



**FARKLI DOZLARDA UYGULANAN GAMA
IŞINLARININ YER FISTIĞI (*Arachis hypogaea L.*)
YAĞININ KALİTE ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ**

Zeynep ALKIN

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Ümit GEÇGEL

2023

T.C.
TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



FARKLI DOZLARDA UYGULANAN GAMA IŞINLARININ YER FISTIĞI
(*Arachis hypogaea L.*) YAĞININ KALİTE ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

Zeynep ALKIN

ORCID: 0000-0002-8543-7089

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Danışman: Prof. Dr. Ümit GEÇGEL

ŞUBAT-2023

Her hakkı saklıdır.

ÖZET

FARKLI DOZLARDA UYGULANAN GAMA IŞINLARININ YER FISTIĞI (*ARACHIS HYPOGAEA L.*) YAĞININ KALİTE ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

Zeynep ALKIN

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Ümit GEÇGEL

Bu çalışmada yağlık tip yer fıstığı çeşidi kullanılmıştır. Yer fıstıkları 2021 yılı Mayıs ayının ilk yarısında Edirne ili Meriç ilçesi Alibeyköy tarım arazisinde yetiştirilmiş olup, Eylül ayının ikinci yarısında hasat edilmiştir. Yer fıstığı tohumları dış kabuklarından arındırıldıktan sonra 250 gramlık 5 eşit parçaya bölünerek polietilen torbalar içerisinde uygun şartlarda muhafaza edilmiştir. Ambalajlanan yer fıstığı tohumları ışınlama yapılmak üzere GAMMAPAK Sterilizasyon San. ve Tic. A.Ş. Çerkezköy/Tekirdağ götürülmüş ve gruplandırılan örnekler; ilki kontrol grubu olmak şartıyla sırasıyla 1,5 kGy, 3 kGy, 4 kGy, 5 kGy dozlarında ışınlama işlemi yapılmıştır. Işınlama işlemi sonrasında soxhlet ekstraksiyon yöntemiyle örneklerin % yağ oranları belirlenmiştir. Yağı çıkarılan örneklerin serbest yağ asitliği, yağ asitliği bileşimi, peroksit sayısı, toplam tokoferol, sterol kompozisyonu ve toplam fenolik madde analizleri yapılarak, ışınlamanın yer fıstığı yağının kimyasal özellikleri üzerindeki etkisi belirlenmiştir. Elde edilen veriler doğrultusunda kontrol grubuna göre artan ışınlama dozuna bağlı olarak yer fıstığı yağlarının serbest yağ asitliği, peroksit sayısı, C_{16:0}, C_{18:0} ve sitostanol oranlarında belirgin seviyelerde artışlar meydana gelmiştir (p<0,01). Diğer yandan, fenolik madde, C_{18:1}, C_{18:2}, kampesterol, toplam sterol ve toplam tokoferol oranlarında ise artan ışınlama dozuna bağlı olarak kontrol grubuna göre belirgin seviyelerde azalışlar meydana gelmiştir (p<0,01).

Anahtar Kelimeler: Yer Fıstığı (*Arachis hypogaea L.*), Gamma Işınlama, Kalite Özellikleri

ABSTRACT

THE EFFECT OF GAMMA RAYS APPLIED IN DIFFERENT DOSES ON THE QUALITY PROPERTIES OF PEANUT (*ARACHIS HYPOGAEA L.*) OIL

Zeynep ALKIN

Department of Food Engineering

MSc. Thesis

Supervisor: Prof. Dr. Ümit GEÇGEL

In this study, oil-type peanut variety was used. Peanuts were grown in the first half of May 2021 in the agricultural land, Alibeyköy in Meriç district of Edirne province and harvested in the second half of September. After removing the outer shells of peanut seeds, they were divided into five equal parts of 250 grams and stored in polyethylene bags under suitable conditions. Packed peanut seeds were taken to GAMMAPAK in Çerkezköy / Tekirdağ for irradiation and the grouped samples were irradiated at doses of 1,5 kGy, 3 kGy, 4 kGy and 5 kGy, respectively, provided that the first was the control group. After the irradiation process, the oil percentages of the samples were determined by the soxhlet extraction method. The effects of irradiation on the chemical properties of peanut oil were determined by analyzing the free fatty acidity, fatty acidity composition, proxide number, total tocopherol, sterol composition and total phenolic substance of the oil extracted samples. According to the data obtained, there were significant increases in free fatty acidity, peroxide number, C_{16:0}, C_{18:0} and sitostanol ratios of peanut oils, depending on the increased irradiation dose compared to the control group (p<0,01). On the other hand, there were significant decreases in the ratios of phenolic substance, C_{18:1}, C_{18:2}, campesterol, total sterol and total tocopherol compared to the control group, depending on the increasing irradiation dose (p<0,01).

Keywords: Peanut (*Arachis hypogaea L.*), Gamma Irradiation, Quality Characteristics

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ÇİZELGELER DİZİNİ	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
SİMGELER DİZİNİ	vii
KISALTMALAR DİZİNİ	viii
TEŞEKKÜR	ix
1. GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti.....	3
1.1.2 Yer Fıstığı Bitkisinin Özellikleri	3
1.1.3 Dünyada ve Ülkemizde Yer Fıstığı Üretimi	5
1.1.4 Yer Fıstığının Endüstride Kullanım Alanları	7
1.1.5 Yer Fıstığı Yağının Fizikokimyasal Özellikleri	8
1.1.6 Yer Fıstığı Yağının Beslenme ve Sağlık Üzerine Etkileri	12
1.1.7 Işılama İşlemi ve Gıdalara Uygulanması	14
1.2 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	20
2. MATERYAL VE YÖNTEM	21
2.1 Materyal.....	21
2.2 Yöntem.....	21
2.2.1 Işılama İşlemi	21
2.2.2 Yer Fıstığı Tohumuna Yapılan Analizler.....	22
2.2.2.1 Ham Yağ Analizi	22
2.2.3 Yer Fıstığı Yağına Yapılan Analizler	22
2.2.3.1 Serbest Yağ Asitliği	22
2.2.3.2 Peroksit Sayısı.....	22
2.2.3.3 Yağ Asiti Bileşimi.....	23
2.2.3.4 Tokoferol Kompozisyonu	23
2.2.3.5 Sterol Kompozisyonu	23
2.2.3.6 Toplam Fenolik Madde	24
2.2.3.7 İstatistiksel Analiz.....	24
3. BULGULAR VE TARTIŞMA	24

3.1	Işınlamanın Yer Fıstığı Tohumlarındaki Ham Yağ Oranlarına Etkisi	25
3.2	Işınlamanın Yer Fıstığı Yağındaki Serbest Yağ Asitlerine Etkisi	26
3.3	Işınlamanın Yer Fıstığı Yağındaki Peroksit Değerine Etkisi	27
3.4	Işınlamanın Yer Fıstığı Yağındaki Yağ Asidi Bileşimine Etkisi.....	29
3.5	Işınlamanın Yer Fıstığı Yağındaki Toplam Tokoferol Miktarına Etkisi	32
3.6	Işınlamanın Yer Fıstığı Yağındaki Sterol Kompozisyonuna Etkisi.....	34
3.7	Işınlamanın Yer Fıstığı Yağındaki Toplam Fenolik Madde Miktarına Etkisi	39
4.	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	42
	KAYNAKLAR	45



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Türkiye’de ekilen yer fıstığı bitkisinin yıllara göre üretim ve verim değerleri	6
Çizelge 1.2. Yer fıstığı yağına ait yağ asitleri (toplam yağ yüzdesi olarak) bileşimleri.....	10
Çizelge 1.3. Yer fıstığı yağının bazı özellikleri.....	11
Çizelge 1.4. Yer fıstığı yağının stigmasterol, campesterol, beta-sitosterol, campestanol, beta-sitostanol, delta-5-avenasterol, delta-7-stigmastenol miktarları.....	12
Çizelge 1.5. Yer fıstığı yağının 100 g’na ait enerji ve besin öğeleri	13
Çizelge 1.6. Gıda gruplarında belirli teknolojik amaçlara göre uygulanmasına izin verilen ışınlama dozları.....	15
Çizelge 3.1. Yer fıstığının ışınlama dozlarına göre % yağ oranı değerleri	25
Çizelge 3.2. Yer fıstığı yağının ışınlama dozlarına göre serbest yağ asitliği değerleri	26
Çizelge 3.3. Yer fıstığı yağının ışınlama dozlarına göre peroksit değerleri.....	28
Çizelge 3.4. Yer fıstığı yağının ışınlama dozlarına göre yağ asitleri bileşimi (%) değerleri ...	29
Çizelge 3.5. Yer fıstığı yağının ışınlama dozlarına göre sterol kompozisyonu değerleri	35
Çizelge 3.6. Yer fıstığı yağının ışınlama dozlarına göre toplam fenolik madde miktarı değerleri	40

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. 1. Yer fıstığı çeşitlerinin tohum yapıları.....	1
Şekil 1. 2. Yer fıstığı bitkisi görünümü.....	4
Şekil 1. 3. Yer fıstığı bitkisinin kısımları.....	4
Şekil 1. 4. Türkiye’de yer fıstığı bitkisinin yaygın olarak yetiştiği illerin dağılımını gösteren harita.....	7
Şekil 1. 5. Gıda ışınlama sembolü (Radura).....	19
Şekil 2. 1. Işınlanmak için hazırlanmış yer fıstığı tohumu örnekleri.....	21
Şekil 3. 1. Yer fıstığı tohumlarının ışınlama dozlarına göre ham yağ miktarlarının karşılaştırılması.....	25
Şekil 3. 2. Yer fıstığı yağının ışınlama dozlarına göre serbest yağ asitliği değerlerinin karşılaştırılması.....	27
Şekil 3. 3. Yer fıstığı yağının ışınlama dozlarına göre peroksit değerlerinin karşılaştırılması	28
Şekil 3. 4. Yer fıstığı yağının ışınlama dozlarına göre palmitik asit, stearik asit, oleik asit ve linoleik asit değerlerinin karşılaştırılması	30
Şekil 3. 5. Yer fıstığı yağının ışınlama dozlarına göre linolenik asit, araşidik asit, behenik asit ve lignoserik asit değerlerinin karşılaştırılması	31
Şekil 3. 6. Yer fıstığı yağının ışınlama dozlarına göre toplam tokoferol miktarının karşılaştırılması.....	33
Şekil 3. 7. Yer fıstığı yağının ışınlama dozlarına göre β -sitosterol, Σ Beta sitosterol, stigmasterol, campesterol ve $\Delta 5$ -avenasterol değerlerinin karşılaştırılması	36
Şekil 3. 8. Yer fıstığı yağının ışınlama dozlarına göre $\Delta 5$ - $\Delta 24$ stigmastadienol, $\Delta 7$ stigmastenol, $\Delta 7$ -avenasterol, 24-methylene kolesterol, $\Delta 7$ -campesterol, $\Delta 5$ - $\Delta 23$ stigmastadienol değerlerinin karşılaştırılması	37
Şekil 3. 9. Yer fıstığı yağının ışınlama dozlarına göre kolesterol, sitostanol, clerosterol, campestanol değerlerinin karşılaştırılması	38
Şekil 3. 10. Yer fıstığı yağının ışınlama dozlarına göre toplam sterol (mg/kg) değerlerinin karşılaştırılması.....	39
Şekil 3. 11. Yer fıstığı yağının ışınlama dozlarına göre toplam fenolik madde miktarlarının karşılaştırılması.....	41

SİMGELER DİZİNİ

α	Alfa
β	Beta
γ	Gama
Δ	Delta
cm	Santimetre
dk	Dakika
g	Gram
kg	Kilogram
kGy	Kilogray
L	Litre
meq	Miliekivalen
mg	Miligram
mg/kg	Miligram/kilogram
ml	Mililitre
mm	Milimetre
μ L	Mikrolitre
nm	Nanometre
%	Yüzde
$^{\circ}$ C	Celsius derecesi
Co-60	Kobalt-60

KISALTMALAR DİZİNİ

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
GAE	Gallik Asit Eşdeğeri
KI	Potasyum İyodür
KOH	Potasyum Hidroksit
Na ₂ SO ₄	Sodyum Sülfat
TAEK	Türkiye Atom Enerjisi Kurumu
TED	Tespit Edilemeyen Değ
USDA	ABD Tarım Bakanlığı
WHO	Dünya Sağlık Örgütü



TEŞEKKÜR

Bu araştırma için beni yönlendiren, ilham veren ve karşılaştığım zorluklarda gerek bilgi gerek tecrübesi ile yardımcı ve destek olan değerli danışman hocam Prof. Dr. Ümit GEÇGEL' e teşekkürlerimi sunarım.

Laboratuvar çalışmalarım sırasında önemli yardımlarını aldığım Gıda Mühendisliği doktora öğrencisi Özgür KARADAŞ' a çok teşekkür ederim.

Işınlama işleminin uygulandığı GAMMA-PAK Sterilizasyon San. ve Tic. A.Ş' ye teşekkür ederim.

Destekleri ile tezime çalışmama imkan sağlayan Süleymanpaşa İlçe Tarım ve Orman Müdürü Sayın Ufuk İŞCAN ve değerli iş arkadaşlarım Gönül YILDIZ, İlker Marangoz, Merve DURAN, Sertan DURAK, Şenol KORU ve Tuğba ERDOĞAN' a,

Her zaman destekleriyle yanımda olan annem Hücriye ÖZGEN ve babam Oruç ÖZGEN' e ve tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan eşim Mustafa ALKIN' a

Sonsuz teşekkürlerimi sunarım...

Zeynep ALKIN

Gıda Mühendisi

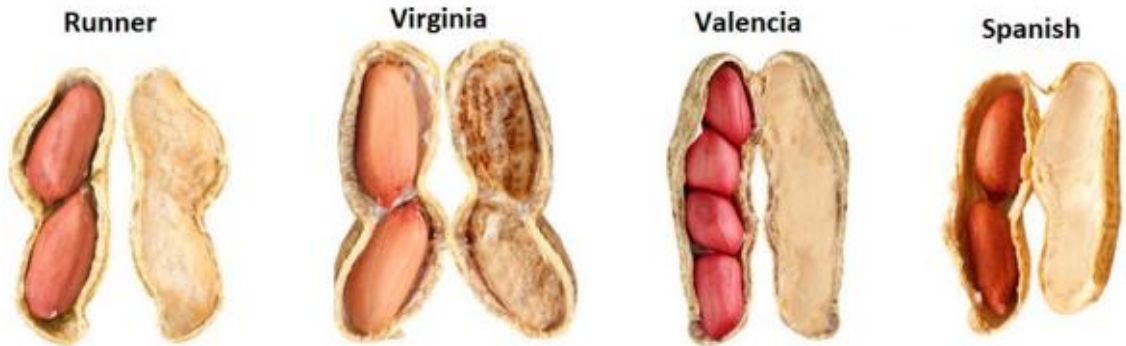
1. GİRİŞ

Yer fıstığı, baklagiller (*Legüminosa*) Familyası'nın Papilionaceae alt familyasının *Arachis* cinsine aittir ve Latince ismi *Arachis hypogaea L'* dir (Salunkhe ve ark., 1992). Tek yıllık bir bitkidir ve en ideal rotasyon/münavebe bitkisi olarak bilinmektedir (Şahin, 2014). Çiçeklenmeden sonra çiçek sapları toprağın 8-9 cm derinliğine kadar girmekte ve meyve kapsüllerini oluşturmaktadır. (Kayahan, 2006).

Yer fıstığı bitkisinin dalları köşeli ve ortalama yüksekliği 30 cm'dir. Tohumunun dane uzunluğu 5-8 mm, dane şekli oval veya yuvarlak, 1000 gram dane ağırlığı ise 328,0-486,0 gramdır. Tohum kabuğunun rengi kahverengi, nem oranı % 5.0 – 14.0 değerindedir (Kayahan, 2006).

Dünyada ekiliş alanı 40 derece güney ve 40 derece kuzey enlemleri arasındadır ve sıcak iklim bölgelerinde tarımı yapılmaktadır. (Kadiroğlu, 2022). Arıoğlu ve ark. (2020) yaptıkları çalışmada meyve verimi en yüksek Mayıs ayında yapılan ekimlerden elde edilmiş. Ekim zamanı geciktikçe yağ oranının azaldığı, buna karşılık protein oranının arttığı tespit edilmiştir.

Çalışmamızda Valensiya tipi yer fıstığı kullanılmıştır. Bu tip yer fıstığında dallar toprak yüzeyine dik gelişir, bitki sapları daha kalındır, yaprakları daha iridir, meyve sapları (ginofor) daha sağlamdır. Bu sebeple diğer çeşitlerle karşılaştırıldığında ağır topraklara ve makinalı hasata daha uygundur. Kapsüllerinde diğerlerinden farklı olarak 3 - 4 adet tane bulunur ve dünyada ekiliş alanları çok azdır. Erkencidirler, olgunlaşma gün sayıları 110 – 115 gün olarak bildirilmektedir. Şekil 1.1' de yer fıstığı çeşitlerinin tohum yapıları gösterilmektedir (Kadiroğlu, 2022).



Şekil 1.1. Yer fıstığı çeşitlerinin tohum yapıları

Yer fıstığı tohumunun anavatanı Brezilya'dır. Afrika ve Virjinya üzerinden günümüz plantasyon yörelerine dağılmıştır. Günümüzde Afrika, Güney ve Orta Asya, Güney Amerika

ve ABD'nin güney kesimindeki tüm ülkelerde tarımı yapılabilmektedir. Dünya yerfıstığı üretiminde Çin başta gelmektedir. Yer fıstığı üretiminde Çin' i ABD, Hindistan, Endonezya ve Nijerya takip etmektedir (Anonim, 2022c; Kayahan, 2006).

TÜİK 2021 verilerine bakıldığında ülkemizde yer fıstığı tohumu üretimi sırasıyla ayçiçeği ve çiğit bitkisinden sonra 3. sıradadır. (Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), 2021). Ülkemizde yerfıstığı ekim alanının %79'u ve üretimin %81'i Adana ve Osmaniye' de gerçekleşmektedir. 3.8 ton/ha ile en yüksek verime Adana ili sahiptir. Adana'yı ise 3.4 ton/ha ile Osmaniye izlemektedir (Arıoğlu, 2014).

Yağlı tohumlardan biri olan yer fıstığı, sağlık ve beslenme için değerli yağ asitlerini bünyesinde bulundurmaktadır ve yer fıstığı tohumları çeşidine bağlı olarak ortalama % 44-56 oranında yağ, % 22-30, protein, % 9,5-19 karbonhidrat, vitaminler ve mineral maddeler (Ca, Mg, P ve K) içeriği sayesinde insan sağlığı açısından önemli bir tohumdur (Altunbaş, 2018; Chowdhury ve ark., 2015).

Genel olarak yer fıstığı yağında % 35 - 69 oleik asit (C_{18:1}), % 12 - 43 linoleik asit (C_{18:2}), % 8 - 14 palmitik asit (C_{16:0}), % 1 - 4,5 stearik asit (C_{18:0}), % 1,5 – 4,5 behenik asit (C_{22:0}) ve % 1 - 2 Arasidik asit (C_{20:0}), % 0,7 – 1,7 Eikosenoik asit (C_{20:1}), % 0,5 – 2,5 Lignoserik asit (C_{24:0}) bulunmaktadır (Anonim, 2012a).

Protein değeri yüksek olan yer fıstığı içeriğinde elzem aminoasitlerin bulunması ve kolay sindirilebilir özellikte olması beslenmedeki değerini arttırmaktadır. Yüksek sıcaklıklarda kavrulması durumunda elzem aminoasitlerinde düşüş meydana gelmektedir. (Anonim, 2022c; Kadiroğlu, 2022).

Çalışmamızda kullanılan Meriç bölgesinde yetişen yer fıstığı içerisinde çokça kompleks B grubu vitaminleri ve E vitamini bulunmaktadır. Magnezyum, fosfor, kalsiyum ve demir mineralleri içermektedir. Ayrıca önemli miktarda kanda bulunan, dokuların oluşumunda ve onarımında gerekli proteinlerden biri olan albümin bakımından zengindir. Kolesterol içermemektedir ve 100 gram yer fıstığı yaklaşık 500 kalori enerjiye denk gelmektedir. Meriç yer fıstığı yaklaşık % 50 oranında yağ içermekte, C vitamini ve A vitamini içermemektedir (Anonim, 2022a).

Yer fıstığı tohumlarından yağ elde etmek için öncelikle yağlı tohumlar, elek, triyörler, pnömatik ayırıcılar, miknatıs sistemi ve tohum çeşidine göre linterleme (çiğit tohumlarında)

makinaları ile yabancı maddelerinden uzaklaştırılır. Yer fıstığı gibi esnek kabuklu tohumlar bar ve disk kabuk soyucular ile soyulur ve kabuklar uzaklaştırılır. Elde edilen tohumlar öğütülür ve kavrulur. Az lif ve yüksek yağ içerdiği için kavrulan yer fıstığı tohumları, kapalı presler ile muamele edilir. Sonrasında rafınasyon işlemine tabi tutulur ve müsilaj giderme (degumming-desliming), asitlik giderme (nötralizasyon, refining), ağartma (bleaching), koku giderme (deoderizasyon), vinterizasyon (soğuklatma), cilalama (polishing) işlemleri uygulanır (Başoğlu, 2010).

Yağlı tohumların depolanmasında çevresel koşullar, yapısal etkenler ve ambar zararlıları bozulmaya neden olabilir. Yağlı tohumlar canlı oldukları için bünyesinde enzim ihtiva ederler ve yüksek sıcaklıklar diğer olumsuz koşullar ile birleşince yağlı tohumların çimlenmesine, enzimlerle parçalanmanın artmasına, tohum kızıışmasına, bozulmalara hatta yangına bile sebep olabilir. Bu zararların önüne geçebilmek için depolama sırasında sıcaklık-nem dengesi önemlidir (Başoğlu, 2010).

Işınlama işlemi, gıdalara uygulanan fiziksel bir muhafaza yöntemidir ve gıdaların düşük dozda iyonize radyasyona tabi tutulmasıdır (Bayraktar ve Güçlü, 2009). Gıda ışınlamasının amaçları arasında besinleri korumak, besin kaynaklı hastalık ve enfeksiyonları önlemek, filizlenme ve olgunlaşmayı kontrol edebilmek ve geciktirmek, böcek ve haşereyi engellemek ve sterilizasyon sayılmaktadır. Bu amaçların bir veya birkaç tanesi aynı anda sağlanabilmektedir (Yılmaz ve Ülger, 2016).

Türkiye yer fıstığı üretimi için uygun iklim koşullarına sahiptir ve bu nedenle yer fıstığı bitkisel yağ üretiminde alternatif bitki olarak yetiştirilebilir. Ayrıca her ne kadar üretimin tamamına yakını çerezlik olarak kullanılsa da yer fıstığının yağ oranı ve kalite özellikleri bakımından Türkiye’de yetiştirilebilen çeşitleri yağlık olarak kullanılabilme potansiyelleri olduğunu göstermektedir. Bu çalışmada yer fıstığı tohumlarına ışınlama işlemi uygulanmış ve ışınlanmış yer fıstığı yağının kalite özellikleri belirlenerek bundan sonraki çalışmalar için veri oluşturması amaçlanmaktadır.

1.1 Literatür Özeti

1.1.2 Yer Fıstığı Bitkisinin Özellikleri

Yer fıstığı, bezelye ve bakla ile akraba olup meyvelerini toprak altında meydana getirmesi ile bu bitkilerden ayrılan, baklagiller familyasına ait bir yağ bitkisidir. Sıcak veya çok

sıcak iklim koşullarına uyum sağlamış bir bitkidir ve ışık bitkisidir. Yer fıstığı topraktan çok fazla besin maddesi aldığı için yetiştiği toprağın kumlu-killi, humuslu, iyi havalandırılan ve besin maddelerince zengin olması gerekmektedir. Yer fıstığı yetiştirme süresince 500-600 mm yağış ister. Yer fıstığı meyvelerinin normal olarak toprak içinde gelişmeleri için toprağın nemli olması gerekir. Şekil 1.2’de yer fıstığı bitkisi görülmektedir (Anonim, 2012b).



Şekil 1.2. Yer fıstığı bitkisi görünümü

Yer fıstığının başlıca bitki kısımları kök, sap, dal, yaprak, çiçek, meyve ve tohumdur. Şekil 1.3’ de yer fıstığı bitkisinin bölümleri gösterilmektedir (Anonim, 2012b).



Şekil 1.3. Yer fıstığı bitkisinin kısımları

Yer fıstığı meyveleri kökle bağlantısı olmayıp toprak üstünde saplardan gelerek 5-10 cm derine giren gineforların ucunda gelişir (Kadiroğlu, 2022). Yer fıstığının sapı, dal, yaprak ve yaprak koltuklarından çıkan çiçekleri taşır. Çoğunlukla çiçekler dallar üzerinde oluştuğu için fıstık verimi ile doğru orantılıdır. Yer fıstığı yapraklarında ise ışığa yönelme (fototropizm) vardır ve akşamları yapraklar karşılıklı olarak kapanır. Çiçek ise ekimden 50 – 60 gün sonra

meydana gelir ve çiçeklenmeden 60 gün sonra ise fıstık adı verilen meyve oluşur. Bir bitkiden 50 – 60 adet meyve elde edilebilir (Anonim, 2012b).

Dünyada kültürü yapılan yerfıstığı bitkisi Hypogaea ve Fastigiata olarak 2 alt türe; Hypogaea, Hirsuta, Fastigiata ve Vulgaris olarak 4 varyete grubuna; Peruano, Spanish, Virginia, Runner ve Valencia olarak 5 pazar tipine ayrılmaktadır. Bu ayırmda büyüme formu, dallanma modeli, meyve ve çiçeklenme özellikleri rol oynamaktadır (Kadiroğlu, 2022).

Renk, şekil ve irilik gibi morfolojik özellikleri ile kimyasal içerikler tohumların çeşidine göre değişir. Genellikle koyu renkli tohumlar proteince zengin, açık renkli tohumlar ise yağca daha zengindir. Spanish ve Valencia tipi çeşitler küçük, Virginia tipi çeşitler iri ve Runner tipi çeşitler ise bu ikisi arasında büyüklüktedir (Kadiroğlu, 2022).

1.1.3 Dünyada ve Ülkemizde Yer Fıstığı Üretimi

Yağlık bitki yetiştiriciliği konusunda Türkiye'nin, ithalat yükünü azaltması için farklı yağlı tohumlara yönelmesi gerekmektedir ve yer fıstığı yağı bu anlamda büyük önem taşımaktadır.

Yer fıstığının gen merkezi Güney Amerika kıtası kabul edilmekte ve buradan tüm dünyaya yayıldığı bilinmektedir. Türkiye'ye ise ilk olarak Trakya Bölgesinden giriş yaptığı, buradan da Ege ve Akdeniz Bölgelerine yayıldığı bildirilmektedir (Arıoğlu, 2013).

Yer fıstığı sıcak iklim bitkisi olduğu için ülkemizde en çok Akdeniz ikliminin hakim olduğu Akdeniz ve Ege Bölgelerinin sulanabilen kıyı ovalarında yetişmekte ve en fazla Çukurova bölgesinde üretilmektedir (Anonim, 2017).

Çizelge 1.1' de yer fıstığı bitkisinin ülkemizde yıllara göre üretim (dekar) ve verim (kg/dekar) miktarları gösterilmektedir (TÜİK, 2021).

Çizelge 1.1. Türkiye’de ekilen yer fıstığı bitkisinin yıllara göre üretim ve verim değerleri

YIL	ÜRETİM (TON)	VERİM (KG/DEKAR)
2010	97310	354
2011	90416	355
2012	122780	328
2013	128265	357
2014	123600	371
2015	147537	391
2016	164186	389
2017	165330	394
2018	173835	392
2019	169328	399
2020	215927	394
2021	234167	404

Çizelge 1.1 incelendiğinde yer fıstığı üretim ve verimi yıllara göre orantılı olarak arttığı görülmektedir.

Şekil 1.4’ de Türkiye’de yer fıstığı bitkisinin yaygın olarak yetiştiği illerin dağılımı işaretlenerek harita üzerinde gösterilmiştir.

Rafine edilmiş yerfıstığı yağı; margarin, mayonez, sos, bisküvi, pasta, gevrek, şekerleme yapımında ve balık konserveçiliğinde kullanılmaktadır. Düşük kaliteli yerfıstığı yağları ise boya, sabun yapımında, kozmetik ve farmasötik ürünlerin elde edilmesinde ve biyodizel üretiminde kullanılmaktadır (Kadiroğlu, 2022).

Yer fıstığının ezmesi ve unu gıda sanayinde kullanılabilir (Şahin, 2014). Yer fıstığında proteini oluşturan aminoasitler kolay sindirilebilir özellikte olması açısından çerez olarak kullanılmanın yanı sıra ezilmesi ve çeşni maddelerinin katılmasıyla elde edilen fıstık ezmesi ürünü çocuklar tarafından sevilmiştir (Anonim, 2022c).

Yağı alındıktan sonra geriye kalan küspenin metabolize değeri 2205 kcal/kg olup aynı zamanda yüksek oranda protein içerdiği için (%47.4), karma yem üretiminde hammadde olarak yararlanır (Arioğlu, 2014). Ayrıca yer fıstığı küspesi çeşitli çocuk mamalarının hazırlanmasında ve gıda maddelerinin protein değerinin yükseltilmesinde kullanılır (Anonim, 2017).

Tohumlarından yağ elde edilen bitkilerden biri olan yer fıstığı, baklagiller familyasına dahildir. Bu sebeple havanın serbest azotunu toprağa bağladıkları için, yetiştirildikleri bölgelerde tarım topraklarına da önemli faydalar sağlamaktadır (Onat, Arioğlu, Güllüoğlu, Kurt ve Bakal, 2017).

Yer fıstığının bitki kısımları yeşil yem olarak doğrudan hayvanların beslenmesinde kullanılabileceği gibi kurutulup balya haline getirildikten sonra kış aylarında da kullanılmaktadır. Kuru otu % 11 protein, % 5 yağ, % 22 ham selüloz, % 42 azotsuz öz maddeler, % 10 kül ve % 10 su içermektedir. Yer fıstığı sapları ise % 7,1 oranında sindirilebilir protein ihtiva etmektedir. Yer fıstığı bitkisi silo yemi olarak da hayvancılıkta kullanılmaktadır (İşler ve Gözüyeşil, 2016).

Meyvelerin tohumlarından ayrılmasıyla ortaya çıkan kabukları % 5 azot, % 3 potasyum ve silis ihtiva ettiği için genelde yem fabrikalarında katkı maddesi olarak değerlendirilmekte ve ayrıca suni tahta yapımında kullanılmaktadır (Kadiroğlu, 2022).

1.1.5 Yer Fıstığı Yağının Fizikokimyasal Özellikleri

Türk Gıda Kodeksi Bitki Adı İle Anılan Yağlar Tebliği (Tebliğ No: 2012/29)'ne göre yer fıstığı yağı "*Yer fıstığından (Arachis hypogena L.) elde edilen yağ*" olarak tanımlanmaktadır (Anonim, 2012a).

Yağlar, gıdaların önemli bileşim öğelerinden biridir ve C₄'den C₂₄'e kadar olan zincir uzunluğundaki doymuş ve doymamış yağ asitlerinin trigliseritleridir. Meyve ve sebzelerin çoğunda çok düşük düzeyde yağ vardır ancak avakadoda % 16, ceviz gibi sert kabuklu meyvelerde % 50 kadar yağ bulunmaktadır (Cemeroğlu, 2010). Elde edilen yağın kalitesinin yüksekliği ve insan sağlığı açısından % 44-56 oranında yağ içeriği sebebiyle yer fıstığı tohumları yağ sanayinin önemli bir hammaddesini oluşturur (Şahin, 2014).

Yağ asitleri, yağa kendi kimyasal ve fiziksel özelliklerini verirler ve doymuş yağ asitleri, doymamış yağ asitleri ve farklı kimyasal yapı gösteren yağ asitleri olarak 3 gruba ayrılırlar. Doymuş yağ asitleri, oksidatif bozulmalara karşı oldukça dayanıklıdır. Palmitik asit, stearik asit, araşidik asit, behenik asit, lignoserik asit doymuş yağ asitlerine örnektir (Başoğlu, 2010). Yer fıstığı yağında bulunan behenik asit ve lignoserik asit yer fıstığının ayırt edici yağ asitleridir ve tağışış durumunun tespiti açısından yararlanılabilir. Araşidik asit ise diğer yağlarla kıyaslandığında yer fıstığı yağında daha fazla miktarda bulunması açısından önemlidir (Anonim, 2012a).

Doymamış yağ asitleri, karbon zinciri üzerindeki farklı karbon atomları arasında bir veya daha fazla çift bağ içeren yağ asitleri olarak tanımlanır ve havanın oksijeni ile kolayca oksidasyona girerek katı yağlara kıyasla daha çabuk acılaşırlar. Oleik asit, linoleik asit, linolenik asit yer fıstığı yağında bulunan yağ asitleridir. Linoleik asit ve linolenik asit gibi yağ asitleri bitkisel kaynaklardan alınması zorunlu olan yağ asitleridir ve bunlara temel yağ asitleri denir. Bunların eksikliğinde egzamaya benzer rahatsızlıklar, deride dökülme gibi rahatsızlıklar oluşabilir (Başoğlu, 2010).

Bitkisel yağların yüksek oleik asit içeriği ve düşük linoleik miktarı, yağların raf ömrü ve önemli kalite özelliklerinden olan oksidatif kararlılığının artışı sağlar ve sağlık üzerine olumlu etkileri olduğu yapılan çalışmalarla bulunmuştur (Duru ve Konuşkan Bozdoğan, 2015). Yerfıstığı yağının toplam yağ asidi miktarının %80' ini oleik ve linoleik asit oluşturur (Gülten, 2022).

Zhang ve ark. (2020), yaptıkları çalışmada kavrulmuş yer fıstığı tohumlarından yağ elde etmişler ve kavrulmayan yağlara göre kimyasal bileşenleri ve oksidatif stabilitesi arasındaki farklılıkları araştırmışlardır. Fıstık yağının oksidatif stabilitesi, artan kavurma sıcaklığı veya süresi ile arttığını tespit etmişlerdir.

Yer fıstığı yağına ait yağ asitleri bileşimleri (%) Çizelge 1.2' de görülmektedir (Anonim, 2012a).

Çizelge 1.2. Yer fıstığı yağına ait yağ asitleri (toplam yağ yüzdesi olarak) bileşimleri

YAĞ ASİTLERİ BİLEŞİMİ	YER FISTIĞI DEĞERLERİ (%)
C _{16:0}	8,0 – 14,0
C _{18:0}	1,0 – 4,5
C _{18:1}	35,0 – 69,0
C _{18:2}	12,0 – 43,0
C _{20:0}	1,0 – 2,0
C _{20:1}	0,7 – 1,7
C _{22:0}	1,5 – 4,5
C _{24:0}	0,5 – 2,5

Yer fıstığı yağında bulunan squalane yapısında bileşikler koku ve tat verir (Kaya, 2004). Yağlar hiçbir zaman tek ve saf maddeden oluşmaz, birbirine kimyasal olarak yakın maddeler içerirler. 100 g yağın absorbe ettiği iyot miktarına iyot sayısı denir ve yağlarda doymamışlık ölçüsüdür. Yağların birbiriyle karıştırılıp karıştırılmadığının tespit edilmesinde kullanılır (Anonim, 2015).

Yer fıstığı yağına ait yoğunluk, erime noktası, donma noktası, sabunlaşma sayısı, iyot sayısı ve Reichert-Meissl sayısı Çizelge 1.3' te verilmiştir (Anonim, 2015).

Çizelge 1.3. Yer fıstığı yağının bazı özellikleri

ÖZELLİKLER	YER FISTIĞI YAĞI DEĞERLERİ
Yoğunluk, D ₄₀	0,918
Erime Noktası	5–10
Donma Noktası	(-7)- (+3)
Reichert-Meissl Sayısı	0-1,6
Sabunlaşma Sayısı	179- 186
İyot Sayısı	86-99

Yer fıstığı yağının uzun zincirli yağ asitlerin trigliseritleri sabunlaşan kısmını; hidrokarbonlar, sterol esterleri, tokoferoller, serbest alkoller, glikolipitler ise sabunlaşmayan kısmını oluşturur (Kaya, 2004).

Fosfolipidler her yağda az miktarda bulunurlar ve yer fıstığı yağında ise fosfolipitlerden lesitin ve sephalin az miktarda içermektedir (Kaya, 2004; Başoğlu, 2010).

Tokoferoller, bitkisel yağlarda çözünebilen ve buğday tohumunda çokça bulunan, ısıya ve ışığa duyarlı antioksidanlardır. Aynı zamanda ultraviyole ışınlarına karşı da oldukça duyarlıdır. Alfa, beta, gama ve delta tokoferol, E vitamini aktivitesi gösterir (Anonim, 2022f; Onat, 2018). Yer fıstığında en çok a-tokoferol, en az gama tokoferol bulunmaktadır. Yer fıstığı 26,3 mg/100g ile 59,4 mg/100g değerleri arasında tokoferol ihtiva etmektedir (Salunkhe ve ark., 1992).

Steroller, steroid alkoller olup hem hayvansal hem bitkisel yağlarda bulunurlar. Bulunuş yerlerine göre sınıflandırma yapıldığında bitkisel yağlarda bulunanlara fitosterol denir ve yer fıstığı yağında bulunan başlıca bileşikler β -sitosterol, campesterol ve stigmasterol' dür (Kaya, 2004; Başoğlu, 2010).Yer fıstığı yağına ait bazı fitosterol değerleri Çizelge 1.4' de gösterilmiştir (Anonim, 2022d).

Çizelge 1.4. Yer fıstığı yağının stigmasterol, campesterol, beta-sitosterol, campestanol, beta-sitostanol, delta-5-avenasterol, delta-7-stigmastenol miktarları

FİSTOSTEROL KOMPOZİSYONU	MİKTAR (mg)
Stigmasterol	17,8
Campesterol	33
Beta-sitosterol	122
Campestanol	0,14
Beta-sitostanol	3,58
Delta-5-avenasterol	16,4
Delta-7-stigmastenol	8,2

Yağlarda hidrolitik bozulmalar, yağlı tohumların uygun olmayan koşullarda hasat, taşıma veya muhafaza aşamalarında zedelenmesi sonucu trigliserit molekülünün parçalanması ile yağın serbest yağ miktarında artışa sebep olmaktadır. Yağlarda oksidatif bozulmalardan biri olan peroksit oluşumunun hızı, kısa dalgalı ışınların etkisi ile yağda erimiş halde bulunan oksijenin varlığı, sıcaklığın etkisi ve yağ içinde bulunan ağır metallerin yağ asidi zincirindeki hidroperoksitleri parçalayarak ortamda serbest hidrojen ve hidroksil iyonları oluşması ile artar (Başoğlu, 2010). Peroksit değeri, yağın oksidasyonunun bir göstergesi olarak kullanılmaktadır (Salunkhe ve ark., 1992).

Fenolik bileşenler, bitkilerde bulunan antioksidan, antiinflamatuvar, antimikrobiyal, antialerjenik ve antitrombotik etkileri olan ikincil metabolitler olarak tanımlanmaktadır (Meral, 2016). Fenolik bileşenler buldukları gıdada kendine özgü tat ve renginin oluşmasında rol oynarlar. Laboratuvarında hazırlanan yer fıstığı proteini izolatında 0,8 mg/g toplam fenolik madde içerdiği bulunmuştur. Yer fıstığında fenolik bileşenlerden p-kumarik asit, tüm yer fıstığı ürünlerindeki toplam fenolik asitlerin %40-60'ını oluşturan ana fenolik asittir (Salunkhe ve ark., 1992).

1.1.6 Yer Fıstığı Yağının Beslenme ve Sağlık Üzerine Etkileri

Yağlı tohumlu bitkilerden olan yer fıstığı, yararlı besin öğeleri ve insan sağlığı üzerine olumlu etkileri olan fonksiyonel bileşiklerinden dolayı dikkat çeken bir meyvedir (Özalp ve

Kürklü, 2020). Yüksek oranda protein, yağ, karbonhidrat, mineral maddeler ve vitamin içeren yağlı tohumlardan elde edilen yağlar iyi birer enerji kaynağı olmaları sebebiyle insan beslenmesi üzerinde önemli bir yere sahiptir. Çizelge 1.5' de yer fıstığının yağının enerji ve besin öğeleri gösterilmiştir (Ayaz, 2008; Anonim, 2022d).

Çizelge 1.5. Yer fıstığı yağının 100 g'na ait enerji ve besin öğeleri

BESİN ÖĞELERİ	YER FISTIĞI DEĞERLERİ
Enerji (kcal)	582 kcal
Toplam Yağ	93.4 g
Vitamin E	15,2 g
Vitamin K	4,3 µg
Toplam Doymuş Yağ Asitleri	16,2 g
Toplam Tekli Doymamış Yağ Asitleri	57,1 g
Toplam Çoklu Doymamış Yağ Asitleri	19,9 g

Gıda ve bileşen olarak yer fıstığının besleyiciliği yüksektir. Örneğin yaygın olarak tüketilen tüm kuruyemişler arasında en yüksek protein içeriğine sahiptir. Ayrıca modern algılama teknolojileri ve beslenme araştırmaları ile giderek daha iyi anlaşılabilen çeşitli sağlıklı mikro besinler ve biyoaktif bileşikler de sağlar (Davis and Dean, 2016). Yer fıstığı yüksek arjinin, E vitamini, flavonoid ve fitosterol gibi biyoaktif bileşenler içermesinden dolayı yer fıstığının diyabet ve kardiyovasküler hastalıklar üzerine olumlu etkilerini gösteren çalışmalar mevcuttur (Özalp ve Kürklü, 2020).

Yer fıstığının diğer etkileri araştırıldığında, gastrit, mide yanması ve ekşimesine karşı yararlı olduğu, kandaki kolesterol oranını düşürücü etkisiyle kalp ve damar hastalıkları riskini azalttığı belirtilmektedir. Ayrıca kansere karşı koruyucu, öğrenmeyi kolaylaştırmada etkili ve zihinsel yorgunluğu azaltıcı etkisi vardır. Aynı zamanda yer fıstığı kandaki şeker oranını düzenlemesi açısından da önemlidir (Zeren, 2015).

Sağlık üzerine faydaları ve besinsel yararları, zengin biyoçeşitliliği ve yüksek besin değerleri genel anlamda yer fıstığı tüketiminin faydaları olarak sayılabilir (Çiftçi ve Suna, 2022).

Olumlu etkilerinin yanı sıra yer fıstığı, ciddi etkileri olan alerjik bir besindir. Yer fıstığı alerjisi ömür boyu sürmekte ve alerjik bünye, yer fıstığına maruz kaldığında, yer fıstığındaki proteinler kişinin bağışıklık sistemi tarafından oluşturulan immünoglobulin E antikörlerine bağlanmaktadır. Böylece kişinin bağışıklık savunmasını etkileyerek farklı düzeylerde şiddetli olabilen alerjik reaksiyonlara neden olabilmektedir. Alerjik bünyeler çok küçük bir miktarda yer fıstığına maruz kaldıklarında bile alerjik reaksiyon oluşabilmektedir (Anonim, 2022b).

1.1.7 Işınlama İşlemi ve Gıdalara Uygulanması

Gıda ışınlamasının erken tarihi, Röntgen'in 1895' te X ışınlarını keşfiyle başlamış ve Becquerel'in 1896'da radyoaktiviteyi keşfiyle devam etmiştir. Devamında canlı organizmalardaki biyolojik etkileri çokça araştırılmış, İngiliz Patenti 1905 yılında "genel muhafaza kalitelerinde ve gıda maddelerinin durumunda iyileşme sağlamak" amacıyla verilmiş ve çalışmalar uzun yıllar devam etmiştir (Diehl, 2002).

Radyasyon, elektromanyetik dalgalar veya parçacıklar biçimindeki enerji yayımı ya da enerji aktarımıdır ve iyonlaştırıcı olmayan elektromanyetik radyasyon (ultraviyole ışınları, radyo dalgaları, mikrodalga ışınları vb.) ve iyonlaştırıcı elektromanyetik radyasyon (gama ışınları, alfa ışınları, X-ışınları, beta ışınları, hızlandırılmış elektron ışınları vb.) olmak üzere iki sınıfa ayrılır (Anonim, 2011).

İyonlaştırıcı radyasyon, gıdalardaki zararlı biyolojik organizmaları yok etmede kullanılan birçok uygulama içerisinde güvenli ve kanıtlanmış bir süreç olarak kabul edilir (Sadecka, 2007).

Gıda ışınlamada kullanılan ışınlar; x-ışını, gamma ışınları ve elektron demetleridir (Topuz, 2002). Kapalı Kobalt-60 (Co-60) ve Sezyum-137 (Cs-137) radyoaktif kaynaklarından yayılan gama ışınları, gıdalarda kullanılabilen iyonlaştırıcı radyasyonlardır (Anonim, 2019). Co-60 izotopundan yayımlanan gama ışınlarının enerji seviyeleri herhangi bir maddeyi radyoaktif hale getiremeyecek kadar düşüktür. Dolayısıyla gama ışınları ile işlem gören ürünler radyoaktif hale gelmemektedir (Anonim, 2022e).

Ülkemizde Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından hazırlanan ve Türk Gıda Kodeksi bünyesinde yer alan "Gıda Işınlama Yönetmeliği" resmi gazetede yayınlanarak (03/10/2019, Sayı: 30907) yürürlüğe girmiştir.

Türk Gıda Kodeksi Gıda İşinlama Yönetmeliği'ne göre gıda işinlama “*gıda maddesinin istenilen bir teknolojik amaca ve usulüne uygun olarak yeterli bir dozda iyonlaştırıcı radyasyona maruz bırakılması*” olarak tanımlanmaktadır. Yağlı tohumlar için belirtilen maksimum doz 5 kGy olarak belirlenmiştir. İlgili yönetmelikte gıda işinlama işlemi için gerekli koşullar ve işinlamasına izin verilen gıda grupları ve işinlama dozları ayrıntılı olarak bildirilmekte ve Çizelge 1.6’ de yer alan tabloda gösterilmektedir (Anonim, 2019).

Çizelge 1.6. Gıda gruplarında belirli teknolojik amaçlara göre uygulanmasına izin verilen işinlama dozları

GIDA GRUBU	MAKSIMUM GENEL ORTALAMA SOĞURULAN DOZ (KGY)
Grup 1- Soğanlar, Kökler Ve Yumrular	0,2
Grup 2- Taze Meyve Veya Dondurulmuş Meyve Ve Sebzeler (Grup 1’in Dışındakiler)	2,5
Grup 3- Hububat, Öğütülmüş Hububat Ürünleri, Sert Kabuklu Meyveler, Yağlı Tohumlar, Baklagiller Ve Kurutulmuş Meyveler	5,0
Grup 4- Çiğ Balık, Kabuklu Deniz Hayvanları Ve Bunların Ürünleri (Taze Veya Dondurulmuş), Dondurulmuş Kurbağa Bacağı	5,0
Grup 5- Kanatlı, Kırmızı Et İle Bunların Ürünleri (Çiğ Veya Dondurulmuş)	7,0
Grup 6- Kurutulmuş Sebzeler, Baharatlar, Kuru Aromatik Bitkiler, Otlar, Çeşniler Ve Bitkisel Çaylar	10,0
Grup 7- Hayvansal Orijinli Kurutulmuş Gıdalar	3,0

Soğurulan iyonlaştırıcı radyasyon doz birimine Gray (Gy) denmekte ve 1 Gray 1 j/kg’a denk gelmektedir (Anonim, 2019).

İşinlamada, radyasyonun absorbe edilen dozuna bağlı olarak, depolama kayıplarının azalması, raf ömrünün uzaması, gıdaların mikrobiyolojik ve parazitolojik güvenliğinin artmasıyla sonuçlanan çeşitli etkiler elde edilebilir (Sadecka, 2007). Gıda işinlaması ile işinlanan gıdada ayrıca çürüme ve bozulmadan kaynaklanan zararları azaltmak, filizlenmeyi önlemek, olgunlaştırmayı geciktirmek gibi etkiler amaçlanabilir (Anonim, 2011).

Işınlama tekniği, bilinen ısı işlemlerin aksine soğuk proses olduğu için gıdanın kalitesinin korunması, renk, besin değeri gibi açılardan yüksek sıcaklıklarda uygulanan tekniklere göre avantajlıdır (Karabacak, 2015). Donmuş ve paketlenmiş ürünlere uygulanabilmesi, taze gıdaların tek bir işlemle korunabilmesi ve kimyasal koruyucu ilavesine gerek duyulmaması, gıdaları korumak amacıyla belirlenmiş limit değerler altında istenilen dozda uygulanabilmesi, WHO tarafından güvenlik ve sağlık yönünden tavsiye edilen ve desteklenen bir teknoloji olması, uygulama sonrası bekleme süresinin olmaması ışınlama işleminin avantajları arasında sayılabilir (Anonim, 2011).

Işınlama işlemi ile yağlı gıdalarda ışınlama sonucu acılaşıma, yüksek proteinli gıdalarda ise kötü tat ve koku sorunları meydana gelebilir (Olson, 1998). Ayrıca, gama ışınları yağlarla etkileşip kararsız katyon radikalleri ve molekülleri oluşturarak, oksidasyon, dekarboksilasyon, dehidrasyon ve polimerizasyon reaksiyonlarına sebep olabilmektedirler. Reaksiyon sonucunda ise başta aldehitler, ketonlar, esterler, digliseritler, hidrokarbonlar gibi birçok ürün meydana getirebilirler (Apaydın, 2015). Böylelikle ışınlamanın gıdaya uygun dozlarda yapılması gerektiği sonucuna varılır.

Ülkemizde, baharat olmak üzere, bazı kuru yemişler (badem, hurma, çam fıstığı, kuş üzümü), kurutulmuş sebzeler, balık ve tavuk eti, karides, işkembe ve kurbağa budu ürünlerine ışınlama yöntemi uygulanmaktadır (Alkan, 2003).

Türkiye’ de TAEK/SANAEM ve GAMMA-PAK olmak üzere iki tane gama ışınlama tesisi bulunmaktadır.

Afify ve ark. (2013) yaptıkları çalışmada, soya fasülyesi, susam ve yer fıstığı tohumlarına farklı dozlarda (0,5 kGy, 1 kGy, 2 kGy, 3 kGy, 5 kGy ve 7 kGy) ışınlama işlemi uygulamışlar ve kontrol grubu ile kıyaslandığında ışınlanmış örneklerden elde edilen örneklerin β -sitosterol, campesterol, kolesterol ve stigmasterol değerlerinin düştüğü tespit edilmiştir. Ayrıca ışınlama dozu arttıkça yer fıstığı yağı örneklerinin $C_{18:1}$ ve $C_{18:2}$ miktarlarında azalma olduğu görülmüştür.

Liu ve ark. (2018), 0 kGy, 1 kGy, 3 kGy, 5 kGy ve 10 kGy dozlarda ışınlama uygulanmış iki farklı yer fıstığı örneklerinde yaptıkları çalışmada, 10 kGy ışınlama dozunun yer fıstığı örneklerinin yağ miktarlarını önemli ölçüde azalttığını bildirmişlerdir. Peroksit miktarı içeriklerinin ışınlamanın dozuna paralel olarak arttığını tespit etmişlerdir. Gama ışınlamanın fıstık tohumlarının yağ asidi bileşimini önemli ölçüde etkilediğini belirtmişlerdir. 5 kGy ve 10

kGy dozlarında ışınlanan örnekler kontrol grubu örnekleriyle kıyaslandığında C_{16:0} ve C_{18:0} değerlerinin önemli ölçüde arttığını tespit etmişlerdir.

De Camargo ve ark. (2012) yaptıkları çalışmada ışınlama ve depolama etkilerini araştırmak için kabuk içi, soyulmuş ve beyazlatılmış olarak üç farklı yer fıstığı örneklerini 0 kGy, 5 kGy, 7,5 kGy ve 10 kGy dozlarında ışınlamışlar ve oda sıcaklığında 6 ay süre ile saklamışlardır. Örneklerin ışınlama dozu arttıkça tokoferol kompozisyonu değerlerinde düşüş tespit etmişlerdir. Işınlama işlemi ve depolama süresinin oksidasyon bileşikleri üretimini arttırmış olduğunu ve endüstriyel ölçekte yer fıstığı muhafazası için kabuk içi örneklerin en iyi hammadde olacağını belirtmişlerdir.

Demirci ve ark. (2015), yaptıkları çalışmada beş farklı üzüm çekirdeği örneklerine 1 kGy, 3 kGy, 5 kGy ve 7 kGy dozlarda ışınlama işlemi gerçekleştirmişlerdir. Uygulanan ışınlama işleminin örneklerin yağ oranlarında önemli farklılıklara sebep olmadığını tespit etmişlerdir. Tüm örneklerin % asitlik ve peroksit değerlerinin ışınlama dozu arttıkça arttığı bulunmuşlardır. Işınlamanın etkisiyle C_{16:0} ve C_{18:0} değerlerinde artış olduğu, C_{18:1} ve C_{18:2} değerlerinde ise azalma meydana gelmiştir. Yapılan çalışmada bütün üzüm çekirdeği yağı örneklerinde en yüksek sterol olarak β -sitosterol tespit edilmiş ve doz arttıkça azaldığı bulunmuş, aynı şekilde fenolik madde miktarı da azalmıştır.

Karadaş (2019) yaptığı çalışmada sumak örneklerine farklı dozlarda (2,5 kGy, 5 kGy, 7,5 kGy, 10 kGy) ışınlama işlemi uygulamış ve sumak meyvelerinden yağ elde etmiştir. Işınlama işleminin örneklerin yağ oranlarında sebep olduğu değişimi istatistiki açıdan önemli bulmamıştır. Örnekler serbest yağ asitliği analizi yapmış olup ışınlama dozu arttıkça serbest yağ asitliği değerinde artış olduğunu tespit etmiştir. Işınlama dozundaki artışa paralel olarak örneklerinin peroksit değerlerinde artış tespit etmiştir. Işınlama dozu arttıkça palmitik asit, stearik asit ve oleik asit değerlerinin arttığı, linoleik asit ve linolenik asit değerlerinin azaldığını bulmuştur. Sumak meyvesi yağı örneklerinde ışınlama dozu arttıkça tokoferol kompozisyonunun azaldığını belirlemiştir. Örneklerinde sterol değerleri içinde en yüksek β -sitosterol (%78,51) değerini bulmuş ve ışınlamanın sterol kompozisyonu üzerine etkisini istatistiksel olarak önemli bulmamıştır.

Aslan Öner (2018), % 62, % 44 ve % 37 yağlı hindistan cevizi örneklerine uygulanan farklı dozlardaki ışınlama işleminin örneklerin yağ değerlerinde önemli değişikliğe neden olmadığı belirtmiştir. Işınlamanın dozuna paralel olarak örneklerin serbest yağ asitliği

değerlerinde artış olduğunu tespit etmiştir. Işınlamanın dozu arttıkça örneklerin peroksit sayısı değerlerinde artış olduğu görülmüştür.

Apaydın (2015), Merlot, Cabernet Franc, Alicante Bouschet, Shiraz ve Cinsault üzüm çekirdeği örneklerine farklı dozlarda ışınlama işlemi uygulamış ve ışınlamanın örneklerdeki yağ miktarları üzerindeki etkisini araştırmıştır. Sadece Alicante Bouschet üzüm çekirdeği çeşidine ait yağ oranındaki değişim istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Gama ışınlama işleminde ışınlama doz oranındaki artışa paralel olarak örneklerin serbest yağ asitlik değerlerinin arttığı bulunmuştur. Işınlanmış örnekler kontrol grubu ile kıyaslandığında ışınlama dozu arttıkça örneklerin peroksit değerlerinde ve doymuş yağ asitlerinin (palmitik asit ve stearik asit) değerlerinde artış tespit etmiştir. Ancak örneklerin doymamış yağ asitlerinin (oleik asit ve linoleik asit) miktarının azaldığı görülmüştür. Örneklerin sterol bileşimini incelemiş ve en fazla β -sitosterolün bulunduğu ve ışınlama dozu arttıkça bu değer azaldığını tespit etmiştir. Örneklerin ışınlama dozu arttıkça fenolik madde miktarlarında düşüş tespit edilmiştir.

Akyol (2019), chia tohumu örneklerine 2,5 kGy, 5 kGy, 7,5 kGy ve 10 kGy dozlarında ışınlama işlemine tabi tutmuş ve sonrasında soğuk pres tekniği ile yağ elde etmiştir. Işınlama dozu arttıkça serbest yağ asiti değerlerinde artış olduğu belirlenmiştir. Işınlama dozu arttıkça peroksit değerlerinin arttığı bulunmuştur. Chia tohum yağı örneklerinde ışınlama dozu arttıkça palmitik asit ve stearik asit oranlarında artış olduğunu, oleik asit ve linoleik asit oranlarında ise düşüş olduğunu belirlemiştir. Örneklerin tokoferol değerlerinin kontrol grubuna kıyasla ışınlamanın dozu arttıkça azaldığını tespit etmiştir. Farklı dozlarda ışınlanmış chia tohum yağı örneklerinde sterol kompozisyonu analizi yapmış ve en yüksek sterol miktarının β -sitosterol olduğunu tespit etmiştir. Ayrıca ışınlama dozu arttıkça sterol kompozisyonu değerlerinin kontrol grubuna kıyasla azaldığı belirlenmiş en belirgin fark 10 kGy ışınlama dozu değerinde gözlemlenmiştir. Işınlanmış örnekleri kontrol grubu ile kıyaslamış ve ışınlama dozu arttıkça fenolik madde içeriğinin azaldığını bulmuştur.

Geçgel ve ark. (2011) yaptıkları çalışmada ceviz, antep fıstığı, badem ve fındık örneklerine 1 kGy, 3 kGy, 5 kGy ile 7 kGy ışınlama dozlarında işleme tabi tutmuşlar ve ışınlama dozu arttıkça örneklerin peroksit miktarlarının arttığını bulmuşlardır. Işınlama dozlarının yağ içeriği üzerindeki etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Yaqoob ve ark. (2010) ayçiçeği ve mısır tohumlarını 2 kGy, 4 kGy, 6 kGy, 8 kGy ve 10 kGy dozlarında ışınlamış ve tohumları ekstrakte etmişlerdir. Işınlanmış örnekler kontrol grubu

ile karşılaştırıldığında ışınlama dozu arttıkça örneklerin peroksit değerlerinde artış görülmüştür. Işınlama dozunun örnekteki stearik, oleik ve linoleik asit miktarlarındaki değişimini önemli bulmuşlardır. Ancak palmitik asit değerinin 10 kGy ışınlama dozunda bile etkilemediğini tespit etmişlerdir. 6 kGy ışınlama dozuna kadar örneklerdeki alfa, gama, delta tokoferol içeriklerinde az bir düşüş tespit edilmiş, ancak ışınlama dozu arttıkça örneklerin tokol değerlerinin daha da düştüğü tespit edilmiştir.

Zorba (2009) yaptığı çalışmada, tavuk etinden imal edilen köfte, sosis ve burger örneklerine 0 kGy, 2,5 kGy, 5 kGy, 7 kGy ve 11 kGy dozlarda gama ışını uygulamış ve stearik asit değerinin en yüksek 7 kGy dozda ışınlanmış örneklerde olduğunu tespit etmiştir.

Taşoğulları (2017) yaptığı çalışmada, ışınlanmamış kontrol grubu dahil 2,5 kGy, 5 kGy ve 10 kGy dozlarda ışınlama işlemine tabi tuttuğu tarhana örneklerini 6 ay depolamıştır. 6 ayın sonunda en yüksek fenolik madde miktarı kontrol grubuna ait örnekte bulunmuş, en düşük ise 10 kGy ışınlama dozu uygulanmış örnekte tespit edilmiştir.

Onat (2018), 2013 ve 2014 yıllarında Çukurova Bölgesinde yetiştirilen 7 farklı yer fıstığı çeşidinin içerdiği tokoferol miktarlarını araştırmıştır. Araştırma sonuçlarına göre en düşük tokoferol miktarları Flower-36 çeşidinde bulunmuş olup 2013 yılı örneklerinde 12,7 mg/100g, 2014 yılı örneklerinde ise 15,8 mg/100g olarak tespit etmiştir. En yüksek toplam tokoferol içeriği ise Brantley çeşidinde bulunmuş olup ortalama 32,5 mg/100g değerinde elde edilmiştir. Yer fıstığı örneklerinin tokoferol içerikleri, çeşitlerin genetik özelliklerine ve yetiştirme isteklerine bağlı olarak değiştiği belirtilmiştir.

Türk Gıda Kodeksi Gıda Işınlama Yönetmeliği'ne göre ışınlanmış gıdaların etiket bilgilerinde yeşil renkli uluslararası gıda ışınlama sembolü "Radura"nın Şekil 1.5'te olduğu üzere görünür olması gerekmektedir (Anonim, 2019).



Şekil 1.5. Gıda ışınlama sembolü (Radura)

Gıda koruma yöntemlerinden ışınlama, gıdalara uygulanması açısından endüstride lokomotif bir sektör haline gelmiştir. Diğer koruma yöntemlerine kıyasla ekonomik avantajlarının yanı sıra gıda hijyeni sağlaması ve gıda sağlığı avantajları ile de en güvenilir işlem olarak tanımlanması sonucunda tüm dünyada en çok kullanılan yöntem haline gelmiştir (Akakçe ve Çam, 2019).

1.2 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Yağlar insan beslenmesi için çok önemlidir ve gıdaya lezzet katması açısından mutfakların vazgeçilmezidir. Türkiye’de nüfusun artması ile birlikte yağ tüketimi de artmış ve üretim ile tüketim arasında açık oluşmaktadır. Bu ihtiyaç yağlı tohum ve ham yağ ithalatı ile karşılanmaktadır. Ülkemizce en çok tüketilen ve üretilen bitkisel yağ çeşidi ayçiçek yağıdır. Yağlık tohumların üretiminde 3. sırada yer fıstığı gelmektedir ve yıllara göre artış tespit edilmektedir. Tüm dünyada yaygın olarak kullanılan yer fıstığı yağının ülkemizde de yaygınlaşması ve yağ açığının karşılanması, söz konusu araştırmaların yapılmasını gerekli kılmaktadır.

İşılama işlemi, soğuk proses gıda muhafaza metodu olarak kabul görmesinin ardından son yıllarda popülerliği artmış ve birçok gıda üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Yapılan çalışmalarda gıdalara farklı dozlarda iyonlaştırıcı radyasyon uygulanmış ve ürünlerin kalite kriterlerine etkisi araştırılmıştır. Yapılan literatür çalışmalarına bakıldığında ışınlama işleminin yetiştirilen yer fıstığı tohumlarına uygulandığına dair sınırlı kaynak vardır.

Bu çalışmada ülkemizde yetiştirilen yer fıstığı tohumlarına farklı dozlarda gama ışınları uygulandıktan sonra tohumlardan elde edilen yer fıstığı yağına öncesinde uygulanmış olan ışınlama işleminin yağın kimyasal özellikleri ve kalitesi üzerinde meydana getirebileceği değişikliklerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda ışınlanmış yer fıstığı yağlarına serbest yağ asitliği analizi, peroksit sayısı analizi, yağ asitleri bileşimlerinin belirlenmesi analizi, toplam tokoferol miktarının belirlenmesi, sterol kompozisyonunun belirlenmesi ve toplam fenolik madde miktarlarının belirlenmesi analizleri yapılmıştır.

Yer fıstığı tohumlarında ışınlama işlemi uygulandıktan sonra yapılacak olan analizler ile yağ kalitesindeki değişimlerin tespit edilip bundan sonraki çalışmalar için veri oluşturması açısından önemlidir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 Materyal

Bu çalışmada yağlık tip yer fıstığı çeşidi kullanılmıştır. Yer fıstığı çeşitleri Edirne İli Meriç İlçesi Alibeyköy tarım arazisinde yetiştirilmiş ve 2021 yılında hasat edilerek ilgili çalışmada kullanılmıştır.

2.2 Yöntem

2.2.1 Işınlama İşlemi

Yer fıstığı tohumları dış kabuklarından arındırıldıktan sonra üzerlerinde kırmızı zarları kalacak şekilde 250 gramlık 5 eşit parçaya bölünüp polietilen torbalar içerisinde muhafaza edilmiştir. Ambalajlanan yer fıstığı tohumları ışınlama yapılmak üzere Tekirdağ Çerkezköy' de bulunan GAMMAPAK Sterilizasyon San. ve Tic. A.Ş. ünvanlı işletmeye götürülmüş ve örneklerden bir tanesi kontrol grubu olmak üzere sırasıyla; 1,5 kGy, 3 kGy, 4 kGy, 5 kGy dozlarda ışınlama yapılmıştır. Işınlama işlemine tabii tutulan örnekler analizler için soğuk dolapta uygun şartlarda saklanmıştır.



Şekil 2.1. Işınlanmak için hazırlanmış yer fıstığı tohumu örnekleri

2.2.2 Yer Fıstığı Tohumuna Yapılan Analizler

2.2.2.1 Ham Yağ Analizi

Işınlama işlemi uygulanan yer fıstıklarına en yaygın yağ tayin yöntemi olan Soxhlet Yöntemi kullanılmıştır. Çalışmamızda çözgen olarak hegzan kullanılmış olup, öğütülmüş olan yer fıstıkları Soxhlet aygıtında hegzan ile sürekli olarak ekstrakte edilmiştir. Akabinde toplanan ekstrakt içindeki çözücünün tümü uçurulup yağ elde edilmiştir. Ham yağ 4.1'deki eşitlikle hesaplanmıştır (Cemeroğlu, 2010).

$$\text{Ham yağ, \%} = \frac{\text{Balondaki kalıntı ağırlığı, g}}{\text{Örnek Miktarı, g}} \times 100 \quad (2.1)$$

Elde edilen yer fıstığı yağı örnekleri falkon tüplerine konularak diğer analizlerde kullanılmak üzere buzdolabında saklanmıştır.

2.2.3 Yer Fıstığı Yağına Yapılan Analizler

2.2.3.1 Serbest Yağ Asitliği

Serbest yağ asitliği analizi için yer fıstığı yağından erlen içine 2 g tartılmıştır. Üzerine 1:1 oranında etil alkol / dietil eter karışımı eklenmiştir. Örneğin içine 2-3 damla fenolfitaleyn çözültisi titrasyonda dönüm noktasını görmek için damlatılmıştır. Hazırlanan örnek 0,1 N potasyum hidroksit ile titrasyon yapılmıştır. Titrasyon aşamasında rengin ilk değiştiği an yakalanıp harcanan baz miktarı bulunmuştur. Sonuçlar % oleik asit cinsinden 4.2'deki eşitlik ile hesaplanmıştır. (Akgün ve ark., 2017).

$$\text{Serbest yağ asitliği (\% oleik asit)} = \frac{(V \times N \times F)}{M \times 10} \quad (2.2)$$

V: Harcanan 0.1 N KOH çözültisinin hacmi (ml)

N: Kullanılan KOH çözültisinin normalitesi

F: Sonuçların ifade edileceği oleik asidin eşdeğer ağırlığı (282 ml KOH/g Oleik asit)

M: Örnek miktarı (g)

2.2.3.2 Peroksit Sayısı

Yer fıstığı yağında peroksit analizi yapabilmek için örneklerden erlen içine 2 g tartılmıştır. Örnek içerisine 10 ml kloroform ve 15 ml asetik asit çözültisi eklenip yağın

çözünmesi sağlanmıştır. Hazırlanan örnek üzerine 1 ml KI ilave edilmiş ve 60 saniye boyunca karıştırılmıştır. Sonrasında ise 5 dk karanlık ortamda bekletilmiştir. Süre sonunda örnek içerisine 75 ml saf su ve 1 ml nişasta indikatörü eklenmiş ve örnekler renksiz olana kadar 0,1 N sodyum tiyosülfat ile titre edilmiştir. İşlemler kör deneme için de gerçekleştirilmiş ve sonuçlar 4.3’de yer alan eşitlik ile hesaplanmıştır (Akgün ve ark., 2017).

$$\text{Peroksit sayısı} = [(V_2 - V_1) \times N \times 1000] / M \quad (2.3)$$

V_2 : Titrasyonda harcanan sodyum tiyosülfat çözeltisinin hacmi (ml)

V_1 : Kör deneme için harcanan sodyum tiyosülfat çözeltisinin hacmi (ml)

N: Sodyum tiyosülfatın normalitesi

M: Örnek miktarı (g)

2.2.3.3 Yağ Asiti Bileşimi

AOCS' nin Ce 2 - 66 no' lu metoduna göre yer fıstığı yağları, BF₃-metanol kompleksi ile yağ asidi metil esterlerine dönüştürülmüştür (Anonim, 1992). Yağ asidi metil esterleri, 0,5 µl olacak şekilde kapiler gaz kromatografisi (GC-FID) cihazına enjekte edilmiş ve kromatogramlar elde edilmiştir. HewlettPackard 6890 Series II kromatografi cihazı ve (CPTM -Sil 88, 50m x 0,25mm i.d., 0,20µm film; Chrompack, Middelburg, Hollanda) silika kapiler kolon kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan kolon sıcaklığı 177°C, dedektör ve enjeksiyon sıcaklıkları 250°C'dir. 1ml/dk akış hızında helyum gazı taşıyıcı gaz olarak kullanılmıştır.

2.2.3.4 Tokoferol Kompozisyonu

Tokoferoller, floresans dedektörlü (Ex= 295 nm Em= 330 nm) ve Atlantis HILIC silika kolonu (25 cm x 4.6 mm, 5 µm) ile donatılmış yüksek basınçlı sıvı kromatografi ile analiz edilmiştir. 1 mL/dk akış hızında ve % 4 oranında 1, 4-dioxane ve % 0,04 oranında asetik asit içeren izokratik elüsyona dayalı olarak kromatografik ayırma yapılmıştır. Tokoferollerin standart çözeltileri kullanılmıştır (Uras ve ark., 2010).

2.2.3.5 Sterol Kompozisyonu

Yer fıstığı yağlarında sterol kompozisyonu analizi için, iç standart 5α-kolesten3β-ol (1000 mg/L)' dan 1 ml ve yer fıstığı yağı örneğinden 0,5 gram tartılıp 80°C'de 1 saat süresince 10 mL doymuş metanollü KOH çözeltisi ile sabunlaştırılmıştır. Akabinde, 5 mL n-hekzan yardımıyla 3 defa ekstrakte edilmiş ve örneğin hacmi 10 mL' nin altına düşürülüp 5 mL saf su

ile tekrar ekstrakte edilmiştir. Hacmi organik faz n-hekzan ile 10 mL'ye tamamlanıp kuru Na_2SO_4 ile kurutulmuştur. Ekstraktan 0,5 mL alınıp, içerisine 250 μL saf piridin ve 250 μL bis(trimetilsilil) ilave edilip uygun sıcaklıkta türevlendirilmiştir. Örnekler GC-FID cihazı ve SE-54 (5%- phenyl-1%-vinylmethylpolysiloxane) kolonu kullanılarak tahlil edilmiştir. Çalışma koşulları: 0.8 mL/dk akış hızında; helyum taşıyıcı hızında; 300 °C dedektör sıcaklığında; 280 °C enjeksiyon sıcaklığında; fırının başlangıç sıcaklığı önce 60 °C'de 2 dk sonra 40 °C/dk' den 220 °C'ye çıkartılıp 1 dakika beklenip, 30 dk boyunca 5 °C/dk ile 310 °C'ye yükseltilmiş şekilde ayarlanmıştır. TotalChrom Navigator ile sonuçlar değerlendirilmiştir (Pelvan ve Demirtaş, 2018).

2.2.3.6 Toplam Fenolik Madde

Yer fıstığı yağının toplam fenolik madde miktarı, bileşiklerin bazik ortamda Folin-Ciocalteu ayracını indirgeyip kendilerinin oksitlenmiş forma dönüştüğü redoks reaksiyonu sonucunda indirgenmiş ayracın oluşturduğu mavi rengin fotometrik olarak ölçülmesiyle hesaplanmıştır (Cemeroğlu, 2010). 100 μl yer fıstığı yağı alınarak üzerine 7,5 ml saf su ilave edilmiştir. Akabinde 500 μl Folin-Ciocalteu ayracı eklenmek suretiyle karıştırılmıştır. Kendi haline bırakıldıktan sonra 1 ml doymuş Na_2CO_3 çözeltisinden eklenerek saf su ile hacmi 10 ml'ye ayarlanmıştır. Hazırlanan örnek 60 dakika beklendikten sonra 720 nm dalga boyunda şahide karşı okuma gerçekleştirilmiştir. Gallik asit eşdeğeri (GAE) olarak sonuçlar hesaplanmıştır.

2.2.3.7 İstatistiksel Analiz

Araştırma sonucundan elde edilen verilerin ortalamaları arasındaki farklılıkların önem düzeyini belirlemek için Asgari Önemli Fark (LSD) testi (%5) kullanılmıştır (Steel ve Torrie, 1980). Verilerin analizinde TARIST (Açıkgöz ve ark., 1993) istatistiki analiz programından faydalanılmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Işınlama işlemi uygulanan yer fıstığı tohumları ve tohumlardan elde edilen yağlara ait analiz verileri aşağıda verilmiştir.

3.1 Işınlamanın Yer Fıstığı Tohumlarındaki Ham Yağ Oranlarına Etkisi

Çizelge 3.1’de kontrol grubu ile birlikte 1,5 kGy, 3 kGy, 4 kGy ve 5 kGy dozlarda ışınlama uygulanan yer fıstığı tohumlarının % yağ oranları gösterilmiştir.

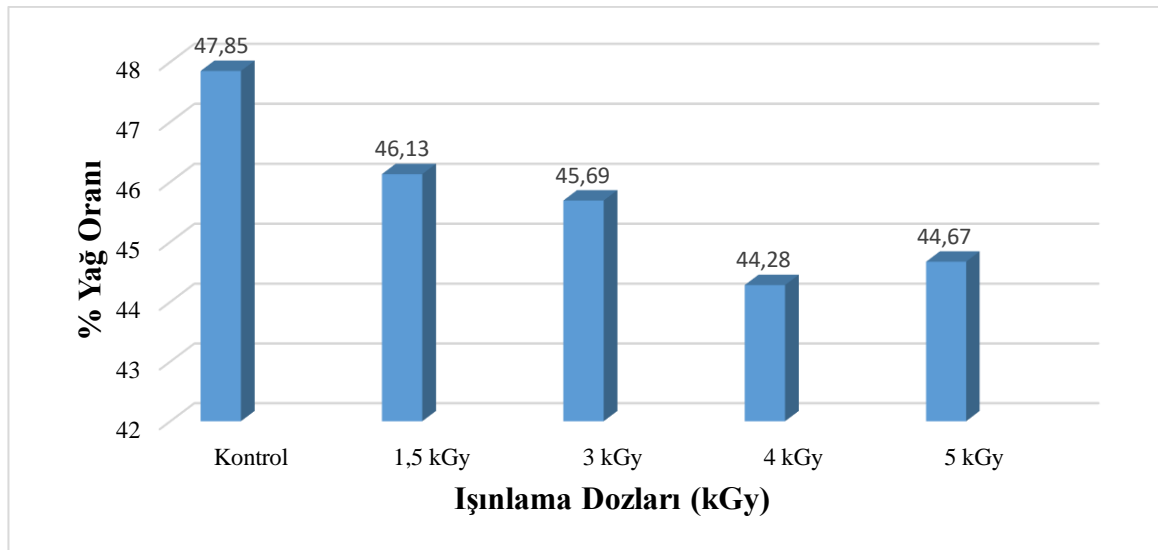
Çizelge 3.1. Yer fıstığının ışınlama dozlarına göre % yağ oranı değerleri

YER FISTIĞI IŞINLAMA DOZU (kGy)	% YAĞ ORANI
Kontrol	47,85 a
1,5 kGy	46,13 b
3 kGy	45,69 c
4 kGy	44,28 e
5 kGy	44,67 d
Işınlama Etkisi	**

Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki açıdan önemlidir. * $P < 0,05$ düzeyinde önemli; ** $P < 0,01$ düzeyinde önemli

Işınlama yapılan örneklerin % yağ oranı değerleri kontrol grubu ile kıyaslanmıştır. Çizelge 3.1 incelendiğinde en yüksek % yağ oranı 47,85 değeri ile kontrol grubunda görülürken en düşük % yağ oranı ise 44,28 değeri ile 4 kGy dozunda ışınlanan yer fıstığında görülmektedir.

Şekil 3.1’de yer fıstığı tohumlarına ait ham yağ oranlarının ışınlama dozlarına göre değişimi gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Yer fıstığı tohumlarının ışınlama dozlarına göre ham yağ miktarlarının karşılaştırılması

Işınlanmış yer fıstığı tohumlarının ışınlama dozundaki değişime göre % yağ oranındaki farklılıklar incelendiğinde sonuçlarımız istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p<0,01$).

Apaydın (2015)'in araştırmasında yer alan üzüm çeşitlerinden Alicante Bouschet örneğinde ışınlamanın yağ oranı değerleri üzerine etkisi istatistiki açıdan önemli bulunmuş ve sonuçlarımızla paralellik göstermiştir. Ancak Cabernet Franc, Cinsault, Merlot ve Shiraz örneklerinin % yağ oranları değerlerinin ışınlamadan etkilenmediğini tespit etmiştir.

Demirci ve ark. (2015), Karadaş (2019), Liu ve ark. (2018) ve Aslan Öner (2018)' in araştırma sonuçları çalışmamızın aksine ışınlama işleminin örneklerin yağ değerlerinde önemli değişikliğe neden olmadığını tespit etmişlerdir.

3.2 Işınlamanın Yer Fıstığı Yağındaki Serbest Yağ Asitlerine Etkisi

Yer fıstığı yağlarına kontrol grubu hariç 1,5 kGy, 3 kGy, 4 kGy, 5 kGy dozlarda ışınlama uygulanmış ve Çizelge 3.2' de farklı dozlardaki ışınlamanın yer fıstığı yağında meydana getirdiği serbest yağ asitliği (oleik asit, %) değişimi gösterilmiştir.

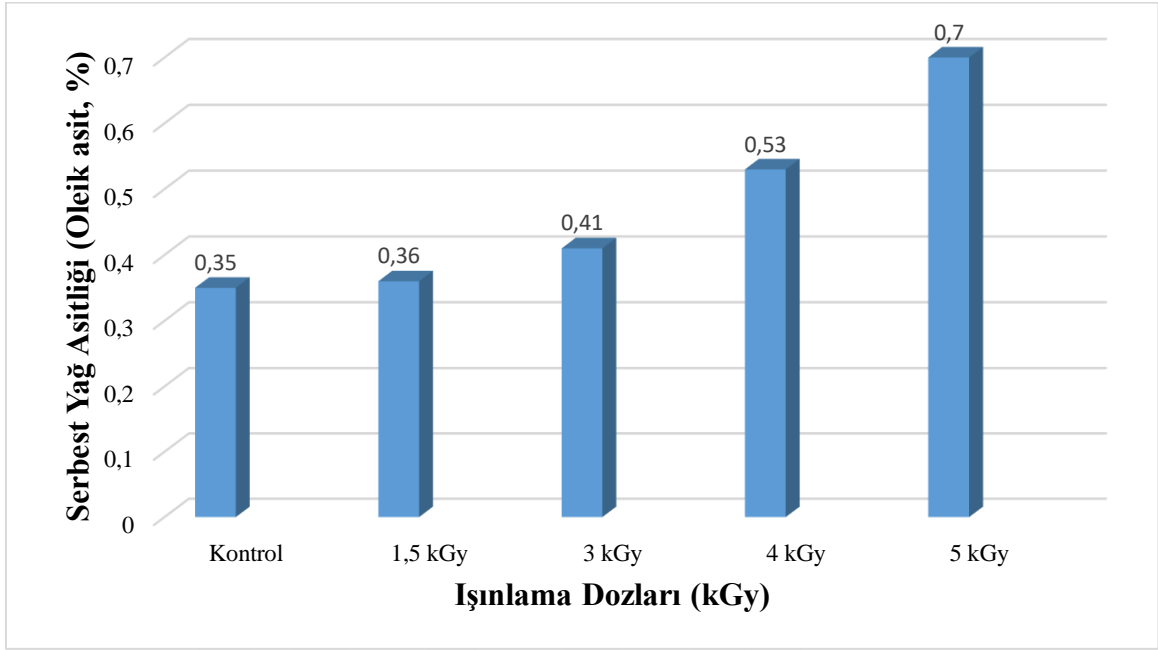
Çizelge 3.2. Yer fıstığı yağının ışınlama dozlarına göre serbest yağ asitliği değerleri

YER FISTIĞI IŞINLAMA DOZU	SERBEST YAĞ ASİTLİĞİ (OLEİK ASİT, %)
Kontrol	0,35 ± 0,0078 e
1,5 kGy	0,36 ± 0,0056 d
3 kGy	0,41 ± 0,0064 c
4 kGy	0,53 ± 0,0059 b
5 kGy	0,7 ± 0,0213 a
Işınlama Etkisi	**

Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki açıdan önemlidir. * $P<0,05$ düzeyinde önemli; ** $P<0,01$ düzeyinde önemli

Işınlama yapılan örnekler kontrol grubu ile kıyaslandığında aralarında istatistiki olarak fark görülmüştür ($p<0,01$). Işınlama yapılan örneklerde daha yüksek serbest yağ asitliği sonuçları elde edilirken, kontrol grubunda en düşük serbest yağ asitliği değeri elde edilmiştir. Bu da ışınlama işleminin sonuçlar üzerinde istatistiki olarak fark oluşturduğunu göstermektedir.

Şekil 3.2'de yer fıstığı yağına ait serbest yağ asitliği değerlerinin ışınlama dozlarına göre değişimi gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Yer fıstığı yağının ışınlama dozlarına göre serbest yağ asitliği değerlerinin karşılaştırılması

İşnlama dozlarına göre serbest yağ asitliği miktar değişiminin istatistiki olarak önemli olduğu görülmektedir ($p < 0.01$). En yüksek serbest yağ asitliği % 0,7 değeri ile 5 kGy işnlama dozunda görülürken, en düşük serbest yağ asitliği % 0,35 değeri ile kontrol grubunda görülmüştür. Bu da göstermektedir ki işnlama dozu arttıkça serbest yağ asitliği değeri artmaktadır.

Araştırma sonuçlarımız Demirci ve ark. (2015), Karadaş (2019), Akyol (2019), Aslan Öner (2018) ve Apaydın (2015)' in sonuçları ile benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir.

3.3 İşnlamanın Yer Fıstığı Yağındaki Peroksit Değerine Etkisi

Yer fıstığı yağlarına kontrol grubu hariç 1,5 kGy, 3 kGy, 4 kGy, 5 kGy dozlarda işnlama uygulanmış ve Çizelge 3.3' de farklı dozlardaki işnlamanın yer fıstığı yağlarında meydana getirdiği peroksit değeri (meqO_2/kg) değişimi gösterilmiştir.

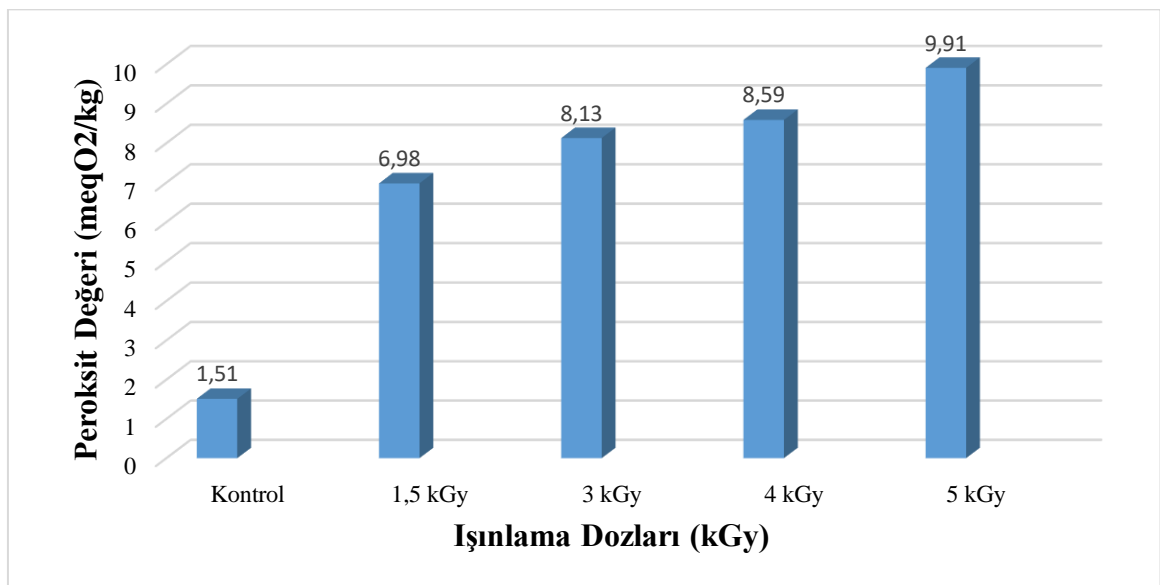
Çizelge 3.3. Yer fıstığı yağının ışınlama dozlarına göre peroksit değerleri

YER FISTIĞI IŞINLAMA DOZU (kGy)	PEROKSİT DEĞERİ (meqO ₂ /kg)
Kontrol	1,51 ± 0,524 e
1,5 kGy	6,98 ± 1,685 d
3 kGy	8,13 ± 1,447 c
4 kGy	8,59 ± 3,815 b
5 kGy	9,91 ± 2,054 a
Işınlama Etkisi	**

Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki açıdan önemlidir. *P<0,05 düzeyinde önemli; **P<0,01 düzeyinde önemli

Çizelge 3.3' te görüldüğü üzere ışınlama yapılan örnekler kontrol grubu ile karşılaştırıldığında peroksit değerlerinde istatistiki açıdan önemli düzeyde fark olduğu bulunmuştur (p<0,01). En düşük peroksit değerine sahip yer fıstığı yağı 1,51 meqO₂/kg ile kontrol grubunda bulunurken 1,5 kGy, 3 kGy, 4 kGy ışınlanmış örneklerde sonuçlar sırasıyla 6,98 meqO₂/kg, 8,13 meqO₂/kg ve 8,59 meqO₂/ kg bulunmuştur. En yüksek peroksit değeri ise 9,91 meqO₂/kg ile 5 kGy ışınlama yapılan yer fıstığı yağında tespit edilmiştir.

Şekil 3.3'de ışınlanmış yer fıstığı yağındaki peroksit değerlerinin ışınlama dozlarına göre değerleri gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Yer fıstığı yağının ışınlama dozlarına göre peroksit değerlerinin karşılaştırılması

Yer fıstığı yağlarında yapılan analiz sonucu ışınlama dozu arttıkça peroksit değerinin de arttığı Şekil 3.3' te görülmektedir. Sonuçlar istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($p<0,01$).

Aslan Öner (2018), Geçgel ve ark. (2011), Karadaş (2019), Demirci ve ark. (2015), Akyol (2019), Apaydın (2015), Liu ve ark. (2018) ve Yaqoob ve ark. (2010)' ın yaptıkları çalışmalar incelendiğinde örneklerinin ışınlama dozuna bağlı olarak peroksit değerlerindeki değişimin sonuçlarımızla ile uyumlu olduğu görülmüştür.

3.4 Işınlamanın Yer Fıstığı Yağındaki Yağ Asidi Bileşimine Etkisi

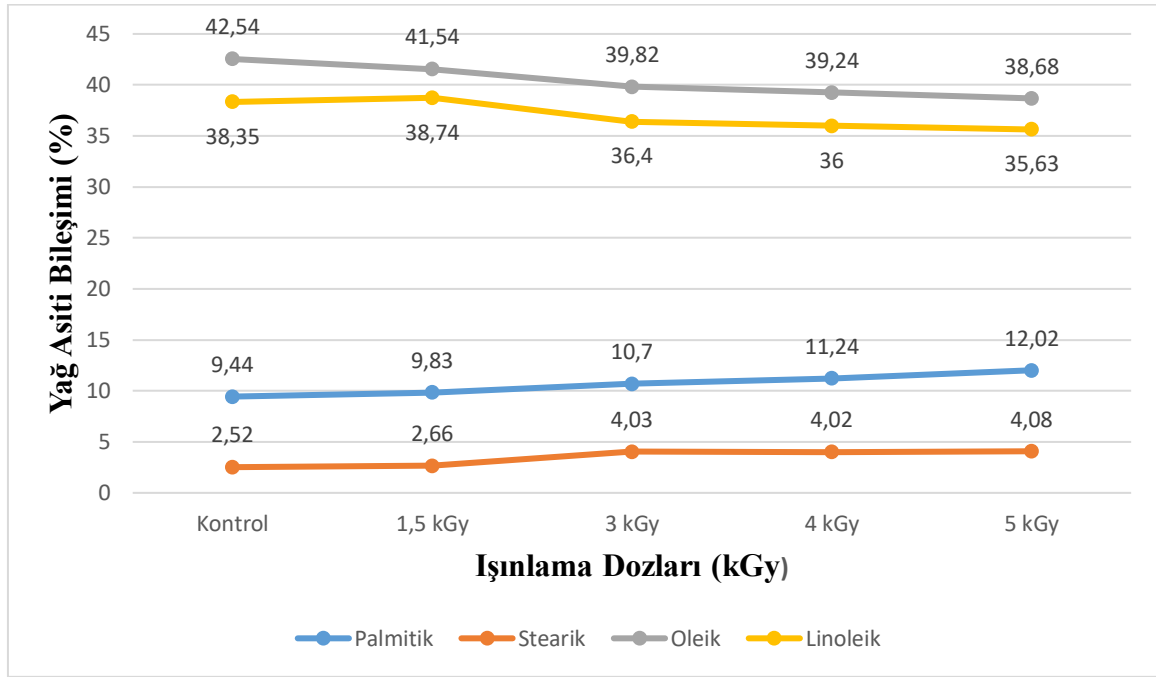
Yer fıstığı yağlarına kontrol grubu hariç 1,5 kGy, 3 kGy, 4 kGy, 5 kGy dozlarda ışınlama uygulanmış ve Çizelge 3.4' de farklı dozlardaki ışınlamanın yer fıstığı yağlarında meydana getirdiği yağ asidi bileşimi (%) değişimi gösterilmiştir.

Çizelge 3.4. Yer fıstığı yağının ışınlama dozlarına göre yağ asitleri bileşimi (%) değerleri

YAĞ ASİTLERİ (%)	IŞINLAMA DOZU (kGy)					Işınlama Etkisi
	Kontrol	1,5 kGy	3 kGy	4 kGy	5 kGy	
Palmitik Asit C16:0	9,44 e	9,83 d	10,7 c	11,24 b	12,02 a	**
Stearik Asit C18:0	2,52 e	2,66 d	4,03 b	4,02 c	4,08 a	**
Oleik Asit C18:1	42,54 a	41,54 b	39,82 c	39,24 d	38,68 e	**
Linoleik Asit C18:2	38,35 b	38,74 a	36,4 c	36 d	35,63 e	**
Linolenik Asit C18:3	0,35	0,3	0,28	0,28	0,26	NS
Araşidik Asit C:20:0	1,21 d	1,2 c	1,95 b	2,01 a	2,01 a	**
Behenik Asit C:22:0	4,2 e	4,28 d	4,61 c	4,89 b	4,94 a	**
Lignoserik Asit C:24:0	1,39 e	1,45 d	2,21 c	2,32 b	2,38 a	**

Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki açıdan önemlidir. * $P<0,05$ düzeyinde önemli; ** $P<0,01$ düzeyinde önemli; NS önemsiz

Şekil 3.4'de yer fıstığı yağına ait oleik asit, palmitik asit, linoleik asit ve stearik asit değerlerinin ışınlama dozlarına göre değişimi gösterilmiştir.



Şekil 3.4. Yer fıstığı yağının ışınlama dozlarına göre palmitik asit, stearik asit, oleik asit ve linoleik asit değerlerinin karşılaştırılması

Yer fıstığı yağları farklı dozlarda ışınlama işlemine tabi tutulmuş ve örneklerin palmitik asit ($C_{16:0}$) değerindeki değişim Çizelge 3.4' te gösterilmiştir. En yüksek palmitik asit değeri % 12,02 ile 5 kGy dozda ışınlanan yer fıstığı yağında görülürken en düşük % 9,44 ile kontrol grubunda görülmüştür.

Stearik asit ($C_{18:0}$) değerleri kıyaslandığında en yüksek değer % 4,08 ile 5 kGy dozda ışınlanan örnekte, en düşük değer % 2,52 ile kontrol grubu örneğinde olduğu görülmüştür. Işınlama dozundaki artışa paralel olarak stearik asit miktarında artış tespit edilmiştir.

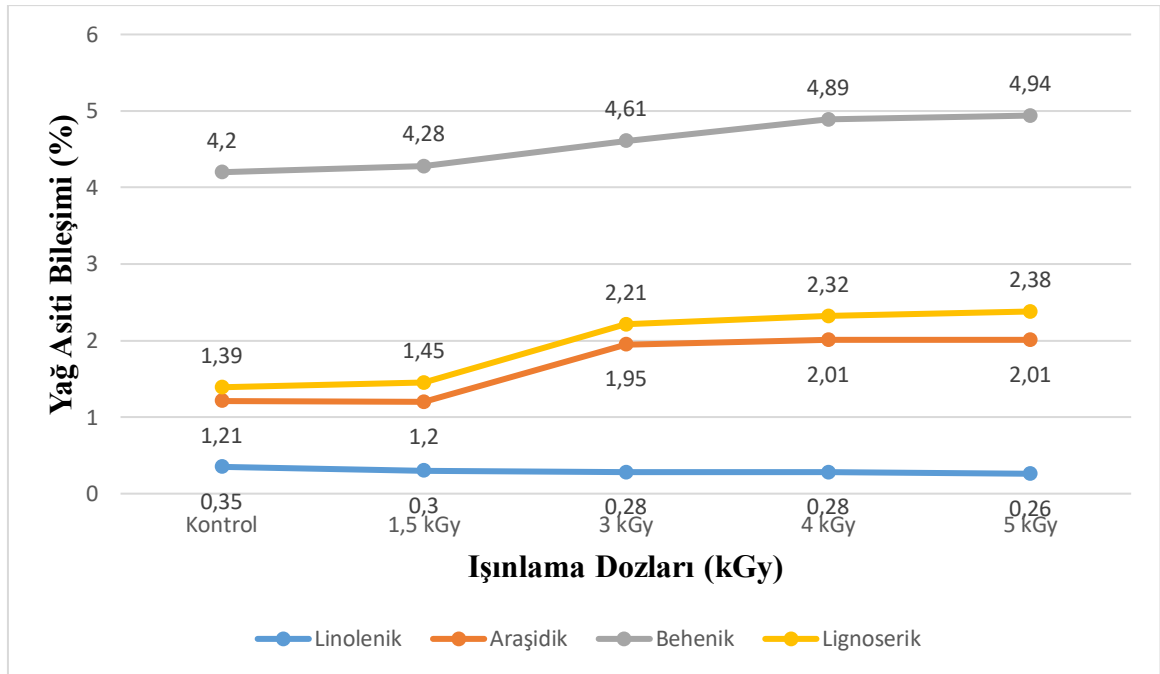
Yer fıstığı yağlarının ışınlama dozlarına göre palmitik asit ve stearik asit miktarının değişimi istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p<0,01$).

Çizelge 3.4 incelendiğinde örneklerin oleik asit ($C_{18:1}$) miktarları % 42,54 değeri ile en yüksek kontrol grubunda olduğu görülmüştür. 1.5 kGy, 3 kGy, 4 kGy ve 5 kGy dozlarında ışınlanan örneklerde ise analiz sonuçları sırasıyla % 41,54, % 39,82, % 39,24, % 38,68 şeklinde azaldığı tespit edilmiştir. 5 kGy dozda ışınlanan örneğin oleik asit miktarı kontrol grubu ile kıyaslandığında % 3,86 oranında bir azalma olduğu tespit edilmiştir. Işınlamanın bu tekli

doymamış yağ asidine etkisi incelendiğinde istatistiki olarak önemli olduğu sonucuna varılmıştır ($p<0,01$).

Linoleik asit ($C_{18:2}$) değerleri incelendiğinde kontrol grubuna ait değer % 38,35 olduğu tespit edilmiştir. 1,5 kGy, 3 kGy, 4 kGy ve 5 kGy dozlarında ışınlanan örneklerde analiz sonuçları sırasıyla % 38,74, % 36,4, %36 ve %35,63 olduğu görülmüştür. En yüksek değer 1,5 kGy dozda ışınlanan örnekte, en düşük değer 5 kGy dozda ışınlanan örnekte bulunmuştur. Işınlamanın bu çoklu doymamış yağ asidine etkisi istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($p<0,01$).

Şekil 3.5'de yer fıstığı yağına ait linolenik asit, araşidik asit, behenik asit ve lignoserik asit değerlerinin ışınlama dozlarına göre değişimi gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Yer fıstığı yağının ışınlama dozlarına göre linolenik asit, araşidik asit, behenik asit ve lignoserik asit değerlerinin karşılaştırılması

Şekil 3.5 incelendiğinde, ışınlama uygulanmış yer fıstığı yağına ait linolenik asit ($C_{18:3}$) değerlerindeki değişim kontrol grubu ile kıyaslandığında elde edilen değerlerin istatistiksel olarak önemsiz olduğu sonucuna varılmıştır ($p>0,05$).

Doymuş yağ asitlerinden araşidik asit ($C_{20:0}$) değeri incelendiğinde en yüksek değer %2,01 ile 4 kGy ve 5 kGy ışınlama dozlarına sahip örneklerde olduğu; en düşük değer ise % 1.21 ile kontrol grubunda olduğu tespit edilmiştir. Işınlama dozu arttıkça $C_{20:0}$ miktarında artış görülmüştür.

Çizelge 3.4 incelendiğinde en düşük behenik asit (C_{22:0}) değerinin % 4,2 ile kontrol grubunda olduğu görülmüş ve 1,5 kGy, 3 kGy, 4 kGy, 5 kGy dozlarda ışınlanan örneklerde sırasıyla % 4,28, % 4,61, % 4,89, % 4,94 şeklinde arttığı tespit edilmiştir.

Lignoserik asit (C_{24:0}) değeri ise, kontrol örneğinde % 1,39 değerinde, 1,5 kGy, 3 kGy, 4 kGy, 5 kGy dozlarında ışınlanan yer fıstığı yağlarında ise sırasıyla % 1,45, % 2,21, % 2,32, % 2,38 değerlerinde tespit edilmiştir. En düşük değer kontrol grubuna ait örnekte görülürken en yüksek değer 5 kGy dozda ışınlanan örnekte bulunmuştur.

Yer fıstığı yağlarının ışınlama dozlarına göre doymuş yağ asitleri olan araşidik asit, behenik asit ve lignoserik asit miktarlarının değişimi istatistiki olarak önemli olduğu bulunmuştur (p<0,01).

Akyol (2019), Apaydın (2015), Afify ve ark. (2013), Liu ve ark. (2018) ve Demirci ve ark. (2015) yaptıkları çalışmalarda ışınlama dozu arttıkça örneklerinin doymamış yağ asitlerinde (C_{18:1}, C_{18:2}) düşüş, doymuş yağ asitlerinde (C_{16:0}, C_{18:0}) ise artış olduğu tespit etmişlerdir. Araştırma sonuçları bizim çalışmamız ile paralellik göstermiştir.

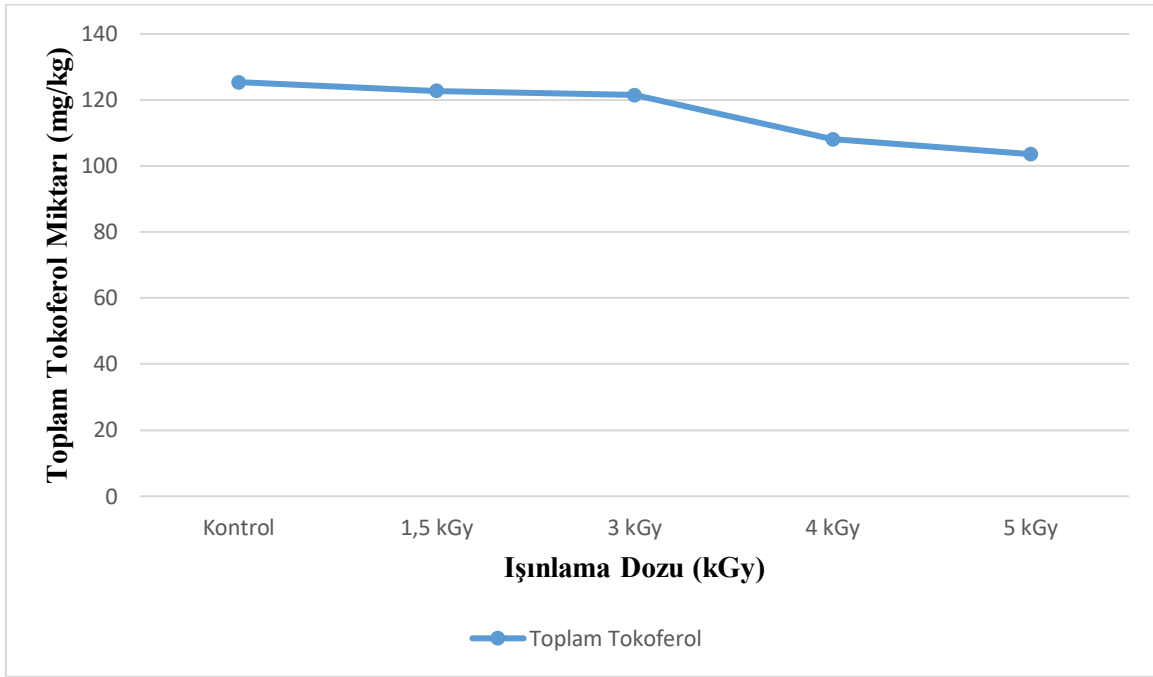
Karadaş (2019) ve Yaqoob (2010)' un yaptıkları çalışmada örneklerine uygulanan ışınlama işlemi neticesinde sonuçlarımızdan farklı olarak C_{18:1} değerinde artış tespit etmişlerdir. Ayrıca Yaqoob (2010)'un yaptığı çalışmada ayçiçek yağı ve mısır yağı örneklerinin C_{16:0} yağ asidi bileşiminin çalışmamızın aksine ışınlamadan etkilenmediğini bulmuştur. Zorba (2019) yaptığı çalışmada ise C_{18:0} değerinde 7 kGy ışınlama dozuna kadar artış sonrasında düşüş tespit etmiştir.

3.5 Işınlamanın Yer Fıstığı Yağındaki Toplam Tokoferol Miktarına Etkisi

Yer fıstığı yağlarına kontrol grubu hariç 1,5 kGy, 3 kGy, 4 kGy, 5 kGy dozlarda ışınlama uygulanmış ve farklı dozlardaki ışınlamanın yer fıstığı yağlarında meydana getirdiği toplam tokoferol miktar (mg/kg) değişimi incelenmiştir.

Kontrol grubu yer fıstığı yağı örneğinin toplam tokoferol miktarı 125,4 mg/kg olarak bulunmuştur. 1,5 kGy, 3 kGy, 4 kGy ve 5 kGy ışınlama dozu uygulanmış yer fıstığı örneklerinin ise toplam tokoferol miktarlarının sırasıyla 122,7 mg/kg, 121,5 mg/kg, 108,1 mg/kg ve 103,6 mg/kg olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 3.6'da yer fıstığı yağına ait toplam tokoferol miktarı değerlerinin ışınlama dozlarına göre değişimi gösterilmiştir.



Şekil 3.6. Yer fıstığı yağının ışınlama dozlarına göre toplam tokoferol miktarının karşılaştırılması

Şekil 3.6 incelendiğinde örneklerin toplam tokoferol miktarları 125,4 mg/kg değeri ile en yüksek ışınlanmamış kontrol grubu örneğine, en düşük değer ise 103,6 mg/kg değeri ile 5 kGy dozda ışınlanmış örneğe ait olduğu görülmüştür. 1,5 kGy, 3 kGy ve 4 kGy dozda ışınlanan örneklere ait toplam tokoferol miktarları sırasıyla 122,7 mg/kg, 121,5 mg/kg ve 108,1 mg/kg olarak bulunmuştur. Bu değerlere göre kontrol grubu örneğine kıyasla 5 kGy dozda ışınlanan örnekte 21,8 mg/kg kadar bir düşüş tespit edilmiştir. Elde edilen değerlerin değişimleri istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p<0,01$).

Çalışmamızda ışınlanmış ve ışınlanmamış örneklerde elde ettiğimiz toplam tokoferol değerleri Onat (2018)' in yaptığı çalışmada bulunan bazı değerler ile benzerlik göstermiştir.

Ayrıca örneklerimize uygulanan ışınlama dozu arttıkça toplam tokoferol miktarında düşüş tespit edilmiş ve sonuçlarımız Karadaş (2019), Akyol (2019), De Camargo ve ark (2012) ve Yaqoob ve ark. (2010)' in yaptıkları çalışmalar ile benzerlik göstermiştir.

3.6 Işınlamanın Yer Fıstığı Yağındaki Sterol Kompozisyonuna Etkisi

Yer fıstığı yağlarına kontrol grubu hariç 1,5 kGy, 3 kGy, 4 kGy, 5 kGy dozlarda ışınlama uygulanmış ve Çizelge 3.5' de farklı dozlardaki ışınlamanın yer fıstığı yağlarında meydana getirdiği sterol kompozisyonu (%) değişimi gösterilmiştir.

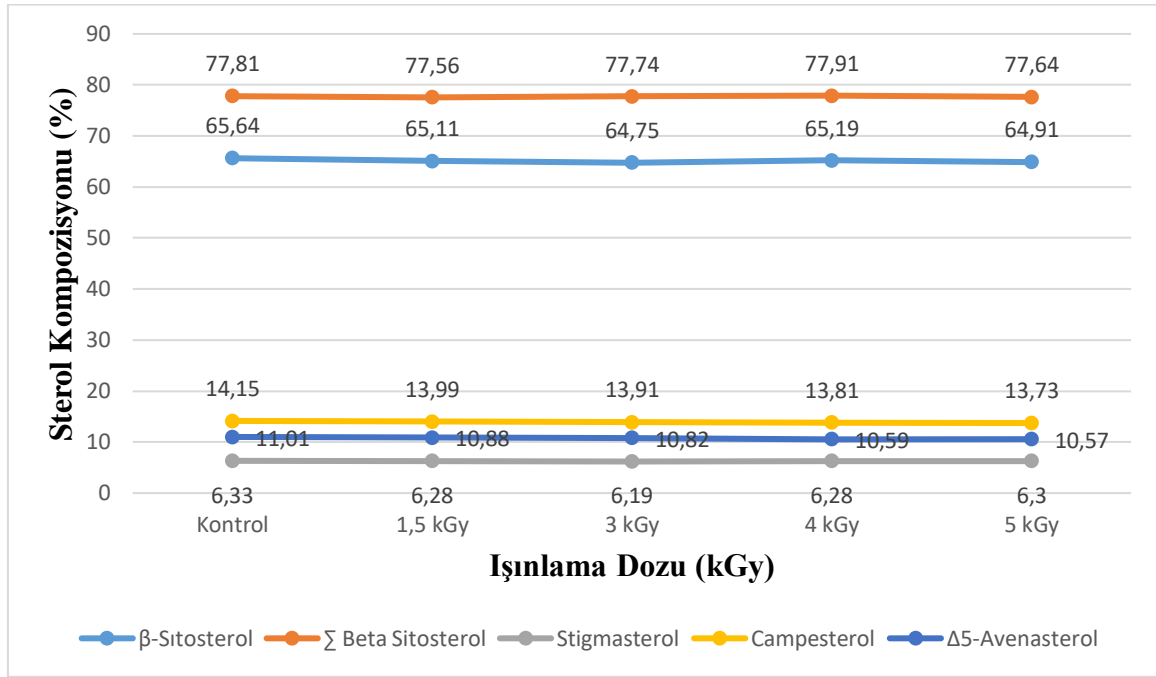


Çizelge 3.5. Yer fıstığı yağının ışınlama dozlarına göre sterol kompozisyonu değerleri

STEROL KOMPOZİSYONU (%)	IŞINLAMA DOZU (kGy)					Işınlama Etkisi
	Kontrol	1,5 kGy	3 kGy	4 kGy	5 kGy	
CHOLESTEROL	0,40 ± 0,10 b	0,41 ± 0,10 a	0,41 ± 0,10 a	0,37 ± 0,09 c	0,35 ± 0,09 d	**
B –SITOSTEROL	65,64	65,11	64,75	65,19	64,91	NS
SİTOSTANOL	0,34 d	0,43 bc	0,47 a	0,45 ab	0,42 c	**
Δ 5-AVENASTEROL	11,01 a	10,88 b	10,82 c	10,59 d	10,57 e	**
Δ 5- Δ 24 STİGMASADIENOL	0,62 d	0,62 d	0,68 a	0,63 c	0,67 b	**
Δ 7 STİGMASTENOL	0,19 ± 0,05 b	0,19 ± 0,05 b	0,20 ± 0,05 a	0,18 ± 0,04 c	0,16 ± 0,04 d	**
Δ 7-AVENASTEROL	0,9 d	0,95 b	0,98 a	0,93 c	0,93 c	**
Σ BETA SİTOSTEROL***	77,81 ± 0,26 b	77,56 ± 0,26 e	77,74 ± 0,26 c	77,91 ± 0,26 a	77,64 ± 0,26 d	**
24-METHYLENE CHOLESTEROL	0,32 b	0,38 a	0,39 a	0,4 a	0,3 b	**
CAMPESTEROL	14,15 ± 0,83 a	13,99 ± 0,83 b	13,91 ± 0,82 c	13,81 ± 0,81 d	13,73 ± 0,81 e	**
STİGMASTEROL	6,33 ± 0,39 a	6,28 ± 0,39 c	6,19 ± 0,39 d	6,28 ± 0,39 c	6,30 ± 0,39 b	**
Δ 7-CAMPESTEROL	TED	0,05 b	0,08 a	0,05 b	TED	**
Δ 5- Δ 23 STİGMASADIENOL	TED	0,06	0,06	0,07	TED	NS
CLEROSTEROL	0,62 d	0,76 b	0,78 a	0,75 bc	0,74 c	**
CAMPESTANOL	0,15 c	0,2 a	0,2 a	0,16 b	0,16 b	**
TOPLAM STEROL (MG/KG)	2337 ± 206,82a	2327 ± 205,94b	2308 ± 204,26c	2289 ± 202,58d	2186 ± 193,46e	**

Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki açıdan önemlidir. *P<0,05 düzeyinde önemli; **P<0,01 düzeyinde önemli; NS önemsiz; *** Δ5.23-Stigmastadienol, kleosterol, b-sitosterol, sitostanol, Δ5-avenasterol ve Δ5.24 stigmastadienol toplamı; TED tespit edilemeyen düzey

Şekil 3.7'de yer fıstığı yağına ait β -sitosterol, Σ beta sitosterol, stigmasterol, campesterol ve $\Delta 5$ -avenasterol değerlerinin ışınlama dozlarına göre değişimi gösterilmiştir.



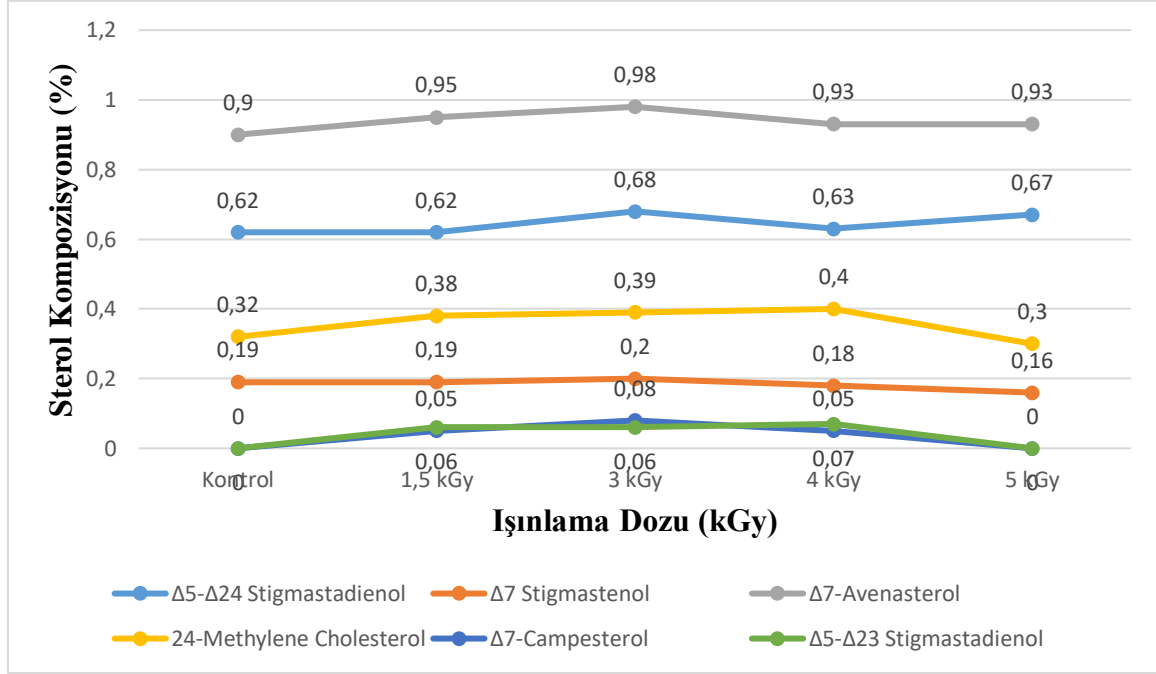
Şekil 3.7. Yer fıstığı yağının ışınlama dozlarına göre β -sitosterol, Σ Beta sitosterol, stigmasterol, campesterol ve $\Delta 5$ -avenasterol değerlerinin karşılaştırılması

Şekil 3.7 incelendiğinde kontrol grubuna ait β -sitosterol miktarı % 65,64 bulunmuş, 1,5 kGy, 3 kGy, 4 kGy ve 5 kGy dozlarında ışınlamaya maruz bırakılmış yer fıstığı yağlarında ise bu değerlerin sırasıyla % 65,11, % 64,75, % 65,19, % 64,91 olduğu tespit edilmiştir. Mevcut bulunan β -sitosterol değeri değişimleri istatistiki açıdan önemsiz bulunmuştur ($p > 0,05$).

Çizelge 3.6'da yer alan Σ Beta sitosterol değeri $\Delta 5.23$ -Stigmastadienol, kleosterol, b-sitosterol, sitostanol, $\Delta 5$ -avenasterol ve $\Delta 5.24$ stigmastadienol miktarlarının toplamıdır. Σ Beta sitosterol değerleri kontrol grubuna ait örnekte % 77,81 olarak, 1,5 kGy, 3 kGy, 4 kGy ve 5 kGy ışınlama dozlarına sahip örneklerde ise sırasıyla % 77,56, % 77,74, % 77,91, % 77,64 olarak bulunmuştur. 5 kGy dozda ışınlanmış örneğin Σ Beta sitosterol değeri kontrol grubuna göre kıyaslandığında düşüş meydana geldiği görülmüş ve bu değişimin istatistiki açıdan önemli olduğu sonucuna varılmıştır ($p < 0,01$).

Örneklere uygulanan ışınlama dozu arttıkça Campesterol ve $\Delta 5$ -avenasterol değerlerinin düştüğü tespit edilmiştir. Kontrol grubu ile 5 kGy dozda ışınlama uygulanmış yer fıstığı yağlarının stigmasterol değerinde azalma olduğu görülmüştür. Söz konusu değişimler istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($p < 0,01$).

Şekil 3.8'de yer fıstığı yağına ait $\Delta 5$ - $\Delta 24$ stigmastadienol, $\Delta 7$ stigmastenol, $\Delta 7$ -avenasterol, 24-methylene cholesterol, $\Delta 7$ -campesterol ve $\Delta 5$ - $\Delta 23$ stigmastadienol değerlerinin ışınlama dozlarına göre değişimi gösterilmiştir.



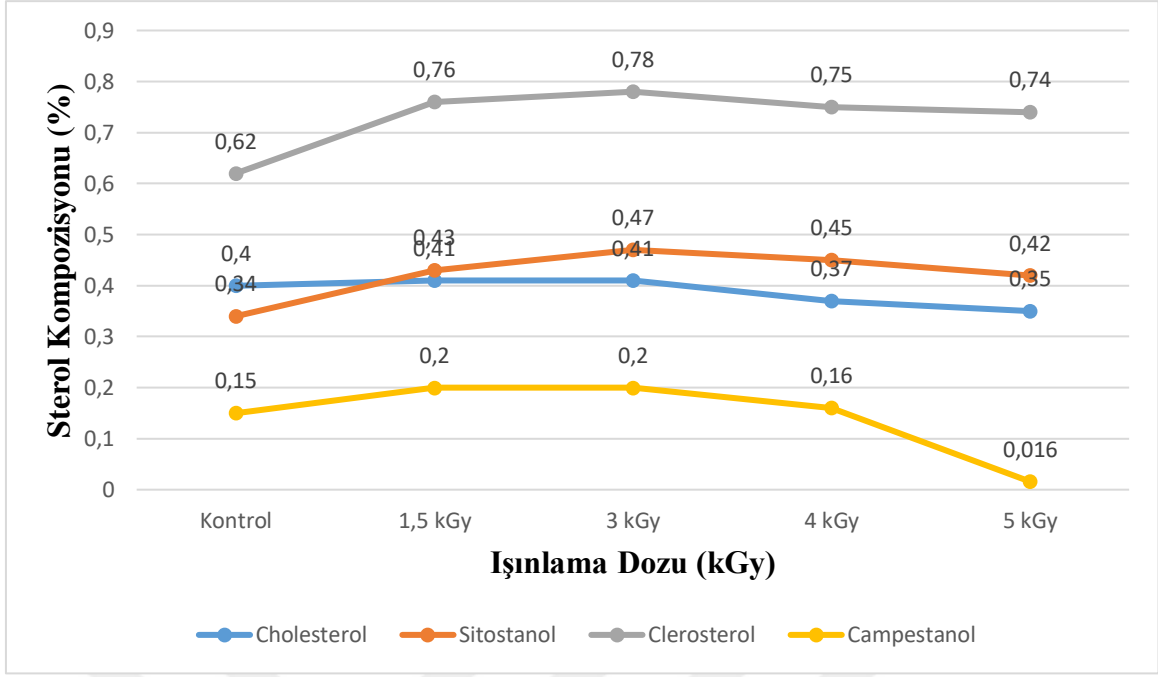
Şekil 3.8. Yer fıstığı yağının ışınlama dozlarına göre $\Delta 5$ - $\Delta 24$ stigmastadienol, $\Delta 7$ stigmastenol, $\Delta 7$ -avenasterol, 24-methylene cholesterol, $\Delta 7$ -campesterol, $\Delta 5$ - $\Delta 23$ stigmastadienol değerlerinin karşılaştırılması

Şekil 3.8'de görüldüğü üzere en yüksek $\Delta 5$ - $\Delta 24$ stigmastadienol, $\Delta 7$ stigmastenol ve $\Delta 7$ -avenasterol değerleri 3 kGy ışınlama dozu uygulanan örnekte tespit edilmiştir. Kontrol grubu ile 5 kGy ışınlanmış örnekler karşılaştırıldığında $\Delta 5$ - $\Delta 24$ stigmastadienol değerinde düşüş olduğu ancak $\Delta 7$ stigmastenol ve $\Delta 7$ -avenasterol değerlerinde artış olduğu tespit edilmiş ve bu değişimler istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,01$).

En yüksek 24-methylene cholesterol değeri 4 kGy dozda ışınlanan örnekte tespit edilmiş ve kontrol grubu ile 5 kGy dozda ışınlanmış örneklerin sonuçları kıyaslandığında azalma olduğu görülmüştür. Söz konusu değişimler istatistiki açıdan önemlidir ($p < 0,01$).

Farklı dozlarda ışınlamaya maruz bırakılmış yer fıstığı yağlarında meydana gelen $\Delta 5$ - $\Delta 23$ stigmastadienol değerlerinin değişimi istatistiki açıdan önemsiz bulunmuştur ($p > 0,05$).

Şekil 3.9'da yer fıstığı yağına ait kolesterol, sitostanol, clerosterol, campestanol değerlerinin ışınlama dozlarına göre değişimi gösterilmiştir.

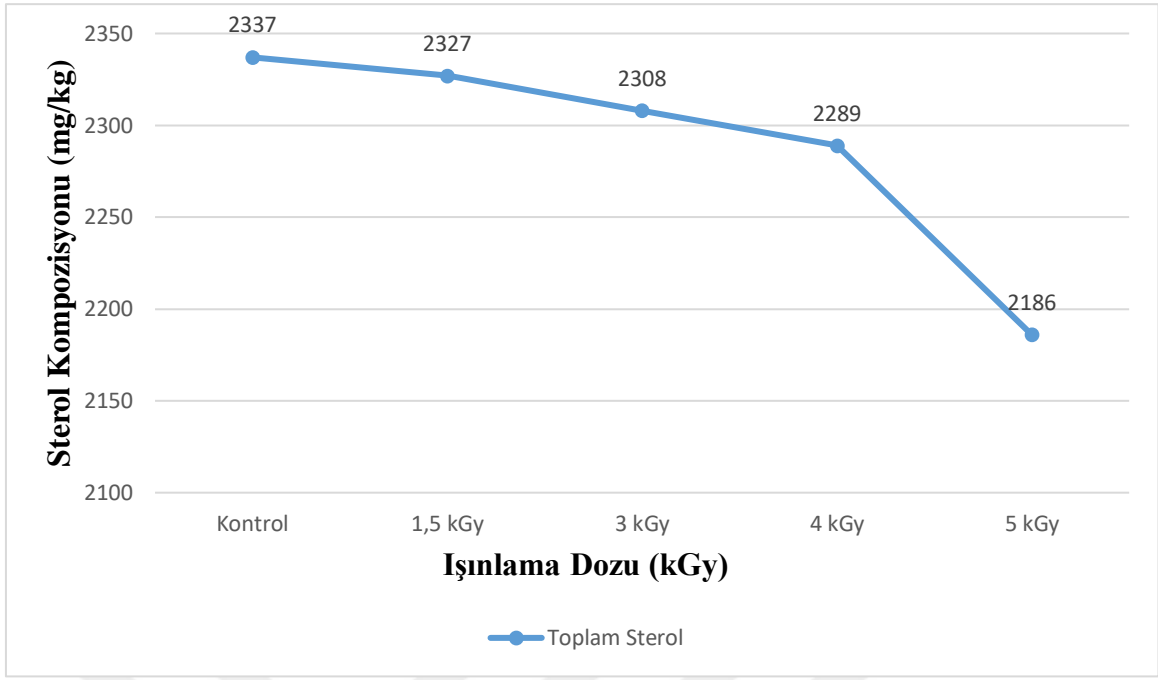


Şekil 3.9. Yer fıstığı yağının işnlama dozlarına göre kolesterol, sitostanol, clerosterol, campestanol değerlerinin karşılaştırılması

İşnlama yapılan örneklerin kolesterol değerleri kontrol grubu ile kıyaslanmıştır. Şekil 3.9' da en yüksek kolesterol değeri 3 kGy'lik dozda işnlanan örnekte tespit edilmiştir. Kontrol grubu ile 5 kGy dozda işnlanan örnek arasında % 0,05 oranında bir fark tespit edilmiş olup sonuçlar istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($p<0,01$).

En yüksek sitostanol, clerosterol ve campestanol değerleri 3 kGy dozda işnlama yapılan örnekte tespit edilmiştir. İşnlanmış örnekler kontrol grubu ile kıyaslandığında işnlama arttıkça bu değerlerdeki artış istatistiki açıdan önemlidir ($p<0,01$).

Şekil 3.10'da yer fıstığı yağına ait toplam sterol (mg/kg) değerinin işnlama dozlarına göre değişimi gösterilmiştir.



Şekil 3.10. Yer fıstığı yağının işnlama dozlarına göre toplam sterol (mg/kg) değerlerinin karşılaştırılması

Şekil 3.10 incelendiğinde en yüksek toplam sterol değeri 2337 mg/kg ile kontrol grubunda görülmüştür. 1,5 kGy, 3 kGy, 4 kGy ve 5 kGy dozlarda işnlama uygulanmış örneklerde toplam sterol değerleri sırasıyla 2327 mg/kg, 2308 mg/kg, 2289 mg/kg ve 2186 mg/kg olduğu tespit edilmiştir. İşnlama dozu uygulanmış örneklerin toplam sterol miktarları incelendiğinde kontrol grubuna kıyasla değerlerin azaldığı görülmüş ve bu değişimler istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($p < 0,01$).

Analiz sonuçlarımız Karadaş (2019)'ın çalışması ile Σ Beta sitosterol değeri hariç benzerlik göstermiştir. Toplam sterol ve campesterol değerleri ise Karadaş (2019)'ın yaptığı çalışmada istatistiki olarak önemsiz bulunurken bizim çalışmamızda önemli bulunmuştur. Araştırma sonuçlarımız Afify ve ark. (2013) ve Demirci ve ark. (2015) tarafından yapılan çalışmalar ile benzerlik göstermiştir.

3.7 İşnlamanın Yer Fıstığı Yağındaki Toplam Fenolik Madde Miktarına Etkisi

Yer fıstığı yağlarına kontrol grubu hariç 1,5 kGy, 3 kGy, 4 kGy, 5 kGy dozlarda işnlama uygulanmış ve Çizelge 3.6' da farklı dozlardaki işnlamanın yer fıstığı yağında meydana getirdiği toplam fenolik madde miktarı (mg GAE/kg yağ) değişimi gösterilmiştir.

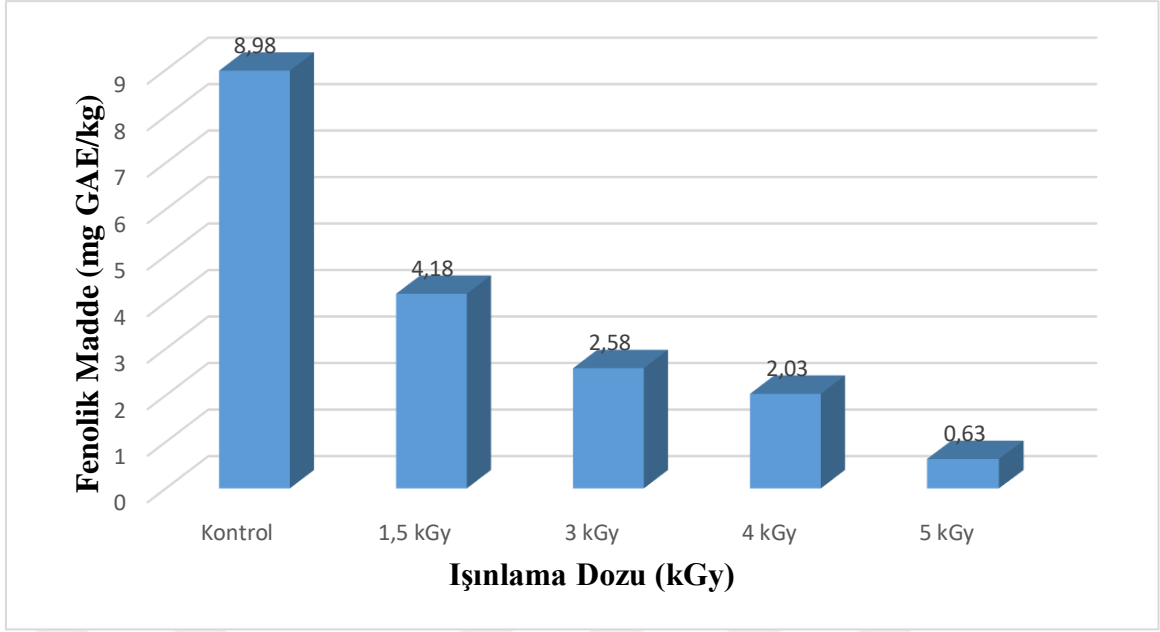
Çizelge 3.6. Yer fıstığı yağının ışınlama dozlarına göre toplam fenolik madde miktarı değerleri

YER FISTIĞI IŞINLAMA DOZU (kGy)	FENOLİK MADDE MİKTARI (mg GAE/kg yağ)
Kontrol	8,98 ± 0,85 a
1,5 kGy	4,18 ± 2,26 b
3 kGy	2,58 ± 2,55 c
4 kGy	2,03 ± 0,64 d
5 kGy	0,63 ± 1,34 e
Işınlama Etkisi	**

Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki açıdan önemlidir. *P<0,05 düzeyinde önemli; **P<0,01 düzeyinde önemli

Işınlama yapılan örneklerin toplam fenolik madde miktarı değerleri kontrol grubu ile kıyaslanmıştır. Çizelge 3.7 incelendiğinde kontrol grubuna ait örneğin fenolik madde miktarı 8,98 mg GAE/kg olduğu tespit edilmiştir. 1,5 kGy, 3 kGy, 4 kGy ve 5 kGy dozlarda ışınlama yapılan örneklerin fenolik madde miktarları sırasıyla 4,18 mg GAE/kg, 2,58 mg GAE/kg, 2,03 mg GAE/kg ve 0,63 mg GAE/kg bulunmuştur. Bu da göstermektedir ki ışınlama dozu arttıkça örneklerin fenolik madde miktarı azalmaktadır.

Şekil 3.11' de yer fıstığı yağına ait toplam fenolik madde miktarları değerinin ışınlama dozlarına göre değişimi gösterilmiştir.



Şekil 3.11. Yer fıstığı yağının ışınlama dozlarına göre toplam fenolik madde miktarlarının karşılaştırılması

Yer fıstığı yağlarının toplam fenolik madde miktarı analizinde en yüksek değer kontrol grubuna ait yer fıstığı yağı örneğinde görülürken en düşük değer ise 5 kGy ışınlama dozu uygulanmış örnekte görülmüştür. Örneklerin ışınlama işleminden nasıl etkilendiği incelendiğinde tespit edilen değişimlerin istatistiki açıdan önemli olduğu görülmektedir ($p < 0,01$).

Taçoğulları (2017), Apaydın (2015), Demirci ve ark. (2015), Karadaş (2019) ve Akyol (2019)' a ait çalışmalar incelendiğinde ışınlamanın fenolik madde miktarlarına etkisi çalışmamız ile paralellik göstermektedir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Türkiye'nin Edirne İli Meriç İlçesinden temin edilen yağlık tip yer fıstığı çeşidi kullanılmış ve kabuklarından ayrılıp elde edilen yer fıstığı tohumlarına farklı dozlarda (1,5 kGy, 3 kGy, 4 kGy ve 5 kGy) gama ışınları uygulanmıştır. Işınlanmamış kontrol grubu ve ışınlanmış yer fıstığı örneklerinden yer fıstığı yağları elde edilmiştir. Işınlamanın yer fıstığı yağının kalite özelliklerinde meydana getirdiği değişimler araştırmamızda yer almaktadır. Gama ışınlarının yer fıstığı yağı üzerine etkileri ile ilgili yeterli çalışma bulunamamıştır. Bu kapsamda tez çalışmamız yer fıstığı yağı ile ilgili bundan sonra yapılacak çalışmalara katkı sağlayacak olması açısından önem teşkil etmektedir.

Tez çalışmamızda yer fıstığı örneklerine uygulanan ışınlama dozu arttıkça örneklerin % yağ oranlarının azaldığı tespit edilmiştir. Söz konusu değişim istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($p<0,01$).

Peroksit sayısı ve serbest yağ asitliği değerleri ürünün raf ömrü ile ilgilidir. Yağların trigliserit yapısının hidrolize olması neticesiyle serbest yağ asitliği artar ve miktardaki artış yağın oksidasyona olan hassasiyetini artırır ve bu da yağın tat ve kalitesinde düşüğe sebep olmaktadır.

Işınlama dozu arttıkça, gerçekleşen reaksiyonlara bağlı olarak yer fıstığı yağlarının serbest yağ asitliği değerinde artış meydana gelmiş ve bu artış istatistiki açıdan önem arz etmiştir ($p<0,01$).

Işınlama dozundaki artışa paralel olarak yer fıstığı yağı örneklerinde oksidasyonun göstergesi olan peroksit sayısı değerlerinin arttığı tespit edilmiştir. Türk Gıda Kodeksi Bitki Adı İle Anılan Yağlar Tebliği'ne göre peroksit sayısı soğuk preslenmiş ve natürel yağlarda en çok 15 miliekivalen aktif oksijen / kg yağ olarak belirtilmiştir. Araştırma sonuçlarımıza göre tüm yer fıstığı yağı örneklerimiz söz konusu tebliğe uygun bulunmuştur. Ancak, yer fıstığı yağının depolanması sırasında söz konusu peroksit değerinin artabileceği göz önüne alınmalı ve uygun koşullarda muhafaza ve paketleme işlemlerinin yapılması önerilmektedir.

Yer fıstığı yağı yüksek oranda doymamış yağ asidi içerdiğinden dolayı ışınlama esnasında daha reaktiftir. Işınlanmış yer fıstığı yağı örnekleri kontrol grubu ile kıyaslandığında ışınlama dozu arttıkça doymuş yağ asitleri olan C_{16:0} ve C_{18:0} değerlerinin arttığı; doymamış yağ asitlerinden C_{18:1}, C_{18:2} ve C_{18:3} değerlerinin ise azaldığı tespit edilmiştir. Işınlanmış ve

ışınlanmamış bütün örneklerin söz konusu değerleri Türk Gıda Kodeksi Bitki Adı İle Anılan Yağlar Tebliği'ne uygun aralıklarda olduğu görülmüştür. Işınlama dozu arttıkça örneklerimizin C_{20:0}, C_{22:0} ve C_{24:0} değerlerinin arttığı tespit edilmiştir. Işınlanmış ve ışınlanmamış tüm örneklerimizin C_{24:0} değerlerinin Türk Gıda Kodeksi Bitki Adı İle Anılan Yağlar Tebliği'ne uygun aralıklarda olduğu görülmüştür. Ancak 5 kGy dozda ışınlanmış örneğimizde C_{20:0} ve C_{22:0} değerlerinin söz konusu tebliğe uygun limitte olmadığı tespit edilmiştir.

Tokoferol, yağın oksitlenerek bozulmasını önleyen antioksidan bir maddedir. Yer fıstığı yağlarının toplam tokoferol değeri en yüksek kontrol grubunda bulunmuştur. Işınlama dozu arttıkça toplam tokoferol değerinin azaldığı tespit edilmiştir. Söz konusu değişimler istatistiki açıdan önemli bulunmuştur (p<0,01).

Yer fıstığı yağlarının sterol kompozisyonu değerleri incelendiğinde en yüksek miktardaki sterolün Σ Beta sitosterol olduğu ve 4 kGy ışınlama dozundaki (% 77,91) değerinde gösterdiği tespit edilmiştir. İkinci en yüksek sterol değeri ise β -sitosterol (%65,64) değeri ile kontrol grubunda tespit edilmiş ve ışınlamanın bu değere etkisi önemsiz bulunmuştur (p>0,05). Toplam sterol değeri en yüksek kontrol grubunda yer almaktadır ve 2337 mg/kg değerindedir. Kontrol grubu ve ışınlanmış bütün yer fıstığı yağı örneklerinin campesterol, stigmasterol, β -sitosterol, Δ 7-stigmastenol, Δ 7-avenasterol ve toplam sterol (mg/kg) sonuçları Türk Gıda Kodeksi Bitki Adı İle Anılan Yağlar Tebliği ekinde yer alan yer fıstığı yağının sterol kompozisyonu değerleri aralığında olduğu tespit edilmiştir.

Gıdaların gama ışınlamasına tabii tutulmasıyla içerisinde serbest radikaller oluşmakta ve bu da fenolik madde miktarında değişime sebep olmaktadır. Çalışmamızda ışınlamanın örneklerin toplam fenolik miktarı üzerindeki etkisi incelendiğinde ışınlama dozu arttıkça örneklerin fenolik madde miktarında düşüş olduğu görülmüştür. Fenolik bileşenlerin yağın kalitesine etkisi göz önüne alındığında ışınlamanın yer fıstığı yağının kalitesine olumsuz yönde etki ettiği görülmüştür.

Yer fıstığı tohumunun diyetle mevcut kullanımlarına ek olarak içerdiği yağ asidi bileşimi yönünden yağın da mutfaklarda ki yerini alması önemli bulunmaktadır. Böylece ülkemizde yer fıstığı üretiminin artması da sağlanmış olacaktır. Tarım ve Orman Bakanlığı Gıda Işınlama Yönetmeliği ekinde yağlı tohumlardan biri olan yer fıstığının belirlenen maksimum genel ortalama soğurulan dozu (kGy) 5 kGy olarak belirlenmiştir. Çalışmamızda bu değerlere uygun olarak ışınlanmış yer fıstığından elde edilen yağlar ile gerçekleştirilen analizler

neticesinde analiz sonuçlarımızın Türk Gıda Kodeksi Bitki Adı İle Anılan Yağlar Tebliği'ne uygun olduğu, bilimsel araştırmalara ihtiyaç duyulduğu anlaşılan yağların muhafazasında ülkemizde yaygın olarak kullanılmayan ışınlama yönteminin kullanılabilirliği için literatüre katkı sağlanmıştır. Tüketicilerin gıda ışınlaması hakkında aklındaki sorulara cevap alması açısından bilgilendirilmesi önerilmektedir.



KAYNAKLAR

- Altunbaş, N. (2018). *Yer Fıstığının Depolanma Sürecinde Tuzlama, Kavurma Ve Depolama Sıcaklığının Mikrobiyolojik Kalite Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi* (Yüksek Lisans Tezi), Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Açıkgöz, N., Akkaş, E., Moghaddam, A. ve Özcan, K. (1993). Tarist, Pc'ler İçin Türkçe İstatistik Paketi. *Ulusal Ekonometri ve İstatistik Sempozyumu*, İzmir.
- Afify, A. M. R., Rashed, M. M., Ebtesam, A. M. and El-Beltagi, H. S. (2013). Effect of gamma radiation on the lipid profiles of soybean, peanut and sesame seed oils. *Grasas y aceites*, 64 (4), 356-368.
- Akakçe, N. ve Çam, F. N. (2019). Bir gıda koruma yöntemi: ışınlama. *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 34 (2), 207-221.
- Akgün, A., Hüner, D.İ., Yılmaz, E. ve Çınar, K. (2017). *Gıda Analiz Uygulamaları içinde* (131). Edirne: Sıdaş Yayınları.
- Akyol, E. (2019). *Işınlama işleminin chia (salvia hispanica l.) tohumu yağlarının kimyasal özellikler üzerine etkisi* (Yüksek Lisans Tezi), Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Alkan, H (2003). *Türkiye 'de Endüstriyel Gama Işınlaması Uygulamaları*. 20.12.2022, Erişim adresi: <http://simad55.tripod.com/kitap2003/19.htm>
- Anonim (1992). Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society, 4th edn., American Oil Chemists' Society, Champaign, Metot Ce 2-66.
- Anonim (2011). *Gıda Muhafaza İlkeleri 2, 541GI0005*, Gıda Teknolojisi, Ankara. 01.11.2022, Erişim adresi: <https://firatozel.files.wordpress.com/2016/10/gc4b1da-muhafaza-ilkeleri-2.pdf>
- Anonim (2012a). Türk Gıda Kodeksi Bitki Adı İle Anılan Yağlar Tebliği, Resmi Gazete Tebliğ No: 2012/29.
- Anonim (2012b). *Yağ Bitkileri Yetiştiriciliği (Soya ve Yer Fıstığı) Modülü*, Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi, Ankara. 01.11.2022, Erişim adresi: http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Ya%C4%9F%20Bitkileri%20Yeti%C5%9Ftiricili%C4%9Fi%20%28Soya%20ve%20Yerf%C4%B1st%C4%B1%C4%9F%C4%B1%29.pdf
- Anonim (2015). *Lipitler*, Gıda Teknolojisi, Ankara. 01.11.2022, Erişim adresi: http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller/Lipitler.pdf
- Anonim (2017). *Kuruyemiş Çeşitlerini İşleme Modülü*, Gıda Teknolojisi, Ankara. 02.11.2022, Erişim adresi: http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller/Kuruyemi%C5%9F%20%C3%87e%C5%9Fitleri%20%C4%B0%C5%9Fleme.pdf

- Anonim (2019). Tarım ve Orman Bakanlığı'ndan Gıda İşinlama Yönetmeliği, Resmi Gazete Sayı: 30907.
- Anonim (2022a). T.C. Meriç Kaymakamlığı. 10.10.2022, Erişim adresi: <http://www.meric.gov.tr/meric-yer-fistigi>
- Anonim (2022b). Besin Alerjisi Derneği. 10.11.2022, Erişim adresi: <https://besinalerjisi.org.tr/besin-alerjisi/yer-fistigi-alerjisi/>
- Anonim (2022c). Yerfıstığı Yetiştiriciliği, Necmi İşler, M.K.U. 10.11.2022, Erişim adresi: <http://www.mku.edu.tr/files/898-583602ce-4d7c-4ebf-8422-d95d591d8b84.pdf>
- Anonim (2022d). United States Department of Agriculture (USDA). (2018). Food Data Central. 10.11.2022, Erişim Adresi: <https://fdc.nal.usda.gov/>
- Anonim (2022e). Gamma-pak Sterilizasyon San. Ve Tic. A. Ş. 10.11.2022, Erişim adresi: <https://gammapak.com/hakkimizda>
- Anonim (2022f). *Tokoferol miktar tayini*. 11.11.2022, Erişim adresi: <https://www.laboratuvar.com/gida-analizleri/kimyasal-analizler/tokoferol-miktari-tayini>
- Apaydın, D. (2015). *Üzüm çekirdeklerinin biyokimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerine işinlama işleminin etkilerinin belirlenmesi* (Yüksek Lisans Tezi), Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Arıoğlu, H. (2013). *Türkiye'de yerfıstığı üretimi, üretimin ve kalitenin artırılabilmesi için alınması gerekli önlemler*. Erişim adresi: <http://www.turktob.org.tr/dergi/makaleler/dergi7/30-33.pdf>
- Arıoğlu, H.H. (2014). *Yerfıstığı Yetiştirme ve Islahı, Yağ Bitkileri Ders Kitabı*, 1999. Adana: Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Arıoğlu, H., Bakal, H., Ve Onat, F. B. Z. (2020). Yerfıstığı Tarımında Ekim Zamanının Önemli Tarımsal ve Kalite Özellikleri Üzerine Etkisinin Belirlenmesi. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 159-165.
- Aslan Öner, E. (2018). *İşinlanma işleminde uygulanan farklı yağ oranlarına sahip hindistan cevizlerinin mikrobiyolojik ve fizikokimyasal özelliklerinde meydana gelen değişimlerin incelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi), Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Ayaz, A. (2008). *Yağlı tohumların beslenmemizdeki yeri* (1. Baskı) Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü. Ankara: T.C. Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü Beslenme ve Fiziksel Aktiviteler Daire Başkanlığı.
- Başıoğlu, F. (2010). *Yemeklik yağ teknolojisi* (2. Baskı). Bursa: Dora Basım Yayın Dağıtım.
- Baybayraktar, V. ve Güçlü, H. (2009). İşinlamanın taze meyve ve sebzelerin kalitesi üzerine etkisi. *X. Ulusal Nükleer Bilimler ve Teknolojileri Kongresi*, 6-9.

- Castro, R. C., Ribeiro, D. S., Santos, J. L. and Páscoa, R. N. (2021). Comparison of near infrared spectroscopy and Raman spectroscopy for the identification and quantification through MCR-ALS and PLS of peanut oil adulterants. *Talanta*, 230, 122373.
- Cemeroğlu, B. (2010). *Gıda Analizleri* (2. Baskı). Ankara: Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları.
- Chowdhury, F. N., Hossain, D., Hosen, M. and Rahman, S. (2015). Comparative study on chemical composition of five varieties of groundnut (*Arachis hypogaea*). *World J. of Agricultural Science*, 11 (5), 247-254.
- Çiftçi, S. and Suna, G. (2022). Functional components of peanuts (*arachis hypogaea* L.) and health benefits: a review. *Future Foods*, 100140.
- Davis, J. P. and Dean, L. L. (2016). *Peanut composition, flavor and nutrition* (pp. 289-345). AOCS Press.
- De Camargo, A. C., De Souza Vieira, T. M. F., Regitano-D'Arce, M. A. B., De Alencar, S. M., Calori-Domingues, M. A. and Canniatti-Brazaca, S. G. (2012). Gamma radiation induced oxidation and tocopherols decrease in in-shell, peeled and blanched peanuts. *International Journal of Molecular Sciences*, 13 (3), 2827-2845.
- Demirci, A. Ş., Geçgel, Ü., Velioglu, H. M., Koç, D. ve Gülcü, M. (2015). *Işınlama işlemi uygulanmış farklı üzüm çeşitlerine ait çekirdeklerin fizikokimyasal ve antimikrobiyal özelliklerinde meydana gelen değişikliklerin belirlenmesi* (Proje no: NKUBAP.00.24.AR13.21). BAP Projesi, Tekirdağ. Erişim adresi: <http://acikerisim.nku.edu.tr/xmlui/bitstream/handle/20.500.11776/2047/NKUBAP.00.24.AR.13.21.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Diehl, J. F. (2002). Food irradiation-past, present and future. *Radiation Physics and Chemistry*, 63 (3-6), 211-215.
- Duru, S. ve Konuşkan Bozdoğan, D. (2015). Bitkisel yağlarda oleik asit miktarının artırılması ve yağ kalitesi üzerine etkileri. *GIDA*, 39 (6), 379-385.
- Geçgel, Ü., Gümüş, T., Tasan, M., Dağlıoğlu, O. and Arıcı M. (2011). Determination of fatty acid composition of γ -irradiated hazelnuts, walnuts, almonds and pistachios. *Radiation Physics and Chemistry*, 80 (4), 578–581.
- Gülten, H.T. (2022). *Yerfıstığında (Arachis Hypogaea L.) yüksek verim ve oleik asit içeriğine sahip hatların seleksiyonu* (Doktora Tezi), Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.
- İşler, N. ve Gözüyeşil, R. (2016). Osmaniye ilinde yerfıstığı yetiştiriciliği ile ilgili sorunların saptanması. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 25 (ÖZEL SAYI-2). 36-41.
- Kadiroğlu, A. (2022). *Yerfıstığı Yetiştiriciliği*. Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Antalya. 10.11.2022, Erişim adresi: <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/batem/Belgeler/Kutuphane/Teknik%20Bilgiler/yerfistigi%20yetiştiriciligi.pdf>
- Karabacak, A. Ö. (2015). *Gıda bileşenleri üzerine ısılmayan işleme yöntemlerinin etkileri* (Yüksek Lisans Tezi), Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.

- Karadaş, Ö. (2019). *Işınlama işlemi uygulanmış sumak (Rhus Coriaria L.) meyve yağlarının fizikokimyasal özelliklerinin belirlenmesi* (Yüksek Lisans Tezi), Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Kaya, S. (2004). *Türkiye'de yetiştirilen yerfıstığı 'Arachis Hypogaea L' tohumlarından farmasötik kalitede yağ elde edilişi üzerine çalışmalar* (Doktora Tezi), Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Kayahan, M. (2006). *Yağlı tohumlardan ham yağ üretim teknolojisi*. Ankara: TMMOB Gıda Mühendisleri Odası.
- Liu, K., Liu, Y. and Chen, F. (2018). Effect of gamma irradiation on the physicochemical properties and nutrient contents of peanut. *LWT*, 96, 535-542.
- Meral, R. (2016). Isıl işlemin fenolik bileşenler üzerine etkisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 21 (1), 55-67.
- Olson, D. G. (1998). Irradiation of food. *Technology (Chicago)*, 52 (1), 56-62.
- Onat, B., Arioğlu, H., Güllüoğlu, L., Kurt, C. ve Bakal, H. (2017). Dünya ve Türkiye'de yağlı tohum ve ham yağ üretimine bir bakış. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 20, 149-153.
- Onat, B. (2018). Çukurova bölgesi ana ürün koşullarında yetiştirilen bazı yerfıstığı çeşitlerinin tokoferol içeriklerinin belirlenmesi. *Acta Biologica Turcica*, 31 (2), 62-68.
- Özalp, B. B. ve Kürklü, N. S. (2020). Fonksiyonel bir gıda: yer fıstığı ve sağlığa yararları. *Akademik Gıda*, 18 (3), 323-330.
- Pelvan, E. ve Demirtas, İ. (2018). Türkiye'de yetişen bittim (pistacia terebinthus l.) ve fıstık (pistacia vera) yağlarının yağ asidi, sterol, tokol kompozisyonları, toplam fenolik madde miktarları ve antioksidan aktivitelerinin belirlenmesi. *Gıda The Journal Of Food*, 43 (3), 384-392.
- Sadecka, J. (2007). Irradiation of Spices. *Czech Journal of Food Sciences*, 25 (5): 231-242.
- Salunkhe, D.K., Chavan, J.K., Adsule, R.N. and Kadam, S.S. (1992). *World oilseeds, chemistry, technology and utilization* (pp. 140-216). New York: Van Nostrand Reinhold.
- Steel, R.G.D. and Torrie, J.H. (1980). *Principles and procedures of statistics*. New York: McGaw-Hill Book Company Inc.
- Şahin, G. (2014). Türkiye'de yerfıstığı (*Arachis hypogaea L.*) yetiştiriciliği ve bir coğrafi işaret olarak Osmaniye yerfıstığı, *Gaziantep University Journal of Social Sciences*, 13 (3), 619-644.
- Taşoğulları, N. (2017). *Kurutulmuş ve ambalajlanmış tarhananın kalite özellikleri üzerine ışınlamanın etkisi* (Yüksek Lisans Tezi), Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- Topuz, A. (2002). *Farklı gamma ışınlama dozlarının ve depolamanın kırmızı pul biberin (Capsicum Annuum L.) bazı kimyasal mikrobiyolojik ve duyu kalitesi üzerine etkileri* (Doktora Tezi), Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.

- Türkiye İstatistik Kurumu. (2021). Yağlı tohumlar. 01.12.2022, Erişim adresi: <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1>
- Uçkun, O., Karabulut, İ. ve Durmaz, G. (2019). Osmaniye koşullarında yetiştirilen yerfıstığı çeşitlerinden elde edilen yağların bazı bileşimsel ve kimyasal özellikleri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 29 (1), 52-60.
- Uras, Ş. S., Silahtaroglu, S., İlçim, A. ve Kökdil, G. (2010). Nigella sativa L.'nin yağ asidi, tokoferol, mineral bileşimi, total fenolik, flavonoit, timokinon miktarı ve antioksidan aktivitesi. *Ankara Ecz. Fak. Dergisi*, 39 (3), 173-186.
- Yaqoob, N., Bhatti, I. A., Anwar, F. and Asi, M. R. (2010). Oil quality characteristics of irradiated sunflower and maize seed. *European journal of lipid science and technology*, 112 (4), 488-495.
- Yılmaz, A., Yılmaz, H., Arslan, Y., Çiftçi, V. ve Baloch, F. (2021). Ülkemizde alternatif yağ bitkilerinin durumu. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (22), 93-100.
- Yılmaz, H. Ö. ve Ülger, T. G. (2016). Gıda Işınlamanın Besinlere Etkisi. *Ankara Sağlık Bilimleri Dergisi*, (1-2-3), 1-16.
- Zhang, D., Li, X., Cao, Y., Wang, C. and Xue, Y. (2020). Effect of roasting on the chemical components of peanut oil. *LWT*, 125, 109249.
- Zeren, Z. C. (2015). *Yerfıstığı tohumlarından enzimatik sulu ekstraksiyon ile yağ eldesi ve optimizasyonu* (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Zorba, A. M. (2009). *Tavuk eti ürünlerine (sisis, burger, köfte) uygulanan gama ışınlamanın yağ asitleri kompozisyonu üzerine etkisinin belirlenmesi* (Yüksek Lisans Tezi), Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ