



**İŞİNLAMA İŞLEMİNİN CHİA (*SALVIA
HİSPANICA L.*) TOHUMU YAĞLARININ
KİMYASAL ÖZELLİKLER ÜZERİNE ETKİSİ**

Enise AKYOL

Yüksek Lisans Tezi

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ümit GEÇGEL

2019

T.C.
TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**İŞİNLAMA İŞLEMİNİN CHİA (*SALVIA HİSPANICA L.*) TOHUMU
YAĞLARININ KİMYASAL ÖZELLİKLER ÜZERİNE ETKİSİ**

Enise AKYOL

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: Prof. Dr. Ümit GEÇGEL

TEKİRDAĞ-2019

Her hakkı saklıdır

Prof. Dr. Ümit GEÇGEL danışmanlığında Enise AKYOL tarafından hazırlanan “İşinlama İşleminin Chia(*Salvia Hispanica L.*) Tohumu Yağlarının Kimyasal Özellikler Üzerine Etkisi” isimli bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak oybirliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı: Prof. Dr. Ümit GEÇGEL *İmza :*

Üye: Doç. Dr. Ahmet Şükrü DEMİRCİ *İmza :*

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Salih KARASU *İmza :*

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına

Doç. Dr. Bahar UYMAZ

Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

İŞINLAMA İŞLEMİNİN CHİA (*SalviaHispanica* L.) TOHUMU YAĞLARININ KİMYASAL ÖZELLİKLER ÜZERİNE ETKİSİ

Enise AKYOL

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ümit GEÇGEL

Bu araştırmada, ışınlama işleminin chia tohumu yağlarının kimyasal özellikler üzerine etkisi incelenmiştir. Araştırmada kullanılan örnekler Arjantin’ den ülkemize ithalat yolu ile bu ürünü getiren özel bir firmadan temin edilmiştir. Kontrol numunesi dahil, 300’ er gramlık 5 ayrı bölüme ayrılmış örnekler, Tekirdağ- Çerkezköy de bulunan GAMMA-PAK Sterilizasyon San. ve Tic. A.Ş. ışınlama tesisine getirilerek 2,5, 5, 7,5 ve 10 kGy dozlarda gama ışınlama işlemine tabi tutulmuştur. Işınlama işlemi sonrasında chia tohumlarının yağları soğuk pres tekniği kullanılarak elde edilmiştir. Presleme sonucunda elde edilen yağlar filtreden geçirilerek, örnekler üzerinde tokoferol değeri, sterol kompozisyonu, peroksit sayısı, serbest yağ asitliği, fenolik madde, yağ asiti bileşimindeki değişimler incelenmiştir. Kontrol grubuna kıyasla ışınlama dozu arttıkça fenolik madde ve tokoferol değerinin azaldığı, serbest yağ asitliği ve peroksit sayısının arttığı ve bu değişikliklerin istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir ($p<0,01$). Işınlama dozunun artmasıyla beraber palmitik asit ve stearik asitoranlarının arttığı, oleik asit ve linoleik asit oranlarının ise azaldığı belirlenmiştir. Toplam doymuş yağ asitlerinde ışınlama dozunun artışına paralel olarak yükselme tespit edilirken, toplam tekli doymamış ve toplam çoklu doymamış yağ asitlerinde azalma olduğu belirlenmiştir. Sterol kompozisyonları açısından değerlendirildiğinde ise; en yüksek miktarda β -sitosterol belirlenmiş olup, β -sitosteroloranının ışınlama dozu arttıkça azaldığı görülmüştür. Uygulanan ışınlama dozlarına bağlı olarak, sterol kompozisyonunda bulunan kampesterol miktarında istatistiksel açıdan önemli bir fark bulunmamıştır ($p>0,01$). Toplam sterol miktarında ise artan ışınlama dozuna bağlı olarak belli oranda azalma meydana geldiği görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Işınlama, chia tohum yağı, soğuk presyon, kimyasal özellikler, yağ asitleri bileşimi, tokoferol, sterol

2019, 43 sayfa

ABSTRACT

MSc Thesis

THE EFFECT OF IRRADIATION PROCESS ON CHEMICAL PROPERTIES OF CHIA

(*Salvia Hispanica* L.) SEED OILS

Enise AKYOL

TekirdağNamık Kemal University

Graduates School of Natural and Applied Sciences

Department of Food Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Ümit GEÇGEL

In this study, the effect of irradiation on the chemical properties of chia seed oils was investigated. The samples used in the research were obtained from a private company that imported this product from Argentina. Samples divided into 5 separate sections of 300 grams, were subjected to gamma irradiation with the doses of 2,5, 5, 7,5 and 10 kGy in GAMMA-PAK Sterilizasyon San. ve Tic. A.Ş. located in Tekirdağ/Çerkezköy. After the irradiation process, the oils of chia seeds were obtained by using cold press technique. The oils obtained as a result of pressing were filtered and tocopherol value, sterol composition, peroxide number, free fatty acidity, phenolic substance, changes in fatty acid composition of the samples were investigated. Compared to the control group, it was found that phenolic and tocopherol levels decreased, free fatty acid and peroxide count increased with the increase of irradiation dose and these changes were statistically significant ($p < 0.01$). Palmitic acid and stearic acid ratios increased and oleic acid and linoleic acid ratios decreased with increasing irradiation dose. In parallel with the increase of irradiation dose, total monounsaturated and polyunsaturated fatty acids decreased. When evaluated in terms of sterol compositions; β -sitosterol was determined as the highest and β -sitosterol ratio decreased with increasing of irradiation dose. No statistically significant difference was found in the amount of campesterol in the sterol composition depending on the irradiation doses applied ($p > 0.01$). It was observed that the total amount of sterol decreased due to the increased irradiation dose.

Keywords: Irradiation, chia seed oil, cold press, physicochemical properties, fatty acid composition, tocopherol, sterol

2019, 43 pages

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
ÇİZELGE DİZİNİ.....	iv
ŞEKİL DİZİNİ.....	v
SİMGELER DİZİNİ	vi
KISALTMALAR DİZİNİ.....	vii
1.GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	6
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	16
3.1. Materyal.....	16
3.1.1. Işınlama Uygulaması.....	16
3.1.2. Soğuk Presyon Yöntemi.....	16
3.2. Yöntem	17
3.2.1. Chia tohumu yağında yapılan analizler	17
3.2.1.1. Peroksit sayısının belirlenmesi (meqO ² / kg)	17
3.2.1.2. Serbest yağ asitliği oranının belirlenmesi.....	17
3.2.1.3. Yağ asiti bileşiminin belirlenmesi (%)	17
3.2.1.4. Toplam fenolik madde analizi (mg GAE/kg).....	18
3.2.1.5. α- Tokoferol analizi (mg/kg)	18
3.2.1.6. Sterol analizi.....	19
3.2.2. İstatistiksel analizler	19
4. ARAŞTIRMA VE BULGULARI ve TARTIŞMA	20
4.1. Işınlama işleminin chia tohumu yağının peroksit sayısı ve serbest yağ asitliği değerlerindeki değişimin incelenmesi	20
4.2. Işınlama işleminin chia tohumu yağının toplam fenolik madde miktarının etkisinin incelenmesi	23
4.3. Işınlama işleminin chia tohumu yağının yağ asiti bileşimindeki değişimin incelenmesi (%).....	25
4.4. Işınlama işleminin chia tohumu yağının tokoferol değerleri değişiminin incelenmesi	30
4.5. Işınlama İşleminin chia tohumu yağının sterol değerleri değişiminin incelenmesi.....	32
5.SONUÇ VE ÖNERİLER.....	35
6. KAYNAKLAR.....	38
TEŞEKKÜR.....	42
ÖZGEÇMİŞ	43

ÇİZELGEDİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1. Chia tohumunun enerji ve besin ögesi bileşimi	7
Çizelge 2.2. Chia tohumunda bulunan fenolik bileşen kompozisyonu	9
Çizelge 2.3. Gıda Gruplarında Belirli Teknolojik Amaçlara Göre Uygulanmasına İzin Verilen Işınlama Dozları	11
Çizelge 4.1. Chia tohumu yağının farklı ışınlama dozlarına göre peroksit sayısı ve serbest yağ asitliği değerleri	20
Çizelge 4.2. Chia tohumu yağı örneklerinin farklı ışınlama dozlarına göre toplam fenolik madde değerlerinin değişimi	23
Çizelge 4.3. Chia tohumu yağının farklı ışınlama dozlarına göre yağ asitleri bileşimine etkisi	25
Çizelge 4.3.2. Chia tohumu yağının farklı ışınlama dozlarına göre SAFA, UFA, MUFA, PUFA değerleri değişimine etkisi	28
Çizelge 4.4. Chia tohum yağının farklı ışınlama dozlarına göre tokoferol değerleri değişimi	30
Çizelge 4.5. Chia tohum yağının farklı ışınlama dozlarına göre sterol kompozisyonları değişimi	32

ŞEKİLDİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Gıda Işınlama temsil eden Radura Sembolü	10
Şekil 4.1.1. Chia tohumu yağının farklı ışınlama dozlarına göre serbest yağ asitliği değerlerinin değişimi grafiği	21
Şekil 4.1.2. Chia tohumu yağının farklı ışınlama dozlarına göre peroksit sayısı değerlerinin değişimi grafiği	21
Şekil 4.2. Chia tohumu yağının farklı ışınlama dozlarına göre toplam fenolik madde değerleri değişimi grafiği	24
Şekil 4.3.1..Chia tohumu yağının farklı ışınlama dozlarına göre yağ asitleri bileşimindeki değerlerin değişim grafiği	25
Şekil 4.3.2. Chia tohumu yağının farklı ışınlama dozlarına göre SAFA, UFA, MUFA, PUFA değerleri değişim grafiği	28
Şekil 4.4. Chia tohum yağının farklı ışınlama dozlarına göre tokoferol değerlerinin değişim grafiği	31
Şekil 4.5. Chia tohum yağının farklı ışınlama dozlarına göre sterol kompozisyonları değişimi grafiği.....	33

SİMGELER DİZİNİ

α	: Alfa
β	: Beta
γ	: Gama
Δ	: Delta
$^{\circ}\text{C}$	: Celsius derecesi
Co_{60}	: Kobalt-60
Cm	: santimetre
dk	: Dakika
g	: Gram
kg	: Kilogram
kGy	: kilo Gray
kg	: kilogram
Kkal	: kilokalori
L	: Litre
Meq	: Miliekivalent ağırlık
mg	: Miligram
μg	: Mikrogram
μm	: Mikromiligram
mL	: Mililitre
mm	: Milimetre
m	: mol
nm	: nanometre
s	: saat

KISALTMALAR DİZİNİ

AB	: Avrupa Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
ALA	: Alfa Linolenik Asit
AOCS	: Amerika Yağ Kimyagerleri Birliği
AÖF	: Asgari Önemli Fark
BSTFA	: BistrimethylsilylTrifluoroacetamide
Co60	: Kobalt- 60
Cs137	: Sezyum-137
ÇYA	: Çoklu Doymamış Yağ Asidi
EPA	: Eikosapentaenoik Asit
DHA	: Dokosaheksaenoik Asit
DNA	: Deoksiribo Nükleik Asit
DYA	: Doymuş Yağ Asidi
FAME	: Metil Ester Yağ Asitleri
FAO	: Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Teşkilatı
FDA	: Amerikan Gıda ve ilaç Dairesi
HDL	: Yüksek Yoğunluklu Lipoprotein
HPLC	: Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi
IAEA	: International AtomicEnergyAgency
IU	: Uluslar arası Birim
JECFI	: Işınlanmış Gıdaların Güvenliğinde FAO/IAEA/WHO Uzmanlar Ortak Kurulu
LA	: Linoleik Asit
LDL	: Düşük Yoğunluklu Lipoprotein
MAM	: Marmara Araştırma Merkezi
MDS	:Myelodisplastik Sendrom
MUFA	:Tekli doymamış yağ asitleri
O	: Oksijen
PUFA	: Çoklu doymamış yağ asitleri
SAFA	: Doymuş yağ asitleri
Sd	: Standart sapma
WHO	: Dünya Sağlık Teşkilatı
WTO	: Dünya Ticaret Örgütü
TMSCI	: TrimethylChlorosilan
TUBİTAK	: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
TDYA	: Tekli Doymamış Yağ Asidi
UAEA	: Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı
UFA	: Doymamış yağ asitleri

1.GİRİŞ

Yağlar, insanların günlük beslenmesinde karbonhidrat ve proteinler gibi büyük faktöre sahip organik bileşiklerdir. Yetişkin bireylerin günlük aktivitelerini sürdürebilmesi için gerekli olan enerjinin 1/3' ünü yağlardan alması gerekir (Nas ve ark. 2001). Toplumda ortaya çıkan sağlık sorunlarından dolayı yapılan bilimsel çalışmalarda en fazla araştırılan gıda bileşeni yağlardır. Gıda ve Tarım Teşkilatı (FAO) ile Dünya Sağlık Teşkilatı (WHO) uzman grubunun bilimsel araştırma sonuçlarının değerlendirilmesiyle hazırlanan raporlarında, bireylerin beslenmesinde kullanacağı yağ miktarının önemli bir kısmının bitkisel sıvı yağlardan meydana gelmesi gerekliliği bildirilmiştir (Taşan ve Geçgel 2007).

Chia (*Salvia hispanica*), İspanyolca yağlı anlamına gelen chien/chian kelimesinden türemiştir. Tek yıllık bir bitki olan chia, salba olarak da tanınan *Lamiaceae* familyasına aittir. Chia, ya da diğer adıyla *salvia hispanica*, Orta Amerika' ya özgü olan ve nane ailesine ait olan çiçekli bir bitkidir (Cassiday 2017). Yaz aylarında çiçeklenen bu bitki; yaklaşık bir metre boylarında, 4-8 cm yaprak uzunluğunda, 3-5 cm genişlikte olabilmektedir. 11-36 °C arası sıcaklık derecelerinde büyüyüp tohum meydana getirebilmektedir. Chia bitkisi çok düşük sıcaklıklara duyarlı olduğu için tohumun gelişim süreci için en ideal sıcaklık 16-26 °C' dir. Düşük miktarda besin ögesi içeren, pH değeri 6,0-8,5 arasında, yarı kurak topraklar bitkinin yetişmesi için idealdir (Yurt ve Gezer 2018). Yaklaşık 1 mm çapındaki oval tohumların genelde gri ve üzerlerinde koyu renkli benekleri olup, bazıları beyaz renkli de olabilir. Besin değerleri tamamen aynıdır. Ancak; kahverengi olanlar taze tohumlardır ve aynı besin bileşimine sahip değildirler (Cassiday 2017). Chia bitkisinin olgunlaşma sürecinde sahip olduğu alfa linolenik asit (ALA) içeriğinde % 23' lük bir azalma, linoik asit (LA) ve lignin içeriğinde ise artış görülmektedir. Chia tohumunun içeriği bulundurduğu enerji ve besin ögesine göre değişiklik göstermektedir. Bitkinin protein içeriği sıcaklık arttıkça azalmakta yağ içeriği ise topraktaki tuz oranı arttıkça azalmaktadır. Bitkinin yetiştiği yerin denizden yüksekliğinin azalması ve ortam ısısının artması, doymuş yağ asiti miktarında artış gösterebilmektedir. Hava sıcaklığındaki artışa bağlı olarak çoklu doymamış yağ asiti oranlarında azalma meydana gelmektedir (Yurt ve Gezer 2018).

Chia tohumunun kökeni Kuzey Guatemala ve Güney Meksika' dır. Milattan önce 3500' lü yıllardan itibaren Mayalılar ve Aztekler tarafından tüketilmektedir (Yurt ve Gezer 2018). Aztek savaşçıları, dayanıklılık ve enerji kazanmak için savaş zamanlarında bu tohumu

yemişlerdir (Axe 2017). En iyi tropikal ve subtropikal iklimlerde yetişen chia, günümüz dünyasında Meksika, Arjantin, Ekvator, Bolivya, Avustralya ve Nikaragua’ da ticari olarak yetiştirilmektedir (Cassiday 2017). Chia bitkisi killi yumuşak topraklarda daha yüksek verim vermektedir. Yetiştirildiği toprağın düşük oranda azot bulunması verimi artırmaktadır ( zbek ve Yeşilçubuk 2018).

Amerikan Gıda ve İlaç İdaresi (FDA)chiayı katkı maddesi yerine gıda olarak kabul etmektedir. Bu yüzden chia kullanımı bir kurala tabi değildir. 2009 yılında AB tarafından “Yeni Gıda” olarak onayı verilmiş ve ekmeklerde % 5’ e kadar tüketime izin verilmiştir(Cassiday 2017).Chia tohumu, AB tarafından güncellenen 2013 yılı önerisinde; fırınlanmış ürünler, kahvaltılık tahıllar, meyve, kuruyemiş ve tohum karışımlarında % 10’ dan fazla içermemelidir. (Yurt ve Gezer 2018)

Chia tohumlarında % 25-40 oranında yağ bulunur. Amerika Tarım Bakanlığı chia tohumunda % 42,12 karbonhidrat (% 34,4 diyet lifi dahil) , % 30,74 lipit, % 16,54 protein, % 5,8 nem, % 4,8 kül bulunduğunu belirtmiştir. Yüksek miktarda (335- 860 mg/100 g) kalsiyum, fosfor, potasyum ve magnezyum, daha az miktarda ise (4,58- 16 mg/100 g) sodyum, demir, çinko bulunur (Cassiday 2017). Ayrıca, niasin, diyet posası ve A vitamini bakımından zengin olup C vitamini bakımından yetersizdir (Yurt ve Gezer 2018). Vücut tarafından sentez edilemeyen bazı dokuz temel aminoasiti içeren tam bir protein kaynağıdır (Anonim 2019). Chia tohumunda yetiştirilme şartlarına bağlı olarak herhangi bir ağır metal ve mikotoksin belirlenmediği yapılan değerlendirmelerde ortaya konmuştur (Anonim 2009).

Chia tohumundaki önemli yağ asitleri, ALA (omega- 3) ve LA (omega-6) ve daha az miktarda bulunan palmitik asit, oleik asit (omega-9) ve stearik yağ asitleridir. ALA ve LA insan vücudunda sentezlenemediği için gıdalardan takviye edilmesi gereken önemli yağ asitlerindendir(Cassiday 2017).

Chia tohumunun en önemli özelliklerinden biri çoklu doymamış yağ asiti oranının oldukça yüksek olmasıdır. Aynı zamanda çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA), eikosapentaenoik asit (EPA) ve dokosaheksaenoik asit (DHA) için  nc  maddedir. ALA açısından yüksek beslenmenin insanlarda EPA ve DHA oranlarını az, ancak insan sağlığı açısından önemli ölçüde yükselttiğini göstermiştir (Munoz ve ark. 2013).

Chia tohumu,% 7-91 nemli ortamda ve 20-65 °C sıcaklıkta hidroskobik yapısından dolayı özelliğini kaybetmeden depolanabilir. Araştırmalar sonucunda, chiatohumunun hasattan itibaren 5 yıl süre ile dayanabildiği gözlemlenmiştir. Yağ çıkarımı sebebiyle bu tohumlar sıkıldığında ise chia tohumu yağına 18 ay boyunca kalitesini kaybetmeden muhafaza edilebileceği tespit edilmiştir (Cassiday 2017).

Öğütülmüş yağlı tohumlardan elde edilen bitkisel yağların genellikle organik çözücüler (geneldehekzan kullanılmasının yanı sıra kloroform, petrol eteri, dietil eter, etanol vb) kullanılarak, farklı basınç ve sıcaklıklarda ekstraksi gerçekleştir ve sonrasında evaporasyon işlemi uygulanır. Bu işlem, çözücünün yağdan uzaklaştırılması amacıyla yapılır. Bu işlemle, yağın içerisindeki bulunan besin öğeleri zarar görebilir (Koç 2016). Bunlar; E vitamini ve fitosrol miktarında azalma, fenolik madde ve karotenoidlerin büyük bölümünün yıkıma uğraması olarak sayılabilir(Matthaus ve Speener 2008).

Yüksek sıcaklıklar görmeden ve organik çözücü kullanılmadan, tohumlara basınç uygulanarak yağ elde edilmesine soğuk pres işlemi denir. Bu yöntemle elde edilen yağlarda faydalı besin öğelerinin zarar görmediği belirtilmiştir. Çözücü kullanılarak yapılan yöntemle göre soğuk presyon yönteminin besin öğelerinin zarar görmemesi açısından daha çok tercih edildiği ve kaliteli bulunduğu söylenebilir (Koç 2016).

Preslemenin olumsuz özelliklerinden birisi, metaryelin katı kitlesinde oluşturulan kapiler kanalların uzunluğu, diğer bi deyişle sıvı fazın kitleden dışarı çıkmak için katetmek zorunda olduğu mesafedir. Pres basıncının kitle üzerine daha etkin bir şekilde iletilmesi ve sızdırılan fazın kitleden ayrılması için, kat edeceği yol kısalarak terketme süresi azalacağından dolayı; metalden yapılmış sızdırma plakaları ile olabildiğince ince katmanlar oluşturacak şekilde prese yönlendirilmelidir. (Ay 2013)

Yağlı tohumlarda yağ kalitesini etkileyen olumsuzluklar depolama sırasında meydana gelebilir. Örnek verecek olursak; kemirgen, ambar zararlıları, toksinler, özellikle tane mikroflorasının verdiği zararlar gösterilebilir. Bu zararı kontrol edebilmek için sıcaklık ve nem ne kadar uygun seviyede tutulsa da gelebilecek bir kısım zarar depolama süresi ile doğru orantılıdır (Çatal 2012). İlaçlama, zararları önlese de kalıntı bırakması olumsuz bir özelliktir (Durmaz ve Sancak 2014).

Işınlama işlemi, radyasyon enerjisi kullanılarak yapılan bir işlemdir. Radyasyonlar, iyonlaştırıcı olmayan ve iyonlaştırıcı olarak ikiye ayrılır. İyonlaştırıcı radyasyonlar çarptıkları

materyalde elektrik yüklü iyonlar meydana getirebilir. Alfa(α) ve Beta(β) parçacıkları, gama ışınları ve x ışınları iyonlaştırıcı radyasyondur, iyonize eden ışın olarak adlandırılırlar. Mikroorganizmalardaki mikro ve makro moleküler üzerine etki ederek kimyasal değişikliklere neden olurlar. Direkt ya da indirekt etkilenen mikroorganizma DNA' sı aldığı hasar sonucu mikroorganizmaların ölümü gerçekleşir (Çatal 2012).

Gıdaların ışınlama işlemi ile korunmasında gama ışınları (γ), x ışınları ve hızlandırılmış elektron ışınları kullanılır. Bunlar arasında en yaygın olanı, nüfuz etme etkisinin fazla olması sebebiyle gama ışınlarıdır (Çatal 2012). Ürün üzerindeki mikrobiyal yükün, en az hasarı verecek şekilde azaltılmasıyla sağlanan radyasyonun kontrolüne radyasyon dozu adı verilir (Anonim 2005). 20 cm kalınlığındaki su tabakasından geçirilmesi ile gama ışının aktivitesi % 50 azaltılabileceği için uygun radyasyon dozu da kolaylıkla sağlanabilir. Gama ışını, Kobalt (C 60) ve Sezyum (Cs 137) radyoaktif kaynaklarından üretilir. Işınlama dozu, ürünlerin ışınlanmasında kullanılan radyasyonun miktarıdır ve genel olarak kilogray (kGy) cinsinden ifade edilir (Çatal 2012).

Gıda ışınlamanın önemli üstünlüğü olarak; işlem sonrası meydana gelen kontaminasyonların önlenmesi amacıyla paketlenme sonrası gıdalara uygulanabilirliğidir (Durmaz ve Sancak 2014). Işınlama işlemi aynı zamanda diğer gıda muhafaza metotları ile beraber kullanılabilir ve daha az enerji gerektirir (Çatal 2012). Avantajlarının yanında, bazı proseslerde yüksek dozda uygulanması ürünün kimyasal, lezzet ve renk özelliğinde değişikliğe, pektin gibipolisakkaritin parçalanması sonucu çıkan serbest kalsiyumun ürünlerde yumuşamasına sebep olabilir. Yüksek doz sonrası oluşan bu olumsuzluklar; her bir kGy ışınlama dozu, gıdada bulunan on milyon kimyasal bağdan sadece altısını kırabildiği için en aza indirilebilecek ve avantajlarının yanında gözardı edilebilecek problemlerdir (Alkan 2000).

1980 yılında düzenlenen ışınlanmış gıda ürünlerinin insan sağlığı yönünden güvenilirliği toplantısında eksperler komitesi, 10 kGy'e kadar ışınlama yapılan gıdaların toksikolojik ve biyolojik yönden güvenilir olduğunu kabul etmişlerdir. *E. Coli*, *Salmonella* gibi her tür mikroorganizmaya karşı ışınlama işlemi etkilidir. Diğer muhafaza yöntemlerinden olan pastörizasyon sıvı gıdalarda iyi sonuç verirken, katı ve su aktivitesi düşük kuru gıdalara uygulanabilmesi mümkün değildir. Kimyasal katkı kullanılarak yapılan muhafaza yöntemleri ise gıdada kalıntı bırakması nedeniyle olumsuzluk oluşturmaktadır (Alkan 2017).

Dünyada yılda yaklaşık yarım milyon tondan fazla gıda ışınlanmaktadır. Bunlar arasında baharatlar, meyveler, sebzeler, et ve deniz mahsülleri, tahıllar ve kümes hayvanları etleri yer alır (Öner 2018). 1970' li yıllardan bu yana Türkiye Atom Enerjisi Kurumu, gıda ışınlama konusuyla ilgili pek çok araştırmalarda bulunmuştur. Gıda ışınlama metodu Dünya Ticaret Örgütü (WTO), Uluslar arası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA), WHO ve FAO gibi uluslararası kuruluşlar, uygulamanın doğru yapılabilmesi için gerekli şartları ve standartları hazırlayıp ülkelerin hizmetine verilmiştir (Çetinkaya ve Halkman 2006).

Ülkemizde ilk ışınlama tesisi Sarayköy de 1992 yılında, Uluslar arası Atom Enerjisi Ajansı ve Birleşmiş Milletler Gelişme Programının desteğiyle, Türkiye Atom Enerjisi Kurumu tarafından kurulmuş ve 20.03.2007 tarihinde “Gıda Işınlama Ruhsatını” 7 gıda grubu için alarak gıda ışınlamaya ticari olarak başlanmıştır. Özel sektörde ise ilk ticari ışınlama tesisi Çerkezköy’ de 1995 yılında faal olarak kurulmuştur. 27.03.2002 tarihinde 7 gıda grubu için ruhsatını alarak gıda ve diğer ihtiyaç duyulan ürünleri ışınlamaya başlamıştır (Öner 2018).

Bu çalışmada; 2,5 , 5, 7,5 ve 10 kGy dozlarda ışınlama işlemine tabii tutulan chia tohumlarının yağları soğuk presyon tekniği ile elde edilmiş ve bu yağların bazı kimyasal özellikleri incelenerek ışınlama dozlarının yağ kalitesi üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Hayvanlar üzerine yapılan çalışmalar chia tohumlarının kolesterol seviyelerini, kilo artışı ve artan tokluğu yararlı bir şekilde etkileyebileceğini göstermiştir (De SouzaFerreira ve ark. 2015). İnsanlar üzerine yapılan çalışmalarda; vücut ağırlığı, kan basıncı, lipid düzeyleri, kan şekeri ve iltihaplanma gibi risk faktörleri üzerinde chia tohumlarının özel bir etkisi gözlemlenmemiştir. Kolesterol yüksekliği ve insülin direnci olan insanlar üzerine yapılan bir çalışmada yüksek şeker içeren diyetle birlikte bir gruba mısır nişastası diğer bir gruba ise chia tohumu yedirildiğinde LDL miktarının artması veya HDL miktarının azalması sonucu oluşan dislipidemi riskini azalttığı gözlenmiştir (Yurt ve Gezer 2018). Bu bulgular, chia tohumlarının insan sağlığına fayda sağlamak için tek başlarına hareket etmediğini, ancak bitki zenginliği açısından zengin bir diyet ve sağlıklı yaşam tarzı davranışlarının bir parçası olarak kullanıldığında hastalıklarının önlenmesine katkıda bulunabileceğini doğrulamaktadır (De SouzaFerreira ve ark 2015; Nieman ve ark 2009).

Hayvanlar ve insanlar üzerine yapılan çalışmalarda siyah ve beyaz renkli chia tohumlarının içinde bulundurduğu omega-3 yağ asitlerinin, kardiyovasküler hastalıklar (kolesterol düşürücü, kalp ritimleri, kan basıncı düzenleyici ve kan pıhtısını önleyici olması gibi) üzerinde yararlı bir etki oluşturduğunu göstermiştir. Chia tohumlarının yapısında bulunan çözünmüş lifler, müsilaj maddelerin yapısını oluşturmaktadır. Bu lifler, LDL kolesterolünü düşürmeye ve sindirimi yavaşlatmaya yardımcı olur. Chia tohumu tüketildikten sonra metabolizmada kan şekerinin yükselmesini önleyebilir ve doyumluk hissini arttırabilir (Koh ve ark. 2015).

Balık ve balık yağlarından EPA ve DHA doğrudan alınabilirken; chia tohumundaki ALA vücutta uzun zincirli omega-3'lere dönüştürülmektedir. Bağırsakta emiliminden sonra ALA; birçok hücre ve doku türünde oksidasyon ile enerji üretme, hücre zarlarına ve depo havuzlarına, özellikle yağ dokularına katılma, EPA ve DHA da içinde olmak üzere özellikle karaciğerde uzun zincirli omega-3 yağ asidine dönüşme gibi farklı reaksiyonlara uğrayabilir. Oksidasyon, ALA tüketiminin %15-35'ini oluşturur. ALA'nın EPA'ya ve özellikle DHA'ya dönüşüm oranı, cinsiyete bağlı farklılıklarla çok daha düşüktür. Erkeklerde sindirilen ALA'nın%0.3-8 ve <%1'i sırasıyla EPA ve DHA'ya dönüştürülür. Kadınlardaki dönüştürme oranıçok daha yüksektir; sindirilen ALA'nın%21 ve %9'u sırasıyla EPA ve DHA'ya dönüştürülür (Cassiday 2017).

Chia tohumları ile beslenen fareler üzerine yapılan bir çalışmada lipit profili gelişmiş, trigliseridler ve düşük yoğunluklu lipoprotein (LDL) kolesterolünde düşüş olurken yüksek yoğunluklu lipoprotein (HDL) kolesterolünde yükselme görüldüğü belirtilmiştir (Cassiday2017).

Chia tohumu,% 80,5’ ten daha yüksek oranla en yüksek PUFA içeriğine sahiptir. Ayrıca keten tohumu ve perilla tohumuna kıyasla en iyi n-6/n-3 oranına sahiptir. Bazı çalışmalar, ALA’nınPUFA’yaöncü madde olabileceğini gözlemlemiştir. İnsanların beslenmesinde, yüksek ALA içerikli olması EPA ve DHA oranlarını az, ancak önemli derecede yükselttiğini göstermiştir. (Munoz ve ark.2013)

Çizelge 2.1.Chia tohumunun enerji ve besin ögesi bileşimi (Yurt ve Gezer 2018)

Besin ögesi	Miktar (100g)	Besin ögesi	Miktar (100g)
Enerji (kkal)	486	Linoleik asit (18:2)	5,8
Karbonhidrat (g)	42,1	Alfa linolenik asit (18:3)	17,8
Protein (g)	16,5	Diyet posası (g)	34,4
Lösün (g)	1,371	Kalsiyum (mg)	631
Fenilalanin (g)	1,016	Demir (mg)	7,7
Lizin (g)	0,970	Magnezyum (mg)	335
Valin (g)	0,950	Fosfor (mg)	860
İzolösün (g)	0,801	Potasyum (mg)	407
Treonin (g)	0,709	Sodyum (mg)	16
Metionin (g)	0,588	Çinko (mg)	4,5
Histidin (g)	0,531	C vitamini (mg)	1,6
Triptofan (g)	0,436	Tiamin (mg)	0,62
Yağ (g)	30,7	Riboflavin (mg)	0,2
Doymuş yağ asidi (DYA) (g)	3,3	Niasin (mg)	8,8
Tekli doymamış yağ asidi (TDYA)(g)	2,3	A vitamini (IU)	54
Çoklu doymamış yağ asidi (ÇDYA) (g)	23,6	E vitamini (α-tokoferol)	0,5

Chia tohumunun 100 g’ında toplam 30–38 g yağ bulunmaktadır. Toplam yağ miktarının % 60–62’ si önemli yağ asitlerinden ALA(n-3)yağ asitini bulundurur. n-3 yağ asitleri, kardiyovasküler hastalıklar, obezite, diyabet, hipertansiyon, kanser gibi hastalıklara engel olmada önemli role sahiptir. Vücuttaki ALAmetabolize olarak diğer n-3 yağ

asitlerinden olan EPA ve DHA' ya dönüşmektedir. İnsan beyinde yüksek miktarlarda bulunan n-3 yağ asidi DHA'dır. DHA insan beyindeki yağ asitlerinin %40'ını oluştururken; EPA %1'den az bir bölümünü oluşturmaktadır. EPA ve DHA beyin hücrelerinin metabolizmalarını düzenlemek, beyindeki hücre zarlarının geçirgenliğini arttırmak, beyin hücrelerinin elastikiyetlerini module etmek gibi birçok klinik etkisi kanıtlanmış özelliklere sahiptir. Altmış beş yaş üzerindeki bireyler üzerinde yapılan klinik bir çalışmada, yüksek miktarda n-3 yağ asidi alımının alzheimer ve demans hastalık riskini azalttığı görülmüştür (Özbek ve Yeşilçubuk 2018).

Chia tohumu yağı, keten tohumu yağı ve balık yağını tüketen tavukların yumurtalarındaki n-3 yağ asiti miktarını inceleyen bir araştırmada, chia tohumu yağını tüketen tavuk yumurtalarında n-3 yağ asiti miktarında %100- 120 oranında bir artış olduğu belirlenmiştir (Özbek ve Yeşilçubuk 2018).

Chia tohumunun tokoferol miktarı (238–427 mg/ kg), yer fıstığının tokoferol miktarı ile benzerlik gösterirken (398.6 mg/kg), keten tohumunun (588.5 mg/kg), ayçiçeği (634.4 mg/kg) ve soya fasulyesinin (1797.6 mg/kg) tokoferol miktarlarından düşük seviyede olduğunu saptanmıştır. Chia tohumundaki fenolik bileşenlerin büyük bir kısmını klorojenik asit (7.1×10^{-4} mol/kg), kafeik asit (6.6×10^{-3} mol/kg), kuersetin (2×10^{-3} mol/kg) ve kaemferol oluşturmaktadır (1.1×10^{-3} mol/kg). Bu bileşenlerin antioksidan özelliklerinin C vitamini, ferulik asit ve E vitamininin antioksidan özelliklerinden daha güçlü olduğu araştırmalarla tespit edilmiştir (Özbek ve Yeşilçubuk 2018).

E vitamininin (tokotrienol ve tokoferol karışımı) en mühim kaynağı bitkisel kaynaklı yağlardır. Tokoferol, aynı zamanda yağda çözünen doğal bir antioksidandır. α - tokoferol, antioksidan olarak en aktif formdur ve insan sağlığı açısından oldukça elzemdir. Fakat E vitamini vücut tarafından sentezlenememektedir. Bu yüzden gıdalarla vücuda alınması elzemdir. Biyolojik antioksidan olan E vitamini kanser riskini azaltmasının yanında kalp ve damar rahatsızlıklarını önlemeye de yardımcıdır (Koç 2016).

Chia tohumunda bulunan fenolik bileşikler, vücut hücrelerindeki oksidatif dengenin sağlanmasını destekleyerek kardiyovasküler hastalıklar, kanser, diyabet gibi kronik hastalıklardan koruyucu görev yapabilmektedir. Kafeik asit, kuersetin ve klorojenik asit hücredeki yağlar, proteinler ve DNA'nın serbest radikaller ile okside olmasını önleyerek antioksidan özelliği sağlayabilmektedir (Yurt ve Gezer 2018).

Çizelge 2.2.Chia tohumunda bulunan fenolik bileşen kompozisyonu (Yurt ve Gezer 2018)

Bileşenler	mg/g tohum
Fenolik asitler	
Gallik asit	0.0115
Kafeik asit	0.027-0.086
Klorojenik asit	0.013-0.074
Rosmarinik asit	0.9267
Esterler	
Protokateşik etil esterleri	0.7471
İzoflovanlar	
Daistein	0.0066
Glisitin	0.0014
Geniştin	0.0034
Glisitin	0.0005
Genistein	0.0051
Flavanoller	
Kuarsetin	0.0181-0.209
Kaempferol	0.0057-0.0435
Mirisetin	0.0095

Günümüzde yetersiz kalan gıda muhafaza yöntemleri nedeniyle; büyük oranlarda gıda kayıpları yaşanmakta ve üretilen gıda maddeleri bazı durumlarda ülke ihtiyacını karşılayamamaktadır. Bu nedenle gıda üretiminde, kayıpları en aza düşürecek, gıdanın raf ömrünü ve güvenilirliğini artıracak yeni metodların kullanımı ile ilgili araştırmalar yapılmaktadır (Korel ve Orman 2005). Bu yöntemlerden gıda ışınlama işlemi soğuk pastörizasyon olarak adlandırılmaktadır (Abbas ve Halkman 2003).

İşinlanmış gıdanın gösterimi Şekil 2.1’ deki radura sembolü ile belirtilmiştir. FAO-IAEA-WHO Ortak Uzmanlar Komitesinin kararıyla 1980 yılında kabul edilmiştir. İlk olarak Hollanda’ da daha sonra ise Güney Afrika, Kanada ve ABD’ de kullanılmaya başlanmıştır. Gıda ambalajlarında, tüketicilerin ürün üzerinde bilgi sahibi olması için radura sembolü ile birlikte “İşinlanmıştır” veya “İşinlama işlemi uygulanmıştır” ifadelerinin kullanılması FDA tarafından uygun görülmüştür (Smith ve Pillai 2004).



Şekil 2.1. Gıda Işınlama temsil eden Radura Sembolü

WHO' nun 23.09.1992 tarihli raporunda gıdaların ışınlamanın; besinler üzerinde bireylerin sağlığını tehdit edecek herhangi bir toksikolojik değişime sebep olmadığı, mikrobiyolojik riski artırmadığını, besin değeri üzerinde insanları beslenme yetersizliğine yol açmadığını belirten "doğru üretim teknikleri ile ışınlanmış gıdaların güvenilir ve beslenme bakımından yeterliliği" şeklindeki tespitiyle belirtmiştir (Apaydın 2015).

Işınlama işlemi gıdalar üzerinde 3 farklı yöntemle uygulanmaktadır. Bunlar radurizasyon, radisadasyon ve radappertizasyondur. Radurizasyon (0,5-1kGy), gıda maddelerinin depolama süreçlerini uzatma sebebiyle yapılan düşük doz radyasyon uygulamasıdır. Radisadasyon (3,0-10 kGy), özellikle *Salmonella* olmak üzere spor meydana getirmeyen patojen bakterilerin inhibe edilme işlemidir. Viral patojenlerin öldürülmesinde yetersizdir. Radappertizasyon (25 kGy ve üzeri), gıda maddelerinde bulunan dirençli bakteri sporlarının kontrolü sebebiyle uygulanmaktadır. Ancak radappertizasyonun gıdalarda kullanımı tavsiye edilmemiştir (Apaydın 2015).

Gama ışınları kısa dalga boylu elektromagnetik ışınlardır. Gama ışınları, Sezyum¹³⁷ (Cs¹³⁷) ve Kobalt₆₀ (Co₆₀) kaynaklarından elde edilir. Gıdaların ışınlanmasında derinlemesine ve hızlı bir penetrasyon sağladığından dolayı çoğunlukla Co₆₀ tercih edilmektedir. Co₆₀ 'ın yarılanma ömrü 5,3 yıldır (Apaydın 2015). Işınlar gıda üzerine verilir fakat asla sezyum veya kobalt ile direkt temas ettirilmez (Acar 1999).

Yapılan çalışmalar ile gıda ışınlama işleminin mikroorganizma faaliyetlerini inhibe ettiği, mikrobiyal yükü azalttığı ortak sonucu çıkarılmıştır (Monk ve ark. 1995). Çizelge 2.3'

de Türk Gıda Kodeksi Gıda İşılama Yönetmeliği' ndeçeşitli gıdalarda uygulamasına izin verilen işınlamadozları gösterilmiştir.

Çizelge 2.3.Gıda Gruplarında Belirli Teknolojik Amaçlara Göre Uygulanmasına İzin Verilen İşılama Dozları

GIDA GRUBU	AMAÇ	Maksimum Genel Ortalama Soğurulan Doz (kGy)
Grup 1- Soğanlar, kökler ve yumrular	Depolama sırasında filizlenme, çimlenme ve olgunlaşmanın önlenmesi	0,2
Grup 2- Taze meyve ve sebzeler (Grup 1'in dışındakiler)	a) Olgunlaşmanın geciktirilmesi	1,0
	b) Böceklenmenin önlenmesi	1,0
	c) Raf ömrünün uzatılması	2,5
	d) Karantina kontrolü	1,0
Grup 3- Hububat, öğütölmüş hububat ürünleri, kabuklu yemişler, yağlı tohumlar, baklagiller ve kurutulmuş meyveler	a) Böceklenmenin önlenmesi	1,0
	b)Bozulmaya neden olan mikroorganizmaların yok edilmesi	5,0
	c) Raf ömrünün uzatılması	5,0
Grup 4- Çiğ balık, kabuklu deniz hayvanları ve bunların ürünleri (taze veya dondurulmuş), dondurulmuş kurbağa bacağı	a) Patojen mikroorganizmaların yok edilmesi	5,0
	b) Raf ömrününün uzatılması	3,0
	c) Paraziter enfeksiyonların kontrolü	2,0
Grup 5- Kanatlı, kırmızı et ile bunların ürünleri (çiğ veya dondurulmuş)	a) Patojen mikroorganizmaların yok edilmesi	7,0
	b) Raf ömrününün uzatılması	3,0
	c) Paraziter enfeksiyonların kontrolü	3,0
Grup 6- Kurutulmuş sebzeler, baharatlar, kuru aromatik bitkiler, otlar, çeşniler ve bitkisel çaylar	a) Patojen mikroorganizmaların yok edilmesi	10,0
	b) Böceklenmenin önlenmesi	1,0
Grup 7- Hayvansal orijinli kurutulmuş gıdalar	a) Böceklenmenin önlenmesi	1,0
	b) Küflerin kontrolü	3,0

Yapılan bir çalışmada paketlenmiş baharatlara uygulanan 10 kGy dozundaki gama ışınlamasının kalite kaybına neden olmadan mikroorganizma yükünü ortadan kaldırdığı, 5 kGy dozundaki gama ışınlamasının ise küflerin inhibe edilmesi için yeterli olduğu belirlenmiştir. Işınlanmış ve ışınlama işlemi uygulanmamış baharatlar karşılaştırıldığında, ışınlanmış baharatın 6 aylık depolama sonrasında kalitesini koruduğu görülmüştür (Munasiri ve ark. 1987).

10 kGy üzeri dozlarda yapılan gama ışınlama radapertizasyon veya radyasyonla sterilizasyon olarak isimlendirilmektedir. Etkileri sebebiyle ticari sterilizasyona benzetilmektedir. 45 kGy düzeyinde ışınlama *Clostridium botulinum* sporunun öldürülmesi için yeterlidir. Fakat yüksek dozlarda yapılan ışınlama işlemi gıdalarda tat, renk, koku gibi duyu ve toksikolojik özelliklerini değiştirmeye sebep olmaktadır. Bu nedenle gıdalarda ışınlama sterilizasyonu yerine ışınlama işleminin ısı işlemi, kurutma, dondurma gibi muhafaza yöntemleri ile birlikte kombine olarak kullanılması önerilmektedir (Acar 1999).

Gıdaların ışınlanması diğer geleneksel metodlarda (ısı işlemi, kurutma, dondurarak muhafaza) da olduğu gibi bazı besin değerlerinde değişimlere yol açabilmektedir. Diğer yandan ışınlamanın karbonhidrat kaynaklı besinlerin değerini etkilemediğini belirtilmiştir. Gama ışınları, molekülleri ve kararsız katyon radikalleri oluşturarak oksidasyon, dekarboksilasyon, dehidrasyon ve polimerizasyon reaksiyonlarına sebep olurlar. Bu reaksiyonlar ile aldehitler, diğlisitler, ketonlar, esterler, hidrokarbonlar gibi birçok ürün oluşturur. Gıdalarda ışınlama işlemine karşı hassasiyet, gıdanın yapısında bulunduğu doymamış yağ asidi miktarı yükseldikçe artmaktadır (Apaydın 2015).

Abdellaoui ve ark. (1995)' in turuncgillere uyguladığı çalışmada, raf ömrünü uzatmak için ılık suyla yıkama ve vakslama işlemlerinin uygulanmasından sonra muhafazası süresince önemli kayıplara neden olduğunu gözlemlemişlerdir. Buna karşı 0,3 kGy dozda ışılandıktan sonra 3 °C sıcaklıkta, 8 hafta depolanan mandalinalarda daha az bir kayıp olduğunu bildirmişlerdir.

Bir çalışmaya göre 0, 1, 3, 5 ve 10 kGy gama ışınlalarının farklı çeşitteki yer fıstığına etkileri incelendiğinde, 10 kGy ışınlama dozuna maruz kalan örneğin, yağ ve protein içeriğinin azaldığı görülürken, ürünün su aktivitesini yükselttiği saptanmıştır. Kül ve nem değerlerinde ise herhangi bir değişiklik olmadığı tespit edilmiştir (Liu ve ark. 2018).

Çatal (2012), yaptığı bir çalışmada kolza ve ayçiçeği tohumlarına farklı dozlarda uyguladığı ışınlama işlemi sonucu, artan ışınlama dozuna paralel olarak % asitlik ve peroksit sayılarında belli oranlarda artış olduğu, doymuş yağ asitlerinden stearik asit ve palmitik asit miktarlarının arttığı, doymamış yağ asitlerinden ise oleik asit ve linoleik asit miktarlarında azalma olduğunu bildirmiştir. Yine paralel olarak artan ışınlama dozu ile birlikte tokoferol miktarında azalma görülürken; orta oleik ve yüksek oleik asit içerikli ayçiçeği örneklerinde % sitosterol oranı artarken, linoleik asit içerikli ayçiçeği ve kolza tohumlarındaki % sitosterol oranlarında azalma görülmüştür.

Apaydın (2015) üzüm çekirdeklerine yaptığı bir çalışmada 1 kGy, 3 kGy, 5 kGy ve 7 kGy dozlarında ışınlama uygulamışlardır. Araştırma sonucunda ise; artan doza paralel olarak % asitlik ve peroksit sayılarında artış, palmitik ve stearik asit miktarının arttığını ve oleik ve linoleik asit miktarlarında azalma olduğunu saptamışlardır.

Chia tohumu ilave edilmiş domuz etine yapılan kimyasal çalışmada, palmitik asit, araşidonik asit ve stearik asitin azaldığı, linolenik asitin yükseldiği gözlemlenmiştir (Özbek ve Yeşilçubuk 2018).

Birleşik Gıda Işınlama Komitesi (JECFI), 1980 yılına kadar ışınlanmış gıdalara yapılan çalışmalar sonucu 10 kGy' lik doza kadar iyonize radyasyonla muamele edilmiş bir gıdanın sağlık yönünden güvenilir olduğunu; mikrobiyolojik ya da özel besinsel problemlere yol açmayacağını belirlemiştir (Alkan 2003).

Işınlama dozu ve sıcaklığının artışı gıdalarda istenmeyen koku ve lezzet oluşumunun arttırabilir fakat diğer yandan besin değerinde çok önemli değişiklikler olmamaktadır (Hanis ve ark. 1989).

Işınlanmış ve ışınlanmamış köfteler üzerine yapılan bir çalışmada arasında bir ayrım olmadığı yalnızca ışınlanmış köftelerin daha kırmızı renkte ve daha sulu olduğu belirlenmiştir (Acar 1999). Işınlama, taze meyve ve sebzelerin hücre duvarına zarar vermesi sebebiyle yumuşamaya neden olabilir (Atasever ve Atasever 2007).

Çörek otu tohumuna yönelik olarak yapılan bir çalışmada 2,5, 6, 8 ve 10 kGy dozlarında ışınlama işlemi uygulanarak; ışınlama dozu arttıkça yağ oranı, iyot sayısı, kırılma indisi ve ransimat değerlerinde azalma görülmüştür. Yağ asidi kompozisyonunda ise; palmitik, stearik, oleik, linoleik yağ asitlerinde azalma, trans formlarında ise artış gözlemlenmiştir. Işınlama dozu arttıkça mikroorganizma yükü azalmıştır. 10 kGy ışınlama

dozuna uygulanan numunede toplam mezofil canlı bakteri, maya ve küf sayıları belirlenemeyecek sayılara indiği tespit edilmiştir (Çolak 2006).

Yapılan bir çalışmada beyaz susam tohumlarına 2,5, 5 ve 10kGy dozlarındaki gama ışınlaması uygulanmıştır. Işınlamanın tohum yağına ve yağ asitleri içeriğine etkisi analiz edilmiştir. Sonuçlara göre; tekli doymamış ve çoklu doymamış yağ asitlerinin ve doymamış yağ asidi/doymuş yağ asidi oranının azaldığı, yağ içeriğinin azaldığı gözlemlenmiştir. Işınlama yapılmayan susamların %yağ içeriği %54,72 iken 2,5kGy, 5kGy ve 10kGy dozlarında ışınlanan numunelerde %yağ oranı sırasıyla %53,59, %51,86 ve 50,19 olarak bulunmuştur. Toplam doymuş yağ asitleri oranı, kontrol grubunda %16,34 iken 2,5kGy, 5kGy ve 10kGy dozlarında ışınlanan susam tohumu numunelerinde bu değer sırasıyla %17,82, 18,97 ve 19,92 olarak bulunmuştur. Palmitik ve stearik asit miktarlarında ışınlama dozuna paralel bir artış tespit edilmiştir. Oleik ve linoleik asit miktarlarında ise ışınlama dozu arttıkça azalma görülmüştür (Zoumpoulakis ve ark. 2012).

Yaqoob ve ark. (2010), ayçiçeği ve mısır tohumlarına 2, 4, 6, 8 ve 10 kGy’lik ışınlama uyguladığında ürünlerin protein ve lif değerlerinin önemli ölçülerde etkilendiği görülmüştür. Yağ asiti bileşimi incelendiğinde ise; palmitik asit değerinde yine önemli bir değişiklik gözlenmemiş, oleik ve stearik yağ asitleri miktarları artarken linoleik asit miktarında azalma olduğu görülmüştür. Işınlama dozunun artışına paralel olarak; peroksit sayısı ve serbest yağ asidi sayılarında artış gözlemlenmiştir. Tokoferol miktarlarında ise; 6 kGy dozundan sonra belirgin azalmalar saptanmıştır.

Dünyada mümkün olduğunca az prosese uğramış gıdaların seçiminde son zamanlarda belirgin bir artış söz konusu olduğundan soğuk pres yağlara olan talepte hızla artış görülmektedir. Ayrıca soğuk pres yağ grubunda geniş bir çeşitlilik vardır. Bu ürünlerin kullanımı tüketicilerin güvenli gıda tüketimine olan isteğiyle paralellik göstermektedir. Fakat diğer yandan bazı elementlerin yok edilmesini ya da azalmasını destekleyen rafinasyon işleminin, soğuk pres yağlarda uygulanmaması sebebiyle özellikle ağır metallerin uzaklaştırılmasının mümkün olmaması soğuk pres yöntemiyle elde edilen son ürünü olumsuz etkilemektedir. Düşük verimlilik, standart kalitede ürün eldesinin zorluğu, raf ömrünün kısalığı soğuk pres tekniğinin diğer bir dezavantajları olarak sıralanabilir (İmer ve Taşan 2018).

Aynı kanola yağları kullanılarak ayrı ayrı uygulanan soğuk presyon ve kimyasal rafinasyon işlemiyle elde edilen yağlarda Güler (2009), kimyasal ve fiziksel özellikler

karşılaştırması uygulamıştır. Bu çalışma sonucunda, peroksit sayısı ve % serbest yağ asitliği değerlerinin soğuk presyon işlemiyle elde edilen kanola yağında daha yüksek olduğu ayrıca rafinasyon işlemiyle elde edilen kanola yağında trans yağ asiti bulunduğu gözlenmiştir.

Böğürtlen, yaban mersini, kivi, çilek, kızcılık ve kırmızı ahududu üzerine Van Hoed ve ark. (2011)' nın yaptıkları çalışmada, soğuk pres yönteminde filtreleme uygulayarak yağların kalite özellikleri incelenmiştir. Doymamış yağ oranın doymuş yağ oranına göre yüksek bulunduğunu; oksidatifstabilite, peroksit ve fenolik madde üzerinde önemli değişikliğe neden olmadığını belirlemişlerdir. Yağları lipit peroksidasyonuna karşı koruyan maddenin de tokoferol olduğu görülmüştür.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Araştırmada kullanılan chia tohumu örnekleri İstanbul’ da bulunan özel bir firmada herhangi bir işlem görmeden elde edilmiştir. Çalışmada kullanılan chia tohumları % 29,3 yağlı olarak nitelendirilen Arjantin menşelidir. Her bir örnek 300 gr’ lık beş eşit parçaya ayrılmış ve steril numune poşetleri ile ambalajlanması yapıldıktan sonra ışınlama işleminin uygulanacağı Tekirdağ- Çerkezköy’ de bulunan GAMMA-PAK Sterilizasyon San. Ve Tic. A.Ş. ışınlama tesisine getirilmiştir. Işınlama işlemi yapılan chia tohum örneklerinin, soğuk presyon tekniği ile yağı elde edilerek sonrasında laboratuvarda kimyasal analizleri yapılmıştır.

3.1.1. Işınlama Uygulaması

Chia tohumu örneklerine uygulanan ışınlama işlemi JS 9600 model ve IR- 185 seri numaralı ışınlama cihazında ⁶⁰Co gama ışını (MDS, Nordion, Kanada) kullanılarak sırasıyla 52, 156, 260 dakika süre ile yapılmıştır. Kontrol grubu dışındaki dört grup sırasıyla 2,5 kGy, 5 kGy, 7,5 kGy ve 10 kGy dozlarda gama ışınlama işlemine tabi tutulmuştur. Absorbans dozları Horwell Amber Perspexdosimeter ile belirlenmiştir.

3.1.2. Soğuk Presyon Yöntemi

Soğuk pres yönteminde yağlar, yağın doğası bozulmaya uğramadan mekanik işlemlerle elde edilirler. Isıl işlem uygulanmaz. Bu yöntemde, yağlı tohum hammaddesinin nem düzeyi kurutularak azaltılır ve bulundurabileceği yabancı maddeler (sap, yaprak vb.) temizlenir. Ardından yüksek derecelerde ısıya maruz kalmadan (en fazla 40°C) preslerde sıkım işlemi gerçekleştirilir (Gürpınar ve ark. 2011). Elde edilen yağın, basit bir filtreleme işleminden sonra uygun şartlarda depolanması sağlanır. Tez kapsamında yabancı maddelerinden arındırılmış, 300’ er gram ağırlığındaki 5 ayrı chia tohumu örnekleri, yerel bir aktarda soğuk pres makinesi ile ayrı ayrı ekstrakte edilmiş ve koyu renkli şişelerde, buzdolabı şartlarında +4°C’de muhafaza edilmiştir.

3.2. Yöntem

3.2.1. Chia tohumu yağında yapılan analizler

3.2.1.1. Peroksit sayısının belirlenmesi (meqO²/ kg)

1 kg yağda bulunan peroksit oksijeninin miliekivalen gram olarak miktarı olup, yağlarda bulunan aktif oksijen miktarının bir ölçüsüdür. Peroksit sayısının belirlenmesinde IUPAC 2.501 sayılı metot uygulanmıştır (Anonim 1987).

Peroksit sayısı tayinin temeli, yağda bulunan peroksit oksijeni ile potasyum iyodürün okside olarak, iyodun serbest hale geçmesi ve bu bağlı olmayan iyodun da tiyosülfat ile titre edilerek miktarının bulunmasıdır.

3.2.1.2. Serbest yağ asitliği oranının belirlenmesi

Yağlarda trigliserit formunda bağlı olmayan yağ asitleri toplamının, oleik asit yüzdesi olarak ifadesi edilmesi yüzde serbest yağ asitliği değerini vermektedir. Yağlardaki asit sayısı; 1 g yağın nötrleştirilmesi için elzem olansodyum hidroksit veya potasyumhidroksitin mg olarak ağırlığıdır. İncelenen örneklerin serbest yağ asitliğinin belirlenmesinde IUPAC 2.201 sayılı metot uygulanmıştır (Anonim 1987).

Serbest yağ asitliği tayini esas, yağdaki serbest yağ asitlerinin eter- alkol karışımında çözündürülen ayarlı bir alkali çözeltisi çalkalanarak fenolfitalein ilavesi ile titrasyonu ve tüketilen alkali miktarı baz alınarak formül yoluyla hesaplanması ilkesine dayanır.

3.2.1.3. Yağ asidi bileşiminin belirlenmesi (%)

Metil ester yağ asitleri (FAME) alkalın hidrolizinden sonra soğuk pres işlemi uygulanmış yağlardan ekstrakte edilmiştir. Yağ örnekleri BF 3- metanol ile yağ asidi metil esterlere dönüştürülmüştür. Bu işlem için AOCS (Anonim 1993)' nin Ce '-66 nolu metodu kullanılmıştır. Kapiler gaz kromatografisi cihazına yağ asidi metil esterleri 0,5 µl enjektörü yapılarak yağ asidi bileşimlerini belirleyen kromatogramlar elde edilmiştir.

Kapiler gaz kromatografisine ait özelliklerle, seçilecek çalışma parametreleri aşağıda gösterildiği gibidir:

Kapiler gaz kromatografisi: Perkin- Elmer 8320B

Detektör: Alev iyonizasyon detektörü (FID)

Kolon: % 100sianopropilpolisiloksan ile kaplanmış, silika kapiler kolon (CP Sil 88, 50m 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 akışları;

Taşıyıcı gaz (Helyum) : 1 ml/ dk

Hava : 250 ml/ dk

Hidrojen : 35 ml/ dk

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

3.2.1.4. Toplam fenolik madde analizi (mg GAE/kg)

Chia tohumu yağı numuneleri analize hazırlanmak amacıyla yağ, metanol (1:1) ile vortekste karıştırılmıştır, metanollü kısım ayrılmıştır. Kalan yağ tekrar metanolla (1:1) karıştırılmış ve metanollü kısım tekrar ayrılmıştır. Ayrılan metanollüekstrakt analizde kullanılmıştır. Ekstraksiyon işlemleri gerçekleştirilen yağ örneklerinde toplam fenolik içeriği Waterhouse (2002) tarafından bildirilen Folin-Ciocalteu metodu ile gallik asit eşdeğeri (mg/kg) cinsinden belirlenmiştir. Toplam fenolik madde analizi her bir numune için 3 kez tekrarlanmıştır

3.2.1.5. α- Tokoferol analizi (mg/kg)

Tokoferoltayini TUBİTAK MAM Gıda Enstitüsü bölüm laboratuvarında azokratik koşullarda HPLC sisteminde gerçekleştirilmiştir. Kullanılan tüm çözücüler HPLC saflıkta, diğer kimyasal ise analitik saflığa aittir. Ekstratlar (25 µl) 5-µm silika dolgu kolondan (250x 4,6 mm) , etil asetat/ asetik asit / hekzan(1:1:198 v:v:v) mobil fazı kullanılarak geçirilmiştir. Akış hızı 1,5 ml dak⁻¹ olarak belirlenmiş ve floresansdetektörü, 290

nmabsorpsiyon ve 330 nm emisyon dalga boylarına ayarlanmıştır. Standart α - tokoferol(Sigma- Aldrich; 0-10 $\mu\text{g mL}^{-1}$; $R^2 = 0,999$) kullanılarak kalibrasyon grafiği çizilmi, örneklere ait tanımlama işlemi ise; bulundurma zamanı standartla karşılaştırılarak saptanmıştır.

3.2.1.6. Sterol analizi

Sterol analizi TUBİTAK MAM Gıda Enstitüsü bölüm laboratuvarında yapılmıştır. 500 mg yağ örneği, 25 mL metanol ile karıştırılmış, bu karışım 2 M potasyum hidroksit ile su buharı banyosunda 1 saat sabunlaştırılarak su ilave edilmiştir. Sabunlaşan örnekler 3 kez hekzan ile ekstrakte edilmiştir. Kuru sodyum sülfat (Na_2SO_4) eklendikten sonra 1 saat dinlendirilmiştir. 500 mg örnek, 100 Bistrimethylsilyltrifluoroacetamide (BSTFA) / TrimethylChlorosilan (TMSCI) (4:1, v:v) çözeltisi ile karıştırılmış ve steroller ekstrakte edilmiştir. 0,8 mL örnek, CP-SİL 24 CB kolon (60 mx 0,32 mm x1, μm) bulunan GC sisteminde analizi yapılmıştır. Sıcaklık uygulaması şu şekildedir: 50 °C’ de 2 dk beklemekte, 60 °Cdk⁻¹ hız ile 250 °C’ ye çıkmakta ve bu sıcaklıkta 1 dk beklemekte, 3 °Cdk⁻¹ hız ile 275 °C’ ye çıkmakta ve bu sıcaklıkta 35 dk bekletilmektedir. 0,8 mldk⁻¹ hızında helyum taşıyıcı gaz olarak kullanılmıştır. Dedektör sıcaklığı 280 °C ve enjektör sıcaklığı 300 °C’ ye ayarlanmış ve numuneler 1:25 split oranı ile enjekte edilmiştir (Kamm ve ark 2002). Sterollerin bireysel değerlendirmesi %, toplam sterol miktarı ise mg/kg cinsinden hesaplanmıştır.

3.2.2. İstatistiksel analizler

Elde edilen sayısal veriler “Tesadüf Parselleri Deneme Deseni” ne göre varyans analizine tabi tutulmuştur. F testine göre farklılıkların önem düzeyi belirlenmiş ve ortalamaların farklılık gruplandırılması 0,05 düzeyinde Asgari Önemli Fark (AÖF)’a göre yapılmıştır.

Verilerin analizinde TARİST (Açıkgöz ve ark. 1993) ve MSTAT-C (MSTAT 1989) istatistiki analiz paket programlarından faydalanılmıştır.

4. ARAŞTIRMA VE BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Işınlama işleminin chia tohumu yağının peroksit sayısı ve serbest yağ asitliği değerlerindeki değişimin incelenmesi

Peroksit sayısı, yağların sahip olduğu aktif oksijen miktarının ölçüsü olup; ürünün ne kadar saklanabileceğini ve yağın bozulma derecesi ile ilgili fikir verir (Göğüş ve ark. 2009). Serbest yağ asitli ise; gliserol ile esterleşmemiş durumda bulunan yağ asitleridir. Bağlı olmayan bu yağ asitleri toplamı, oleik asit yüzdesi olarak ifade edilir. Tohumlarda olgunlaşma sürecinde, mekanik hasar, depolama, taşıma koşullarının etkileriyle oluşur. Yağların raf ömrünün takip edilmesi açısından önemlidir (Nas ve ark. 2001).

Işınlama işlemi uygulanmamış kontrol grubu ile, 2,5, 5, 7,5 ve 10 kGy dozlarında ışınlama işlemi uygulanan chia tohumu örneklerine ait serbest yağ asitliği ve peroksit sayısı değerleri çizelge 4.1.'de gösterilmiştir.

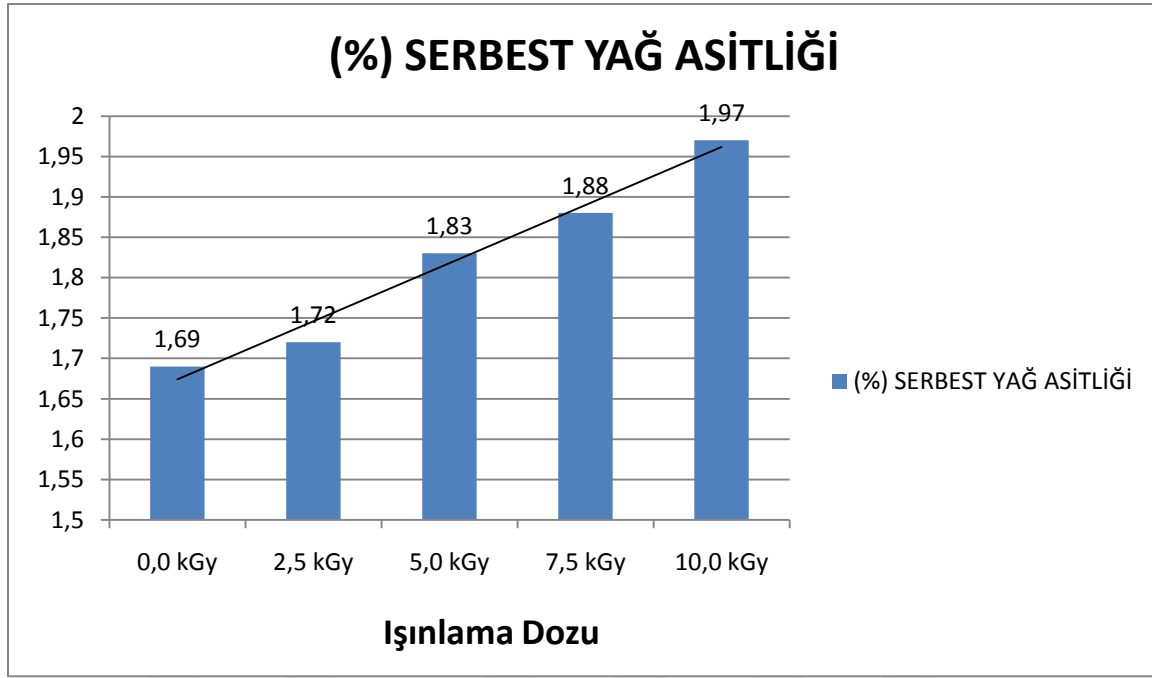
Çizelge 4.1. Chia tohumu yağının farklı ışınlama dozlarına göre peroksit sayısı ve serbest yağ asitliği değerleri

Işınlama Dozu	Serbest Yağ Asitliği (oleik asit, %)	Peroksit Sayısı (meqO₂/kg)
0,0 kGy	1,69±0,006 d	0,60±0,006 e
2,5 kGy	1,72±0,012 d	0,65±0,006 d
5,0 kGy	1,83±0,017 c	1,25±0,006 c
7,5 kGy	1,88±0,012 b	1,40±0,029 b
10,0 kGy	1,97±0,006 a	1,82±0,011 a
LSD= t _(0,05)	** 0,035	** 0,046

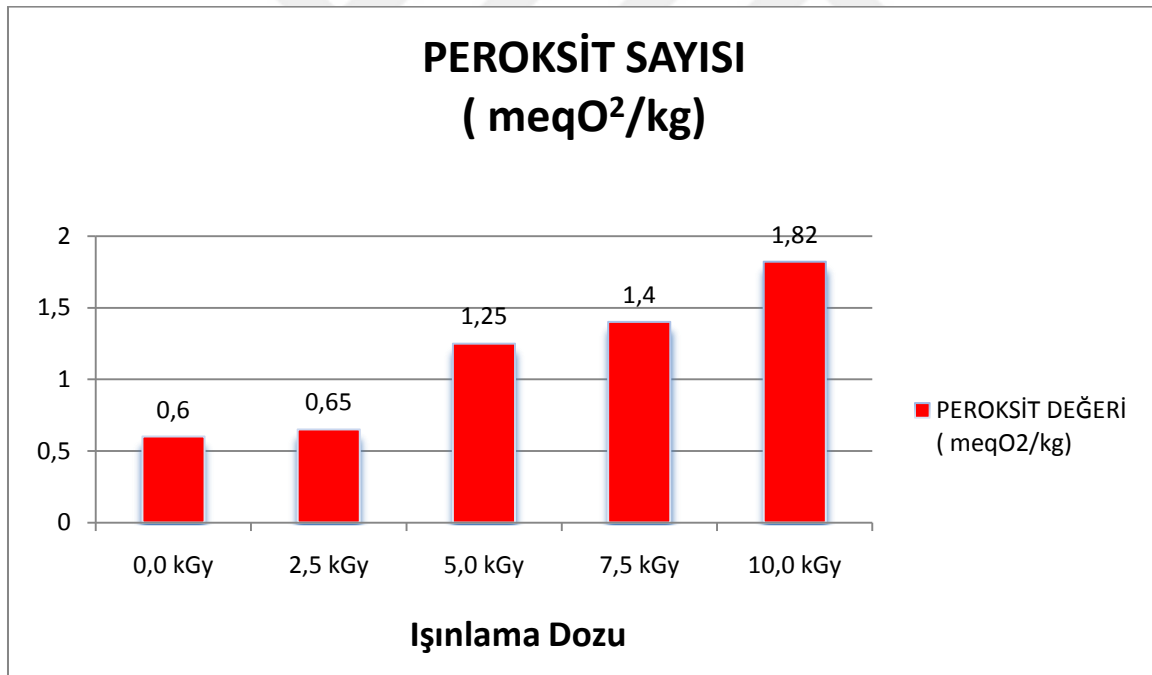
NS: önemsiz, * : p< 0,05 düzeyinde önemli

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

Işınlama işlemi sonucu chia tohumunda soğuk presyon tekniği ile sağlanan yağ örneklerine ait peroksit sayısı ve serbest yağ asitliği değerlerindeki değişimler sırasıyla Şekil 4.1. ve Şekil 4.2.' de verilmiştir. Uygulanan ışınlama dozunun artmasına paralel olarak serbest yağ asitliği ve peroksit sayısı değerlerinde artış olduğu gözlemlenmiştir (p< 0,05).



Şekil 4.1.1. Chia tohumu yağının farklı ışınlama dozlarına göre serbest yağ asitliği değerlerinin değişimi grafiği



Şekil 4.1.2. Chia tohumu yağının farklı ışınlama dozlarına göre peroksit sayısı değerlerinin değişimi grafiği

Kontrol grubunda % 1,69 olan serbest yağ asitliğinde 5 kGy ışınlama dozundan sonra % 0,14 artarak % 1,83' e yükseldiği belirlenmiştir. En yüksek serbest yağ asitliği değeri ise 10 kGy ışınlama sonrası % 1,97 olarak görülmüştür.

Peroksit sayısı, uygulanan 2.5 kGy ışınlama dozu ile 0,5 meqO²/kg artarak kontrol numunesinde 0,60meqO²/kg’ dan 0,65meqO²/kg ‘a yükselmiş; 5 kGy ışınlamadan sonra 0,65 meqO²/kg artarak 0,60meqO²/kg’ dan 1,25 meqO²/kg’ a yükseldiği tespit edilmiştir. En yüksek peroksit değerini ise 10 kGy ışınlama sonrası 1,82 meqO²/kg olarak görülmüştür.

Öner (2018), hindistan cevizine uygulamış olduğu 3 kGy, 5 kGy ve 7 kGy gama ışınlaması sonucu; artan ışınlama dozuyla beraber farklı yağ oranlarına sahip tüm örneklerin % serbest yağ asitliği ve % peroksit değerlerinde kontrol grubuna kıyasla artış olduğu özellikle 7 kGy ışınlama sonrası yükseldiğini tespit edilmiştir.

Çatal (2012), gama ışınlama işlemi uygulanmış linoleik asit (Califa), orta oleik asit (Armada) ve yüksek oleik asit (Oleko) içerikli ayçiçeği tohumları ile kanola (Elvis) tohumlarının yağ örneklerine uygulanan 2,5, 5, 7,5 ve 10 kGy ışınlama dozu oranındaki artışıyla aynı doğrultuda bütün numunelerin peroksit ve % asitlik değerlerinde belirli oranlarda artışlar olduğu gözlemlenmiştir. Orta oleik asit içerikli ayçiçeği yağının serbest asitlik oranı ve peroksit sayısı miktarı sırasıyla ışınlama uygulanmayan kontrol grubunda % 0,82; 17,92 meqO²/kg olurken; 10 kGy dozluk gama ışınlama sonrasında yapılan analizlerde % 0,87; 18,44 meqO²/kg olarak belirlenmiştir.

Demirci ve ark. (2015), farklı zümm çekirdeklerine 1 kGy, 3 kGy, 5 kGy ve 7 kGy gama ışınlama dozu oranlarındaki artışla aynı doğrultuda tüm numunelerin % asitlik ve peroksit sayılarında belirli oranlarda artışlar olduğu serbest yağ asitliği 7 kGy, peroksit sayısında 3 kGy’ den sonra önemli değişiklik olduğu tespit edilmiştir.

Mexis ve Kontominas (2009a) yaptıkları araştırmada ışınlama işlemi uygulanan fındığın kimyasal ve duyuşal özelliklerine etkisini incelemişlerdir. Işınlanmayan fındıkların peroksit sayısı 0,34 meqO²/kg iken, 1, 1,5, 3, 5 ve 7 kGy dozlarında ışınlanan örneklerde peroksit sayısı sırasıyla 0,44, 0,76, 1,38, 3,94 ve 6,80 meqO²/kg olarak belirlenmiştir. 3 kGy ışınlama dozu uygulandıktan sonra peroksit sayısında istatistiksel olarak önemli ölçüde artış olmuştur.

Çalışmamızda kullanılan soğuk presyon tekniği ile elde edilen chia tohumu yağının artan ışınlama dozuna paralel olarak literatürdeki diğer sonuçlarla benzerlik göstererek; peroksit sayısı ve serbest yağ asitliği oranlarının artış gösterdiği belirlenmiştir. Türk Gıda Kodeksi Bitki adı ile anılan yağlar tebliğine göre serbest yağ asitliği ve peroksit sayısı değeri sırasıyla soğuk preslenmiş ve natürel yağlarda en çok % 2, 15 meqO²/ kg yağ olarak

belirlenmiştir. Bizim çalışmamıza göre serbest yağ asitliği ve peroksit sayısı değeri bu verilerin altında bulunması olumlu olarak bulunmuştur.

4.2. Işınlama işleminin chia tohumu yağının toplam fenolik madde miktarının etkisinin incelenmesi

Fenolik bileşikler, bir aromatik halkaya bağlı fonksiyonel türevleri de dahil olmak üzere bir veya birden fazla hidroksil grubu içeren maddelerdir. En aktif doğal antioksidanlardan olup; antioksidan etkilerini, serbest radikalleri bağlama, lipoksigenaz enzimini inhibeetmeleri ve metallerle şelatları oluşturmaları ile gerçekleştirmektedirler (Güleşçi ve Aygöl 2016).

Çizelge 4.2. Chia tohumu yağı örneklerinin farklı ışınlama dozlarına göre toplam fenolik madde değerlerinin değişimi (mgGAE/kg)

Işınlama Dozu	Toplam Fenolik Madde Miktarı (mg GAE/kg)
Kontrol numunesi	260±0,0012a
2,5 kGy	210±0,0012b
5,0 kGy	190±0,0006c
7,5 kGy	150±0,0006d
10,0 kGy	150±0,0012d
LSD= $t_{(0,05)}$	** 0,002

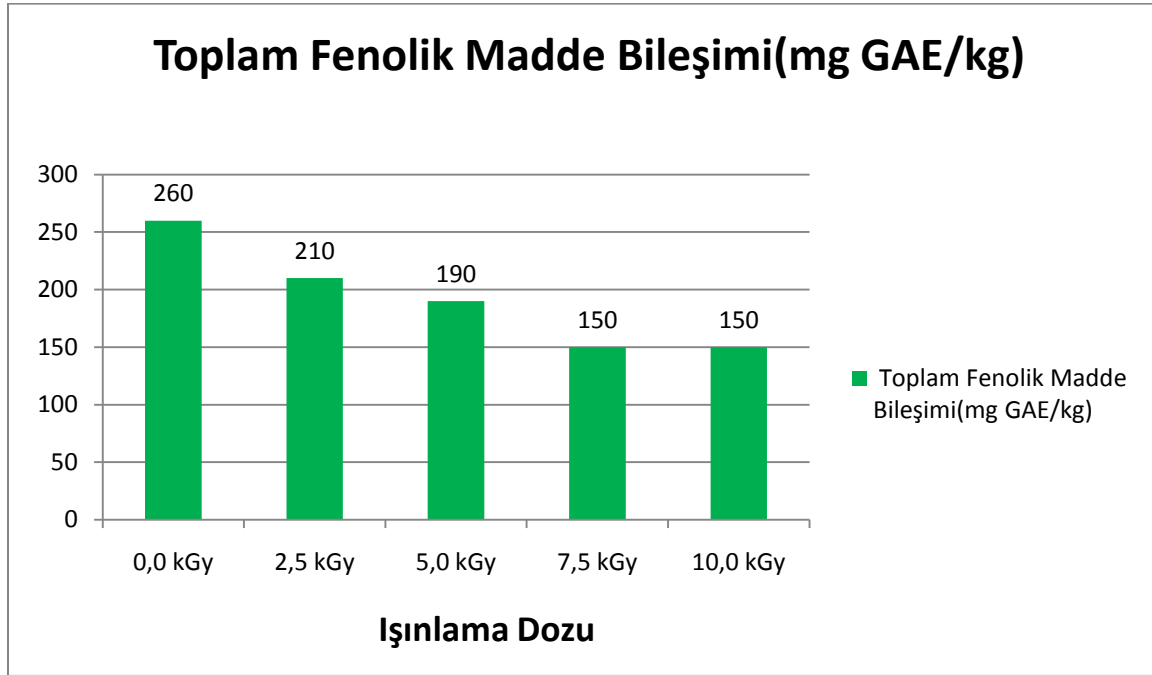
NS: önemsiz, * : $p < 0,05$ düzeyinde önemli

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

Işınla işlemi sonucu chia tohumu yağı örneklerine ait toplam fenolik madde değerlerindeki değişimler Çizelge 4.2. ' de gösterilmiştir.

Şekil 4.2.' de chia tohumu yağı örneklerinin ışınlama dozlarına göre toplam fenolik madde değerlerindeki değişimler gösterilmiştir. Soğuk pres tekniği ile elde edilmiş chia tohum yağında en yüksek fenolikdeğer ışınlama işlemi uygulanmamış örneğimizde 260 mg GAE/kg olarak bulunmuştur. Uygulanan 2,5 kGy ışınlama sonrası istatistiksel açıdan önemli azalma görülmüş ve toplam fenolik madde 210mgGAE/kg olarak bulunmuştur ($p < 0,05$). 7,5kGy ışınlama dozu sonrası 110 mgGAE/kg azalarak 150 mgGAE/kg' e düşmüştür. 10 kGy ışınlama dozunda ise 7,5kGy ışınlama dozu sonucu ile aynı değerleri göstermiş, istatiki açıdan

önemli bulunmamıştır ($p>0,05$). Işınlama yapılmayan kontrol grubuna kıyasla en fazla değişim ise; 7,5 kGy ışınlama dozunda olduğu görülmüştür.



Şekil 4.2.Chia tohumu yağının farklı ışınlama dozlarına göre toplam fenolik madde değerleri değişimi grafiği

Chia tohumu kullanılarak üretilen galetaların bazı kimyasal ve fiziksel özelliklerinde meydana gelen değişimleri inceleyen Özgören ve ark. (2018) chia tohumu ile zenginleştirilmiş örneklerde toplam fenolik madde miktarının istatistiksel olarak önemli seviyede arttığını tespit etmişlerdir.

Demirci ve ark. (2015), üzüm çekirdeği ve yağlarının toplam fenolik madde içeriğine gama ışınlamanın etkisini incelediklerinde, tüm üzüm çeşitlerinde ışınlama dozu arttıkça toplam fenolik madde içeriğinde azalma olduğunu tespit etmişlerdir. 5 kGy ve 7 kGy ışınlama dozlarında Cinsault ve Shiraz çeşitlerine ait fenolik madde içeriklerinde istatistiksel olarak önemli azalma bulunmuştur.

Mikrodalga, infrared, konveksiyonel ısıtıcı ve normal atmosferik şartlar altında farklı yöntemlerle kurutması yapılan Ayvalık ve Gemlik çeşidine ait zeytin yaprakları üzerinde gama ışını 3kGy, 5 kGy, 10 kGy şeklinde uygulanmıştır. En yüksek fenolik madde içeriğinin

3kGydoz uygulanan ve normal şartlar altında kurutulan Gemlik çeşitinde olduğu görülmüştür (Kocatürk 2014).

Salem ve ark. (2013) yaptıkları araştırmada gama ışınlamasının adaçayı yapraklarının fenolik ve antioksidan içeriğine etkisini incelemişlerdir. Yapılan 2kGy ve 4kGy ışınlama sonucunda adaçayı yapraklarının fenolik içeriğinde sırasıyla kontrol grubuna kıyasla %30 ve %45 oranında azalma görülmüştür. Yapılan çalışmalara paralel olarak çalışmamızda da artan ışınlama dozuyla beraber fenolik madde içeriğinde azalma gözlemlenmiştir.

4.3. Işınlama işleminin chia tohumu yağının yağ asiti bileşimindeki değişimin incelenmesi (%)

Çizelge 4.3'de chia tohumu yağına uygulanan ışınlama işlemi sonucunda yağ asitleri bileşimindeki değişimler gösterilmiştir.

Çizelge 4.3.1. Chia tohumu yağının farklı ışınlama dozlarına göre yağ asitleri bileşimine etkisi (%)

Işınlama Dozu	C 16:0 Palmitik asit	C 18:0 Stearik asit	C 18:1 Oleik asit	C 18:2 Linoleik asit	C18:3 Linolenik asit
0,0 kGy	6,51±0,011 e	2,62±0,003 e	7,33±0,011 a	17,84±0,006 a	65,70±0,014 ab
2,5 kGy	7,09±0,029 d	2,90±0,003 d	6,78±0,003 b	17,52±0,006 b	65,80±0,006 ab
5,0 kGy	7,89±0,009 c	2,94±0,009 c	6,46±0,003 c	17,58±0,006 c	65,13±0,014 c
7,5 kGy	7,96±0,017 b	2,99±0,000 b	6,44±0,003 d	17,10±0,009 d	65,96±0,268 a
10,0 kGy	8,18±0,011 a	3,08±0,006 a	6,18±0,003 e	16,99±0,003 e	65,47±0,003 bc
LSD= t _(0,05)	** 0,054	** 0,016	** 0,019	** 0,019	** 0,380

** : 0,01 düzeyinde önemli, ns: önemsiz, Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılığın "LSD" testine göre (%5 - %1) istatistiki açıdan önemli olmadığını göstermektedir.

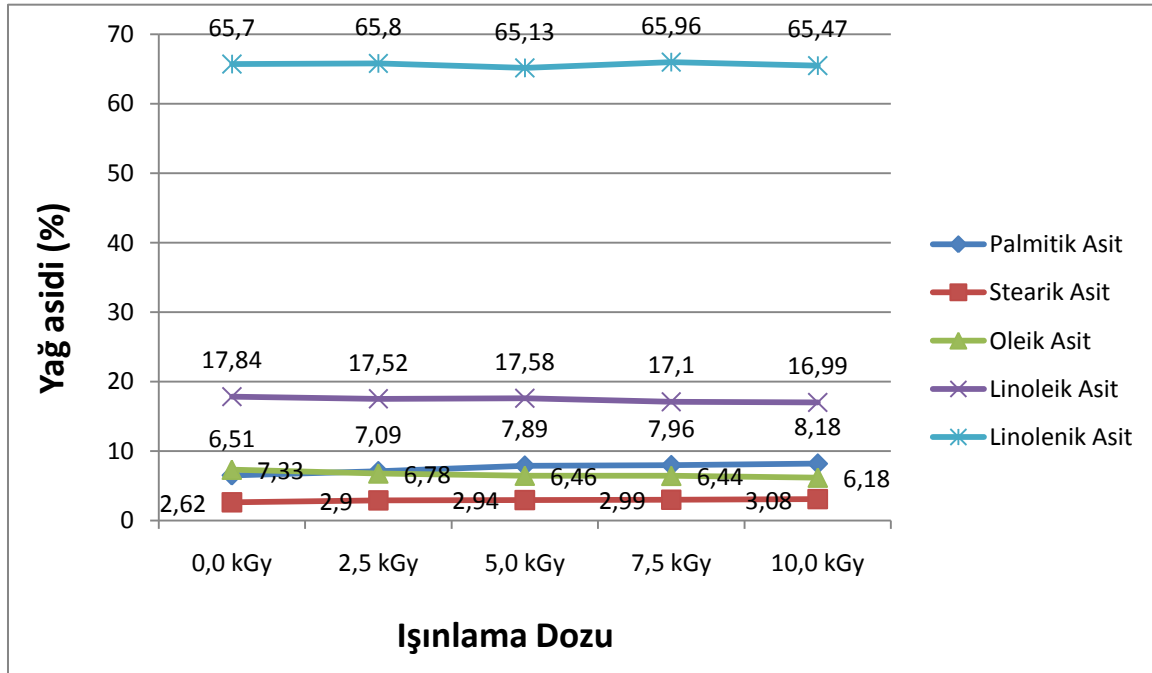
Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir.

Şekil 4.3.1.' de chia tohum yağına uygulanan ışınlama işlemi sonucunda bazı yağ asitleri bileşiminde meydana gelen değişimler grafik üzerinde incelenmiştir. Yağ asitlerinden en yüksek değer linolenik asitte görülmüştür. En düşük değer ise stearik asitte bulunmuştur. Ortalama olarak, yağ asitleri miktarları kıyaslandığında; linolenikasit > linoleik asit > palmitik asit > oleik asit > stearik asit şeklindedir. Çalışmamızda chia tohum yağının yağ asitleri

bileşiminde görülen bu sıralama, Silva ve ark. (2016)'nın araştırmasında buldukları sonuç ile de benzerlik göstermektedir.

Şekil 4.3 incelendiğinde başlangıçta % 6,51 olan palmitik asit değeri 2,5 kGy, 5 kGy, 7,5 kGy, 10 kGy ışınlama sonrasında sırasıyla % 7,09, % 7,89, % 7,96, % 8,18 olduğu tespit edilmiştir. Işınlama dozunun artmasıyla beraber palmitik asit miktarı da artmıştır. % 2,62 olan ışınlama işlemi uygulanmayan kontrol numunesindeki stearik asit miktarı, ışınlama işlemi uygulanan numunelerde giderek artarak en yüksek miktarı 10 kGy ışınlama işleminde vermiş ve bu değer % 3,08 olarak bulunmuştur ($p < 0,01$).

Oleik asit miktarı başlangıçta % 7,33 iken; 2,5 kGy, 5 kGy, 7,5 kGy ışınlama sonrasında sırasıyla % 6,78, % 6,46, % 6,44, % 6,18 olarak artan ışınlama dozuna karşılık azaldığı saptanmıştır. Aynı şekilde başlangıç yağ asidi yüzdesi 17,84 olan linoleik asit miktarı da giderek azalma gösterdiği 10 kGy dozunda % 16,99 en düşük yağ asidi yüzdesini gösterdiği belirlenmiştir ($p < 0,01$). Başlangıçta % 65,7 olan linolenik asit miktarında, 2,5 kGy ışınlama sonrası istatistiksel olarak önemli bir değişim gözlenmemiştir ($p > 0,01$). 5 kGy ışınlaması sonrası en düşük yağ asidi miktarını % 65,13 göstermiş, 7,5 kGy ışınlama sonrası ise en yüksek yüzde miktarını göstererek % 65,96 olduğu analiz edilmiştir. 10 kGy ışınlama dozu sonrası



tekrar düşüş göstererek % 65,47 olarak belirlenmiştir.

Şekil 4.3.1. Chia tohumu yağının farklı ışınlama dozlarına göre yağ asitleri bileşimindeki değerlerin değişim grafiği

Mexis ve Kontominas (2009b), kajularda 7 kGy'e kadar ışınlama yaparak yağ asitleri bakımından değerlendirildiğinde ışın dozu ile birlikte oleik asit konsantrasyonu düşerken stearik asit konsantrasyonu arttığı gözlenmiştir. Araştırmalarının bulduğu sonuçlar çalışmamızla benzerlik göstermiştir.

Bademlerde minimum istenmeyen değişikliklere neden olan doz seviyelerini belirlemek için yapılan çalışmada yağ asiti bileşimi değerlendirmiştir. Ham soyulmamışbadem çeşidi Tuono 0,5, 1,5, 3, 6, 8 ve 10 kGy dozlarında ışınladığında, yağ asidi bileşimlerinde 10 kGy'lik bir doza kadar bir değişiklik göstermediği ve düşük dozlarda uygulanmanın bademlerdeki yağ asitlerinin içeriğinin korunmasında etkili bir araç olduğu görülmüştür(DiStefano ve ark. 2014).

CabernetFranc üzüm çeşidi yağında linoleik asit oranı ışınlama dozu arttıkça azalmış, aynı şekilde oleik asit miktarı ışınlama dozu arttıkça azalmıştır. Bu iki doymamış yağ asidinde ışınlama dozuyla birlikte azalması istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($p<0,05$). CabernetFranc üzüm çeşidi yağının palmitik asit miktarı incelendiğinde kontrol grubuna göre ışınlamanın etkisiyle artmış, aynı şekilde ışınlamanın etkisiyle stearik asit oranında da artış görülmüştür (Demirci ve ark 2015).

Kanola tohumlarının yağ asidi değerleri incelendiğinde; linolenik asit miktarının ışınlama dozuna paralel olarak arttığı, başta% 7,61 iken 10 kGy dozunda % 7,83 olduğu görülmüştür. Oleik asit miktarları 5 kGyve üzeri doz düzeyinde kontrol örneğine örneğe göre düşmüştür. Linoleik asit miktarı da kontrol numunesinde % 20,73 iken ışınlama dozuna paralel olarak düşmüş ve 10 kGy doz düzeyinde % 19,39 olarak görülmüştür ($p<0,01$). Doymuş yağ asitlerinden stearik asit değeri ışınlamayla beraber artmıştır. Palmitik asit değeri ise özellikle 10 kGy doz düzeyinde belirgin olarak artmıştır ($p<0,01$) (Çatal 2012).Araştırmacıların bulduğu sonuçların çalışmamızda bulunan sonuçlarla uyumlu olduğu görülmüştür.

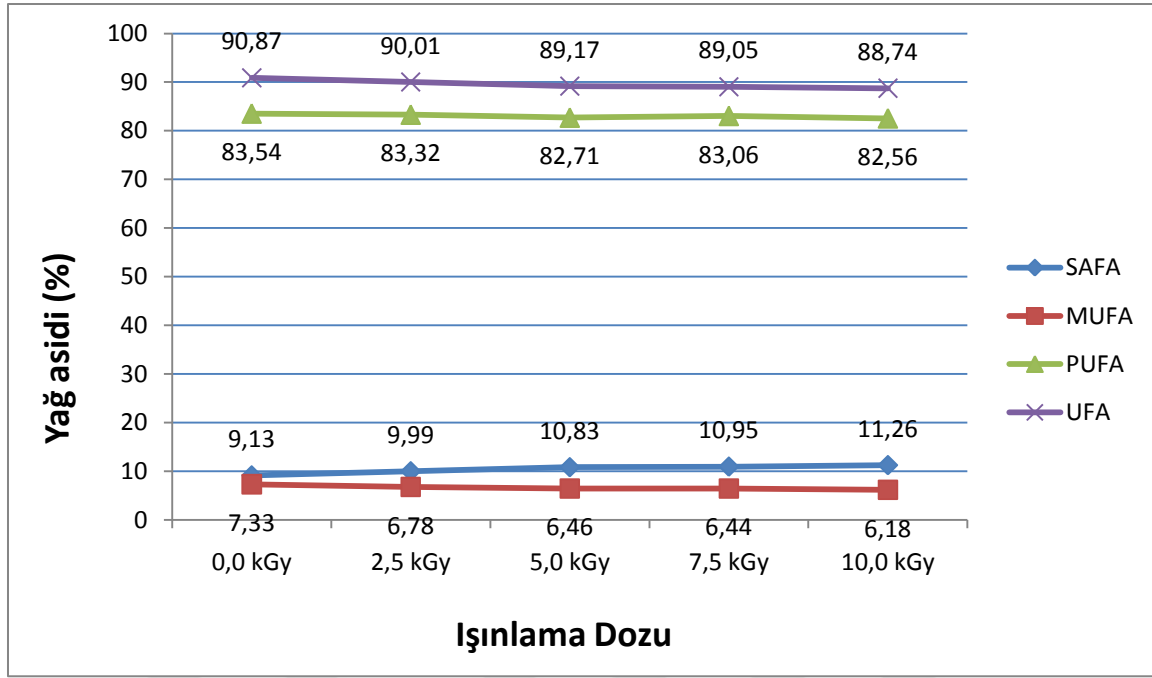
Çizelge 4.3.2.Chia tohumu yağının farklı ışınlama dozlarına göre SAFA, UFA, MUFA, PUFA değerleri değişimi etkisi

İşinlama Dozu	SAFA	MUFA	PUFA	UFA
0,0 kGy	9,13±0,009 d	7,33±0,011 a	83,54±0,020 a	90,87±0,009 a
2,5 kGy	9,99±0,017 c	6,78±0,003 b	83,32±0,011 ab	90,01±0,032 b
5,0 kGy	10,83±0,015 b	6,46±0,003 c	82,71±0,009 cd	89,17±0,007 c
7,5 kGy	10,95±0,150 b	6,44±0,003 c	83,06±0,277 bc	89,05±0,310 c
10,0 kGy	11,26±0,017 a	6,18±0,037 d	82,56±0,003 c	88,74±0,038 d
	**	**	**	**
LSD= $t_{(0,05)}$	0,216	0,018	0,356	0,446

******: 0,01 düzeyinde önemli, ns: önemsiz, Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılığın “LSD” testine göre (%5 - %1) istatistiki açıdan önemli olmadığını göstermektedir.

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

Çizelge 4.3.1.’ de chia tohumunda doymamış yağ asitlerinin (UFA), doymuş yağ asitlerine (SAFA) kıyasla daha yüksek miktarlarda olduğu görülmektedir. Tekli Doymamış yağ asitleri (MUFA), başlangıç seviyeleri % 7,33 iken giderek azalma, çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA), % 83,54 başlangıç seviyesi ile giderek azaldığı gözlenmiştir. 7,5 kGy ışınlama dozundan sonra bir artış sonra tekrar azalma gözlemlenmiştir.SAFA yağ asitleri ışınlama dozuyla beraber giderek artmış, UFA yağ asitleri ise ışınlama dozunun artışına bağlı olarak giderek azaldığı gözlemlenmiştir. UFA, 5 kGy ve 7,5 kGy ışınlama dozunda önemli bir değişiklik olmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$).



Şekil 4.3.2.Chia tohumu yağının farklı ışınlama dozlarına göre SAFA, UFA, MUFA, PUFA değerlerideğişim grafiği

Şekil 4.3.2. ' dechia tohum yağına uygulanan ışınlama dozuna bağlı olarak SAFA, UFA, MUFA, PUFA değerlerindeki değişimler grafik üzerinde incelenmiştir.

Barreira ve ark. (2012)'nın, yapmış olduğu çalışmada palmitik, oleik ve linolenikasitin ışın dozu ile birlikte farklılık gösterdiği, doymuş, tekli doymamış ve çoklu doymamış yağ asite seviyesinin hem depolama süresinden hem de ışınlamadan etkilenmediği sonucuna varmışlardır.

Fernandes ve ark. (2011), kestanelerdeki ışın uygulamalarının ve depolama süresinin yağ asiti üzerine etkisi araştırdığı çalışmada, 4 °C'de saklanan ürünler kontrol grubu olan 0. günde , 30. günde ve 60. günlerde analize alınmış doymuş yağ asitleri, tekli doymamış yağ asitleri ve çoklu doymamış yağ asitlerinin depolamadan ve ışınlama uygulamasından etkilenmediğini belirlemişlerdir.

Geçgel ve ark. (2011), fındık, ceviz, badem ve antep fıstığı meyvelerine 1 kGy, 3 kGy, 5 kGy ve 7 kGy gama ışını uygulamışlardır. Yağ asitleri değerlendirmesinde ışın dozu ilebirlikte toplam tekli doymamış ve toplam çoklu doymamış yağ asitleri azalırken toplam doymuş yağ asiti miktarının arttığı görülmüştür ($p < 0.05$ ve 0.01).

Öner (2018), % 62 yağ oranına sahip olan hindistan cevizi yağına yaptığı çalışmada MUFA ve SAFA değerlerinin 7 kGy ışınlamasından sonra düşüş, artan ışınlama dozunun

doymuş yağ asitleri miktarını artırdığı, doymamış yağ asitlerini ise düşürdüğü gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar çalışmamızda uyumluluk göstermektedir.

Cinsault üzüm çekirdeği yağının yağ asitbileşimine bakıldığında, ışınlama dozundaki artışa paralel olarak doymuş yağ asitleri miktarı artmış, doymamış yağ asitleri miktarı azalmıştır. MUFA değeri ışınlama dozunun artması ile azalmıştır(Demirci ve ark. 2015).

Üretimde gama ışınlamanın kullanılmasında lipidoksidasyonu, genel sorunlardandır. Üründe, ışınlamanın dozuna bağlı olarak lipidoksidasyonun artması serbest radikallerden etkilenmektedir. Özellikle çoklu doymamış yağ asitleri hızla okside olmaları sebebiyle çok daha fazla etkilenmektedir (Demirci ve ark. 2015).

4.4. Işınlama işleminin chia tohumu yağının tokoferol değerleri değişiminin incelenmesi

Çizelge 4.4. Chia tohum yağının farklı ışınlama dozlarına göre tokoferol değerleri değişimi

Işınlama Dozu	Gama (γ) -Tokoferol mg/kg	Delta (Δ) -Tokoferol mg/kg
0,0 kGy	229,93±2,46 a	26,06±0,21 a
2,5 kGy	160,37±0,89 c	23,65±0,33 c
5,0 kGy	136,09±1,47 d	24,74±0,21 b
7,5 kGy	177,59±0,73 b	22,40±0,29 d
10,0 kGy	113,52±0,078 e	21,68±0,38 d
	**	**
LSD= $t_{(0,05)}$	4,362	0,924

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

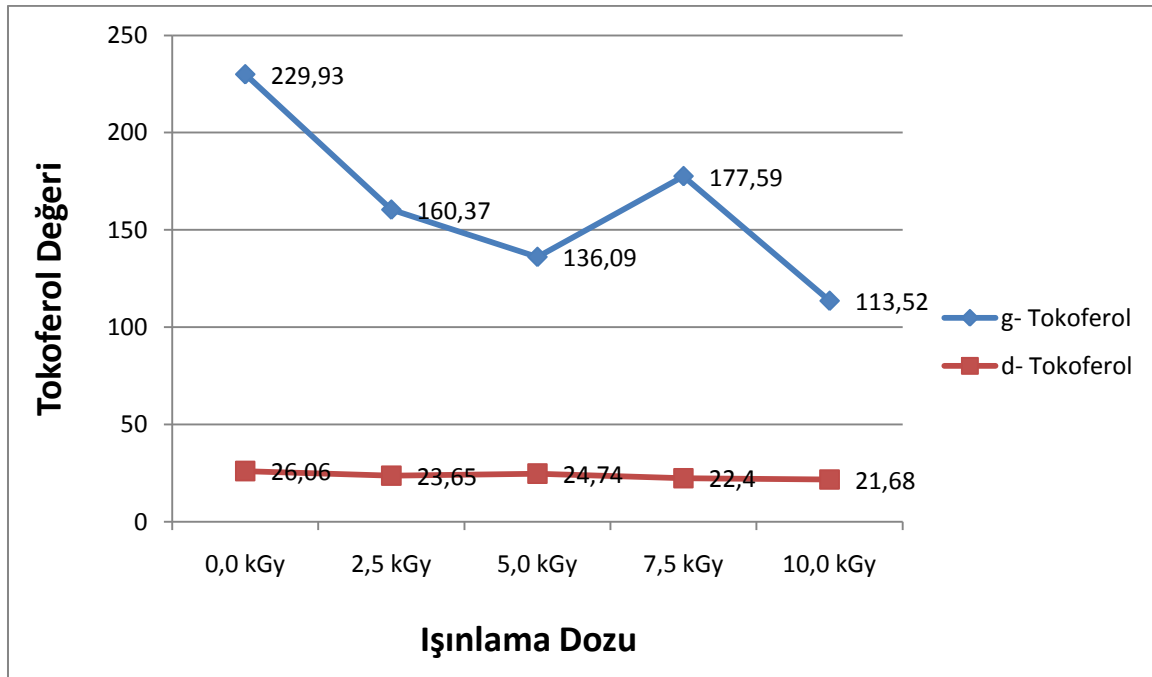
Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir.

Soğuk pres tekniği ile sıkılmış chia tohum yağlarına farklı oranlarda uygulanmış ışınlama dozlarına göre tokoferoldeğerleri Çizelge 4.4 ‘ de verilmiştir.

Gama tokoferol değeri ışınlama işlemi işlemi uygulanmamış chia tohum yağında 229,93 mg/100 g değerinde iken 5 kGy ışınlama dozuna kadar azalma göstererek 136,09 mg/kg değerine ulaşmış, 7,5 kGy ışınlama dozunda 177,59 mg/kg değeri tespit edilmiş sonra tekrar 10 kGy değerinde 113, 52 mg/kg değerleri belirlenmiştir. Bu değerler istatistiksel açıdan

önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Kontrol grubuna kıyasla en belirgin değişim 10 kGy ışınlama dozunda olurken; en az değişim ise 7,5 kGy de tespit edilmiştir.

Delta tokoferol değeri ise; başlangıçta 26,06 mg/kg iken 2,5 kGy ışınlama dozunda azalma göstermiş, 5 kGy ve 7,5 kGy’ de 24,74 mg/kg ve 22,4 mg/kg değeri tespit edilmiş ($p<0,05$); 7,5 kGy ve 10 kGy değerleri aynı miktarı gösterdiği için istatiki bir fark görülmemiştir ($p>0,05$). Kontrol grubuna kıyasla en belirgin değişim 10 kGy ışınlama dozunda olurken; en az değişim ise 5 kGy de tespit edilmiştir.



Şekil 4.4. Chia tohum yağının farklı ışınlama dozlarına göre tokoferol değerlerinin değişim grafiği

Soğuk pres tekniği ile sıkılmış chia tohum yağlarına farklı oranlarda uygulanmış ışınlama dozlarına göre tokoferol değerleri değişim grafiği Şekil 4.4’ de verilmiştir.

Taipina ve ark. (2009), pekan cevizlerine (*Caryaillionensis*) yaptıkları 1 kGy ve 3 kGy dozlarında gama ışını uygulaması ile tokoferol değerlerinde değişim olmadığını saptamıştır.

Ham soyulmamış badem çeşidi Tuono (*Prunus dulcis* (Mill.) DA Webb), 0,5, 1,5, 3, 6, 8 ve 10 kGy dozunda ^{60}Co kaynağı kullanılarak ışınlanmıştır. Hem kontrol hem de ışınlanmış numunelerde gözlemlenen genel bir eğilim, ışınlama dozunun artırılmasının α -tokoferol içeriğinin azalmasına yol açtığı yönündedir (DiStefano ve ark. 2014).

İç fındıkta yapılan ışınlama sonrası yapılan analizler incelendiğinde en yüksek E vitamini değerinin kontrol grubunda (22.453 ± 0.458 mg/100 g) olduğu görülmüştür. Daha sonra sırası ile 0.5 kGy (22.159 ± 0.455 mg/100 g), 1 kGy (18.968 ± 0.351 mg/100 g) ve 1.5 kGy (17.835 ± 0.516 mg/100 g) dozları takip etmiştir. Buradan hareketle natürel iç fındıkta uygulanan doz miktarı arttıkça E vitamini miktarının düştüğü söylenebilir. Ancak 1 kGy ve 1.5 kGy dozlar arasında rakamsal açıdan fark olmasına rağmen bu fark istatistik olarak önemli bulunmamıştır ($p > 0.05$) (Güler 2015).

Çatal (2012), linoik asitli içerikli ayçiçeği tohumları, kanola tohumlarının, yüksek oleik asit içerikli ayçiçeği tohumları, orta oleik asit içerikli ayçiçeği tohumlarının artan ışınlama dozuna paralel olarak tokoferol miktarında düşme olduğunu tespit etmiştir.

4.5. Işınlama İşleminin chia tohumu yağının sterol değerleri değişiminin incelenmesi

Çizelge 4.5. Chia tohum yağının farklı ışınlama dozlarına göre sterol kompozisyonları değişimi

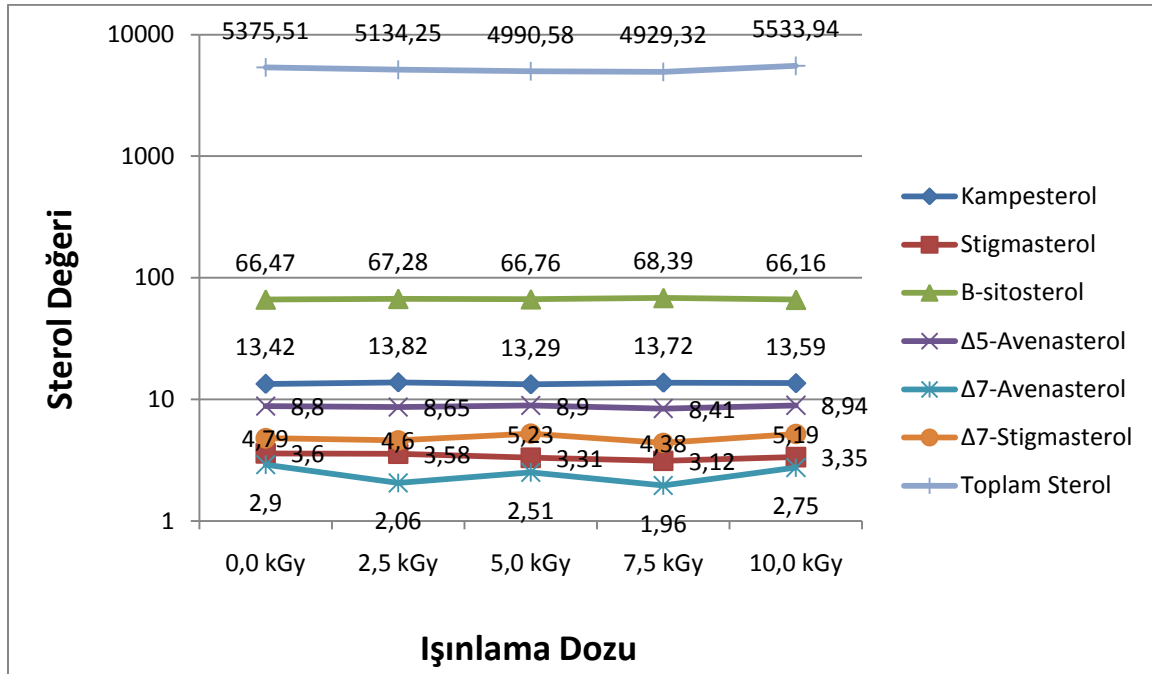
Işınlama Dozu	Kampest erol	Stigmaster ol	B-sitosterol	$\Delta 5$ -Avenaster ol	$\Delta 7$ -Avenaster ol	$\Delta 7$ -Stigmaster ol	Toplam Sterol
Kontrol	$13,42 \pm 0,031$	$3,60 \pm 0,043$ a	$66,47 \pm 0,219$ cd	$8,80 \pm 0,101$ ab	$2,90 \pm 0,049$ a	$4,79 \pm 0,086$ b	$5533,51 \pm 22,82$ a
2,5 kGy	$13,82 \pm 0,288$	$3,58 \pm 0,023$ b	$67,28 \pm 0,153$ b	$8,65 \pm 0,008$ bc	$2,06 \pm 0,057$ c	$4,60 \pm 0,092$ bc	$5375,25 \pm 29,54$ b
5,0 kGy	$13,29 \pm 0,179$	$3,31 \pm 0,029$ cd	$66,76 \pm 0,233$ bc	$8,90 \pm 0,069$ ab	$2,51 \pm 0,222$ b	$5,23 \pm 0,173$ a	$5134,58 \pm 20,35$ c
7,5 kGy	$13,72 \pm 0,159$	$3,12 \pm 0,135$ d	$68,39 \pm 0,184$ a	$8,41 \pm 0,142$ c	$1,96 \pm 0,055$ c	$4,38 \pm 0,086$ c	$4990,32 \pm 0,20$ d
10,0 kGy	$13,59 \pm 0,162$	$3,35 \pm 0,032$ c	$66,16 \pm 0,136$ d	$8,94 \pm 0,029$ a	$2,75 \pm 0,009$ ab	$5,19 \pm 0,014$ a	$4929,94 \pm 51,87$ d
LSD= $t_{(0,05)}$	Ns	** 0,212	** 0,596	** 0,267	** 0,340	** 0,328	** 94,516

** : 0,01 düzeyinde önemli, ns: önemsiz, Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılığın "LSD" testine göre (%5 - %1) istatistiki açıdan önemli olmadığını göstermektedir
Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir.

Soğuk pres tekniği ile sıkılmış chia tohum yağlarının farklı ışınlama dozlarına göre sterol kompozisyonundaki değişimi yukarıdaki Çizelge 4.5' te verilmiştir.

Şekil 4.5.'te Chia tohum yağının ışınlamanın dozlarına göre kampesterol, stigmasterol, β -sitosterol, $\Delta 5$ -avenasterol, $\Delta 7$ avenasterol, $\Delta 7$ - stigmasterol ve toplam sterol değerleri gösterilmiştir. Örnek numunelerin analiz sonuçlarının sterol kompozisyonu değerlendirildiğinde en fazla bulunan sterolün β -sitosterol olduğu tespit edilmiştir.

Kampesterol miktarındaki değişim istatiki açıdan önemli bulunmamıştır ($p>0,05$). Toplam sterol miktarı 5533,51 değerinde en yüksek miktarı göstermiş, giderek azalma tespit edilmiştir ($p<0,05$). Stigmasterol, $\Delta 7$ - avenasterol miktarları en yüksek kontrol grubunda bulunmuş, en düşük miktarları ise; 7,5 kGy dozunda görülmüştür. $\Delta 5$ - avenasterol ve $\Delta 7$ - stigmasterol miktarlarında en yüksek 10 kGy dozunda saptanmış olup; en düşük 7,5 kGy ışınlama dozunda bulunmuştur. $\Delta 7$ - stigmasterol, 5 ve 10 kGy ışınlama dozları arasındaki fark istatiki açıdan önemli bulunmamıştır ($p>0,05$). B- sitosterol miktarı en yüksek kontrol grubunda, en düşük 10 kGy ışınlama dozunda bulunmuştur. Sterol kompozisyonunda ışınlama dozunun artışıyla beraber azalma gözlemlenmiştir. Kontrol örneğine kıyasla en belirgin değişimin 10kGy ışınlama dozunda olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.5.Chia tohum yağının farklı ışınlama dozlarına göre sterol kompozisyonları değişimi grafiği

CabernetFranc, AlicanteBouschet üzüm çekirdeği yağlarının sterol kompozisyonları ışınlama dozunun artması ile azaldığı görülmektedir. β -sitosterol oranı başlangıçta %55,96 iken 1kGy ışınlama dozu sonucunda %4,16 artış görülmüştür. 3, 5 ve 7kGy ışınlamadozları sonucunda β -sitosterol miktarı azalmış, 7kGy ışınlama dozu sonucunda kontrol grubuna göre β -sitosterol oranı %2,92 azalmıştır. Bizim çalışmamızda da β -sitosterol miktarı başlangıçta% 66,47 iken % 0,81 artış göstermiş % 67,28 bulunmuş. 5 ve 10 kGy düşme görülmüş, en yüksek yüzdelik değer ise 7,5 kGy ışınlama dozunda % 68,39 bulunmuş, kontrol grubuna

göre % 1,32 artış göstermiştir (Demirci ve ark. 2015). β -sitosterol içeriği kan kolesterol düzeylerinin düzenlenmesinde etkili olabilmektedir (Yurt ve Gezer 2018).

Ayçiçeği ve kolza tohumlarına 2,5, 5,0, 7,5 ve 10 kGy dozlarında ışınlama işlemi uyguladığı çalışmasında en yüksek düzeyde sitosterol oranı tespit edilmiş olup linoleik asit içerikli ayçiçeği ve kolza tohumlarında bulunan % sitosterol oranlarının ışınlama dozunun artışına karşı olarak azaldığı tespit edilmiştir (Çatal 2012).



5.SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu araştırma kapsamında, chia tohumlarına farklı dozlarda ışınlama işlemi uygulandıktan sonra soğuk presyon tekniği ile ekstrakte edilmesiyle oluşan yağlardaki değişen kimyasal özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır.

Chia tohumu yağlarında ışınlamanın ardından, ürünün genel anlamda peroksit ve serbest yağ asitliği değerinde tüm ışınlama dozlarında bir miktar artışa neden olduğu ve bu artışın en fazla 10 kGy ışınlama dozunda gerçekleştiği görülmüştür.

En aktif antioksidan olan toplam fenolik madde miktarında ise; ışınlama dozu arttıkça azalma gözlemlenmiştir. En belirgin azalma 7,5 kGy dozlarında görülürken; 7,5 ve 10 kGy dozları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Örneklerin yağ asiti bileşimleri incelendiğinde ışınlama dozunun artmasıyla beraber palmitik asit ve stearik asitin arttığı, oleik asit ve linoleikasitin azaldığı tespit edilmiştir. Linolenik asit miktarında ise çeşitli dalgalanmalar belirlenmiştir. Tekli ve çoklu doymamış yağ asitleri azalma göstermiş, doymuş yağ asitlerinde de ışınlama dozunun artışına paralel olarak yükselme tespit edilmiştir. Doymamış yağ asitlerindeki azalma sonrası, 5 kGy ve 7,5 kGy dozları arasında istatistiksel olarak önemli değişim analiz edilmemiştir. Genel olarak doymamış yağ asidi miktarı % 90, 87 iken doymuş yağ asidi oranı % 9,13 bulunmuştur. En fazla değişim ise; 10 kGy ışınlama dozunda olduğu tespit edilmiştir.

Tokoferol değerinde ışınlama işlemine paralel olarak genel anlamda azalma görülmüştür. Delta tokoferol 7,5 kGy ve 10 kGy ile sterol kompozisyonunda ki kampesterol değerinde herhangi bir ışınlama dozunda istatistiksel açıdan önemli bir fark bulunmamıştır. Toplam sterol miktarı ise genel olarak azalma göstermiştir. En yüksek düzeyde β -sitosterol tespit edilmiş olup, β -sitosterol miktarının ışınlama dozu arttıkça azaldığı görülmüştür. Sterol kompozisyonunda, kontrol örneğine kıyasla en belirgin değişimin 10kGy ışınlama dozunda olduğu tespit edilmiştir. Tokoferol miktarında ise en belirgin değişimin 10 kGy, en az değişimin ise gama tokoferol ve delta tokoferolde sırasıyla 7,5 kGy ve 5 kGy ışınlama dozunda olduğu tespit edilmiştir.

Peroksit sayısı ve serbest yağ asitliği değeri ürünün raf ömrünü belirleyeceği önemli bir parametredir. Peroksitler stabil ürünler değildir. İkincil ürünlere parçalanarak ürünün tat, tekstür, renk, lezzet ve kokusunu olumsuz yönde etkilemektedirler. Aynı şekilde trigliserit

yapının hidrolize olması neticesiyle oluşan serbest yağ asitliğinin, yağ içeriğinde yüksek bulunması ya da gözlenen miktarındaki artış, yağın oksidasyona olan hassasiyetini artıracak anlamını taşımaktadır. Bu da yağın acılaşmaya başlayacağının önemli bir belirtisidir. Türk Gıda Kodeksi “Bitki adı ile anılan yağlar tebliğine” göre serbest yağ asitliği ve peroksit sayısı sırasıyla soğuk preslenmiş ve natürel yağlarda en çok % 2, 15 meqO²/ kg yağ olarak belirlenmiştir. Bizim çalışmamıza göre serbest yağ asitliği ve peroksit sayısı değeri bu verilerin altında bulunması olumlu olarak bulunmuştur.

Yağların oksidatif stabilitesini sağlayan fenolik maddelerin ışınlamayla beraber azalması da olumsuz bir noktadır. Örnekler yüksek dozlara maruz kaldığında fenolik maddelerdeki azalma meydana geldiği için ışınlama dozunun makul seviyede olması oldukça elzemdir.

Çoklu doymamış yağ asitleri miktarının artması yağda serbest yağ asitliği ve peroksit değerini etkiler. Yapısında mevcut bulunan çift bağlar dolayısıyla; doymuş yağ asitlerine kıyasla doymamış yağ asitleri kimyasal açıdan daha reaktiftir. Yağ asiti zincirinde bulunan çift bağ miktarına göre reaktivite çoğalmaktadır. Çalışmamızda artan ışınlama dozuna bağlı olarak toplam doymamış yağ asitlerinin azalması bu açıdan olumsuz olarak belirlenmiştir.

Chia tohumunun yağının içeriğinde bulunan omega-3 ve omega-6'nın kaynağı olan ve kötü kolesterolde (LDL) ve toplam kolesterolde azalma meydana getirebilen doymamış yağların % 90, 87 olarak bulunması da çalışmamız açısından önemli bulunmuştur. Bilinçli bir şekilde günlük tavsiye edilen miktarların üzerine çıkmadan tüketilmesi gereken doymuş yağlarında % 9,13 değerinde bulunması da ideal seviyelerde görülmüştür.

Ülkemizde ve dünyada popülaritesi hızla artan chia tohumunun, yüksek oranda diyet posası içermesi, kıvam artırıcı ve stabilizatör özelliği, içerdiği yüksek n-3 içeriğiyle balık ve ürünlerine alerjisi olan kişilere alternatif besin özelliğinde olması, sağlık üzerindeki etkileri göz önünde bulundurulduğunda bu tohum üzerinde daha fazla araştırmalar yapılması gerekmektedir.

Sonuç olarak yapılan çalışmada raf ömrü uzatımı için kullanılan dozların chia tohumunda incelenen özellikler bakımından kimyasal yapısını olumsuz etkileyebilecek ya da yararlı özelliklerini tamamen yok edebilecek etkisinin olmadığı söylenebilir. Ancak, yağlı tohumlara yapılan ışınlama uygulamalarında yasal olarak böceklenme için 1 kGy, bozulmaya sebep olan mikroorganizmaların elimine edilmesi ve raf ömrünün uzatılması için 5 kGy

maksimum doza izin verildiği dikkate alınmalıdır.Yapılan analiz parametrelerindeışınlama yapılmayan kontrol örneğine göre en belirgin değişimlerin 7,5 kGy ve 10 kGy ışınlama dozunda gözlenmesi sebebiyle; 2,5 kGy ve 5 kGy ışınlama dozu uygunlanmasıchia tohumundaki kimyasal değişimin ışınlama tebliğine destekleyici olarak görölmüştür.



6. KAYNAKLAR

- Abbas SMN, Halkman K (2003). Baharat Mikroflorası Üzerine Işınlamanın Etkisi. Orlab Online Mikrobiyoloji, 01:43-65. <http://www.mikrobiyoloji.org/pdf/702030304.pdf> (erişim tarihi, 04.03.2019).
- Abdellaoui S, Lacroix M, Jobin M, Boubekri C, Gagnon M (1995). Effect of Gamma Irradiation 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.
- Açıkgöz N, Akkaş E, Moghaddam A, Özcan K (1993). Tarist, Pc'ler İçin Türkçe İstatistik Paketi, Ulusal Ekonometri ve İstatistik Sempozyumu, İzmir.
- Alkan H (2000). Yeni Eğilimler Söyleşi, (<http://www.gammapak.com/en/haberler/2000/subat-2000.PD>) (erişim tarihi, 05.01.2018).
- Alkan H (2003). Türkiye' de Endüstriyel Gama Işınlaması Uygulamaları, <http://www.gamma-park.com.tr/kitap2003/19htm> (erişim tarihi, 05.01.2018)
- Alkan H, Günaydı T, Kavzak B (2017). Gıda ışınlama teknolojisi ve ışınlama yöntemleri, Tekirdağ. (http://www.radkor2017.org/dosya/up/sunumlar/26_HasanALKAN.pdf (erişim tarihi, 17.04.2019))
- Anonim (1987). IUPAC- Standard Methods for the Analysis of Oils, Fats and Derivates, Edited by C. Paquot and A. Hautfenne 7th edn., Blackwell Scientific Publications Ltd. Oxford, London, Edinburgh.
- Anonim (1993). A series of Fact Sheets from the International Consultative Group on Food Irradiation. <http://www.iaea.org/Publications/Booklets/foodirradion.pdf> (erişim tarihi, 28.10.2018)
- Anonim (2005). 4. Ulusal Sterilizasyon Dezenfeksiyon Kongresi
- Anonim (2009). Opinion on the safety of 'Chia seeds (*Salvia hispanica* L.) and ground whole Chia seeds' as a food ingredient Scientific Opinion of the Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies, The EFSA Journal, 996/1-26
- Anonim (2019). Harvard T.H. Chan, School of public health, The Nutrition Source, Food features, Chia Seeds, <https://www.hsph.harvard.edu/nutritionsource/food-features/chia-seeds/> (erişim tarihi, 29.11.2018)
- Apaydın D (2015). Üzüm Çekirdeklerinin Biyokimyasal ve Mikrobiyolojik Özelliklerine Işınlama İşleminin Etkilerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Tekirdağ.
- Ay O (2013). Bitkisel Yağların Rafinasyon Aşamalarında Uygulanan Son Teknolojik Yenilikler, Yüksek Lisans Semineri, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Tekirdağ.
- Atasever MA, Atasever M (2007). Işınlamanın Gıda Teknolojisinde Kullanımı, Atatürk Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi, Erzurum, 2 (3) 107-116.

- Axe J (2017). Food is Medicine, 9 ChiaSeedsBenefits + Side Effects.
- Barreira JCM, Antonio AL, Günaydi T, Alkan H, Bento A, Botelho ML, Ferreira ICFR (2012). Chemometric characterization of gamma irradiated chestnuts from Turkey, Radiation Physics and Chemistry, 81: 1520-1524.
- Cassiday L (2017). Inform magazine Volume 28(1):7-13
- Çatal P (2012). Işınlama işlemi uygulanmış ayçiçeği ve kolza tohumlarının yağ kalitesi özelliklerinde meydana gelen bazı değişikliklerin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Tekirdağ, 2-5;15-40.
- Çetinkaya N, Halkman ABD (2006). Türkiye’ de Gıda Işınlama Teknolojisindeki Gelişmeler ve Yasal Düzenlemeler. Türkiye 9. Gıda Kongresi, Bolu, Türkiye.
- Çolak FA (2006). Işınlamanın, çörekotunun (*Nigella sativa* L.) bazı kimyasal, mikrobiyolojik özellikleri ve yağ asitleri kompozisyonuna etkisi, Trakya Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, 2-20.
- Demirci AŞ, Geçgel Ü, Velioğlu HM, Koç D, Gülcü M (2015). Işınlama İşlemi Uygulanmış Farklı Üzüm Çeşitlerine Ait Çekirdeklerin kimyasal ve Antimikrobiyal Özelliklerinde Meydana Gelen Değişikliklerin Belirlenmesi, NKUBAP.00.24.AR13.21 nolu proje, 64-113.
- De Souza Ferreira C, De Sousa Fomes LD, Espirito Santo da Silva G, Rosa G (2015). Effect of chias seed (*Salvia hispanica* L.) consumption on cardiovascular risk factors in humans: a systematic review, 32(5).
- DiStefano V, Pitonzo R, Bartolotta A, D’Oca, M C (2014). Effects of γ -irradiation on the α -tocopherol and fatty acid content of raw unpeeled almond kernels (*Prunus dulcis*), LWT-Food Science and Technology, 59: 572-576.
- Durmaz H, Sancak H (2014). Gıda Teknolojisinde Işınlamanın Yeri ve Önemi, Harran Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Dergisi, 3(1): 33-41
- Fernandes A, Antonio A, Barros L, Barreira J C M, Bento A, Botelho M L, Ferreira I C F R (2011). Low dose γ -irradiation as a suitable solution for chestnut (*Castanea sativa* Miller) conservation: effects on sugars, fatty acids and tocopherols, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 59 (18): 10028-10033.
- Hanis T, Jelen P, Klir P, Mnukova J, Perez B, Ve Pesek M (1989). Poultry meat irradiation. Effect of temperature on chemical changes and inactivation of microorganisms. J. Food Prot., 52, 26-29
- Hışıl Y (1981). Gıda Kontrolünde Enstürmantel Analiz Laboratuvar Kılavuzu, E.Ü. Gıda Fakültesi Teksir No.10. Bornova-İzmir, 54.
- İmer Y, Taşan M (2018). Çeşitli Soğuk Pres Yağların Bazı Mikro ve Makro Element İçeriklerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Tekirdağ, 16.
- Geçgel Ü, Gümüş T, Tasan M, Dağlıoğlu O, Arıcı M (2011). Determination of fatty acid composition of γ irradiated hazelnuts, walnuts, almonds and pistachios, Radiation Physics and Chemistry, 80: 578-581.
- Göğüş F, Özkaya MT, Ötleş S (2009). Zeytinyağı Kimyası. Zeytinyağı, Ankara, 29-55.
- Güleşçi N, Aygül İ (2016). Beslenmede Yer Alan Antioksidan Ve Fenolik Madde İçerikli Çerezleri, Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi, 5(1):113.

- Güler G (2009). Soğuk Presyon ve Kimyasal Rafinasyon Yöntemleri ile Üretilen Kanola(Kolza) Yağlarının Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Tekirdağ, 44-47.
- Güler SK (2015). Gama Işını Uygulamalarının Natürel İç Fındıkta Depolama Kalitesine Etkileri, Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ordu, 85-86.
- Gürpınar GÇ, Geçgel Ü ve Taşan M (2011). Soğuk Presyon Tekniği İle Üretilen Bitkisel Yağların Özellikleri ve Sağlık Üzerine Etkileri. 7. Gıda Mühendisliği Kongresi, Ankara.
- KammW, Dionisi F, Fay LB, Hischenhuber C, Schmarr HG, Engel KH (2002). Rapid and simultaneous analysis of 16-0-methylcafestol and sterols as markers for assessment of green coffee bean authenticity by on-line LC-GC. Journal of American Oil Chemist Society 79, 1109-1113.
- Kocatürk B (2014). Gama Işını Uygulanan Kuru Zeytin Yapraklarındaki Fenolik Madde İçeriğinin Ve Antioksidan Kapasitenin Belirlenmesi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, Balıkesir, 2;54.
- Koç M (2016). Soğuk pres tekniği ile elde edilen farklı üzüm çeşitlerine ait çekirdek yağlarının fizikokimyasal özellikleri ve oksidatif stabilitelerinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Tekirdağ, 1-13.
- Koh AS, Pan A, Wang R, Odegaard AO, Pereira MA, Yuan JM, Koh WP (2015). The association between dietary omega-3 fatty acids and cardiovascular death: The Singapore Chinese Health Study. Eur J Prev Cardiol, 22(3):364-72.
- Korel F, Orman S (2005). Gıda Işınlaması, Uygulamaları ve Tüketicinin Işınlanmış Gıdaya Mattissek Bakış Açısı. HR.ÜZ:F: Dergisi, 9(2):19-27
- Liu K, Liu Y, Chen F (2018). Effect of Gamma Irradiation on the Physicochemical Properties and Nutrient Contents of Peanut. LW Teknoloji-Food Science and Technology, 96: 535- 542.
- Matthaus B, Speener F, (2008). What We Know and What We Should Know About Virgin Oils-A General Introduction. European Journal of Lipid Science and Technology, 110: 597-601.
- Mexis SF, Kontominas MG (2009a). Effect of γ irradiation on the physicochemical and sensory properties of hazelnuts (*Corylus avellana* L.). Radiation Physics and Chemistry 78: 407–413.
- Mexis SF, Kontominas MG (2009b). Effect of γ irradiation on the physicochemical and sensory properties of cashew nuts (*Anacardium occidentale* L.), LWT- Food Science and Technology, 42: 1501-1507.
- Monk JD, Beuchat LR, Doyle MP (1995). Irradiation inactivation of foodborne microorganisms, Journal of Food Protection, 58: 56-52.
- MSTAT (1989). Mstat-C, A Microcomputer Program for the Design, Management and Analysis of Agronomic Research Experiments. Michigan State University, ABD.
- 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):823-826.
- Munoz LA, Cobos A, Diaz O, Aguilera JM (2013). Food Reviews International, UK, 1-40.

- Nas S, Gökalp HY, Ünsal M (2001). Bitkisel Yağ Teknolojisi. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Ders Kitapları Yayın No: 005, Denizli, 329.
- Nieman DC, Cayea EJ, Austin MD, Henson DA, McAnulty SR, Jin F (2009). Chia seed does not promote weight loss or alter disease risk factors in overweight adults, (6):414-8.
- Öner EA (2018). Işınlama işlemi uygulanan farklı yağ oranlarına sahip Hindistan cevizlerinin mikrobiyolojik ve fizikokimyasal özelliklerinde meydana gelen değişimlerin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Tekirdağ, 2-45.
- Özbek T, Yeşilçubuk NŞ (2018). Süper Besin: Chia Tohumu (*Salvia Hispanica* L.) Derleme, *BesDiyDerg* 2018;46(1):90-96.
- Özgören E, Kaplan HB, Tüfekçi S (2018). Chia Tohumu Kullanılarak Zenginleştirilen Galetaların Bazı Kimyasal ve Fiziksel Özellikleri. *Food and Health*, 4(2), 140-146. DOI: 10.3153/FH18014, 143.
- Salem IB, Fekih S, Sghaier H, Bousselmi M, Saidi M, Landoulsi A, Fattouch S (2013). Effect of ionising radiation on polyphenolic content and antioxidant potential of parathion-treated sage (*Salvia officinalis*) leaves, *Food Chemistry*, 141: 1398–1405.
- Silva C, Garcia VAS, Zanette CM (2016). Chia (*Salvia hispanica* L.) oil extraction using different organic solvents: oil yield, fatty acids profile and technological analysis of defatted meal, *International Food Research Journal* 23(3): 998-1004.
- Smith JS, Pillai S (2004). Irradiation and Food Safety. *Food Technology*, 58 (11): 48-55.
- Taipina MS, Lamardi LCA, Rodas MAB, Mastro NL (2009). The effects of gamma irradiation on the vitamin E content and sensory qualities of pecan nuts (*Carya illinoensis*). *Radiation Physics and Chemistry*, 78:611-613.
- Taşan M, Geçgel Ü (2007). Bitkisel Karışım Sıvı Yağların Yağ Asit Bileşenlerinin Belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi* 4:1-9.
- Yaqoob N, Bhatti IA, Anwar F, Asi MR (2010). Oil quality characteristic of irradiated sunflower and maize seed, *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* S: 112, 488-495.
- Yurt M, Gezer C (2018). Chia tohumunun (*Salvia Hispanica*) fonksiyonel özellikleri ve sağlık üzerine etkileri. *Gıda* (2018) 43 (3): 446-460 doi: 10.153237/ gida.GD17093, KKTC.
- Van Hoed V, Barbouche I, De Clercq N, Dewettinck K, Slah M, Leber E, Verhe R (2011). Influence Of Filtering Of Cold Pressed Berry Seed Oils On Their Antioxidant Profile And Quality Characteristics. *Food Chemistry*, 127(4): 1848-1855.
- Waterhouse AL (2002). Determination of total phenolics. *Current protocols in food analytical chemistry*.
- Zoumpoulakis P, Sinanoglou V.J., Batrinou A., Strati I.F., Miniadis-Meimaroglou S., Sflomos K (2012). A combined methodology to detect c-irradiated white sesame seeds and evaluate the effects on fat content, physicochemical properties and protein allergenicity. *Food Chemistry* 131: 713–721.

TEŞEKKÜR

Tez konumun belirlenmesinde ve çalışmalarımın her aşamasını tek tek takip ederek, yardımlarını esirgemeyen, değerli hocam sayın Prof. Dr. Ümit GEÇGEL'e, bölüm başkanımız saygıdeğer hocam Prof. Dr. Mehmet DEMİRCİ'ye çok teşekkür ederim.

Çalışmalarımın tamamlanmasında büyük emeği olan arkadaşım Buse BİÇİNCİLER'e, yüksek lisans yolculuğunda beraber yürüdüğümüz sevgili Dilek KIRCA, Doğan YEŞİLLER ve Erdem CENGİZ'e, ışılama işlemi için yardımlarını esirgemeyen GAMMA-PAK Sterilizasyon San. ve Tic. A.Ş.'ne, soğuk pres uygulama aşamalarındaki yardımlarından dolayı Sakızağacı Aktar-Baharat'a, laboratuvar analizlerindeki desteğinden dolayı TUBİTAK MAM'a ve bu zaman diliminde sağladığı anlayışından dolayı saygıdeğer Tekin GÜMÜŞ'e teşekkür ve minnetlerimi sunarım.

Her zaman yanımda olan ,hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen babam Nadir AKYOL'a , annem Asiye AKYOL'a, ideallerimin peşinden koşmam için hayattaki her alanda beni teşvik eden kardeşlerim Emel KARABAK, Gamze KESKİN, Murat Can AKYOL'a sonsuz teşekkür ederim.

ÖZGEÇMİŞ

1991 yılında İstanbul’da doğdu. İlk, orta ve lise öğretimini İstanbul’da tamamladı. 2010 yılında Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümüne başlamış, 2014 yılında lisans eğitimini tamamlamıştır. 2015 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.

