı
FDA	: Amerikan Gıda ve ilaç Dairesi
IAEA	: International Atomic Energy Agency
kob	: Koloni oluşturan birim
MTC	: Orta zincirli trigliserid
MUFA	: Tekli doymamış yağ asitleri
PUFA	: Çoklu doymamış yağ asitleri
RAD	: Radyasyon absorblama dozu 100 rad=1 Gy
SAFA	: Doymuş yağ asitleri
sd	: Standart sapma
UAEA	: Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı
UFA	: Doymamış yağ asitleri
WHO	: Dünya Sağlık Teşkilatı
WTO	: Dünya Ticaret Örgütü

## 1. GİRİŞ

Palmea familyasından olan Hindistan cevizi ağacı (*Cocos nucifera L.*), Doğu Afrika, Endonezya, Hindistan, Filipinler ve Güneydoğu, Asya gibi ülkelerin özellikle sahil kesimlerinde yetişmektedir. Hindistan cevizi ağacı (*Cocos nucifera L.*) tropik bir tür olup, 4000 yıllık bir geçmişe sahiptir. (Killmann ve Fink 1996).

FAO 2016 verilerine göre hindistan cevizi üretimi dünyada toplam 12,2 milyon hektarlık tarım alanında yapılmaktadır. Tarımı yapılan ilk 3 ülke sırasıyla Filipinler, Endonezya ve Hindistan'dır (Anonim 2018a).

Hindistan cevizi protein, yağ, karbonhidrat ve lif açısından oldukça zengindir. Pantotenik asit, piridoksin, riboflavin, niasin, tiamin yanı sıra C, E ve K vitaminlerini de içerir. Mineraller bakımından zengin olan hindistan cevizi başta sodyum ve potasyum olmak üzere; kalsiyum, demir, bakır, fosfor, selenyum, çinko, magnezyum, manganez gibi elementleri yapısında bulundurmaktadır. Bunun yanı sıra sağlık açısından yararlı olan diğer birçok besin bileşeni de yapısında yer almaktadır (Santoso ve ark.1996).

Hindistan cevizi suyu veya sütü olarak bilinen sıvının dolu olduğu beyaz etli kısım endospermdir. Bu kısım endokarpın iç duvarına bitişiktir. Bu beyaz etli kısım ile süt, hindistan cevizi meyvesinin gıda olarak değerlendirilen en önemli kısmıdır (Seow ve Gwee 1997).

Yakın zamana kadar mutfaklarımızda toz halini kullandığımız hindistan cevizi artık yağ formu olarak hayatımıza girmeye başlamış ve gündün güne sofralarımızda yerini almıştır. Özellikle sağlıklı beslenmeye çalışanlar arasında popüler hale gelen hindistan cevizi yağı tropik bölgelerde yaşayan insanlar tarafından binlerce yıldır yemeklik yağ olarak kullanılmaktadır. Sağlık açısından son derece önemli olan kısa ve orta zincirli yağ asitlerini içeren hindistan cevizi yağı ile ilgili yapılan bilimsel çalışmalar, bu yağı kullanan insanların, batı ülkelerindeki insanlara göre daha sağlıklı olduklarını ve modern çağın hastalıklarına nadiren yakalandıklarını göstermektedir. Hindistan cevizi yağı son zamanlarda fonksiyonel yağ olarak satılmaktadır. Birçok gıda ve endüstriyel alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Dünya bitkisel yağ üretiminin ise yaklaşık % 2,5'lik miktarına karşılık gelmektedir (Tokuşoğlu ve Aydoğdu 2015).

FAO 2014 verilerine göre hindistan cevizi yağı'nın en önemli üreticileri arasında Filipinler, Endonezya ve Hindistan yer almaktadır. Ayrıca Sri Lanka, Yeni Gine, Malezya, Vietnam, Mozambik ve Meksika diğer üretici ülkeler arasında sayılabilir( Anonim 2018b).

Hindistan cevizi yağı elde etmek için olgunlaşmış meyveler toplandıktan sonra kabukları kesilir, güneşte veya fırında kurutulur. Nem miktarı % 7'nin altına düşürülür ve preslenerek "kopra" adı verilen ve aynı zamanda yağ elde edilen kısım ortaya çıkar. 1000 adet hindistan cevizinden yaklaşık olarak 220 kg kopra elde edilir. 100 kg kopradan ise 63 kg yağ çıkartılır. Presleme işleme sonucu ortaya çıkan yağsız küspe hayvan yemi olarak kullanılır. Hindistan cevizinin beyaz ve katı olan etli kısmında bulunan yağ miktarı meyvedeki nem durumuna göre % 20-63 arasında değişir (Villarino ve ark. 2007).

Hindistan cevizi yağı orta zincirli yağ asitleri bakımından zengindir ve bu asitler iyi sindirilebilen Orta Zincirli Trigliserid (MTC) formundadır (Che Man ve Marina 2006). Kurutulmuş Hindistan cevizi meyvesinden elde edilen yağ, % 90 doymuş trigliseritlerden oluşur (Burnett ve ark. 2011). Hindistan cevizi yağ asiti bileşimi incelendiğinde doymuş yağ asitlerinden laurik asit (C12:0), miristik asit (C14:0) ve palmitik asit (C16:0) önemli düzeylerde bulunmaktadır. C12:0 miktarı yaklaşık % 46-48 oranında bulunur. Hindistan cevizi yağı, içerdiği yüksek oranda C12:0 miktarı ile gıda endüstrisinde tercih edilen önemli bir hammadde konumundadır (Tokuşoğlu ve Aydoğdu 2015).

Rafine edilmiş hindistan cevizi yağı genel olarak bisküvi, çikolata ve diğer şekerleme ürünleri ile dondurma üretiminde; soğuk pres tekniği ile elde edilen hindistan cevizi yağı ise doğrudan salatalarda ve soğuk yemeklerin hazırlanmasında kullanılmaktadır (Anonim 2018).

Gelişen gıda teknolojisi; daha güvenli ve besleyici gıdalar üretilmesi için üreticilere günden güne yeni gıda muhafaza yöntemleri sunmaktadır. Bunların arasında yer alan pastörizasyon işlemi günümüzde ışınlama, membran filtrasyon, yüksek basınç, darbeli elektrik alanı ve darbeli ışık adı verilen farklı yöntemlerle yapılabilmektedir (Todd 2014).

Gıdaları ışınlama yöntemi tuzlama, kurutma, fumigasyon, dondurma vb. gibi geleneksel gıda muhafaza yöntemleri arasında da sayılabilmektedir (Abbas ve Halkman 2003). İşlem sırasında gıdanın ısısında herhangi bir artış olmadığından dolayı "Soğuk İşlem" olarak tanımlanmaktadır. Bu uygulamayı cazip kılan diğer bir sebep ise kimyasal kalıntı bırakmamasıdır (Atasever ve Atasever 2007). Işınlama işleminin paketlenmiş gıdalara



uygulanması ile işlem sonrası meydana gelen kontaminasyonun önlenmesi ise yöntemin önemli üstünlüğü olarak görülmektedir (Durmaz ve Sancak 2014).

Radyasyon işlemi sağlık sektörü, tıbbi tedaviler, kanser tedavisi ve tıbbi teşhisin yanı sıra; ilaç, tıbbi cihazlar ve tıbbi malzemelerin sterilizasyonu gibi ticari uygulamaları da kapsamaktadır. Bu yöntem, sağlık sektöründe kullanılan bazı maddeler (ameliyat eldiveni v.b.) üzerindeki mikroorganizmalar, bakteriler, parazitler, virüsler ve böcekleri yok etmek amacıyla yaygın olarak uygulanmaktadır (Sommers 2012).

Dünya üzerindeki birçok ülkede yaklaşık 40 farklı gıda için ışınlama metodu onaylanmıştır. En fazla ışınlama işlemi yapılan ürünler arasında baharatlar, meyveler, sebzeler, et ve deniz ürünleri, tahıllar ve kümes hayvanları etleri oluşturmaktadır. Dünyada yılda yaklaşık yarım milyon tondan fazla gıda ışınlanmaktadır. Bu miktar dünyada tüketilen gıdanın sadece bir kısmını oluşturmaktadır ve ışınlanan ürün miktarı devamlı olarak günden güne artış göstermektedir (Anonim 2014).

Gıda ışınlama teknolojisinin geniş uygulama alanı sebebiyle Dünya Ticaret Örgütü (WTO), Dünya Sağlık Örgütü (WHO), Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) ve Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA) gibi uluslararası kuruluşlar, uygulamanın doğru yapılması için gerekli şartları ve standartları hazırlayıp ülkelerin hizmetine sunmuşlardır. 1970'li yılların başından itibaren de gıda ışınlamaları konusunda Türkiye Atom Enerjisi Kurumunun araştırma merkezlerinde yoğun araştırmalar yapılmıştır (Çetinkaya ve Halkman 2006).

Ülkemizde şu an için kullanılmakta olan iki adet gama ışınlama tesisi bulunmaktadır. Türkiye'de ilk ışınlama tesisi 1992 yılında, Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı ve Birleşmiş Milletler Gelişme Programının desteği ile Türkiye Atom Enerjisi Kurumu tarafından Sarayköy'de kurulmuş ve 20.03.2007 tarihinde 7 gıda grubu için "Gıda Işınlama Ruhsatını" alarak ticari olarak gıda ışınlamaya başlamıştır. Özel sektörde ilk ticari amaçlı ışınlama tesisi ise 1995 yılında Çerkezköy/Tekirdağ'da faaliyete başlamıştır. Bu tesis, 27.03.2002 tarihinde 7 gıda grubu için "Gıda Işınlama Ruhsatını" almıştır ve ticari olarak gıda ve diğer ihtiyaç duyulan ürünleri ışınlamaktadır (Çetinkaya 2011).

Radyasyonları, iyonlaştırıcı ve iyonlaştırıcı olmayan radyasyonlar olarak ikiye ayırabiliriz. İyonlaştırıcı radyasyonlar çarptıkları maddelerde elektrik yüklü iyonlar oluştururlar. Alfa ve Beta parçacıkları, X-ışınları ve Gama ışınları iyonlaştırıcı radyasyonlardır. Bu ışınlara iyonize eden ışın adı verilmektedir (Acar 1999).

İyonize ışınlar mikroorganizmalarda bulunan ve çok önemli görevlere sahip, mikro ve makro moleküler üzerine etki ederek büyük kimyasal değişikliklere sebep olurlar. Işınlama işlemi ile mikroorganizmaların ölümü DNA'larındaki hasar sonucu olur. İyonize ışın DNA'yı direkt ya da endirekt olarak etkileyebilmektedir (Acar 1999). Gerek mikroorganizmanın DNA yapısı üzerinde yıkıcı tahribatı, gerekse ışınlama işlemi yapılan ürünler üzerinde bırakacağı olumsuz etkileri minimum düzeyde olduğundan günümüzde ışınlama yöntemleri arasında en fazla kullanılan ve tercih edilen yöntem gama ışınlarıdır.

Bu çalışmanın amacı, tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de gıda sanayiinin pek çok alanında yaygın bir şekilde kullanılan hindistan cevizinin özellikle mikrobiyolojik açıdan raf ömrünü uzatmak amacıyla farklı dozlarda gama ışınlarına tabii tutmak ve bu işlem sonucunda hindistan cevizi ve yağında meydana gelen mikrobiyolojik ve fizikokimyasal özelliklerindeki değişimleri belirlemektir.

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

Günümüzde gıdalara olan ihtiyaç günden güne artarken, üretilen gıda maddelerinin ise bu ihtiyacı karşılayacak düzeyde olması beklenmektedir. Yetersiz kalan gıda muhafaza yöntemleri nedeniyle her yıl büyük oranlarda gıda kayıpları oluşmaktadır. Gıda üretiminde kayıpları azaltacak, raf ömrünü artıracak ve güvenilirliği sağlayacak yeni yöntemlerin kullanımı ile ilgili çalışmalar yapılmaktadır (Korel ve Orman 2005). Bu yöntemler arasında yer alan ışınlama işlemi soğuk pastörizasyon olarak adlandırılmakta ve diğer yöntemlere göre daha yeni bir muhafaza yöntemi olarak değerlendirilmektedir (Abbas ve Halkman 2003). Çok sayıda amaç için kullanılan ışınlama işlemi pastörizasyon ve kimyasal fümigasyona eş değer etkilere sahiptir (Atungulu ve Pan 2012).

Işınlama işlemi 1895’de Roentgen’in X ışını keşfetmesi ile başlamış ve 1896’da Becquerel’in radyoaktiviteyi bulmasına kadar uzanmıştır. Bu keşifler sonucunda iyonize edici ışınların mikroorganizmalar üzerine etkisine yönelik araştırmalarda büyük bir artış olmuş ve bu tür araştırmalarda ilk patent 1905’te alınmıştır (Diehl 2002) .

Baharat sterilizasyonunda en sık kullanılan yöntemlerden biri olan ışınlama yöntemi, uygulanan düşük dozda gama, elektron veya X-ışınları sayesinde gıda patojenleri, bakteri ve parazitlerin etkin bir şekilde yok edilmesini sağlayan bir uygulamadır (Sadecka, 2007).

Amerika Birleşik Devletleri Gıda ve İlaç Dairesi ilk kez 1963 yılında buğday ve buğday ununda, 1983’te ise bazı sebze, bitki ve baharatlarda insektlerin ve mikroorganizma kontrolüne yönelik ışınlamanın kullanımını onaylanmıştır. FDA 1986’da meyve, sebze ve diğer gıdalarda ışınlama dozunu 1 kGy olarak belirlerken; 1997 yılında taze veya dondurulmuş sığır ve koyun etinde ışınlamanın kullanımına izin vermiştir. 1999’da ise soğukta muhafaza edilen et ve ürünlerinde en yüksek ışınlama dozunu 4,5 kGy, dondurulmuş et ve ürünlerinde ise en yüksek ışınlama dozunu 7 kGy olması gerektiğini belirtmiştir (Atasever ve Atasever 2007).

Radyasyon uygulaması kırmızı et, kümes hayvanları eti, balıkçılık ürünleri, baharat ve diğer kurutulmuş gıdaların muhafazası için iyi bir yöntemdir (Farkas 1998). Diğer muhafaza yöntemlerine nazaran toksikolojik etkisi daha az olduğu için baharat ve diğer kuru gıdalar için alternatif bir uygulamadır (Farkas 1988). Fakat et gibi yüksek protein içeren gıdalarda serbest radikal üreterek ürün kalitesini olumsuz etkileyebilir (Dempster 1985). Bakterileri ortadan

kaldırmak için uygulanması gereken yüksek ışınlama dozu ise işleme maruz kalmış gıdada duyuusal ve fizikokimyasal özellikleri üzerinde zararlı etkiye neden olabilir (Lacroix 2014).

Işınlama, gıdanın kontrollü iyonlaştırıcı radyasyon kaynağına maruz bırakıldığı bir yöntemdir. Uygulanan radyasyon dozu Gray (Gy, 1 Gy=100 rad) olarak ifade edilmektedir. İşlemin uygunluğuna göre gıda genelde 50 Gy ile 10 kGy doz aralığında ışınlanmaktadır. Düşük doz uygulamasında amaç ( $\leq 1$  kGy) ürünün olgunlaşmasının geciktirilmesi, böceklerin ve diğer yüksek yapılı organizmaların öldürülmesi ve/veya zayıflatılması amacına yöneliktir. Orta doz ışınlama işlemi (1-10 kGy) gıdanın pastörizasyonunu amaçlar ve raf ömrünü uzatır. Yüksek dozlarda ışınlama ile ( $>10$  kGy) gıda sterilizasyonu amaçlanmaktadır (Shea 2000).

Çizelge 2.1’de gıda gruplarına göre radurizasyon, radisidasyon ve radappertizasyon örnekleri verilmiştir.

**Çizelge 2.1.** Gıda ışınlamada çeşitli uygulamalar için gerekli dozlar (Farkas 2001)

Uygulama	Gerekli doz (kGy)
Radurizasyon ( meyve, sebze, et, tavuk, balık)	0,5-10
Radisidasyon (dondurulmuş et, tavuk, yumurta, diğer gıda ve yemler)	3,0-10
Radappertizasyon (et, tavuk, balık ürünleri)	25-60

Işınlanmış gıdanın Şekil 2.1’deki radura sembolü ile belirtilmesi 1980 yılında FAO-IAEA-WHO Ortak Uzmanlar Komitesinin kararıyla kabul edilmiştir. Bu sembol ilk olarak Hollanda’da daha sonra ise Güney Afrika, ABD ve Kanada’da kullanılmıştır. Daha sonraları tüketicinin ışınlama işlemi uygulanmış gıdayı daha iyi anlayabilmesi için FDA tarafından gıda ambalajlarında radura sembolü ile birlikte “Işınlanmıştır” veya “Işınlama işlemi uygulanmıştır” ifadelerinin kullanılmasına karar verilmiştir (Smith ve Pillai 2004).



**Şekil 2.1.** Işınlanmış gıdayı ifade eden radura sembolü

Türk Gıda Kodeksi Gıda Işınlama Yönetmeliği'nde amaca yönelik olarak uygulanmasına izin verilen ışınlama dozları Çizelge 2.2'de gösterilmiştir.

**Çizelge 2.2.** Belirli gıdalarda teknolojik amaçlara göre izin verilen ışınlama dozları (Anonim 1999)

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

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

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

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

Yapılan bir çalışmada mikroorganizma yükü fazla olarak ön paketlenmiş baharata uygulanan 10 kGy dozundaki ışınlamanın kalite kaybına neden olmadan bu mikroorganizmaları ortadan kaldıracığı, küflerin elimine edilmesi için 5 kGy dozun yeterli olduğu saptanmıştır. Işınlanmış ve ışınlanma işlemi uygulanmamış baharatta 6 aylık depolama sırasında ışınlanmış baharatın kalitesini koruduğu belirlenmiştir (Munasiri ve ark. 1987).

Hanis ve ark. (1989), artan ışınlama dozunun istenmeyen koku ve lezzet oluşumunu arttırdığını ancak besin değerlerinde önemli bir değişime neden olmadığını belirtmişlerdir.

Işınlanmamış ve 10 kGy dozda ışınlanmış toz karabiber, kırmızıbiber, kimyon, kişniş, zerdeçal ve baharat karışımları 3 aylık depolama süreci sonunda incelenmiş ve duyuşal açıdan üründe farklılıklar olmadığı, uygun olarak ambalajlanan ışınlanmış örneklerde mikrobiyel yükte artış olmadığı saptanmıştır (Subbulakshmi ve ark. 1991).

Işınlanmamış ve 10, 20 ve 30 kGy dozlarda gama ışınlarıyla ışınlanmış karabiber örneklerinin incelendiği bir çalışmada uçucu yağ içeriğindeki değişimler ve ışınlamadan sonra 24°C' de 1, 30 ve 90 gün depolama sırasındaki değişiklikler araştırılmıştır. Işınlama dozu veya depolama süresi ile uçucu yağ içeriğinde hiçbir sistematik değişliğin meydana gelmediği tespit edilmiştir (Piggott ve Othman 1993).

Abdellaoui ve ark. (1995) tarafından turunçgillerde ışınlamanın uygulanabilirliğini belirlemeye yönelik olarak yapılan bir çalışmada meyvelerin raf ömrünü uzatmak amacıyla uygulanan ılık suyla yıkama ve vakslama işlemlerinin depolama boyunca önemli kayıplara yol açtığı gösterilmiştir. Ancak 0,3 kGy dozda ışınlanan ve 3°C'da depolanan mandalinalarda 8 hafta sonunda daha az bir kayıp olduğu bildirilmiştir.

Varidar ve ark. (1998) tarafından, mikrobiyal bulaşmayı önlemek amacıyla 10 kGy dozda ışınlanan kakule, karanfil ve hindistan cevizi örnekleriyle beraber ışınlanmamış örneklerin uçucu esansiyel yağları destilasyon ekstraksiyon tekniği ile izole edilmiş ve gaz sıvı kromatografisinde (GLC) analiz edilmiştir. Işınlanmış kakule ve karanfil örneklerinin esansiyel yağ içeriğinde kalitatif ve kantatif değişim görülmemiş, hindistan cevizinde *myristicin* miktarının 6 kat arttığı ve elimicin miktarının da aynı oranda azaldığı bildirilmiştir.

Beyaz biber, kırmızı biber ve hindistan cevizi üzerine uygulanan X-ışını ve hızlandırılmış elektronlarla yapılan bir çalışmada örneklerin mikrobiyolojik kalitesi üzerine

etkileri incelenmiş ve X-ışını için 50 Gy ve hızlandırılmış elektronlar için 1 veya 5 kGy dozlarda ışınlama işleminden sonra koliform, toplam mezofilik sayısı ve termofilik spor sayıları incelenmiş ve iki ışınlama yöntemi arasında önemli bir farklılık bulunmadığı bildirilmiştir (Calenberg ve ark. 1998).

10 kGy üzeri dozlarda uygulanan ışınlama işlemi uygulamaları radapertizasyon veya radyasyonla sterilizasyon olarak adlandırılmakta ve etkileri açısından ticari sterilizasyon uygulamalarına benzetilmektedir. Bu amaçla uygulanan ışınlama dozları 10–45 kGy arasındadır. Örneğin ortamdaki  $10^{12}$  sayıdaki *Clostridium botulinum* sporunun öldürülmesi için uygulanması gereken ışınlama dozu 45 kGy düzeyindedir. Ancak yüksek dozlarda uygulanan ışınlama işlemi gıdaların renk, koku gibi duyuşal özelliklerinde olumsuz etki yaratmakta ve gıdalarda toksikolojik değişimlerine neden olmaktadır. Bu sebeple gıdalarda ışınla ile sterilizasyonu yerine ışınlama işleminin diğer (örn., ısıl işlem, dondurma) gıda muhafaza yöntemleri ile birlikte uygulanması önerilmektedir (Acar 1999).

Vickers ve Wang (2002) tarafından yapılan bir araştırmada sığır etinden hazırlanan köfteler üzerine 1,5 kGy dozda ışınlama uygulandıktan sonra köftelerin lezzet ve beğenilme özellikleri incelenmiştir. Işınlanmış ve ışınlanmamış köfteler arasında fark olmadığı sadece ışınlanmış köftelerin daha sulu ve kırmızı renge sahip olduğu bildirilmiştir.

Farklı dozlarda uygulanan  $\gamma$  ışınlarının ve depolamanın kırmızı pul biberin (*Capsicum annuum* L.) bazı kimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşal kalitesi üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, güneşte ve fırında kurutulmuş üretilen pul biber örnekleri 2,5 kGy, 5 kGy, 7,5 kGy ve 10 kGy dozlarda ışınlanmıştır. Her iki kurutma yöntemi ile üretilen kırmızı pul biberde toplam aerobik mezofil bakteri sayısının ışınlamayla logaritmik olarak azaldığı, ışınlama ile meydana gelen toplam aerobik mezofil bakteri sayısına ait  $D_{10}$  değerinin 0,67 kGy olduğu belirlenmiştir (Topuz 2002).

Hindistan'da yapılan bir araştırmada, piyasada satılan baharatların %51'inin mikrobiyal açıdan oldukça yüksek kontaminasyona sahip olduğu, karabiberin ise kontaminasyon seviyesinin  $8 \times 10^7$  düzeyine kadar çıkabildiği belirlenmiştir (Banerjee ve Sarkar 2003).

Niyas ve ark. (2003)'nın yaptıkları bir araştırmada, küçük hindistan cevizlerine uygulanan 5 kGy'in üstündeki dozların, hindistan cevizinin duyuşal özelliklerini yüksek

oranda lipid içerdiği için olumsuz yönde etkilediği ve serbest yağ asidi miktarını artırdığı görülmüştür.

Çolak (2006) tarafından yapılan bir çalışmada ışınlamanın çörek otunun (*Nigella sativa* L.) bazı fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve yağ asitleri kompozisyonuna etkisi araştırılmıştır. Çörek otu örnekleri sırasıyla 2,5 kGy, 6 kGy, 8 kGy, 10 kGy dozlarda ışınlanmıştır. Artan ışınlama dozuna paralel olarak yağ oranı, iyot sayısı, kırılma indisi ve ransimat değerlerinde azalma olduğu, yağ asidi kompozisyonunda ise palmitik, stearik, oleik, linoleik yağ asitleri miktarında azalma görülürken trans formlarının arttığı tespit edilmiştir. Uygulanan 10 kGy doz ışınlamayla ise toplam mezofil canlı bakteri sayısı ve mantar- küf sayısının belirlenemeyecek seviyelere kadar indiği bildirilmiştir.

Çiğ köfte üzerinde yapılan bir çalışmada *E. Coli* O157:H7 üzerine ışınlamanın etkisi incelenmiş, 2 kGy ve üzerindeki dozlarda ışınlamanın bu patojenin elimine olması için yeterli olduğu belirtilmiştir (Gezgin ve Güneş 2007).

Yapılan bir çalışmada ışınlama işleminin bademlerin fizikokimyasal ve duyuşal özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Badem örnekleri 1 kGy, 1,5 kGy, 3 kGy, 5 kGy ve 7,5 kGy dozda ışınlandıktan sonra 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 tespit edilmiştir. Peroksit değerinin artan ışınlama dozuna paralel olarak arttığı bildirilmiştir (Mexis ve ark. 2008).

Işınlamanın sağlık açısından risklerini düşündüren diğer bir durumda yeniden ışınlamadır. Baharatlarda yeniden ışınlama sonrasında radyolitik ürünlerin miktarı artmaktadır. Ancak oluşan miktarlar önemli düzeyde artmadığı için bu uygulamanın kullanılabileceği belirtilmiştir (D'Oca ve ark. 2010).

Rico ve ark. (2010)'nın yaptıkları bir çalışmada, ışınlama işlemi ile kırmızı biberdeki toplam canlı sayımında 5 log azalma görülürken, buhar sterilizasyonu yöntemi kullanıldığında sadece 1 log azalma olduğu bildirilmiştir. Buhar sterilizasyonu uygulanan toz kırmızı biberin renk kaybının ışınlamaya göre daha fazla olduğu belirtilmiştir.



Sadecka (2010)'nın yaptığı bir çalışmada, karabiberin sterilizasyonunda ışınlama (5-30 kGy) ve buhar (130°C, 3 dk) yöntemleri karşılaştırılmıştır. Araştırma sonucunda ısı ile sterilizasyon uygulandığında daha fazla aroma kaybı olduğu ve mikroorganizma sayımlarında yeterince azalma sağlanmadığı görülmüştür.

1940'lardan beri ışınlanmış besinlerin sağlık üzerine etkileriyle ilgili araştırmalar devam etmektedir. Yapılan araştırmalar sonucunda ışınlanmış besinlerin toksik etkiye neden olmadığı ortaya çıkmıştır. ( Anonim 2013).

Polovka ve Suhaj (2013)'ın yaptıkları çalışmada, gama ışınlama işleminin çeşitli baharatlarda oksidasyona ve renk kaybına neden olduğu bildirilmiştir.

Geçgel ve ark. (2011)'nin yaptıkları bir çalışmada fındık, ceviz, badem ve antep fıstığı örnekleri 1 kGy, 3 kGy, 5 kGy ve 7 kGy dozlarda ışılandıktan sonra farklı dozlarda ışınlanan örneklerin yağ asidi bileşimindeki değişimler, % yağ, serbest yağ asitliği, peroksit sayısı ve yağ asitleri değerleri incelenmiştir. Uygulanan ışınlama işleminin örneklerin yağ içeriğinde önemli bir değişime neden olmadığı serbest yağ asitliği ve peroksit sayısında artışa neden olduğu bildirilmiştir. Artan ışınlama dozuyla beraber doymuş yağ asitleri oranının arttığı, toplam doymamış ve toplam çoklu doymamış yağ asitlerinde azalma olduğu belirlenmiştir.

İşnlama işleminden önce yapılan uygulamalar da aroma verici bileşenlerde kayıplara neden olmaktadır. *Monodora myristica* türünde bir hindistan cevizine 0 kGy ve 15 kGy elektron ışınlama uygulanması sonucu aroma vericilerin miktarlarının araştırıldığı bir çalışmada hindistan cevizinin 23 adet aroma vericisi bulunduğu ancak bunlardan en yüksek olanın  $\alpha$ -felandrenin (%53) olduğu belirlenmiştir. Elektron ışınlamanın *Monodora myristica* aroma vericileri üzerinde önemli bir değişikliğe sebep olmadığı ve bu türdeki hindistan cevizinde de dekontaminasyon yöntemi olarak uygulanabileceği belirtilmiştir ( Onyenekwe ve ark. 2012 ).

İşnlama işlemi sonucunda bazı radyolitik ürünler bulunmaktadır. Bunlar formik asit, karbondioksit ve asetaldehit gibi maddeler olup tüm ısıl işlemler sonucunda ortaya çıkabilmektedir. Ancak ortaya çıkan bu maddelerin miktarlarının sağlık üzerine etkileri bilinmemektedir. FDA, meydana gelen bu radyolitik ürünleri 1 kGy dozla ışınlanmış gıdalarda 3 mg/kg'dan az olacak şekilde sınırlandırmıştır (Anonim 2013).

Çatal (2012), ışınlama işlemi uygulamış ayçiçeği ve kolza (kanola) tohumlarının yağ kalitesi özelliklerinde meydana gelen bazı değişikliklerin belirlenmesi üzerine yaptığı bir çalışmada orta oleik asit, yüksek oleik asit ve linoleik asit içeren ayçiçeği tohumları ve kanola tohumları sırasıyla 2,5 kGy, 5 kGy, 7,5 kGy ve 10 kGy doz ışınlama işlemine maruz bırakılmıştır. Tüm örnekler incelendiğinde artan ışınlama dozuna paralel olarak % asitlik ve peroksit sayılarında belli oranlarda artış olduğu, yağ asitleri kompozisyonu incelendiğinde ise artan ışınlama dozuyla beraber önemli doymuş yağ asitlerinden olan palmitik ve stearik asit miktarının arttığı, doymamış yağ asitlerinden olan oleik ve linoleik asit miktarının azaldığı belirlenmiştir.

Üzüm çekirdeklerinin biyokimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerine ışınlama işleminin etkilerinin belirlenmesi üzerine yapılan bir çalışmada beş çeşit üzüm çekirdeği örneğine sırasıyla 1 kGy, 3 kGy, 5 kGy ve 7 kGy dozlarında ışınlama işlemi uygulanmıştır. Uygulanan ışınlama dozuna paralel olarak tüm örneklerde % asitlik ve peroksit miktarlarında belli oranlarda artış olduğu, doymuş yağ asitlerinden olan palmitik ve stearik asit miktarlarının arttığı, doymamış yağ asitlerinden ise oleik ve linoleik asit miktarlarında azalma olduğu bildirilmiştir ( Apaydın ve ark 2015).

Gama ışınımının iki farklı yer fıstığı çeşidinin fizikokimyasal özellikleri ve besin içerikleri üzerindeki etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, yer fıstığı örneklerini 0, 1, 3, 5 ve 10 kG dozlarında ışınlama işlemine tabi tutulmuştur. Işınlama sonrası yapılan analizler sonucunda yüksek ışınlama dozu (10 kGy) yağ ve protein içeriğini önemli ölçüde azaltırken, yer fıstığının su aktivitesini yükselttiği tespit edilmiştir. Bununla birlikte ışınlamanın nem ve kül değerlerini değiştirmediği bildirilmiştir (Liu ve ark. 2018).

### **3.MATERYAL VE YÖNTEM**

#### **3.1. Materyal**

Araştırmada kullanılan hindistan cevizi örnekleri yurt dışından ülkemize ithalat yolu ile bu ürünü getiren bir firmadan rende hindistan cevizi olarak temin edilmiştir. Buna göre çalışmada % 62 yağlı olarak nitelendirilen ürün Malezya menşeli, % 44 yağlı olarak nitelendirilen ürün Srilanka menşeli ve % 37 yağlı olarak nitelendirilen ürün Endonezya menşelidir. Her bir örnek 300 gr'lık dört eşit parçaya ayrılmış ve polietilen filmler ile ambalajlanması yapıldıktan sonra ışınlama işleminin uygulanacağı Tekirdağ- Çerkezköy'de bulunan GAMMA-PAK Sterilizasyon San. ve Tic. A.Ş. ışınlama tesisine getirilmiştir.

Hindistan cevizi örneklerine uygulanan ışınlama işlemi JS 9600 model ve IR-185 seri numaralı ışınlama cihazında <sup>60</sup>Co gama ışını (MDS, Nordion, Kanada) kullanılarak yapılmıştır. Kontrol grubu dışındaki üç grup sırasıyla 3 kGy, 5 kGy ve 7 kGy dozlarda ışınlama işlemine tabi tutulmuştur.

#### **3.2. Yöntem**

##### **3.2.1. Hindistan cevizinde yapılan analizler**

###### **3.2.3.1 Dilüsyon sıvılarının hazırlanması**

Tüm örneklerden 10'ar g tartılıp 90 ml dilüsyon sıvısı (% 0,8 NaCl içeren fizyolojik su ) bulunan erlenlere aktarılıp homojenize edilerek 1/10' luk dilüsyonları hazırlanmıştır. Hazırlanan dilüsyonlardan 1'er ml içinde 9 ml dilüsyon sıvısı bulunan tüplere inoküle edilerek 1/100, 1/1000, 1/10000, 1/100000, 1/100000 ve 1/1000000'lik dilüsyonları hazırlanmıştır. (Varlık ve ark. 1993 ).

###### **3.2.1.2. Toplam mezofilik aerobik bakteri sayımı (TMAB)**

Işınlanan ve kontrol grubu Hindistan cevizi örneklerinde toplam mezofilik aerobik bakteri sayıları, Plate Count Agar (PCA) üzerine hazırlanan dilüsyon sıvılarından dökme yöntemi ile iki paralelli ekim yapıldıktan sonra 30 °C'de 2 gün inkübe edilerek belirlenmiştir (Baumgart 1993).

### 3.2.1.3. Maya- küf sayımı

Maya-Küf sayıları Potato Dextrose Agar (PDA) üzerine hazırlanan dilüsyon sıvılarından dökme yönetemi ile paralel ekim yapıldıktan sonra 25 °C'de 5 gün inkübe edilerek belirlenmiştir (Baumgart 1993). Mikrobiyolojik sayım sonuçları kob/g cinsinden ifade edilmiştir.

### 3.2.1.4. Nem oranının belirlenmesi (%)

Nem analizi Ludorf ve Meyer (1973)'in uyguladığı yöntem esas alınarak yapılmıştır. Petri kutuları etüvde 105 °C sıcaklıkta 1 saat kurutulduktan sonra desikatörde oda sıcaklığına gelene kadar soğutulmuştur. 0,1 mg hassas terazide darası alınan petrilere 4-5 g örnek koyularak sabit tartıma gelene kadar kurutulmuştur. Bu işlemin ardından oda sıcaklığına gelene kadar desikatörde soğumaya bırakılmış ve 0,1 mg duyarlı hassas terazide tartılarak veriler kaydedilmiştir. Analiz sonucunda örneğe ait nem miktarı eşitlik 3.1. yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Nem} = \frac{(\text{İlk tartım} - \text{Son tartım})}{\text{Örnek Miktarı}} \times 100 \quad (3.1)$$

### 3.2.1.5. Kül oranının belirlenmesi (%)

Analizde kullanılacak porselen krozeler etüvde 105 °C sıcaklıkta kurutulup daha sonra desikatörde soğutulmuştur. 0,1 mg duyarlı hassas terazide darası alınan krozeler içerisine konulan 4-5 g örnekler 550 °C sıcaklıkta 4-6 saat tutularak renginin açık gri olduğu gözlenene kadar yakma işlemine devam edilmiştir. Yakma işleminin ardından krozeler desikatörde oda sıcaklığına kadar soğutulan örnekler hassas terazide tartılmıştır (Mattissek ve ark. 1988).

Örneğe ait % kül sonuçları eşitlik 3.2. yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\text{Ham Kül (\%)} = \frac{[\text{Dara (g)} + \text{Ham Kül (g)}] - \text{Dara (g)}}{\text{Örnek Miktarı (g)}} \times 100 \quad (3.2)$$

### 3.2.1.6 Ham yağ oranının belirlenmesi (%)

Hindistan cevizi örneklerine, Soxhelet prensibine göre yağ çıkarma işlemi uygulanmıştır. Çözücü olarak di etil eter kullanılmıştır (AOAC 1990). Hindistan cevizi örnekleri tartılarak darası alınmış kartuşların içerisine konulduktan sonra soxhlet timbillerinin içine yerleştirilmiştir. Ekstraksiyon işlemine 4 saat süre ile devam edilmiştir. İşlem sonunda

solvent, evaporatör yardımıyla ortamdan uzaklaştırılmıştır. Daha sonra örnekler etüvde 30 dk tutularak desikatörde soğumaları gerçekleştirilmiştir. Örnekler son olarak tartıma alınmış ve eşitlik 3.3.'e göre % yağ oranı hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Yağ} = \frac{(M_2 - M_1)}{m} \times 100 \quad (3.3)$$

$M_1$  = Sabit tartıma getirilmiş balonun ağırlığı (g)

$M_2$  = Balonda son tartımda bulunan toplam yağ miktarı (g)

m = Alınan örneğin ağırlığı (g)' dir.

### 3.2.2. Hindistan cevizi yağında yapılan analizler

#### 3.2.2.1 Peroksit sayısının belirlenmesi

Peroksit sayısı, yağlarda bulunan aktif oksijen miktarının ölçüsü olup 1 kg yağda bulunan peroksit oksijeninin mili eşdeğer gram olarak miktarıdır. Peroksit sayısının belirlenmesinde IUPAC 2.501 sayılı (Anon 1987) metot uygulanmıştır.

Peroksit sayısı tayinin esası, potasyum iyodürün yağdaki peroksit oksijeni ile okside olarak iyodun serbest hale geçmesi ve bu serbest haldeki iyodun da tiyosülfat ile titre edilerek miktarının bulunmasıdır.

#### 3.2.2.2. Serbest yağ asitliği oranının belirlenmesi

Yüzde serbest yağ asitliği, yağlarda bağlı olmayan toplam yağ asitleri toplamının oleik asit yüzdesi olarak belirtilmiştir. Yağlardaki asit sayısı, 1 gram yağın nötrleştirilmesi için gerekli potasyum hidroksit veya sodyum hidroksidin mg olarak ağırlığı şeklinde belirtilir. İncelenen örneklerin serbest yağ asitliğinin belirlenmesinde IUPAC 2.201 sayılı (Anonim 1987) metot uygulanmıştır.

Serbest yağ asitliği tayinini esası, alkol-eter karışımında çözüldürülen yağdaki serbest yağ asitlerinin ayarlı bir alkali çözeltisi ile fenolftalein eşliğinde titrasyonu ve harcanan alkali miktarından yararlanarak formül yoluyla hesaplanması ilkesine dayanır.

### 3.2.2.3. Yağ asiti bileşiminin belirlenmesi

İncelenen yağ örnekleri AOCS (1993)'nin Ce 2-66 nolu metoduna göre BF<sub>3</sub>-metanol ile yağ asidi metil esterlerine dönüştürülmüştür (Anon 1993). Yağ asidi metil esterleri kapiler gaz kromatografisi cihazına 0,5 µl enjekte edilerek yağ asidi bileşimlerini gösteren kromatogramlar elde edilmiştir. Kapiler gaz kromatografisine ait özelliklerle, seçilecek çalışma parametreleri aşağıda verilmiştir.

Kapiler gaz kromatografisi : Perkin-Elmer 8320B

Detektör : Alev iyonizasyon detektörü (FID)

Kolon : % 100 sianopropil polisiloksan ile kaplanmış, silika kapiler kolon (CP Sil 88, 50 m x 250 µm i.d., 0.20 µm film; Chrompack, Middelburg, Hollanda)

Sıcaklıklar;

Detektör : 250 °C

Kolon : 177 °C

Enjeksiyon bloğu : 250 °C

Gazlar ve akış hızları:

Taşıyıcı gaz(Helyum) : 1 ml/dk.

Hava : 250 ml/dk.

Hidrojen : 35 ml/dk.

Elde olunan pikler göreceli çıkış zamanlarına göre tanımlanmış, alanları ise integratör vasıtasıyla her yağ asidinin bütün içindeki oransal niceliği olarak hesaplanmıştır (Hışıl 1981).

### 3.2.3. İstatistiksel analizler

Araştırmalar sonucunda elde edilen verilerin varyans analizi, SPSS 18.0 paket programı kullanılarak yapılmıştır. Farklılıklar % 5 güven aralığında ( $P < 0.05$ ) belirlenmeye çalışılmış ve ortalamaların karşılaştırılmasında Duncan's Çoklu Karşılaştırma Testi uygulanmıştır.

#### 4- ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

##### 4.1. Işınlama İşlemi Uygulanmış Hindistan Cevizinde Mikrobiyolojik Özelliklerin İncelenmesi

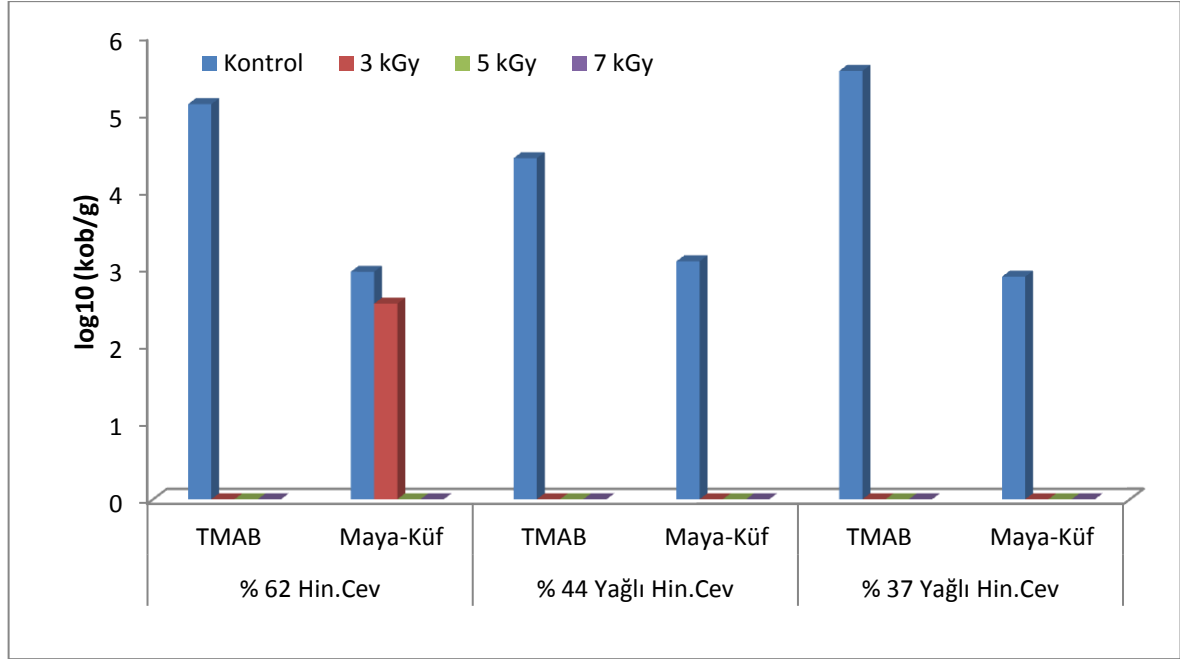
Farklı dozlarda ışınlama işlemi uygulanmış ve ışınlama işlemi uygulanmamış kontrol grubunu oluşturan hindistan cevizi örnekleri laboratuvara getirilerek toplam aerobik mezofilik bakteri sayımı ve maya- küf sayımı analizleri yapılmıştır.

Işınlamanın farklı yağ oranlarına sahip hindistan cevizi örneklerinde toplam mezofil aerob bakteri sayısında ve maya-küf sayısında ki değişimleri çizelge 4.1.'de gösterilmiştir.

**Çizelge 4.1.** Işınlamanın farklı yağ oranlarına sahip hindistan cevizi örneklerinin mikrobiyolojik özelliklerine etkisi

Örnekler	Işınlama Dozu	Toplam Mezofil Aerobik Bakteri Sayımı (kob/g)	Maya ve Küf Sayımı (kob/g)
% 62 Yağlı Hindistan Cevizi	Kontrol	$1,3 \times 10^5$	$8,8 \times 10^2$
	3 kGy	$< 10^1$	$3,4 \times 10^2$
	5 kGy	$< 10^1$	$< 10^1$
	7 kGy	$< 10^1$	$< 10^1$
% 44 Yağlı Hindistan Cevizi	Kontrol	$2,6 \times 10^4$	$1,2 \times 10^3$
	3 kGy	$< 10^1$	$< 10^1$
	5 kGy	$< 10^1$	$< 10^1$
	7 kGy	$< 10^1$	$< 10^1$
% 37 Hindistan Cevizi	Kontrol	$3,5 \times 10^5$	$7,6 \times 10^2$
	3 kGy	$< 10^1$	$< 10^1$
	5 kGy	$< 10^1$	$< 10^1$
	7 kGy	$< 10^1$	$< 10^1$

Işınlama işlemi sonucu % 62, % 44 ve % 37 yağlı hindistan cevizi örneklerine ait TMAB ve maya-küf sayılarının (log kob/g) değişimleri Şekil 4.1'de gösterilmiştir.



**Şekil 4.1.** Farklı yağ oranlarına sahip hindistan cevizi örneklerinin ışınlama dozuna bağlı mikrobiyolojik değişimleri

Çizelge 4.1. incelendiğinde % 62 yağlı hindistan cevizi örneklerine ait kontrol grubunda TMAB sayısı  $1,3 \times 10^5$  kob/g ve maya-küf sayısı  $8,8 \times 10^2$  kob/g olarak bulunmuştur. 3 kGy doz ışınlamadan sonra maya-küf sayısı  $5,4 \times 10^2$  kob/g azalarak  $3,4 \times 10^2$  kob/g' a düşmüş ve TMAB ise tespit edilmemiştir. 5 kGy doz ışınlama ve sonrasında ise maya-küf tespit edilmemiştir.

% 44 yağlı hindistan cevizinin kontrol grubundaki TMAB sayısı  $2,6 \times 10^4$  kob/g , maya-küf sayısı  $1,2 \times 10^3$  kob/g olarak bulunmuştur. 3 kGy ve daha yüksek ışınlama dozu sonucunda TMAB ve maya-küf tespit edilmemiştir.

% 37 yağlı hindistan cevizine ait kontrol grubunda TMAB ve maya-küf sayısı sırasıyla  $3,5 \times 10^5$  kob/g ve  $7,6 \times 10^2$  kob/g olarak belirlenmiştir. 1 kGy ve daha yüksek dozlarda uygulanan ışınlama işlemi sonucunda ise TMAB ve maya-küf saptanmamıştır.

% 62, % 44 ve % 37 yağlı hindistan cevizi örneklerine ait değerler incelendiğinde (Çizelge 4.1.) ışınlama dozuna paralel olarak TMAB ve maya-küf sayısında azalma olmuştur. TMAB sayısı en yüksek % 37 yağlı hindistan cevizi örneğinde  $3,5 \times 10^5$  kob/g olarak tespit edilmiş ve 3 kGy doz ışınlama uygulanan tüm hindistan cevizi örneklerinde TMAB tespit edilmemiştir.



Maya ve küf sayısı en yüksek olarak % 44 yağlı hindistan cevizi örneğinde  $1,2 \times 10^3$  kob/g olarak belirlenmiştir. % 62 yağlı hindistan cevizi örneklerinde 5 kGy doz ışınlama sonrasında diğer örneklerde ise 3 kGy doz ışınlama sonrasında maya-küf tespit edilmemiştir.

Işınlama ile mikrobiyel inaktivasyon nükleik asitlerin direk veya indirek hasarı sonucu meydana gelir. Direk hasar, uygulanan radyasyon ile DNA arasında direkt çarpışma sonucunda, indirek hasar radyasyon enerjisi su moleküllerini iyonlaştırdığında ve genetik materyal ile tepkimeye giren serbest radikaller oluşturduğunda gözlenir (Dickson 2001).

Hagenmaier ve Robert (1997) tarafından taze ve dilimlenmiş kıvırcık marulları üzerine yapılan bir çalışmada örneklere 0,19 kGy doz ışınlama işlemi uygulanmıştır. Söz konusu örneklere ışınlama işleminden 8 gün sonra yapılan mikrobiyolojik analiz sonucunda toplam canlı sayısının  $2,9 \times 10^2$  kob  $g^{-1}$ , maya ve küf sayısının  $6,0 \times 10^1$  kob  $g^{-1}$  olduğu bildirilmiştir. Işınlanma işlemi uygulanmamış kontrol örneklerinde bu değerler ise sırasıyla  $2,2 \times 10^5$  ve  $1,4 \times 10^3$  kob  $g^{-1}$  olarak belirlenmiştir.

Chaudry ve ark. (2004), yapmış oldukları bir çalışmada havuçlarda 2 kGy doz ışınlama sonucunda mantar ve bakteriyel gelişimin kontrol edildiğini, koliform ve *E.Coli*'nin ise tespit edilmediğini ve bu dozda ki ışınlama işleminin havuçların duyuşal olarak da kabul edilebilir olduğunu bildirmişlerdir.

Apaydın ve ark. (2017), beş çeşit üzüm çekirdeğinde, ışınlamanın mikrobiyolojik kalite üzerine etkisini araştırmıştır. Örneklere sırasıyla 1 kGy, 3 kGy, 5 kGy ve 7 kGy dozlarında ışınlama işlemi uygulanmıştır. Artan ışınlama dozunun, çeşitlerde TMAB sayısı, toplam maya ve küf sayısında azalmaya neden olduğu, 5 kGy dozda gama ışınlamanın tüm çeşitlerde mikroorganizma yükünü tespit edilemeyecek seviyelere düşmesi için yeterli olduğu bildirilmiştir. Apaydın ve ark. (2015)'nin yaptığı çalışma sonucu tespit ettiği bulguların araştırmamızdan elde edilen verilerle uyum gösterdiği tespit edilmiştir.

#### 4.2. Işınlama İşleminin Hindistan Cevizinin Nem Oranına Etkisi

Çizelge 4.2.'de farklı yağ oranlarına sahip hindistan cevizine ait % nem miktarlarının ışınlama dozuna göre değişimleri gösterilmiştir.

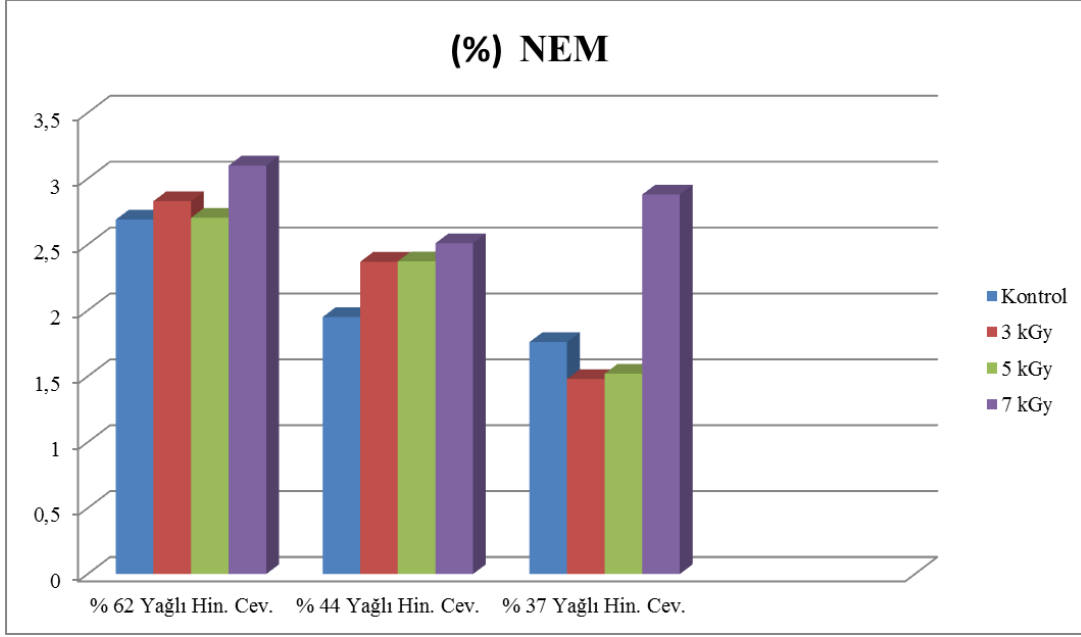
**Çizelge 4.2.** Farklı yağ oranlarına sahip hindistan cevizi örneklerinin ışınlama dozlarına göre nem değerleri (%)

Örnek	Işınlama Dozu (kGy)	Ortalama	sd.	Min.	Max.
<b>% 62 Hindistan Cevizi</b>	Kontrol	2,69±0,04b	0,07	2,62	2,76
	3	2,83±0,07b	0,12	2,69	2,93
	5	2,7±0,04b	0,08	2,63	2,78
	7	3,1±0,04a	0,07	3,03	3,16
	Işınlama etkisi	*			
<b>% 44 Yağlı Hindistan Cevizi</b>	Kontrol	1,95±0,05b	0,09	1,89	2,05
	3	2,37±0,04a	0,08	2,3	2,45
	5	2,37±0,02a	0,04	2,33	2,41
	7	2,51±0,07a	0,12	2,41	2,65
	Işınlama etkisi	*			
<b>% 37 Yağlı Hindistan Cevizi</b>	Kontrol	1,76±0,07b	0,12	1,65	1,89
	3	1,48±0,06c	0,11	1,36	1,56
	5	1,52±0,01c	0,01	1,51	1,53
	7	2,88±0,04a	0,07	2,8	2,93
	Işınlama etkisi	*			

NS :önemsiz, \* : p<0,05 düzeyinde önemli

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

Işınlama işlemi sonucu % 62, % 44 ve % 37 yağlı hindistan cevizi örneklerine ait nem değerlerinde ki değişimleri Şekil 4.2'de gösterilmiştir.



**Şekil 4.2.** Farklı yağ oranlarına sahip hindistan cevizi örneklerine ait nem miktarlarının ışınlama dozuna bağlı değişim grafiği

Yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre, farklı doz ışınlama uygulanan hindistan cevizi örneklerinin nem değerlerinde istatistiksel açıdan önemli farklılıklar ( $p < 0,05$ ) belirlenmiştir.

3 kGy, 5 kGy ve 7 kGy dozlarında ışınlanan örneklere ait nem değerleri incelendiğinde (Çizelge 4.2.) nem oranlarının %1,48 ile % 3,1 arasında olduğu belirlenmiştir. % 62, % 44 ve % 37 yağlı hindistan cevizi örneklerinde 7 kGy doz ışınlama sonrası kontrol grubuna kıyasla nem değerlerinin arttığı görülmektedir.

İşinlama dozu ile nem oranı arasında paralel bir artış olmakla beraber yağ oranı ile artan nem oranı arasında ters orantı olduğu belirlenmiştir. Nem değerindeki en az artış % 62 yağlı hindistan cevizi örneğinde, en belirgin artış % 37 yağlı hindistan cevizi örneğinde meydana gelmiştir. 37 yağlı hindistan cevizi örneğinde kontrol grubunda % 1,76 olan nem değeri % 1,12 artarak % 2,88'e yükseldiği tespit edilmiştir.

İşinlama işlemi, bileşenlerinin yapısını değiştirerek gıdalarda serbest nemin artmasına neden olabilmektedir. Gıdalarda bulunan yağ oranının ışınlama sonrası açığa çıkan su miktarında etkili olduğu görülmektedir.

Üzüm çekirdeklerinin biyokimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerine ışınlama işleminin etkilerinin belirlenmesi üzerine yapılan bir çalışmada beş çeşit üzüm çekirdeği örneğine sırasıyla 1 kGy, 3 kGy, 5 kGy ve 7 kGy dozlarında ışınlama işlemi uygulanmıştır. Uygulanan farklı dozlarda ışınlama sonucunda üzüm çekirdeklerinin kuru madde oranları arasında istatistiksel açıdan önemli farklılıklar ( $p < 0,05$ ) belirlenmiştir. Üzüm çeşitlerinin % kuru madde değerleri artan ışınlama dozuna bağlı olarak kontrol grubuna kıyasla azalmıştır (Apaydın ve ark. 2017).

Choi ve ark. (2015) yapmış oldukları araştırmada, tavuk eti örneklerine 3 kGy, 5 kGy, 7 kGy ve 10 kGy dozlarında ışınlama işlemi uygulanmıştır. Işınlanmış örneklerin nem içeriği, pH'sı ışınlanmayan kontrol grubuna göre daha yüksek çıktığı bildirilmiştir.

Gama ışınımının iki farklı yerfıstığı çeşidinin fizikokimyasal özellikleri ve besin içerikleri üzerindeki etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, yer fıstığı örneklerini 0, 1, 3, 5 ve 10 kG dozlarında ışınlama işlemine tabi tutulmuştur. Işınlama sonrası yapılan analizler sonucunda yüksek ışınlama dozunun (10 kGy), yer fıstığı örneklerine ait nem ve kül değerlerinde önemli farklılıklara neden olamadığı bildirilmiştir (Liu ve ark. 2018).

Choi ve ark. (2015) ve Liu ve ark. (2018)'nin yaptığı çalışmalar sonucu tespit ettiği bulguların araştırmamızdan elde edilen verilerle uyum gösterdiği tespit edilmiştir.

### 4.3. Işınlama İşleminin Hindistan Cevizinde Kül Oranına Etkisi

Çizelge 4.3' te farklı yağ oranlarına sahip hindistan cevizi örneklerine uygulanan 3 kGy, 5 kGy ve 7 kGy doz ışınlama sonucunda % kül değerlerinde ki değişim gösterilmiştir.

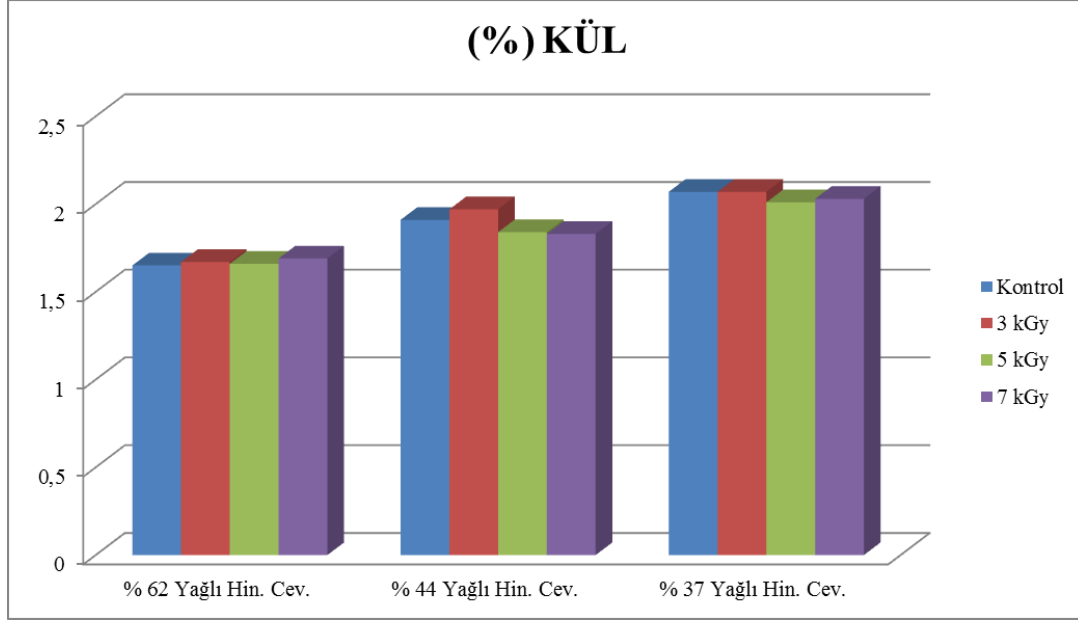
**Çizelge 4.3.** Farklı yağ oranlarına sahip hindistan cevizi örneklerinin ışınlama dozlarına göre kül değerleri (%)

Örnek	Işınlama Dozu (kGy)	Ortalama	sd.	Min.	Max.
%62 Yağlı Hindistan Cevizi	Kontrol	1,65±0,02a	0,03	1,62	1,68
	3	1,67±0,02a	0,03	1,64	1,69
	5	1,66±0,02a	0,03	1,63	1,69
	7	1,69±0,01a	0,01	1,68	1,7
	Işınlama etkisi	NS			
%44 Yağlı Hindistan Cevizi	Kontrol	1,91±0,01ab	0,02	1,89	1,93
	3	1,97±0,04a	0,07	1,89	2,02
	5	1,84±0,02bc	0,03	1,82	1,87
	7	1,83±0,01c	0,02	1,81	1,85
	Işınlama etkisi	*			
%37 Yağlı Hindistan Cevizi	Kontrol	2,07±0,04a	0,07	1,99	2,12
	3	2,07±0,04a	0,07	2	2,13
	5	2,01±0,03a	0,05	1,97	2,06
	7	2,03±0,03a	0,05	1,98	2,08
	Işınlama etkisi	NS			

NS :önemsiz, \* : p<0,05 düzeyinde önemli

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

Işınlama işlemi sonucu % 62, % 44 ve % 37 yağlı hindistan cevizi örneklerine ait kül miktarlarında ki değişimler Şekil 4.3'de gösterilmiştir.



**Şekil 4.3.** Farklı yağ oranlarına sahip hindistan cevizi örneklerine ait kül miktarlarının ışınlama dozuna bağlı değişim grafiği

İşinleme işlemi uygulanan hindistan cevizi örneklerine ait kül değerleri % 1,65 ile % 2,07 arasında değiştiği belirlenmiştir. % 44 yağlı Hindistan cevizi örneğinde ki değişim istatistiki olarak önemli bulunmasına rağmen, artan ışınlama dozuyla beraber radikal bir artış veya azalış gözlemlenmemiştir. % 44 ve % 37 yağlı hindistan cevizi örneklerinde işinleme işlemi sonucunda kül değerlerindeki değişimin önemsiz olduğu belirlenmiştir ( $p>0,05$ ).

Choi ve ark. (2015) yapmış oldukları araştırmada, tavuk eti örneklerine 3 kGy, 5 kGy, 7 kGy ve 10 kGy dozlarında işinleme işlemi uygulanmıştır. İşinlanmış örneklerin kül değerleri incelendiğinde önemli değişiklik görülmediği bildirilmiştir.

Gama ışınımının iki farklı yerfıstığı çeşidinin fizikokimyasal özellikleri ve besin içerikleri üzerindeki etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, yer fıstığı örneklerini 0, 1, 3, 5 ve 10 kG dozlarında işinleme işlemine tabi tutulmuştur. İşinlama sonrası yapılan analizler sonucunda yüksek işinlama dozunun (10 kGy), yer fıstığı örneklerine ait nem ve kül değerlerinde önemli farklılıklara neden olamadığı bildirilmiştir (Liu ve ark. 2018).

Choi ve ark. (2015) ve Liu ve ark. (2018)'nin yaptığı çalışmalar sonucu tespit ettiği bulguların araştırmamızdan elde edilen verilerle uyum gösterdiği tespit edilmiştir.

#### 4.4. Işınlama İşleminin Hindistan Cevizinin Ham Yağ Oranına Etkisi

Çizelge 4.4'te farklı dozlarda uygulanan ışınlama işleminin hindistan cevizi ham yağ oranlarında meydana getirdiği değişimler gösterilmiştir.

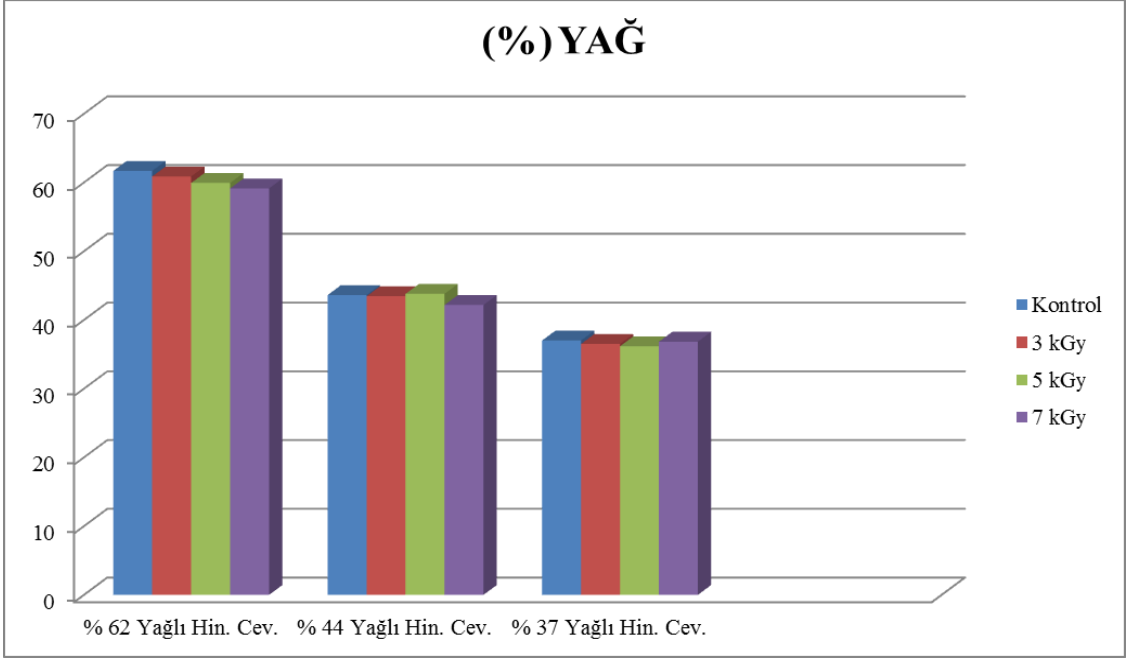
**Çizelge 4.4.** Farklı yağ oranlarına sahip hindistan cevizi örneklerinin ışınlama dozlarına göre ham yağ değerleri (%)

Örnek	Işınlama Dozu (kGy)	Ortalama	sd.	Min.	Max.
% 62 Yağlı Hindistan Cevizi	Kontrol	61,68±0,38a	0,66	60,92	62,13
	3	60,88±1,04ab	1,8	59,72	62,95
	5	59,93±0,55ab	0,95	59,32	61,03
	7	59,14±0,05b	0,09	59,04	59,2
	Işınlama etkisi	NS			
% 44 Yağlı Hindistan Cevizi	Kontrol	43,62±0,2a	0,35	43,26	43,95
	3	43,45±0,12a	0,21	43,21	43,62
	5	43,79±0,14a	0,24	43,54	44,02
	7	42,17±0,11b	0,2	41,96	42,35
	Işınlama etkisi	*			
% 37 Yağlı Hindistan Cevizi	Kontrol	37±1,8a	0,32	36,73	37,35
	3	36,5±0,01a	0,02	36,48	36,52
	5	36,17±0,05a	0,08	36,09	36,25
	7	36,83±0,55a	0,96	35,82	37,73
	Işınlama etkisi	NS			

NS :önemsiz, \* : p<0,05 düzeyinde önemli

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

Işınlama işlemi sonucu % 62, % 44 ve % 37 yağlı hindistan cevizi örneklerine ait ham yağ miktarlarında ki değişimler Şekil 4.4'de gösterilmiştir.



**Şekil 4.4.** Farklı yağ oranlarına sahip hindistan cevizi örneklerine ait ham yağ miktarlarının ışınlama dozuna bağlı değişim grafiği

İşnlama dozlarına göre ham yağ oranlarının verildiği Çizelge 4.4. incelendiğinde % 62 yağlı hindistan cevizi örneğine ait yağ miktarları ortalamalarının % 61,08 ile % 59,14 arasında değiştiği tespit edilmiş ve bu değişim istatistiki olarak önemli bulunmamıştır ( $p>0,05$ ). % 37 yağlı hindistan cevizi örneğine ait yağ miktarları ortalamaları incelendiğinde değerlerin % 37,00 ile % 36,83 değerleri arasında değiştiği görülmektedir. Oranlar arasında ki bu değişim istatistiki olarak önemli bulunmamıştır ( $p>0,05$ ).

% 44 yağlı hindistan cevizi çeşidinde yağ miktarları ortalamalarının % 43,62 ile % 42,17 arasında değiştiği belirlenmiştir. Kontrol grubunda % 43,62 olan değer 7 kGy ışınlamada % 1,45 azalarak % 42,17'e kadar düşmüştür. Bu değişim istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ( $p<0,05$ ).

Farklı yağ oranlarına sahip hindistan cevizi örneklerine uygulanan ışınlama işlemi sonucunda artan doza bağlı olarak ham yağ oranlarında azalma meydana geldiği tespit edilmiştir. Örnekteki yağ oranı azaldıkça ışınlama dozuna göre oluşan farkında azaldığı belirlenmiştir. Buna göre ham yağ oranındaki değişim yağlı olan örnekte % 2,54, % 44 yağlı örnekte % 1,45 % 37 yağlı örnekte ise % 0,17 olarak belirlenmiştir



Josephson ve ark. (1979) tarafından iyonize radyasyon uygulanan gıdalar da lipit, protein ve karbonhidrat yapılarının besin kalitesinde önemli olumsuz bir etkinin görülmediği bildirilmiştir.

Çolak (2006)'ın çörek otu üzerinde yaptığı bir çalışmada çörek otu örnekleri sırasıyla 2,5 kGy, 6 kGy, 8 kGy ve 10 kGy dozlarında ışılandıktan sonra yağ oranındaki değişimi incelenmiştir. Işınlama işlemi sonucunda artan ışınlama dozuna paralel olarak ham yağ oranında azalma meydana geldiği tespit edilmiştir.

Geçgel ve ark. (2011) yaptıkları bir çalışmada fındık, ceviz, badem ve antep fıstığı örneklerine 1 kGy, 3 kGy, 5 kGy ve 7 kGy dozlarında ışınlama işlemi uygulamışlardır. Farklı dozlarda ışınlanan örneklerde yağ oranında ki değişimler istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Apaydın ve ark. (2017)'nin üzüm çekirdeklerinin biyokimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerine ışınlama işleminin etkilerinin belirlenmesi üzerine yaptığı bir çalışmada, beş çeşit üzüm çekirdeği örneğine sırasıyla 1 kGy, 3 kGy, 5 kGy ve 7 kGy dozlarında ışınlama işlemi uygulanmıştır. Üzüm çeşitlerinin ham yağ içeriğinin artan ışınlama dozuna bağlı olarak kontrol grubuna kıyasla azaldığı bildirilmiştir.

Gama ışınımının iki farklı yer fıstığı çeşidinin fizikokimyasal özellikleri ve besin içerikleri üzerindeki etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, yer fıstığı örneklerini 0, 1, 3, 5 ve 10 kG dozlarında ışınlama işlemine tabi tutulmuştur. Işınlama sonrası yapılan analizler sonucunda uygulanan yüksek ışınlama dozunun (10 kGy), yer fıstığı örneklerinin yağ miktarını önemli miktarda azalttığı bildirilmiştir (Liu ve ark. 2018).

Çolak (2006), Apaydın ve ark. (2017) ve Liu ve ark. (2018).’nin yaptığı çalışmalar sonucu tespit ettikleri bulguların araştırmamızdan elde edilen verilerle uyum gösterdiği tespit edilmiştir.

#### 4.5. Işınlama İşleminin Farklı Yağ Oranlarına Sahip Hindistan Cevizi Yağının Serbest Yağ Asitliği ve Peroksit Sayısı Değerlerine Etkisi

##### 4.5.1. Serbest yağ asitliği değerlerindeki değişimin incelenmesi

Farklı yağ oranlarına sahip hindistan cevizi örneklerinin ışınlama işlemi uygulanmamış kontrol grubu ve 3 kGy, 5 kGy, 7 kGy dozlarında ışınlama işlemi uygulanan örneklere ait serbest yağ asitlik değerleri çizelge 4.5.'te gösterilmiştir

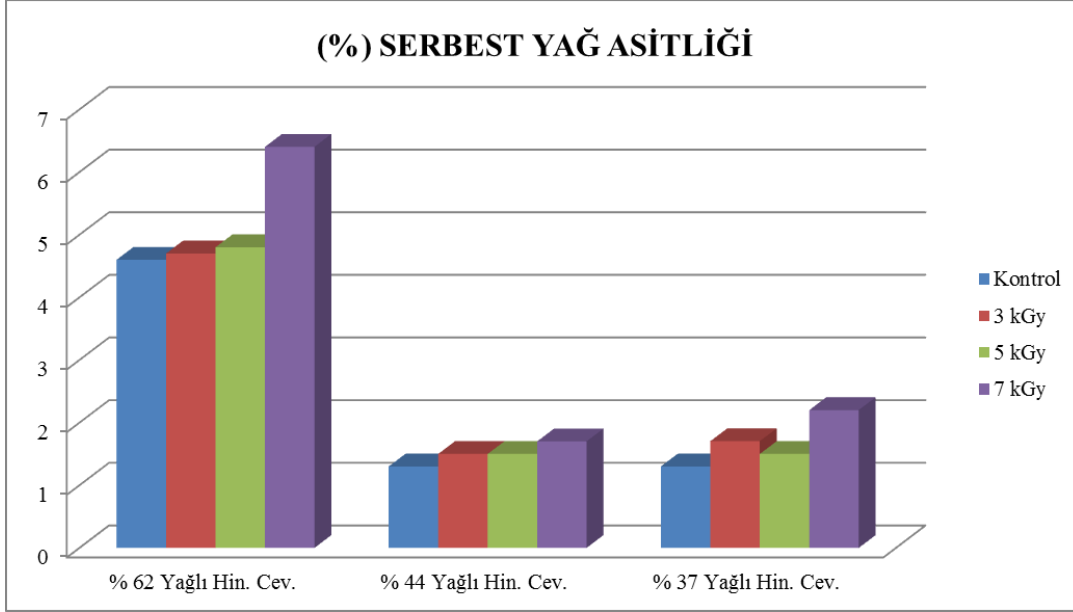
**Çizelge 4.5.** Farklı yağ oranlarına sahip hindistan cevizi örneklerinin ışınlama dozlarına göre serbest yağ asitliği değerleri

Örnek	Işınlama Dozu (kGy)	Serbest Yağ Asitliği (oleikasıit,%)	Sd.
% 62 Yağlı Hindistan Cevizi	Kontrol	4,6±0,03d	0,05
	3	4,7±0,02c	0,03
	5	4,8±0,03b	0,04
	7	6,4±0,01a	0,02
	Işınlama etkisi	*	
% 44 Yağlı Hindistan Cevizi	Kontrol	1,3±0,01c	0,02
	3	1,5±0,04b	0,07
	5	1,5±0,02b	0,04
	7	1,7±0,02a	0,04
	Işınlama etkisi	*	
% 37 Yağlı Hindistan Cevizi	Kontrol	1,3±0,03d	0,05
	3	1,7±0,02b	0,04
	5	1,5±0,02c	0,03
	7	2,2±0,02a	0,03
	Işınlama etkisi	*	

NS :önemsiz, \* : p<0,05 düzeyinde önemli

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir

Işınlama işlemi sonucu % 62, % 44 ve % 37 yağlı hindistan cevizi örneklerine ait serbest yağ asitliği değerlerinde ki değişimler Şekil 4.5'da gösterilmiştir.



**Şekil 4.5.** Farklı yağ oranlarına sahip hindistan cevizi örneklerine ait serbest yağ asitliği miktarlarının ışınlama dozuna bağlı değişim grafiği

Çizelge 4.5.'te % 62, % 44 ve % 37 yağlı hindistan cevizi örneklerine ait serbest yağ asitliği değerleri gösterilmiştir. Uygulanan 7 kGy doz ışınlama sonrası tüm örneklerde kontrol grubuna kıyasla serbest yağ asitliği değerlerinde artış olduğu tespit edilmiştir. Hindistan cevizi yağında meydana gelen bu değişimler istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ( $p < 0,05$ ).

% 62 yağlı hindistan cevizine ait ışınlanmamış kontrol grubunda % 4,6 olan serbest yağ asitliği değerinde, 3 kGy ve 5 kGy doz ışınlamada matematiksel olarak önemli bir artış gözlemlenmemiştir. Ancak 7 kGy doz ışınlamada % 1,8 artarak % 6,4 'e kadar arttığı tespit edilmiştir.

% 44 yağlı Hindistan cevizi örneğinde ışınlama işlemi uygulanmamış kontrol grubunda serbest yağ asitliği değeri % 1,3 iken 7 kGy doz ışınlama sonunda %0,4 artarak %1,7'e yükseldiği tespit edilmiştir.

Çizelge 4.5.'te % 37 yağlı hindistan cevizi örneğine ait serbest yağ asitliği değerleri incelendiğinde kontrol grubunda % 1,3 olan değer artan ışınlama dozuna paralel olarak 7 kGy doz ışınlamada sonunda % 0,9 artarak %2,2'e kadar yükseldiği tespit edilmiştir.

Geçgel ve ark. (2011) yaptıkları bir çalışmada fındık, ceviz, badem ve antep fıstığı örneklerine 1 kGy, 3 kGy, 5 kGy ve 7 kGy dozlarında ışınlama işlemi uygulamışlardır. Farklı dozlarda ışınlanan örneklerde yağ asitleri bileşimi, serbest yağ asitliği ve peroksit değerleride

ki değişimler incelendiğinde; yağ içeriğinde önemli farklılıklar gözlenmezken, peroksit sayısı ve serbest yağ asitliği değerlerinde artış olduğu bildirilmiştir.

Işınlama işlemi uygulamış ayçiçeği ve kolza (kanola) tohumlarının yağ kalitesi özelliklerinde meydana gelen bazı değişikliklerin belirlenmesi üzerine yapılan bir araştırmada artan ışınlama dozuna paralel olarak % asitlik ve peroksit sayılarında belli oranlarda artış olduğu belirlenmiştir (Çatal 2012).

Apaydın ve ark. (2017)'nın üzüm çekirdeklerinin biyokimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerine ışınlama işleminin etkilerinin belirlenmesi üzerine yaptığı bir çalışmada, beş çeşit üzüm çekirdeği örneğine sırasıyla 1 kGy, 3 kGy, 5 kGy ve 7 kGy dozlarında ışınlama işlemi uygulanmıştır. Işınlama işlemi sonunda beş farklı çeşitteki üzüm çekirdeği yağının serbest yağ asitliği ve peroksit sayılarının arttığı bildirilmiştir.

Araştırmamız sonucu bulduğumuz sonuçlar, ışınlamanın serbest yağ asitliği değerleri üzerine etkisinin araştırıldığı diğer çalışmalar ile uyum gösterdiği tespit edilmiştir.

#### **4.5.2. Peroksit sayısı değerlerindeki değişimin incelenmesi**

Farklı yağ oranlarına sahip hindistan cevizi örneklerinin ışınlama işlemi uygulanmamış kontrol grubu ve 3 kGy, 5 kGy, 7 kGy dozlarında ışınlama işlemi uygulanan örneklere ait serbest yağ asitlik değerleri çizelge 4.6.'da gösterilmiştir.

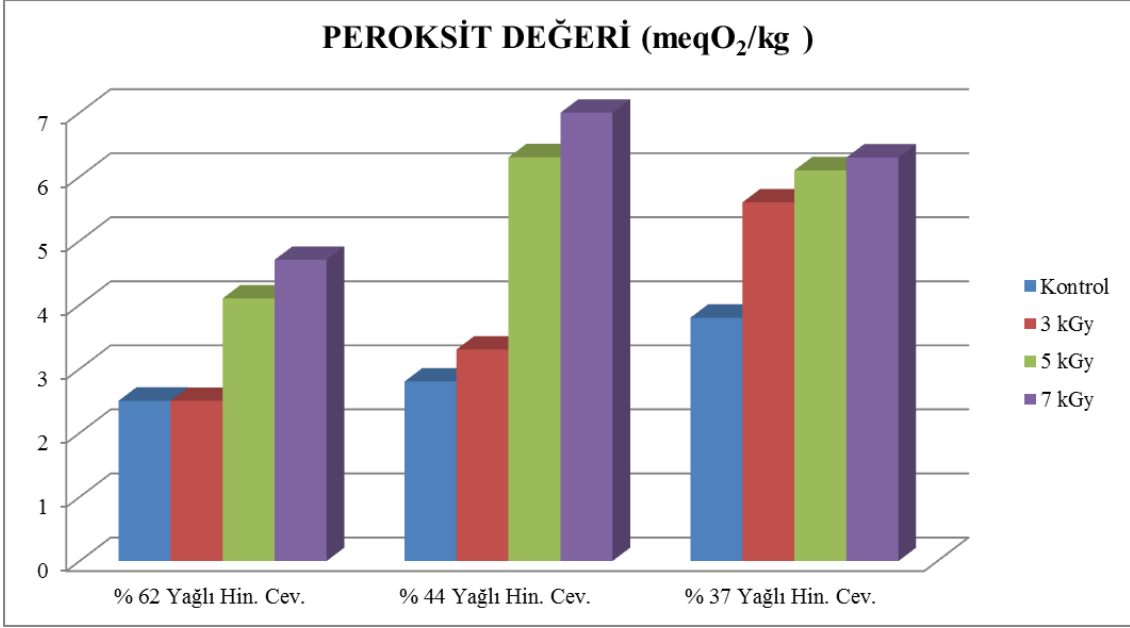
**Çizelge 4.6.** Farklı yağ oranlarına sahip hindistan cevizi örneklerin ışınlama dozlarına göre peroksit değerleri

Örnek	Işınlama Dozu (kGy)	Peroksit Değeri (meqO <sub>2</sub> /kg)	Sd.
% 62 Yağlı Hindistan Cevizi	Kontrol	2,5±0,03c	0,05
	3	2,5±0,05c	0,08
	5	4,1±0,04b	0,06
	7	4,7±0,01a	0,02
	Işınlama etkisi	*	
% 44 Yağlı Hindistan Cevizi	Kontrol	2,8±0,03d	0,06
	3	3,3±0,01c	0,02
	5	6,3±0,02b	0,03
	7	7±0,03a	0,05
	Işınlama etkisi	*	
% 37 Yağlı Hindistan Cevizi	Kontrol	3,8±0,02d	0,03
	3	5,6±0,02c	0,03
	5	6,1±0,03b	0,04
	7	6,3±0,03a	0,04
	Işınlama etkisi	*	

NS :önemsiz, \* : p<0,05 düzeyinde önemli

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir

Işınlama işlemi sonucu % 62, % 44 ve % 37 yağlı hindistan cevizi örneklerine ait peroksit değerlerinde ki değişimler Şekil 4.6'da gösterilmiştir.



**Şekil 4.6.** Farklı yağ oranlarına sahip hindistan cevizi örneklerine ait peroksit değerlerinin ışınlama dozuna bağlı değişim grafiği

Çizelge 4.5.'te % 62, % 44 ve % 37 yağlı hindistan cevizi örneklerine ait peroksit sayısı değerleri gösterilmiştir Uygulanan 7 kGy doz ışınlama sonrası tüm örneklerde kontrol grubuna kıyasla peroksit değerlerinde artış olduğu tespit edilmiştir. Hindistan cevizi yağında meydana gelen bu değişimler istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ( $p < 0,05$ ).

Çizelge 4.5.'te % 62 yağlı hindistan cevizine ait değeri kontrol grubunda 2,5 meqO<sub>2</sub>/kg iken 3 kGy doz ışınlamada herhangi bir artış olmamıştır. Bu değer 7 kGy doz ışınlama sonunda 2,2 meqO<sub>2</sub>/kg artarak 4,7 meqO<sub>2</sub>/kg'a kadar yükselmiştir.

% 44 yağlı hindistan cevizi örneğine ait kontrol grubunda 2,8 meqO<sub>2</sub>/kg olan peroksit değeri 3 kGy, 5 kGy ve 7 kGy doz ışınlama işleminden sonra sırasıyla 3,3 meqO<sub>2</sub>/kg, 6,3 meqO<sub>2</sub>/kg ve 7 meqO<sub>2</sub>/kg'a kadar yükseldiği tespit edilmiştir.

Çizelge 4.5'te % 37 yağlı hindistan cevizi örneğine ait peroksit değerleri incelendiğinde; başlangıçta 3,8 meqO<sub>2</sub>/kg olarak belirlenen peroksit sayısı 3 kGy, 5 kGy ve 7 kGy doz ışınlama sonrasında 5,6 meqO<sub>2</sub>/kg, 6,1 meqO<sub>2</sub>/kg ve 6,3 meqO<sub>2</sub>/kg'a kadar yükseldiği görülmektedir.

Işınlama işlemi sonucu gıdalarda meydana gelen kimyasal değişimlerle oluşan ürünler radyolitik ürünler olarak adlandırılır. Gıdalarda oluşan otoksidatif reaksiyonlar, ışınlama işlemi uygulanmamış gıdalarda da meydana gelir. Işınlama işlemi bu reaksiyonları hızlandırır.

Meydana gelen radikaller O<sub>2</sub> (Oksijen) ile reaksiyona girerek hidroperoksitler, alkoller, aldehitler, aldehit esterleri, hidrokarbonlar, hidroksi ve keto asitler, ketonlar, laktonlar gibi bileşiklerin oluşumuna neden olabilir (Ayhan 1993). Bu nedenle farklı yağ oranlarına sahip hindistan cevizi örneklerine uygulan ışınlama işlemi peroksit değerlerinde artışa neden olmuştur.

Mexis ve ark. (2008), yaptıkları çalışmada badem örnekleri 1 kGy, 1,5 kGy, 3 kGy, 5 kGy ve 7,5 kGy dozda ışınlanmıştır. Işınlama sonrası örneklerin peroksit değerlerinin artan ışınlama dozuyla paralel olarak arttığı bildirilmiştir.

Gölge ve Ova'nın (2008) çam fıstıkları üzerinde ışınlamanın ürün kalitesi üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada örneklere uygulanan 0,5 kGy, 1 kGy, 3 kGy ve 5 kGy dozlarındaki ışınlama işleminden sonra örnekler 3 ay depolanmıştır. Depolama sonucunda yapılan analizler sonucunda ışınlamanın etkisiyle örneklerin peroksit sayıları arttığı belirlenmiştir.

Işınlama işlemi uygulamış ayçiçeği ve kolza (kanola) tohumlarının yağ kalitesi özelliklerinde meydana gelen bazı değişikliklerin belirlenmesi üzerine yapılan bir çalışmada artan ışınlama dozuna paralel olarak % asitlik ve peroksit sayılarında belli oranlarda artış olduğu belirlenmiştir (Çatal 2012).

Apaydın ve ark. (2015)'nin üzüm çekirdeklerinin biyokimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerine ışınlama işleminin etkilerinin belirlenmesi üzerine yaptığı bir çalışmada, beş çeşit üzüm çekirdeği örneğine sırasıyla 1 kGy, 3 kGy, 5 kGy ve 7 kGy dozlarında ışınlama işlemi uygulanmıştır. Işınlama işlemi sonunda beş farklı çeşitteki üzüm çekirdeği yağının serbest yağ asitliği ve peroksit sayılarının arttığı bildirilmiştir.

Araştırmamız sonucu bulduğumuz sonuçlar, ışınlamanın peroksit değerleri üzerine etkisinin araştırıldığı diğer çalışmalar ile uyum gösterdiği tespit edilmiştir.

#### 4.6. Işınlama İşleminin Farklı Yağ Oranlarına Sahip Hindistan Cevizinin Yağ Asitleri Bileşimine Etkisi

Çizelge 4.6.'da % 62 yağlı hindistan cevizine uygulanan ışınlama işleme sonucunda yağ asitleri bileşimindeki değişimler gösterilmiştir.

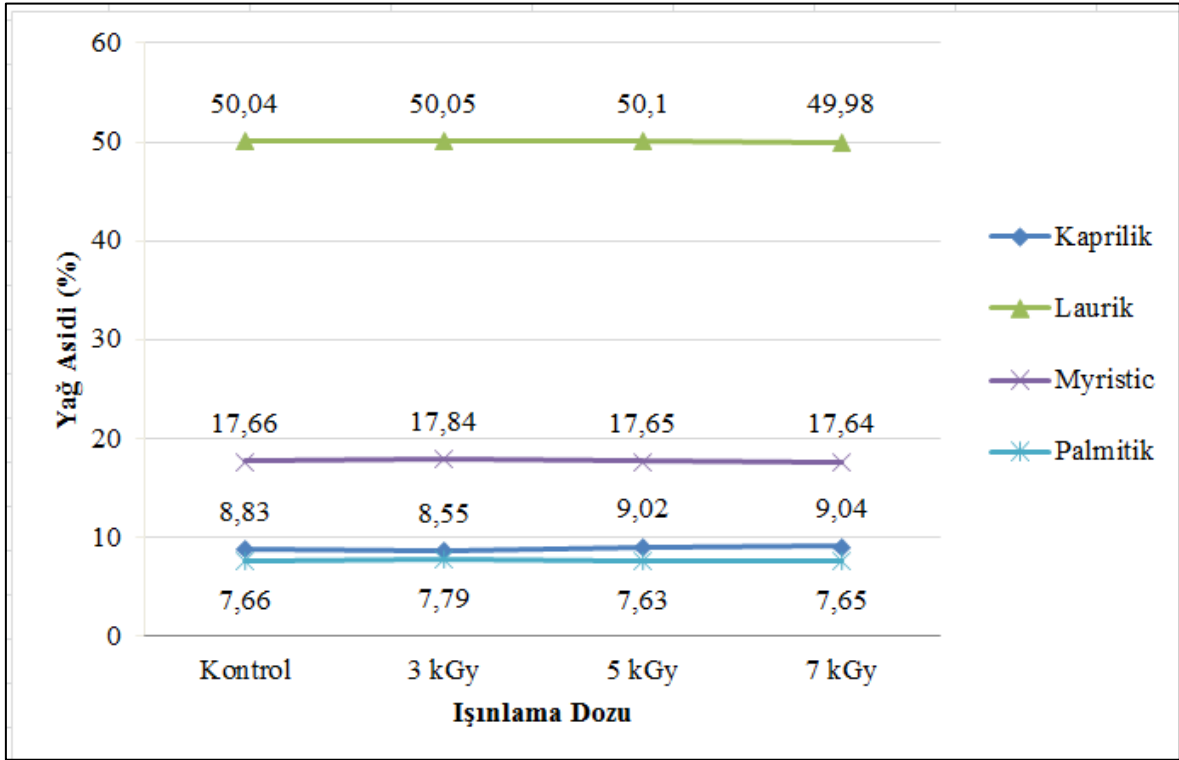
**Çizelge 4.7.** Işınlamanın % 62 yağlı hindistan cevizinin yağ asitleri bileşimine etkisi

Yağ Asidi (%)	Işınlama Dozları (kGy)				Işınlama Etkisi
	Kontrol	3,0	5,0	7,0	
Kaprilik asit C8:0	8,83±0,02b	8,55±0,02c	9,02±0,01a	9,04±0,01a	*
Kaprik asit C10:0	7±0,01ab	6,92±0,02b	7,1±0a	7,1±0,06a	*
Laurik asit C12:0	50,04±0,08a	50,05±0,03a	50,01±0,02a	49,98±0,03a	NS
Miristik asit C14:0	17,66±0,06a	17,84±0,06a	17,65±0,09a	17,64±0,16a	NS
Palmitik asit C16:0	7,66±0,12a	7,79±0,01a	7,63±0,01a	7,65±0,03a	NS
Stearik asit C18:0	2,92±0,01b	2,98±0,01a	2,83±0,02c	2,87±0,01c	*
Oleik asit C18:1	4,96±0,03a	4,94±0,02a	4,78±0,05b	4,83±0,01b	*
Linoleik asit C18:2	0,85±0,03a	0,81±0,01ab	0,74±0,02b	0,75±0,03b	*
Arişidik asit C20:0	0,07±0a	0,07±0a	0,06±0a	0,07±0,01a	NS
Ekosenoik asit C20:1	-	0,03±0c	0,06±0a	0,05±0b	*
SAFA	94,18±0,31a	94,2±0,05a	94,3±0,12a	94,35±0,2a	NS
MUFA	4,96±0,03a	4,97±0,02a	4,84±0,05b	4,88±0,01ab	NS
PUFA	0,85±0,03a	0,81±0,01ab	0,74±0,02b	0,75±0,03b	*
UFA	5,81±0,06a	5,78±0,03ab	5,58±0,07c	5,63±0,02bc	*
PUFA/SAFA	0,01±0a	0,01±0ab	0,01±0b	0,01±0b	*

Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir. \*p<0,05 düzeyinde önemli, NS önemsiz



Şekil 4.7.'de % 62 yağlı hindistan cevizine uygulanan ışınlama işlemi sonucunda bazı yağ asitleri bileşiminde meydana gelen değişimler grafik üzerinde incelenmiştir.

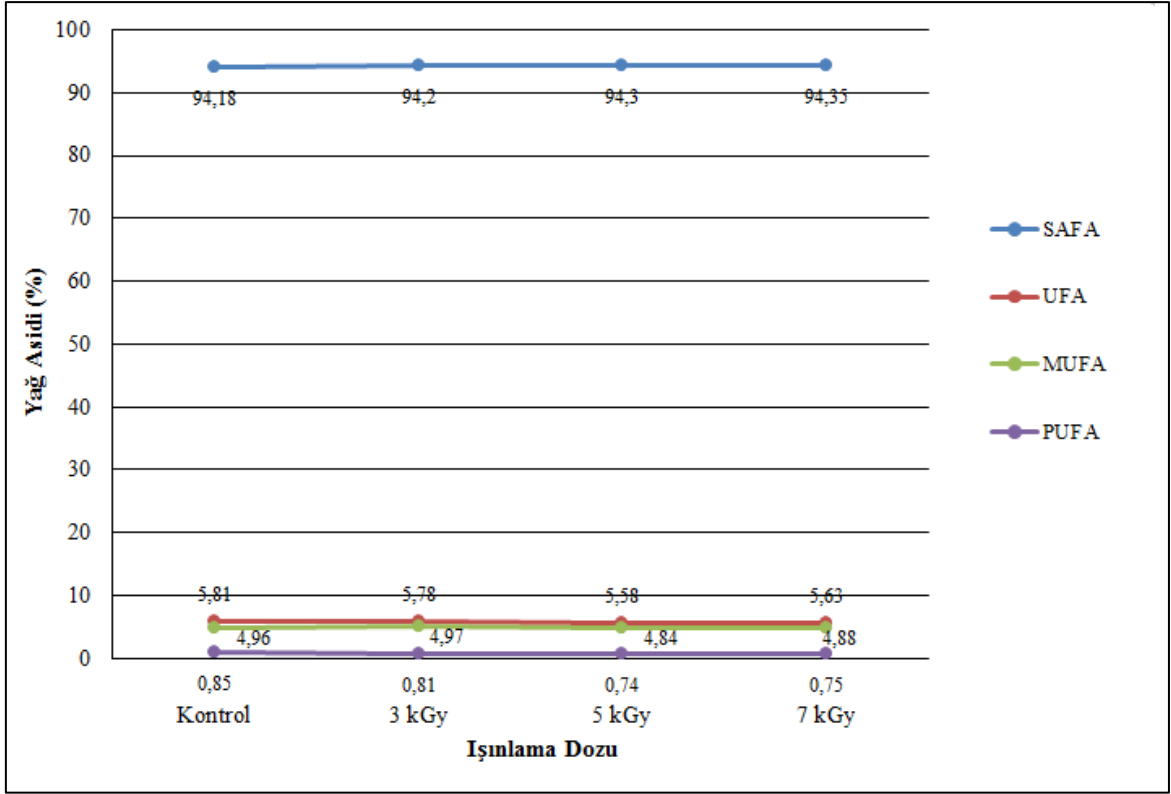


Şekil 4.7. % 62 yağlı hindistan cevizi örneği yağının ışınlama dozuna bağlı olarak yağ asidi değerlerindeki değişim grafiği

Şekil 4.7. incelendiğinde başlangıçta % 50.04 olan laurik asit değeri 7 kGy ışınlama sonrasında % 49,98 olduğu tespit edilmiştir. Mistik asit ve Palmitik asit sırasıyla kontrol grubunda % 17,66 ve % 7,66 olduğu, 7 kGy doz ışınlama işlemi sonrası ise bu değerlerin % 17.64, %7,65 olduğu belirlenmiştir.

Kaprilik asit miktarı kontrol grubunda % 8,83 iken 7 kGy ışınlama sonucunda % 9,04'e kadar yükselmiştir. Hindistan cevizi yağının kaprik asit değeri incelendiğinde kontrol grubunda % 7 olan değer 7 kGy ışınlama sonucunda % 7,1'e kadar yükselmiştir. Işınlamanın kaprilik ve kaprik asit üzerine etkisi istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ( $p < 0,05$ ).

Şekil 4.8'de ışınlama işleminin% 62 yağlı hindistan cevizi yağının toplam doymamış yağ asitleri bileşimi, tekli ve çoklu doymamış yağ asitleri bileşimi ve toplam doymuş yağ asitleri bileşimine etkisi gösterilmektedir.



**Şekil 4.8.** % 62 yağlı hindistan cevizi örneği yağının ışınlama dozuna bağlı olarak SAFA, UFA, MUFA, PUFA değerleri grafiği

Şekil 4.8’de . % 62 yağlı hindistan cevizi yağının yağ asidi bileşimi incelendiğinde ışınlama dozuna paralel olarak doymuş yağ asitleri miktarında artış gözlenirken tekli ve çoklu doymamış yağ asitleri miktarı ışınlama dozu arttıkça azalma göstermiştir.

Kontrol grubunda % 94,18 olan SAFA değeri 7 kGy ışınlama sonunda % 0,27’lik artışla % 94,45’e kadar yükselmiştir. Başlangıçta % 4,96 ve % 0,85 olan MUFA ve PUFA değerleri ise 7 kGy ışınlama sonrası sırasıyla % 4,88 ve % 0,75 değerlerine kadar düştüğü tespit edilmiştir. Artan ışınlama dozunun doymuş yağ asitleri miktarını arttırdığı, doymamış yağ asitleri miktarını ise azalttığı tespit edilmiştir.

Çizelge 4.7’de % 44 yağlı hindistan cevizine uygulanan ışınlama işleme sonucunda yağ asitleri bileşimindeki değişimler gösterilmiştir.

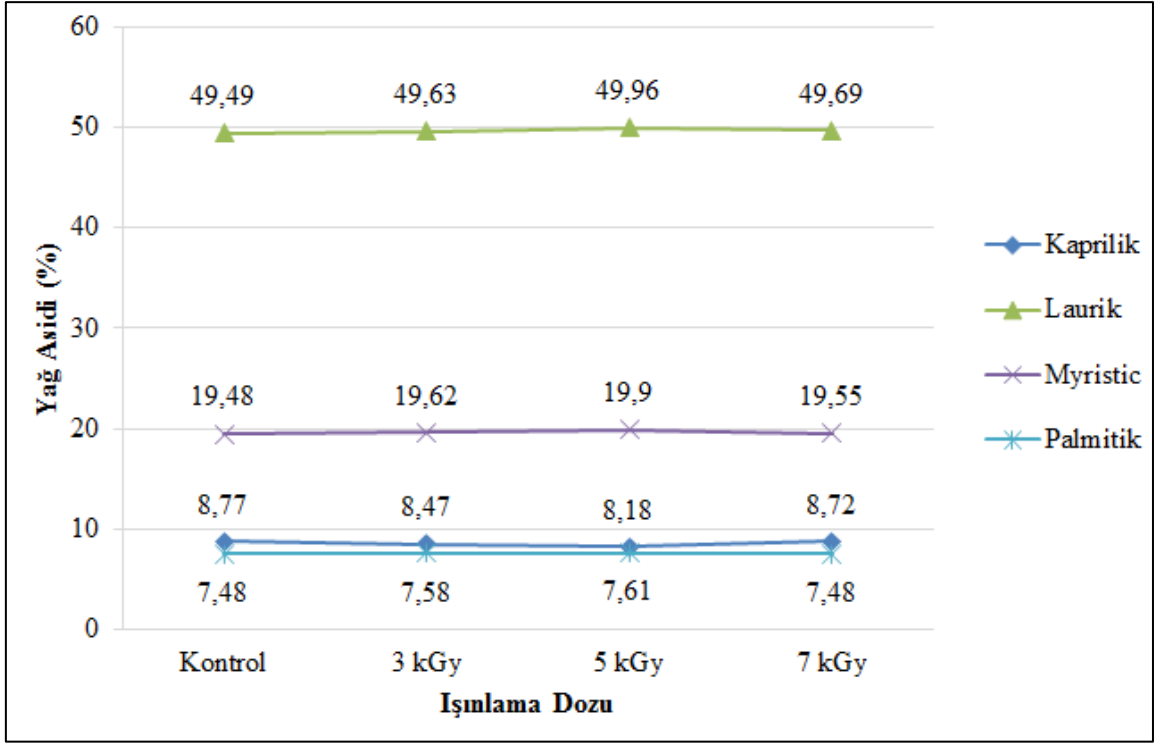
**Çizelge 4.8.** Işınlamanın % 44 yağlı hindistan cevizinin yağ asitleri bileşimine etkisi

Yağ Asidi (%)	Işınlama Dozları (kGy)				Işınlama Etkisi
	Kontrol	3,0	5,0	7,0	
Kaprilik asit C8:0	8,77±0,03a	8,47±0,04b	8,18±0,03c	8,72±0,01a	*
Kaprik asit C10:0	6,35±0,03a	6,23±0,02bc	6,19±0,02c	6,3±0,03ab	*
Laurik asit C12:0	49,49±0,11b	49,63±0,05b	49,96±0,09a	49,69±0,05b	*
Miristik asit C14:0	19,48±0,05c	19,62±0,01b	19,9±0,03a	19,55±0,03bc	*
Palmitik asit C16:0	7,48±0,01b	7,58±0,02a	7,61±0,01a	7,48±0,02b	*
Stearik asit C18:0	2,9±0,03ab	2,93±0,02a	2,83±0,02b	2,88±0,02ab	NS
Oleik asit C18:1	4,66±0,01a	4,68±0,02a	4,55±0,03b	4,57±0,02b	*
Linoleik asit C18:2	0,79±0,02a	0,73±0,02b	0,71±0,01b	0,72±0,01b	*
Arişidik asit C20:0	0,06±0a	0,06±0a	0,05±0a	0,05±0a	NS
Ekosenoik asit C20:1	0,02±0a	0,02±0a	0,02±0a	0,02±0a	NS
SAFA	94,53±0,23a	94,52±0,08a	94,72±0,19a	94,67±0,15a	NS
MUFA	4,68±0,01a	4,7±0,02a	4,57±0,03b	4,59±0,02b	*
PUFA	0,79±0,02a	0,73±0,02b	0,71±0,01b	0,71±0,01b	*
UFA	5,47±0,03a	5,43±0,04a	5,28±0,04b	5,31±0b	*
PUFA/SAFA	0,01±0a	0,01±0b	0,01±0b	0,01±0b	*

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

\*p<0,05 düzeyinde önemli, NS önemsiz

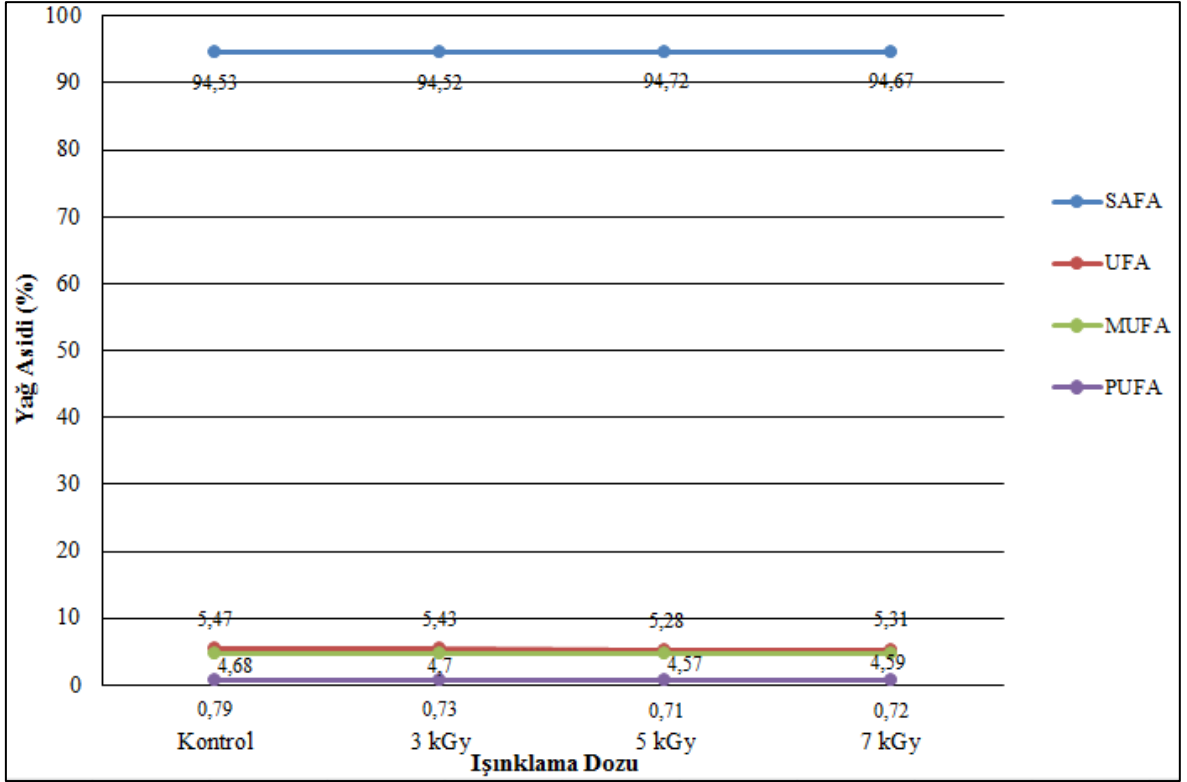
Şekil 4.9'da % 44 yağlı hindistan cevizine uygulanan ışınlama işlemi sonucunda bazı yağ asitleri bileşiminde meydana gelen değişimler grafik üzerinde incelenmiştir.



**Şekil 4.9.** % 44 yağlı hindistan cevizi örneği yağının ışınlama dozuna bağlı olarak yağ asidi değerlerindeki değişim grafiği

% 44 yağlı hindistan cevizi yağında laurik asit miktarının ışınlanmamış kontrol grubunda % 49,49 olduğu; bu değer 7 kGy doz ışınlama sonrası % 0,2 artarak % 49,69 kadar arttığı tespit edilmiştir. Mistik asit miktarı ışınlanmamış örnekte % 19,48 iken, 3kGy, 5 kGy, 7 kGy doz ışınlamalar sonrası sırasıyla % 19,62, % 19,9 ve % 19,55 olduğu belirlenmiştir. Kontrol grubunda % 8,77 olan Kaprilik asit, 7 kGy doz ışınlama sonrasında %8,72 olduğu belirlenmiştir. Palmitik asit oranı kontrol grubunda ve 7 kGy doz ışınlama sonrasında ölçülen değer % 7,48 olduğu, bu yağ asidinde ışınlama işleminin ölçülen değerde fark yaratmadığı tespit edilmiştir. % 44 yağlı hindistan cevizi yağı bileşiminde bulunan bu yağ asitlerindeki değişimler istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ( $p < 0,05$ ).

Şekil 4.10'da ışınlama işleminin % 44 yağlı hindistan cevizi yağının toplam doymamış yağ asitleri bileşimi, tekli ve çoklu doymamış yağ asitleri bileşimi ve toplam doymuş yağ asitleri bileşimi gösterilmiştir.



**Şekil 4.10.** % 44 yağlı hindistan cevizi örneği yağının ışınkılama dozuna bağlı olarak SAFA, UFA, MUFA, PUFA değerleri grafiği

Işınkılama işleminin % 44 yağlı hindistan cevizi yağının doymuş yağ asitlerine etkisi incelendiğinde kontrol grubunda % 94,53 olan değer 7 kGy doz ışınkılama işlemini sonunda % 0,14 artarak % 94,67'e yükseldiği tespit edilmiştir.

Işınkılama işlemi sonucunda % 44 yağlı hindistan cevizi yağının tekli ve çoklu doymamış yağ asitlerinde ki değişim değerlendirildiğinde, başlangıçta % 4,68, % 0,79 olan MUFA, PUFA değerleri 7 kGy doz ışınkılama sonucunda % 4,59 , % 0,72 olarak ölçülmüştür.

Artan ışınkılama dozunun tekli ve çoklu doymamış yağ asitleri miktarında azalmaya neden olduğu belirlenmiştir. Bu azalma istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. ( $p < 0,05$ )

Çizelge 4.8'de % 37 yağlı hindistan cevizine uygulanan ışınkılama işleme sonucunda yağ asitleri bileşimindeki değişimler gösterilmiştir.

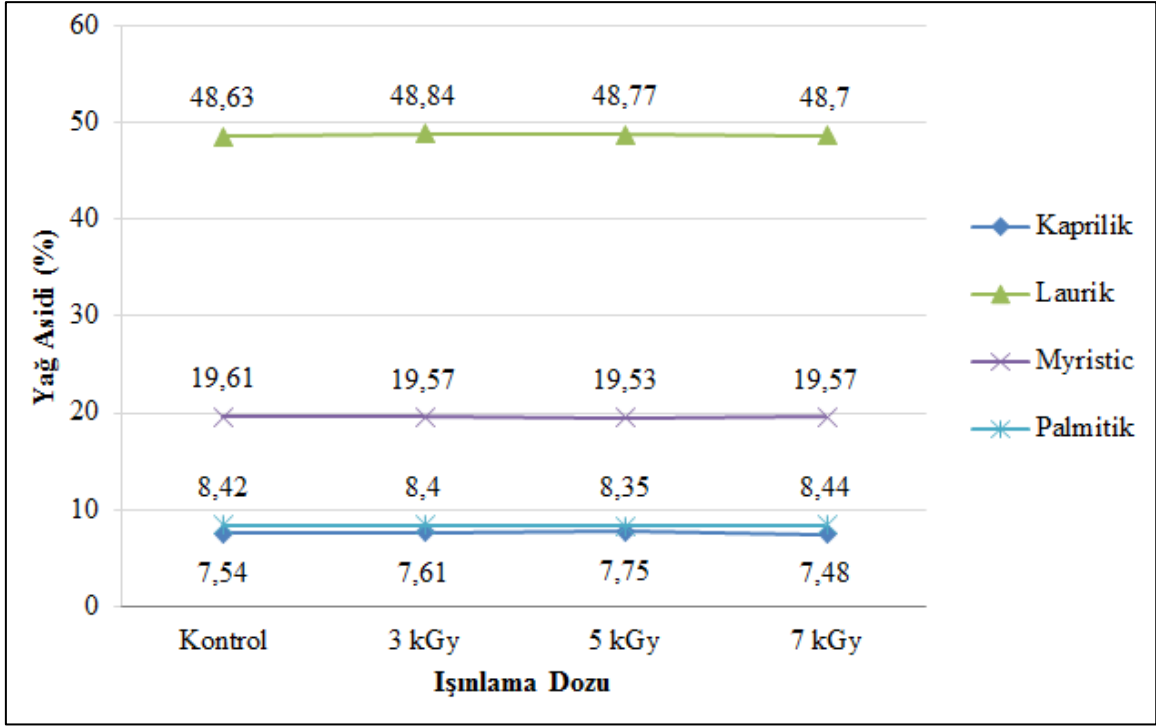
**Çizelge 4.9.** Işınlamanın % 37 yağlı hindistan cevizinin yağ asitleri bileşimine etkisi

Yağ Asidi (%)	Işınlama Dozları (kGy)				Işınlama Etkisi
	Kontrol	3,0	5,0	7,0	
Kaprilik asit C8:0	7,54±0,02bc	7,61±0,01bc	7,75±0,03a	7,48±0,03c	*
Kaprik asit C10:0	5,85±0,03b	5,89±0,02ab	5,94±0,02a	5,86±0,01b	NS
Laurik asit C12:0	48,63±0,06a	48,84±0,08a	48,77±0,07a	48,7±0,06a	NS
Miristik asit C14:0	19,61±0,03a	19,57±0,04a	19,53±0,08a	19,57±0,07a	NS
Palmitik asit C16:0	8,42±0,061a	8,4±0,032a	8,35±0,053a	8,44±0,054a	NS
Stearik asit C18:0	3,34±0,02a	3,27±0,04a	3,29±0,05a	3,39±0,08a	NS
Oleik asit C18:1	5,62±0,01a	5,48±0,01b	5,41±0,02c	5,62±0,02a	*
Linoleik asit C18:2	0,61±0,02a	0,6±0,04a	0,59±0,05a	0,65±0,03a	NS
Arişidik asit C20:0	0,07±0b	0,07±0b	0,07±0b	0,09±0a	*
Ekosenoik asit C20:1	0,02±0b	0,02±0b	0,02±0b	0,04±0a	*
Behenik C22:0	0,01±0 b	0,02±0a	0,01±0b	0,02±0a	*
Erusik C22:1	-	-	-	0,05±0a	*
Lignoserik C24:0	-	-	-	0,06±0a	*
SAFA	93,47±0,23a	93,67±0,23a	93,71±0,29a	93,61±0,3a	NS
MUFA	5,64±0,01b	5,5±0,01c	5,43±0,02d	5,71±0,02a	*
PUFA	0,61±0,02a	0,6±0,04a	0,59±0,05a	0,65±0,03a	NS
UFA	6,25±0,03a	6,1±0,03b	6,02±0,07b	6,36±0,01a	*
PUFA/SAFA	0,01±0a	0,01±0a	0,01±0a	0,01±0a	NS

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

\*p<0,05 düzeyinde önemli, NS önemsiz

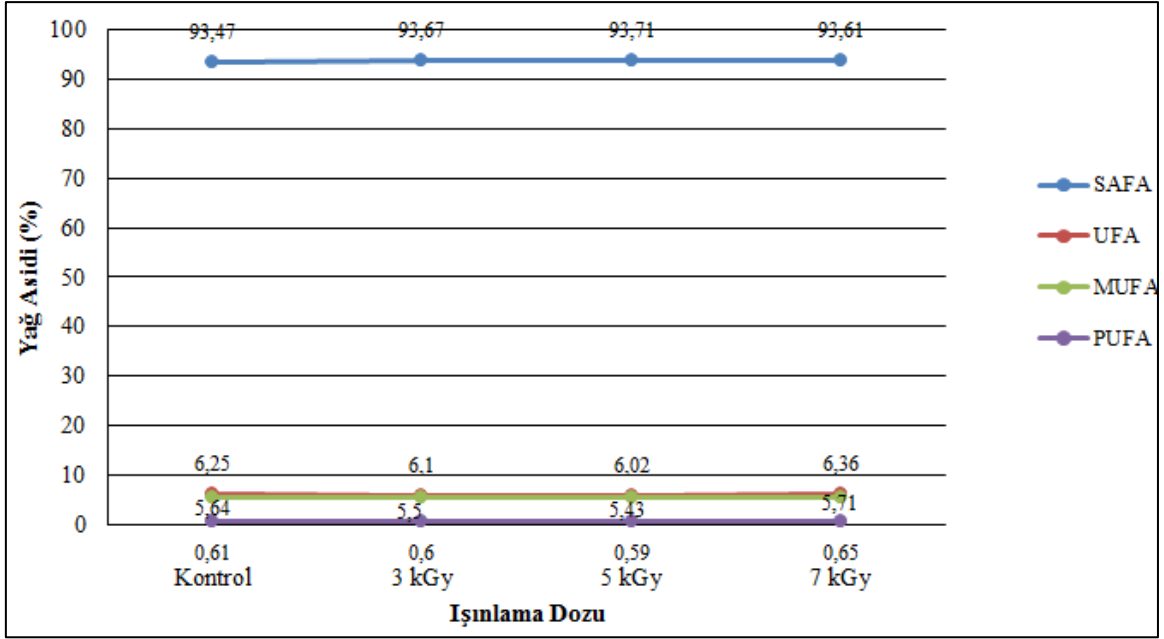
Şekil 4.11’de % 37 yağlı hindistan cevizine uygulanan ışınlama işlemi sonucunda bazı yağ asitleri bileşiminde meydana gelen değişimler grafik üzerinde incelenmiştir.



**Şekil 4.11.** % 37 yağlı hindistan cevizi örneği yağının ışınlama dozuna bağlı olarak yağ asidi değerlerindeki değişim grafiği

% 37 yağlı hindistan cevizi yağında laurik asit miktarı incelendiğinde kontrol grubunda % 48,63 olan değer 7 kGy doz ışınlama işlemi sonucunda % 48,7 olarak tespit edilmiştir. Mistik asit miktarı kontrol grubunda % 19,61 iken, 7 kGy doz ışınlama sonrası bu değer % 19,57 olduğu belirlenmiştir. Kontrol grubundaki oranı % 8,42 olan palmitik asite uygulanan 3 kGy, 5 kGy, 7 kGy doz ışınlama işlemleri sonucunda değerler sırasıyla % 8,4, % 8,35 ve % 8,44 olarak bulunmuştur. Diğer bir doymuş yağ asit olan kaprilik asit kontrol örneğinde % 7,54 olarak bulunmuştur. 7 kGy doz ışınlamadan sonra ise bu değer % 7,48 olarak ölçülmüştür.

Şekil 4.12'de ışınlama işleminin % 37 yağlı hindistan cevizi yağının toplam doymamış yağ asitleri bileşimi, tekli ve çoklu doymamış yağ asitleri bileşimi ve toplam doymuş yağ asitleri bileşimi gösterilmiştir.



**Şekil 4.12.** % 37 yağlı hindistan cevizi örneği yağının işnlama dozuna bağılı olarak SAFA, UFA, MUFA, PUFA değerleri grafiği

Şekil 4.12’de SAFA miktarları incelendiğinde; başlangıçta % 93,47 iken 7 kGy doz işnlama işlemi sonrası bu değer % 0,14 artarak % 94,61 kadar yükseldiği belirlenmiştir. Kontrol örneğinde sırasıyla % 5,64 ve % 0,61 olan MUFA ve PUFA değerleri 7 kGy doz işnlama işlemi sonunda % 5,71 ve % 0,65 olarak tespit edilmiştir.

% 37 yağlı hindistan cevizine 3 kGy, 5 kGy, 7 kGy dozlarda uygulanan işnlama işlemi sonucunda doymuş yağ asitleri miktarı işnlama dozuna paralel olarak artış göstermiştir. Bu örneğe ait tekli ve çoklu doymamış yağ asitleri miktarları incelendiğinde % 62 yağlı ve % 44 yağlı hindistan cevizi yağı örneklerinden farklı olarak artan işnlama dozuna bağılı olarak azalmanın aksine artış olduğu tespit edilmiştir.

Mexis ve ark. (2008), yaptıkları çalışmada badem örnekleri 1 kGy, 1,5 kGy, 3 kGy, 5 kGy ve 7,5 kGy dozda işnlanmıştır. İşlem sonrası örneklere ait yağ asitleri kompozisyonu incelenmiş ve doymuş yağ asitleri miktarının arttığı bildirilmiştir.



Geçgel ve ark. (2011) yaptıkları çalışmada fındık, ceviz, badem ve antep fıstığı örnekleri 1 kGy, 3 kGy, 5 kGy ve 7 kGy dozlarda ışılandıktan sonra farklı dozlarda ışınlanan örneklerin yağ asidi bileşimindeki değişimler incelenmiştir. Artan ışınlama dozuyla beraber doymuş yağ asitleri oranının arttığı, toplam doymamış ve toplam çoklu doymamış yağ asitlerinde azalma olduğu ve bulguların araştırmamızdan elde edilen verilerle benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir.

Apaydın ve ark.(2017)'nin yaptıkları bir çalışmada beş çeşit üzüm örneğine sırasıyla 1 kGy, 3 kGy, 5 kGy ve 7 kGy dozlarında ışınlama işlemi uygulanmıştır. Örneklere ait yağ asitleri kompozisyon değerleri incelendiğinde artan ışınlama dozuyla beraber doymuş yağ asitleri oranının arttığı, toplam doymamış ve toplam çoklu doymamış yağ asitlerinde azalma olduğu ve bulguların araştırmamızdan elde edilen verilerle uyum gösterdiği tespit edilmiştir.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Farklı yağ oranlarına sahip hindistan cevizi örneklerine uygulanan gama ( $\gamma$ ) ışınları sonucu örneklerin mikrobiyolojik özellikleri incelendiğinde, artan ışınlama dozuna paralel olarak TMAB ve toplam maya-küf sayısında azalma olduğu belirlenmiştir. Tüm örneklerde 3 kGy dozdaki ışınlamanın TMAB sayısını belirlenemeyecek seviyelere kadar indirmek için yeterli olduğu görülmektedir. Maya ve küf inhibasyonu için 5 kGy dozundaki ışınlamanın yeterli olduğu tespit edilmiştir.

Hindistan cevizi örneklerine uygulanan 7 kGy ışınlama sonrası nem miktarlarında kontrol grubuna kıyasla artış olmuştur. Nem miktarlarında meydana gelen değişimler istatistiki açıdan önemli bulunmuştur. Gıdalara uygulanan gama ışınlama sonrası yapılarında meydana gelen değişimler sonucu , gıdaların su miktarlarında artış olabilmektedir.

% 62, % 44 ve % 37 yağlı hindistan cevizi örneklerine uygulanan 3, 5 ve 7 kGy dozlardaki ışınlama işleminin kül ve yağ değerlerinde önemli değişikliğe neden olmamıştır.

Farklı yağ oranlarına sahip hindistan cevizi örneklerine uygulanan ışınlama işlemi, peroksit sayısı ve serbest yağ asitliği değerlerinde artışa neden olmuştur. % 62, % 44 ve % 37 yağlı hindistan cevizi örneklerinde 7 kGy doz ışınlama sonrası ölçülen peroksit değerleri Bitki Adıyla Anılan Yağlar Tebliği'ne (Tebliğ No: 2012/29) göre izin verilen limit değerlerin altında belirlenmiştir. % 44 ve % 37 yağlı hindistan cevizi örneklerinde 7 kGy doz ışınlama sonrası ölçülen serbest yağ asitliği değerleri Bitki Adıyla Anılan Yağlar Tebliği'ne göre izin verilen limit değerlerin altında belirlenmiştir. Ancak % 62 yağlı hindistan cevizi örneğinde 7 kGy doz ışınlama sonrası ölçülen serbest yağ asitliği değeri tebliğde izin verilen limit değerinin üzerinde çıkmıştır.

Gıdalarda ışınlama sonucu oluşan reaksiyon ürünlerinin konsantrasyonu ve yağ asiti kompozisyonundaki değişim ışınlama dozuna, sıcaklığa ve depolama koşullarına bağlı olduğu kadar, gıdanın başlangıçtaki yağ içeriği ve kompozisyonuna da bağlıdır. Gıdada doymamış yağ asiti miktarı arttıkça ışınlama işlemine karşı gösterdiği hassasiyette artmaktadır. Hindistan cevizi yüksek oranda doymuş yağ içeriği ile, ışınlama işlemi sonucunda meydana gelen lipid oksidasyonuna duyarlılığı daha azdır.

% 62, % 44 ve % 37 yağlı hindistan cevizi örneklerine ait kontrol gruplarında doymuş yağ asitleri, tekli ve çoklu doymamış yağ asitleri miktarları, Bitki Adıyla Anılan Yağlar

Tebliğine göre izin verilen limitlerde bulunmuştur. 3 kGy, 5 kGy ve 7 kGy dozlarda uygulanan ışınlama işlemi sonunda doymuş yağ asitleri, tekli ve çoklu doymamış yağ asitleri değerleri tebliğde izin verilen limitlerde belirlenmiştir. Işınlama işlemi % 62, % 44 ve % 37 yağlı hindistan cevizi örneklerinde SAFA değerinin artmasına neden olmuştur. Ancak bu artış istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. % 62 ve % 44 yağlı hindistan cevizi örneklerinde MUFA ve PUFA değerleri azalırken, % 37 yağlı hindistan cevizi örneğinde MUFA ve PUFA değerleri artmıştır.

Gıdalara uygulanan ışınlama işlemi, gıda kaynaklı patojenlerin ve bu organizmaların sebep oldukları zehirlenme ve enfeksiyonların kontrol altına alınmasını sağlayan etkili bir muhafaza yöntemidir. Yüksek dozlarda uygulanan ışınlama işlemi gıdalarda lipitlerin radyolitik oksidasyonuna sebep olmakta ve gıda maddesinin besinsel ve/veya duyuşal özelliklerini olumsuz etkileyebilmektedir. Ancak ışınlama sonucu meydana gelen bu kimyasal değişimler diğer muhafaza yöntemlerinde de meydana gelebilmektedir. Işınlama sonucu meydana gelen bu etkiler ışınlama dozuna bağlı olduğu kadar ışınlama sırasında ürün sıcaklığına, ortamdaki oksijen miktarına, muhafaza koşullarına (depo sıcaklığı, nemi vb.) ve gıdanın genel bileşimine de bağlıdır. Uygulama sırasında bu faktörler göz önünde bulundurulursa ışınlama sonrası meydana gelebilecek olumsuz etkiler optimize edilebilir.

Yapılan çalışmada farklı yağ oranlarına sahip hindistan cevizi örneklerine uygulanan 5 kGy doz ışınlamanın mikroorganizma yükünü belirgin ölçüde önemli seviyelere indirmek için yeterli olduğu tespit edilmiştir. Ülkemizde gıda sanayinde ve mutfaklarımızda kullanımı giderek artmakta olan hindistan cevizinin farklı dozlarda gama ışınları ile ışınlanması sonucunda yüksek dozlara maruz kaldığında serbest yağ asitliği ve peroksit sayısında değişimler meydana geldiği için ışınlama dozunun makul seviyelerde tutulması oldukça elzemdir.

Işınlama işlemi yapılan gıdalarda “Gıda Işınlama Yönetmeliği”ne bağlı olarak uygun doz miktarı ( max 10 kGy) belirlendiği takdirde, ışınlanmış gıdanın yapısında kimyasal olarak herhangi olumsuz bir durum meydana gelmeyeceği gibi, mikrobiyolojik açıdan da gıdanın raf ömrüne olumlu yönde katkı sağlayacaktır. Işınlama işleminin özellikle mikrobiyolojik sebeplerden dolayı diğer risk teşkil eden gıdalarda da yaygın olarak kullanılması tavsiye edilebilir.

## 6. KAYNAKLAR

- Abbas SMN, Halkman K (2003). Baharat Mikroflorası Üzerine Işınlamanın Etkisi. Orlab On-Line Mikrobiyoloji. 01:43-65. <http://www.mikrobiyoloji.org/pdf/702030304.pdf> (erişim tarihi 01.04.2016).
- Abdellaoui S, Lacroix M, Jobin M, Boubekri C, Gagnon M (1995). Effect of Gamma Irradition Combined with Hot Water Treatment on the Physico-Chemical, Nutritional and Organoleptic Qualities of Clementines. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 15: 217-235.
- Acar J (1999). Mikroorganizmaların öldürülmesi. Gıda Mikrobiyolojisi, Ed: Ünlütürk A, Turantaş F. Mangi Tan Basımevi, İzmir, 241-246.
- Anonim (1987). IUPAC-Standard Methods for the Analysis of Oils, Fat and Derivates, Edited by C. Paquat and A. Hautfenne 7th edn., Blackwell Scientific Publications Ltd. Oxford, London, Edinburg.
- Anonim (1993). AOCS, Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists Society, 3rd edn., Method Ce.2-66.
- Anonim (1999). Gıda Işınlama Yönetmeliği. 6.11.1999, 23868 sayılı Resmi Gazete.
- Anonim (2013). A series of Fact Sheets from the International Consultative Group on Food Irradiation. <http://www.iaea.org/Publications/Booklets/foodirradiation.pdf> (erişim tarihi 03.08.2013).
- Anonim (2014). The Facts, <http://uw-food-irradiation.engr.wisc.edu/Facts.html> (erişim tarihi, 30.11.2014).
- Anonim (2018a). Hindistan Cevizi Üretim Verileri <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QD> (erişim tarihi 03.04.2018).
- Anonim (2018b). Hindistan Cevizi Yağı Üretim Verileri <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QD> (erişim tarihi 03.04.2018).
- Anonim (2018c). Coconut Oil. <https://www.apccsec.org/apccsec/products-3-Coconut%20Oil.html> (erişim tarihi: 22.3.2018)
- AOAC (1990). Official Methods of Analyses of Association of Analytical Chemist. Fifteen Edition Washington DC.
- Apaydın D, Demirci AS, Geçgel Ü (2017). Effect of Gamma Irradiation on Biochemical Properties of Grape Seeds. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 94 (1): 57-67.
- Atasever M, Atasever AM. (2007). Işınlamanın Gıda Teknolojisinde Kullanımı. Atatürk Üniversitesi Vet. Bil. Derg, 2 (3) :107-116.
- Atungulu GG, Pan Z. (2012). Microbial Decontamination of Nuts and Spices. Microbial Decontamination in the Food Industry, Part I: Microbial decontamination of different food products, Ed: A. Demirci, M.O. Ngadi. Woodhead Publishing, 125-162.
- Ayhan H (1993). İyonize Işıkların Gıda Bileşenleri Üzerine Etkileri. *Gıda / The Journal of Food*, 18(4): 265-268.
- Baumgart J, (1993). Mikrobiologische Untersuchung von Lebensmitteln. Behr's Verlag, Hamburg

- Banerjee M, Sarkar PK (2003). Microbiological Quality of Some Retail Spices in India. *Food Research International*, 36 (5): 469-474.
- Budak A, Obuz E (2006). Gıdalarda İyonize Radyasyon Uygulamaları. Türkiye 9. Gıda Kongresi, 671-674, Bolu.
- Burnett CL, Bergfeld WF, Belsito DV, Klaassen CD, Marks JG Jr, Shank RC, Slaga TJ, Snyder PW, Andersen FA (2011). Final Report on the Safety Assessment of Cocos nucifera (Coconut) Oil and Related Ingredients. *Int. J.Toxicol*, 30; 5-16.
- Calenberg SB, Vanhaelewyn G, Cleemput OV, Callens F, Mondelaers W, Huyghebaert A (1998). Comparison of the Effect of X-ray and Electron Beam İrradiation on Some Selected Spices. *Food Science and Technology*, 31: 252-258.
- Chaudry MA, Bibi N, Khan M, Badshah A, Qureshi MJ (2004). Irradiation Treatment of Minimally Processed Carrots for Ensuring Microbiological Safety. *Radiation Physics and Chemistry*, 71: 169– 173.
- Che Man YB, Marina AM (2006). Medium chain triacylglycerol. *Nutraceutical and Specialty Lipids and Their Coproducts*, Ed: Shahidi F. *Nutraceutical Science and Technology*, 2: 27-56.
- Choi YS, Kim HW, Hwang KE, Song DH, Jeong TJ, Seo KW, Kim YB, Kim JC (2015). Effect of Gamma İrradiation Properties of Heat-induced Gel Prepared With Chicken Salt-soluble Proteins. *Radiation Physics and Chemistry* 106: 16-20.
- Çatal P (2012). Işınlama İşlemi Uygulanmış Ayçiçeği ve Kolza Tohumlarının Yağ Kalitesi Özelliklerinde Meydana Gelen Bazı Değişikliklerin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Tekirdağ.
- Çetinkaya N, Halkman HBD (2006). Türkiye’de Gıda Işınlama Teknolojisindeki Gelişmeler ve Yasal Düzenlemeler. Türkiye 9. Gıda Kongresi, Bolu, Türkiye.
- Çetinkaya N (2011). Gıda Işınlama Teknolojisinin Ticari Uygulamaları. Samsun sempozyumu. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Veteriner Fakültesi. 1-8.
- Çolak FA (2006). Işınlamanın Çörekotunun (Nigella Sativa L.) Bazı Fizikokimyasal, Mikrobiyolojik Özelliklerine ve Yağ Asitleri Kompozisyonuna Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Tekirdağ.
- D’Oca MC, Bartolotta A, Cammilleri C, Giuffrida S, Parlato A, Stefano VD (2010). A Practical and Transferable Methodology for Dose Estimation in Irradiated Spices, Based on Thermoluminescence Dosimetry. *Applied Radiation and Isotopes*, Ed: Hugtenburg RP, Zimmerman BE. *Industrial Applications and Radiation Technologies*, 68 (4-5): 639-642 .
- Dempster JF (1985). Radiation Preservation of Meat and Meat Products.12: 61-89.
- Dickson JS (2001). Radiation İnactivation of Microorganisms. *Food İrradiation Principles and Applications*, Ed: Molins RA. USD, 2: 23-35.
- Diehl JF (2002). Food İrradiation-Past, Present and Future. *Radiation Physics and Chemistry*,63:211-215.
- Durmaz H, Sancak H (2014). Gıda Teknolojisinde Işınlamanın Yeri ve Önemi. *Harran Üniv Vet Fak Derg*, 3(1): 33-41
- Farkas J (1985). *Irradiation of Dry Food Ingredients*. CRC Press, Boca Raton, 153 .

- Farkas J(1998). Irradiation as a Method for Decontaminating Food. *International Journal of Food Microbiology*, 44:189-204
- Farkas J (2001). Physical Methods of Food Preservation. In: *Food Microbiology. Fundamentals and Frontiers*, Ed: Doyle MP, Beuchat, LR. ASM Press, Washington DC, 561-591.
- Geçgel Ü, Gümüş T, Tasan M, Dağlıoğlu M, Arıcı M (2011). Determination of Fatty Acid Composition of  $\gamma$ -irradiated Hazelnuts, Walnuts, Almonds and Pistachios. *Radiation Physics and Chemistry* 80: 578-581.
- Gezgin Z, Gunes G (2007). Influence of Gamma Irradiation on Growth and Survival of *Escherichia coli* O157:H7 and Quality of Cig Kofte, a Traditional Raw Meat Product. *International Journal of Food Science and Technology*, 42:1067-1072.
- Gölge E, Ova G (2007). The Effects of Food Irradiation on Quality of Pine Nut Kernels, *Radiation Physics and Chemistry*, 77: 365-369.
- Hagenmaier RD, Robert AB (1997). Low Dose Irradiation of Cut Iceberg Lettuce in Modified Atmosphere Packaging. *Journal of Agriculture Food Chemistry*, 45: 2864-2868.
- Hanis T, Jelen P, Klir P, Mnukova J, Perez B, Pesek M (1989). Poultry Meat Irradiation . Effect of Temperature on Chemical Changes and Inactivation of Mikroorganizms. *J.Food Protect*, 52: 26-29.
- Hışıl Y (1981). Gıda Kontrolunda Enstrümental Analiz Laboratuvar Kılavuzu, E.Ü.Gıda Fakültesi Teksir No.10.Bornova-Ğzmir.1981.54 s.
- Josephson ES, Thomas MH, Calhoun WK (1979). Nutritional Aspect of Food Irradiation:an overview. *J. Food Proc. and Pres*, 2: 299-313.
- Killmann W, Fink D (1996). Coconut Palm Stem Processing. Technical Handbook, Dept. Furniture and Wooden Products, Germany, 10 pp.
- Korel F, Orman S (2005). Gıda Işınlaması, Uygulamaları ve Tüketicinin Işınlanmış Gıdaya Mattissek Bakış Açısı. *HR.Ü.Z.F.Dergisi*, 9(2):19-27.
- Lacroix M (2014). Irradiation Emerging Technologies for Food Processing. Ed: Da-Wen Sun. Academic Press,Canada, 293-312.
- Liu K, Liu Y, Chen F (2018). Effect of Gamma Irradiation on the Physicochemical Properties and Nutrient Contents of Peanut. *LWTeknoloj- Food Science and Teknoloj*, 96: 535–542.
- R, Shengel FM, Steiner G (1988). *Lebensmittel-Analytick*. Springer Verlag Berlin, Tokyo, 440p.
- Mexis SF, Badeka AV, Chouliara E, Rigana KA, Kontominas MG (2008). Effect of Gamma Irradiation on the Physicochemical and Sensory Properties of Raw Unpeeled Almond Kernels. *Innovatite Food Science and Emerging Technologies*, 10: 87-92.
- Munasiri MA, Parte MN, Ghanekar AS, Sharma A, Padwal-Desai SR, Nadkarni GB (1987). Sterilization of Ground Prepacked Indian Spices by Gamma Irradiation. *J. Food Sci*, 52(3): 823-824, 826.
- Niyas Z, Variyar PS, Gholap AS, Sharma A (2003). Effect of  $\gamma$ -irradiation on the Lipid Profile of Nutmeg (*Myristica Fragrans* Houtt.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51 (22): 6502-6504.

- Onyenekwe PC, Stahl M, Adejo G (2012). Post-irradiation Changes of the Volatile Oil Constituents of *Monodora Myristica* (Gaertn) Dunal. *Nat Prod Res*, 26 (21): 2030-4.
- Piggott JR, Othman Z (1993). Effect of Irradition on Volatile Oils of Black Pepper. *Food Chem*, 46:115-119.
- Polovka M, Suhaj M (2013). Classification and Prediction of Gamma-İrradiation of Ten Commercial Herbs and Spices by Multivariate Evaluation of Properties of Their Extracts. *Journal of Food and Nutrition Research*, 52 (1): 45-60.
- Rico CW, Kim G-R., Ahn J-J., Kim H-K., Furuta M, Kwon J.-H (2010). The Comparative Effect of Steaming and Irradiation on the Physicochemical and Microbiological Properties of Dried Red Pepper (*Capsicum annum L.*). *Food Chemistry*, 119 (3): 1012-1016.
- Sadecka J (2007). Irradiation of Spices. *Czech Journal of Food Sciences*, 25 (5): 231-242.
- Sadecka J (2010). Influence of Two Sterilisation Ways, Gamma-Irradiation and Heat Treatment, on the Volatiles of Black Pepper (*Piper nigrum L.*). *Czech Journal of Food Sciences*, 28 (1): 44-52.
- Santoso U, Kubo K, Ota T, Tadokoro T, Maekawa A (1996). Nutrient composition of kopyor coconuts (*Cocos nucifera L.*). *Food Chemistry*, 57 (2):299-304
- Seow CC, Gwee NC (1997). Coconut Milk: Chemistry and Technology. *International. Journal of Food Science and Technology*, 32: 189-201.
- Shea KM (2000). Technical Report: Irradiation of food. *Pediatrics*, 106: 1505-1510.
- Smith JS, Pillai S (2004). Irradiation and Food Safety. *Food Technology*, 58 (11): 48-55.
- Sommers CH (2012). Mikrobial Decontamination of Food by Irradiation. *Microbial Decontamination in the Food Industry ,Part II: Current and emerging non-chemical decontamination methods* Ed: Demirci A, Ngadi M. USA, Woodhead Publishing, 322-343.
- Subbulakshmi G, Udipi S, Raheja R (1991). Evaluation of Sensory Attributes and Some Quality İndices of Irradiated Spices. *J. Food Sci. Tech. India*, 28(6): 396-397.
- Todd ECD (2014). Foodborne Diseases: Overview of Emerging Food Technologies. *Encyclopedia of Food Safety, Volume 1: History, Science and Methods*, Ed: Yasmine Motarjem. Switzerland, 253-261.
- Tokuşoğlu Ö, Aydoğdu T (2015). Fonksiyonel Bir Yağ Olarak Hindistan Cevizi Yağı: Lipid ve Fenolik Profili ve Sağlık Etkileri. <http://www.gida2000.com/fonksiyonel-bir-yag-olarak-hindistan-cevizi-yagi-lipid-ve-fenolik-profil-ve-saglik-etkileri.html> (erişim tarihi 22.04.2018).
- Topuz A (2002). Farklı Gamma Işınlama Dozlarının ve Depolamanın Kırmızı Pul Biberin (*Capsicum Annuum L.*) Bazı Kimyasal, Mikrobiyolojik ve Duyusal Kalitesi Üzerine Etkileri. Doktora Tezi, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Antalya.
- Varidar PS, Bandyopadhyay C, Thomas P (1998). Effect of  $\tau$ -İrradiation on the Volatile Oil Constituents of Some İndian Spices. *Food Research Int*, 31:105-109.
- Varlık C, Uğur M, Gökoğlu N, Gün H (1993). Su Ürünlerinde Kalite Kontrol İlke ve Yöntemleri. Gıda Teknolojisi Derneği. Gıda Teknolojisi, Yayın No: 17. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, 173 s.

- Vickers ZM, Wang J (2002). Liking of Ground Beef Patties is not Affected by Irradition. *Journal of Food Science*, 67:380-383.
- Villarino JB, Lianne Marsha DY, Lizada CC (2007). Descriptive Sensory Evaluation of Virgin Coconut Oil and Refined, Bleached and Deodorized Coconut Oil. *Food Science and Technology*, 40:193-199.



## **ÖZGEÇMİŞ**

1988 yılında İstanbul'da doğdu. İlk, orta ve lise öğretimini İstanbul'da tamamladı. 2007 yılında Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümüne başlamış, 2011 yılında lisans eğitimini tamamlamıştır. 2012 yılında Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalında yüksek lisans eğitimine başlamıştır. Özel Bir sektörde sorumlu yönetici olarak görevine devam etmektedir.